

17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



DESEMPEÑO EN AMBIENTE EXTERIOR, RECEPCIÓN FIJA, DEL ESTÁNDAR DTMB (*DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCAST*) EN PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS EN CARACAS, VENEZUELA

Nelson A. Pérez García¹, Luis Duque²

¹Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

²CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones), Caracas, Venezuela

¹nelsonp90@hotmail.com

²csduke@gmail.com

RESUMEN

Históricamente, los sistemas de televisión abierta han sido, tal vez, los de mayor impacto en la sociedad. La TDA (Televisión Digital Abierta) explota sus ventajas inherentes a la digitalización de la señal, para ofrecer a los usuarios nuevos servicios que no se tienen con los sistemas de TV analógica abierta. En ese sentido, existe un importante número de países que ya tienen en operación su sistema de TDA (de manera total o parcial), mientras que un número aún mayor de países están en sus fases de prueba de operación (como es el caso de Venezuela) o en vías de seleccionar el estándar que les servirá de base para su sistema de TDA. Ahora bien, para la selección, por parte de un determinado país, de un estándar, se debe evaluar, entre otros aspectos, el desempeño técnico de la mayor cantidad posible de los estándares de TDA existentes. En este artículo se presentan los resultados de algunas de las pruebas, específicamente para recepción fija en ambiente exterior, realizadas en 2008 en Caracas, Venezuela. Se hace especial énfasis en la evaluación del desempeño del estándar creado en China, DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) por ser una de las opciones realmente plausibles de ser considerada en el momento de un país seleccionar su estándar de TDA base.

PALABRAS CLAVES: Televisión Digital Abierta, DTMB, Pruebas de Campo, Recepción Fija, Ambiente Exterior

PERFORMANCE OUTDOOR ENVIRONMENT IN FIXED RECEPTION, FOR DTMB (*DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCAST*) STANDARD DURING FIELD TESTS IMPLEMENTED IN CARACAS, VENEZUELA

ABSTRACT

Historically, broadcast television systems have been perhaps the more impact on society. The Terrestrial Digital TV take advantage of the digital signal advantages to provide new services that are not possible in analog TV systems. There is a significant number of countries that already have operating their Terrestrial Digital TV system (total or partial), while an even larger number of countries are in the testing phases of operation (as in the case of Venezuela) or in the process of selecting the standard that serve as the basis for Terrestrial Digital TV system. Now, for the selection, by a given country, a standard should be assessed the technical performance of existing Terrestrial Digital TV standards. In this paper, the results of some test are presented, specifically for fixed reception in outdoor environment. These tests were carried out in 2008 in Caracas, Venezuela. A special emphasis is made on performance evaluation standard created in China, DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) because this standard is a real option to be considered when a country is in the process of selecting the base standard.

KEY WORDS: Terrestrial Digital TV, DTMB, Field Testing, Fixed Reception, Outdoor Environment



1. INTRODUCCIÓN

La digitalización en los sistemas de televisión los han convertido en uno de los sistemas de telecomunicaciones más atractivo para los usuarios, toda vez que las señales de video y audio propias de la televisión presentan una calidad significativamente superior en comparación con las señales de video y audio de los sistemas de TV analógica. En el caso del video la calidad es similar a la ofrecida por el DVD (*Digital Video Disc*), mientras que el audio es similar al de los CDs (*Compact Disc*). Adicionalmente, esa digitalización en los sistemas de TV ha hecho posible la incorporación de importantes ventajas que no son posibles de implementar en el sistema de TV analógica, como por ejemplo, la posibilidad de transmitir más de una programación diferente de manera simultánea en un mismo canal de radiofrecuencia (RF), incluso con definiciones de video diferentes; optimización del espectro de RF en las bandas designadas para los sistemas de TV; recepción de zonas con alta densidad de edificaciones; recepción en ambientes de movilidad vehicular; y la interactividad, que es la vez la ventaja más importante de la TV digital, especialmente desde el punto de inclusión social [1].

Ahora bien, existen diversos sistemas de TV digital; específicamente: TV digital vía satélite [2]; TV digital por cable [2], TV digital abierta (TDA) o terrestre (TDT) [1], IPTV (*Internet Protocol TV*) [3], MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*) [4], TV por Internet [5], entre otros.

En este artículo, se hará énfasis especial en TDA, debido a que en este último sistema la recepción de la señal por parte del usuario es sin costo alguno. Específicamente, ese énfasis se centrará en el desempeño, para recepción fija en ambientes exteriores del estándar DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*), desarrollado en China, durante las pruebas de campo realizadas en la ciudad de Caracas, Venezuela, durante el año 2008.

2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ESTÁNDAR DTMB

En la Tabla 1, se resumen las características técnicas más resaltantes del estándar DTMB [6, 7]:

Tabla 1: Parámetros característicos técnicas del estándar DTMB.

Parámetro	Valor
Ancho de banda del canal RF (MHz)	6 y 8
Tasa del FEC	2/5, 3/5 y 4/5
Longitud de la secuencia PN	420 y 945
Modulación	4QAM, 16QAM y 64QAM
Velocidad de transmisión (Mbps)	Hasta 28,9
Rm (bps/Hz)	2, 4, 5 y 6
Relación S/N (dB)	18,9 (mínima)

RF: Radiofrecuencia

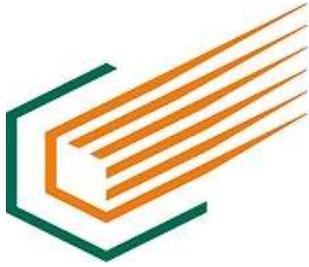
FEC: *Forward Error Correction*

S/N: *Signal to Noise*

Ahora bien, el estándar DTMB presenta una serie de significativas mejoras técnicas respecto a los restantes estándares de TDA, todo ellos surgidos antes que DTMB. Entre esas mejoras, están:

Mejor eficiencia espectral y mayor rapidez en la sincronización y estimación del canal

En los restantes estándares de TDA, es decir, ATSC-T (*Advanced Television Systems Committee - Terrestrial*), DVB-T2 (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial 2nd Generation*) e ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Built In*), para mitigar de la interferencia intersimbólica (ISI = *Intersymbol Interference*) se insertan prefijos cíclicos (PC = *Cyclic Prefix*) en forma de intervalo de guarda, entre símbolos



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



adyacentes OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) [8]. Adicionalmente, con el uso del CP la convolución lineal entre la señal transmitida y la respuesta impulsiva del canal se convierte en una convolución circular, condición necesaria para la implementación y aprovechamiento efectivo de las ventajas de la DFT (*Discrete Fourier Transform*) [9].

Por su parte, DTMB usa la técnica TDS-OFDM (*Time Domain Synchronous – OFDM*), en la cual el CP es substituido por una secuencia de entrenamiento conocida como secuencia PN (*pseudo noise*), en el dominio del tiempo. Además, se utilizan PN en lugar de pilotos (subportadoras en frecuencia) para la sincronización y la estimación del canal, obteniéndose una mejora en la eficiencia espectral, cercana al 10%, debido a que las frecuencias de los pilotos son liberadas [10].

Asimismo, ya que en TDS el flujo la secuencia PN (dominio del tiempo) y el flujo de datos (dominio de la frecuencia) se multiplexan en el dominio del tiempo, la estimación del canal y la sincronización se hacen en menor tiempo [11].

No obstante, TDS-OFDM presenta el inconveniente de que siempre la secuencia PN sufrirá ISI proveniente de los símbolos de datos OFDM previos, lo cual afecta la estimación del canal, así como la equalización [10]. Inconveniente cuya solución ha sido ampliamente abordada [8, 12].

Mejor umbral de recepción

Para la detección y corrección de errores, DTMB utiliza la combinación de código externo BCH (*Bose-Chaudhuri-Hocquenghem*) con código interno LDPC (*Low Density Parity Check*), que redundan en una corrección más efectiva de los errores, lo que se traduce en un menor requerimiento del nivel de relación señal-ruido ($SNR = \text{Signal to Noise Ratio}$) para el sistema [11].

Los códigos BCH pertenecen a la familia de códigos de bloque lineales y entre sus principales ventajas está la corrección múltiple de errores de bits. Otra ventaja de los códigos BHC es la facilidad con la que ellos son decodificados, lo cual simplifica el diseño de los decodificadores, redundando en un poco consumo de potencia del receptor [13].

Por su parte, el código LDPC, que también forma parte del grupo de códigos de bloque lineales, debe su nombre al hecho de que su matriz de chequeo de paridad contiene muy pocos unos (1) en comparación con la cantidad de ceros (0) [14].

Es importante resaltar que, actualmente están en periodo de pruebas de laboratorio y campo la segunda generación de DTMB, conocida como DTMB-A, que ofrece hasta 39 Mbps (en canales de 6 MHz) y 49 Mbps (en canales de 8 Mbps), así como de 2 a 3 dB más en el cálculo de enlace en comparación con DTMB [15, 16].

3. SETUP EXPERIMENTAL UTILIZADO PARA LAS PRUEBAS DE CAMPO, EN AMBIENTE EXTERIOR, RECEPCIÓN FIJA, DE LOS ESTÁNDARES DE TDA

Las pruebas de campo a las que hace referencia esta sección, fueron realizadas en el año 2008, en la ciudad de Caracas, Venezuela, como parte del proceso de elección del estándar de TDA que ejecutaba Venezuela para la época. Además, dichas pruebas fueron parte de un conjunto mayor de pruebas que fueron realizadas también en ambiente interior (*indoor*) y ambiente exterior, pero con movilidad.

A continuación, se describe sucintamente el *setup* experimental utilizado para evaluar el desempeño de los estándares de TDA señalados, en ambiente exterior, recepción fija.

Estación transmisora



Para la realización de mencionadas pruebas, se instaló la estación transmisora en el sitio denominado “Estación Los Meedores”, localizado en el Parque Nacional El Ávila, Caracas, Venezuela. La Fig. 1, muestra la ubicación geográfica de la estación transmisora.

En la mencionada estación, se emplazaron los respectivos tres (03) sistemas transmisores, todos con COFDM (*Code OFDM*), pero con características a ser determinadas mediante las pruebas de campo. Los tres (03) transmisores operando sobre la portadora del canal 48 de la banda UHF (*Ultra High Frequency*), centrado en 677 MHz y ancho de banda de 6 MHz.

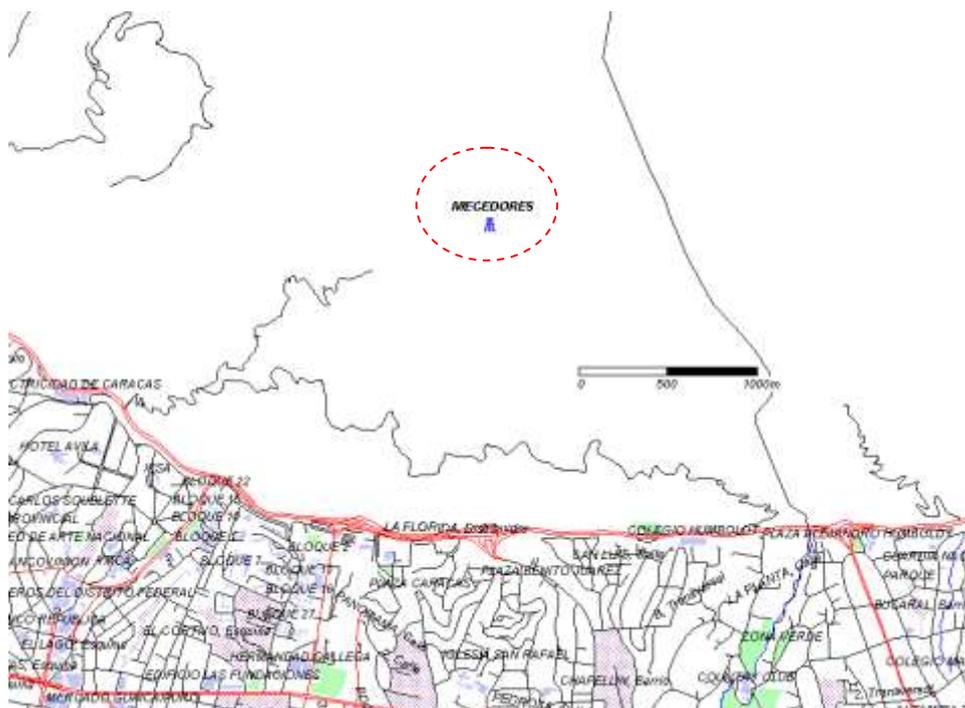


Figura 1. Ubicación de la estación transmisora para los pruebas de desempeño de los estándares de TDA.

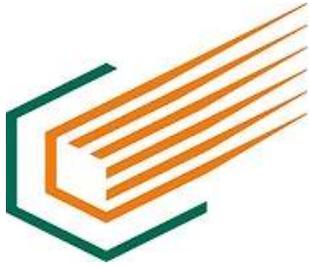
Adicionalmente, la potencia de transmisión fue 500 W (57 dBm), con un alimentador de guía de onda de $1\frac{1}{4}$ ”, de 70 m de longitud (representando 3,2 dB en pérdidas en el alimentador), conectado a dos paneles de antenas. La antena que utilizada estuvo conformada por cuatro (04) paneles, dos (02) caras, con 13,55 dBi (11,4 dBd) de ganancia, ancho del haz de 60° por grupo de paneles y sobre los acimutales 225° y 245°. En las Fig. 2a y 2b, se pueden observar los patrones de radiación horizontal y vertical de la mencionada antena [17].

Es oportuno resaltar que el lóbulo principal del patrón de radiación en el plano horizontal fue orientado a 225°, es decir, 180° de diferencia en relación al diagrama mostrado en la Fig. 2a.

En la Fig. 3, se ilustra el diagrama de bloques general del montaje instalado de la estación transmisora.

Estación receptora

Para ambiente exterior, se utilizó como unidad receptora una estación móvil de CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones), que es el ente regulador de las telecomunicaciones en Venezuela. Esa estación móvil, que es una Unidad Móvil de Comprobación de CONATEL, cuenta con un mástil desplegable que permitió la antena receptora a una altura de 10 m sobre el nivel del suelo. En la Fig. 4 se puede observar la mencionada estación [17].



La antena receptora utilizada fue del tipo log-periódica, con ganancia de 15 dBd (17,15 dBi), ancho del haz igual a 42°. La Fig. 5, ilustra los diagramas de radiación, en los planos horizontal y vertical, de la antena utilizada [17].

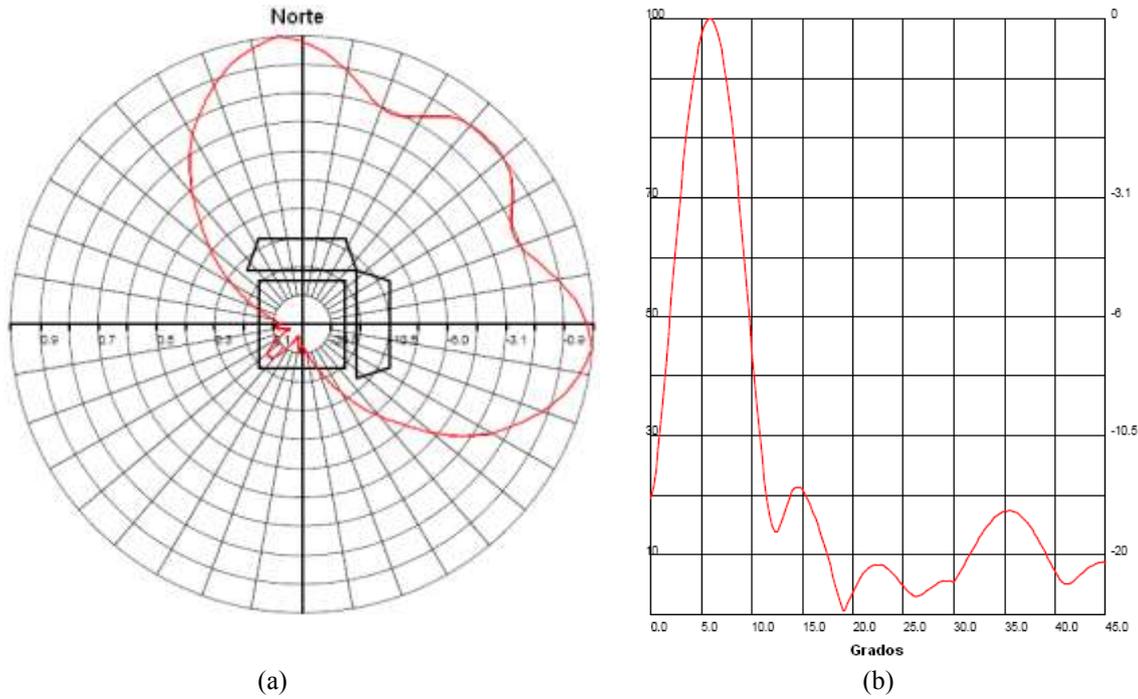
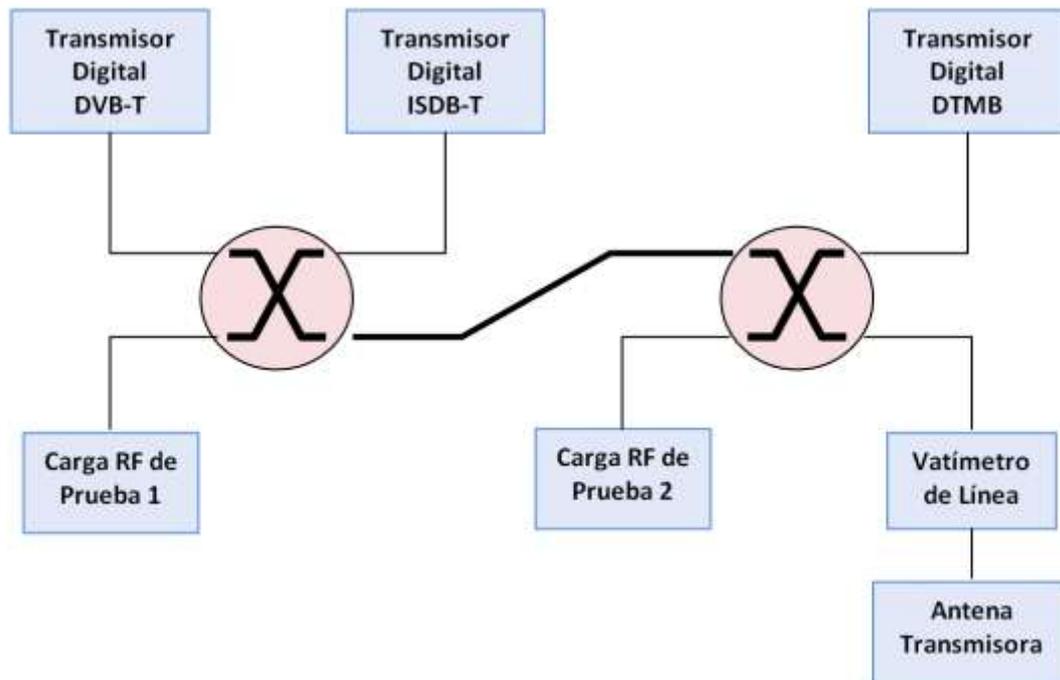


Figura 2. Diagrama de radiación de la antena transmisora: a) Horizontal; b) Vertical.





17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



Figura 3. Esquema de instalación de los transmisores de los tres (3) estándares, en conmutación RF.



Figura 4. Estación móvil receptora para mediciones en el ambiente exterior.

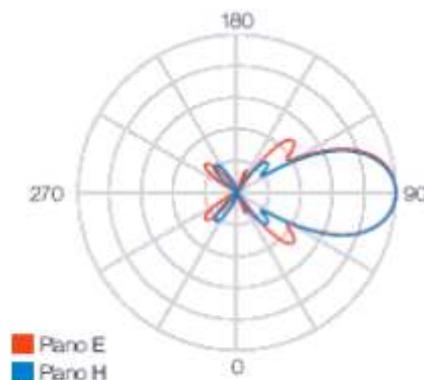


Figura 5. Diagrama de radiación de la antena receptora.

En el interior de la unidad móvil fueron instalados los equipos y accesorios necesarios para realizar las mediciones en igualdad de condiciones para los tres (3) estándares, es decir, analizador de espectro, receptor de televisión, STB (*Set Top Box*), GPS (*Global Positioning System*), atenuadores RF, conmutadores RF, divisores de potencia RF, entre otros.

4. PRUEBAS DE CAMPO Y DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES DE TDA, PARA RECEPCIÓN FIJA, EN AMBIENTE EXTERIOR

Las pruebas de campo realizadas en los tres (ambientes) mencionados en la sección 3, así como las pruebas especiales adicionales que se llevaron a cabo, se resumen en la Tabla 2 [17]. No obstante, en el presente



artículo se aborda solamente lo concerniente a las mediciones del nivel de señal recibida y el nivel de ruido, para recepción fija, en ambiente exterior.

Tabla 2. Pruebas de campo para la evaluación del desempeño de los estándares de TDT

Mediciones de campo, pruebas de desempeño de los estándares de TDT (DVB-T/H, ISDB-T y DTMB)					
Sobre los transmisores	Recepción Fija	Movilidad (DVB-H, <i>One Segment</i> y estándar DTMB para movilidad)		Emplazamiento doméstico (<i>indoor</i>)	Pruebas especiales
		Vehicular	Pedestre		
Correspondencia entre potencia ajustada y potencia de salida	Nivel de señal recibida (dBm)	Ruta equidistante al transmisor	En espacios con despeje total de la línea de vista (LOS) con el transmisor	Nivel de señal (dBm) sin personas alrededor de la antena receptora	Efectos de la presencia de un canal digital sobre un canal analógico adyacente inferior
Relación potencia pico /potencia promedio	Nivel de MER	Ruta paralela a un radial del transmisor	En espacios con casi línea de vista (NLOS) con el transmisor	Nivel de señal (dBm) en presencia de 1 a 3 personas alrededor de la antena receptora	Efectos de la presencia de un canal analógico adyacente inferior sobre un canal digital
	Nivel de ruido en la banda en prueba				
Emisiones fuera de la banda asignada (6 MHz)	Gráfico de la constelación	Ruta progresiva y/o regresiva en varios radiales	En espacios mediana y altamente urbanizados	Nivel de señal (dBm) al accionar equipos electrodomésticos, a diferentes alturas de antena	Nivel de señal con obstrucciones fijas
	Mínimo nivel de señal útil (dBm)				Efectos de ruido impulsivo
<i>Realizadas al inicio y al final de las pruebas</i>	<i>Realizadas sobre una unidad móvil de comprobación</i>	<i>Realizada en ambos sentidos de la ruta a varias velocidades (≤ 120 km/h)</i>	<i>Realizada en varios sectores a una velocidad menor a 5 km/h</i>	<i>Realizada en tres puntos de la ciudad y considerando un caso especial</i>	<i>Realizadas sobre un punto caracterizado, con línea de vista al transmisor</i>

One-Segment: servicio de TDA móvil del estándar ISDB-T, implementado sobre uno de los 13 segmentos en los que es dividido en ancho de banda del canal en dicho estándar

LOS: *Line of sight*

NLOS: *Non ilne of sight*

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de las mediciones del nivel de potencia recibida y el nivel de ruido, para el caso de ambiente exterior y recepción fija; todo ello para los estándares DVB-T/H, ISDB-T y DTMB.

Dichas mediciones fueron realizadas, en la medida de lo posible, cada dos (2) kilómetros, sobre diversos radiales, registrando en cada uno de los puntos considerados el nivel de señal recibida y el nivel de ruido. Esa medición fue la que mayor cantidad de análisis permitió realizar, a saber: a) El nivel de potencia recibida (PR_x) en función de la distancia; b) La relación señal-ruido (SN) en función de la distancia; c) El margen umbral puntual (MUP) versus la distancia; d) El nivel de ruido mínimo y el mínimo nivel de señal útil, en función de la distancia; e) El porcentaje de recepción exitosa versus la distancia.

Nivel de señal recibida de los sistemas DVB-T, ISDB-T y DTMB

La Fig. 6 muestra la variación del nivel de potencia recibida en función de la distancia desde los transmisores, para los estándares DVB-T, ISDB-T e DTMB.

En la Fig. 6, se puede observar, una vez normalizados los niveles de potencia de salida de los transmisores, el estrecho margen existente en el comportamiento de los tres (03) estándares, en relación a los niveles de señal recibidos en función de la distancia al transmisor, en ambiente exterior con recepción fija. Esto era de esperarse, ya que, además de las condiciones de propagación ser similares en las mediciones para cada punto, los tres (03) estándares utilizan el mismo tipo de modulación, es decir, OFDM.



De la Fig. 6, también se puede inferir que el coeficiente de pérdidas de potencia con la distancia oscila entre 5,64 y 5,73, siendo el menor de ellos para el estándar ISDB-T, con lo cual éste estándar presenta un comportamiento ligeramente superior a los tres dos (02) comparados, en relación a este aspecto.

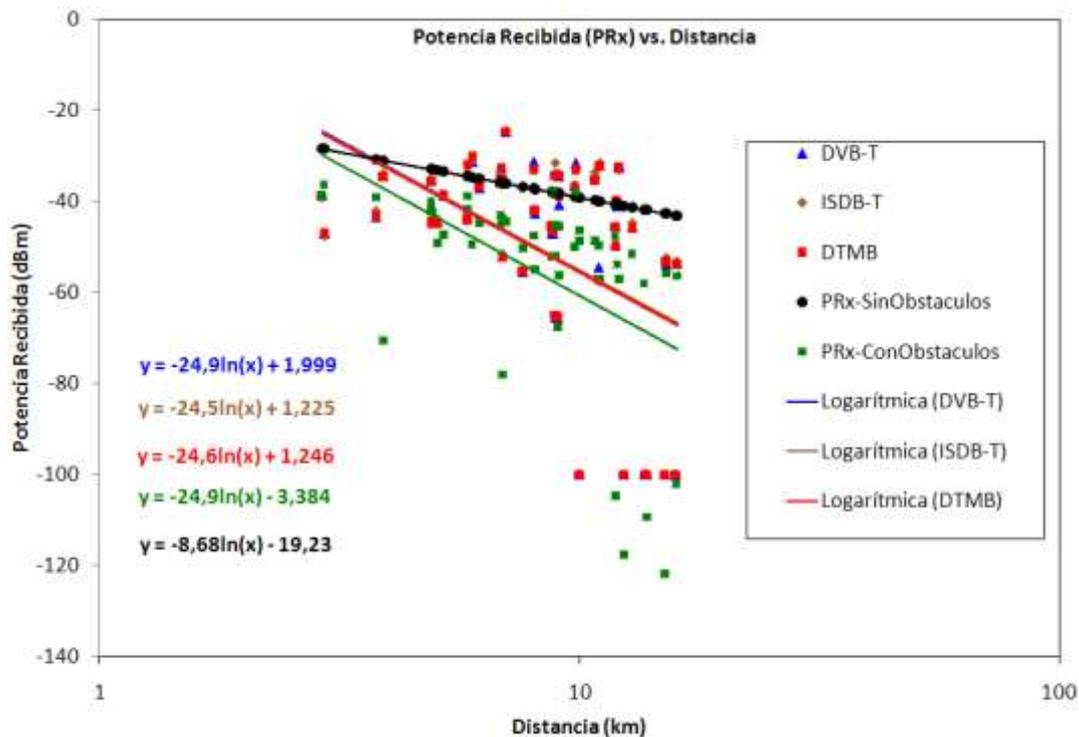


Figura 6. Niveles de potencia recibida (PRx) para los estándares DVB-T/H, ISDB-T y DTMB, en función de la distancia al transmisor, en el modo recepción fija, ambiente exterior.

Por otra parte, en la misma Fig. 6 se puede observar que el coeficiente de pérdidas de potencia obtenido de los valores de nivel de señal recibida estimados a partir de la aplicación conjunta del modelo de Hata-Okumura [18] y Longley-Rice [19], que corresponde a la curva o tendencia “PRx-ConObstaculos” es igual a 5,73, similar a los obtenidos experimentalmente para cada uno de los estándares. Sin embargo, el valor medio de la potencia recibida es significativamente menor a los valores medios de potencia arrojados por cada estándar, por lo que se puede concluir que la aplicación conjunta de los modelos de propagación mencionados subestiman la pérdida de potencia real de la señal con la distancia.

Relación señal-ruido de los sistemas DVB-T, ISDB-T y DTMB

La Fig. 7 ilustra el comportamiento de la variación de la relación señal-ruido en función de la distancia.

En la Fig. 7, se puede observar que el comportamiento en términos de la relación señal-ruido presentado por los tres (03) estándares evaluados es bastante similar, con escaso mejor desempeño para el estándar ISDB-T.

Es oportuno resaltar que la relación señal-ruido de los sistemas considerados es un claro indicador de la discriminación de la señal útil (deseada) en relación al nivel de ruido blanco e interferencias impulsivas de bajo nivel presentes los puntos de medición. El registro de diagramas espectrales en cada uno de los puntos así lo demuestra, y la diferencia de señal útil (deseada) en relación al nivel de ruido es la diferencia entre la cuantificación de la integración de la potencia enmarcada en la sub-banda en estudio, que en el caso de estas mediciones va desde 674 MHz hasta 680 MHz.

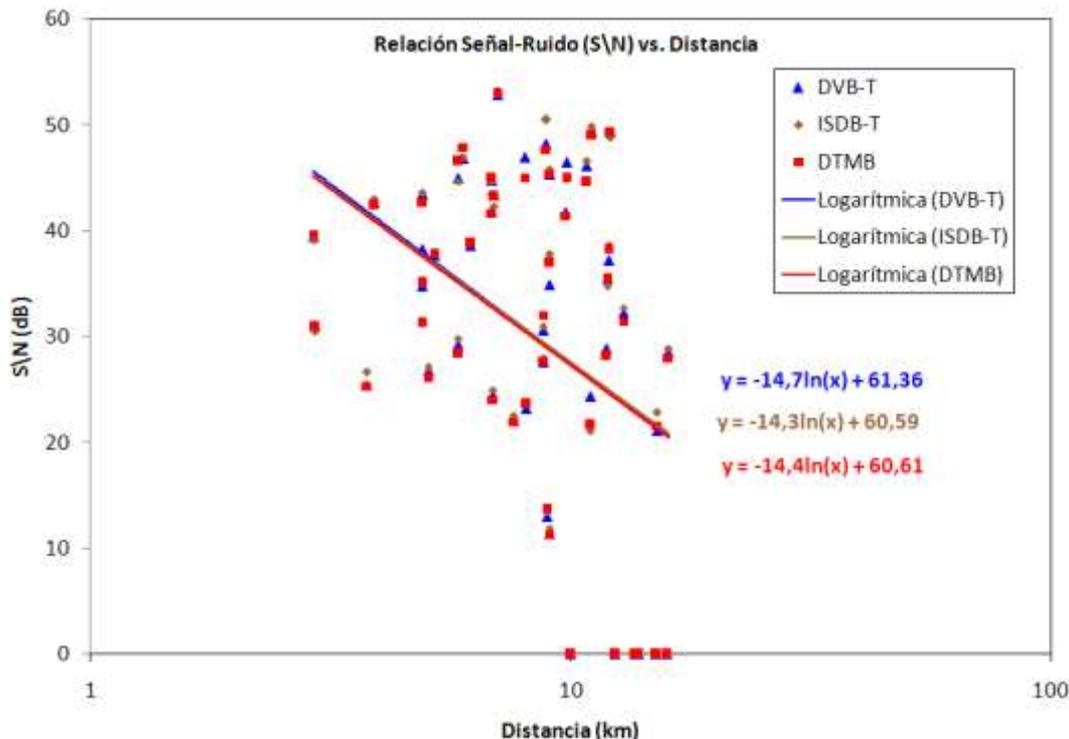
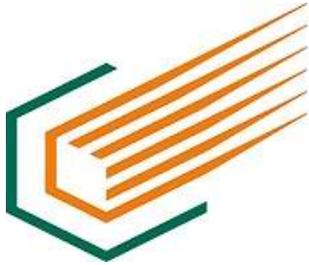


Figura 7. Relación señal-ruido, en el modo recepción fija, ambiente exterior, para los estándares DVB-T, ISDB-T y DTMB.

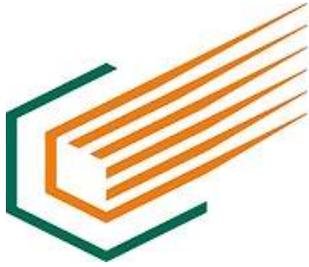
Adicionalmente, es importante destacar que de los resultados de las mediciones del nivel de ruido para todos los puntos considerados y los tres (3) estándares, el piso de ruido fue de -80 dBm.

Margen Umbral Puntual (MUP) de los sistemas DVB-T, ISDB-T y DTMB

Otro importante análisis realizado en el caso de recepción fija, en ambientes exteriores, es el correspondiente al comportamiento del margen umbral puntual (MUP) de los tres (03) estándares, en función de la distancia al transmisor, obtenido de la relación lineal entre el mínimo nivel de señal útil recibida y el nivel de piso de ruido existente en cada uno de los puntos de comprobación. El MUP es una figura de mérito que permite determinar el nivel de discriminación de la señal en condiciones marginales de relación señal a ruido. Los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 8.

En la Fig. 8, se observa que en relación al margen umbral puntual (MUP) en función también de la distancia, el estándar DTMB presenta un comportamiento ligeramente superior al estándar ISDB-T en aproximadamente 4 dB (para distancias entre 2 km y 4 km). Esta diferencia se reduce con el aumento de la distancia (para distancia entre 14 km y 16 km, la diferencia se reduce a 3 dB). En relación al estándar DBV-T, la diferencia en el MUP con DTMB es de aproximadamente 4,5 dB, a favor de éste último. Dicha diferencia tiende a mantenerse constante con la distancia. De esto parece comprobarse que efectivamente el estándar DTMB necesita un margen menor en cuanto a la relación señal-ruido para lograr decodificar la señal en los puntos de medición de recepción fija, en ambientes exteriores.

Es importante resaltar que el MUP es válido solamente punto por punto, ya que la misma depende no sólo del nivel ruido presente en el punto de estudio, sino también de la selectividad del receptor en dicho punto, incluyendo el ruido impulsivo, múltiple trayectoria y movimiento y naturaleza de objetos físicos alrededor del



punto. Un margen más preciso para cada estándar puede ser obtenido sólo mediante pruebas de laboratorio, donde se aislen los últimos efectos perturbadores señalados.

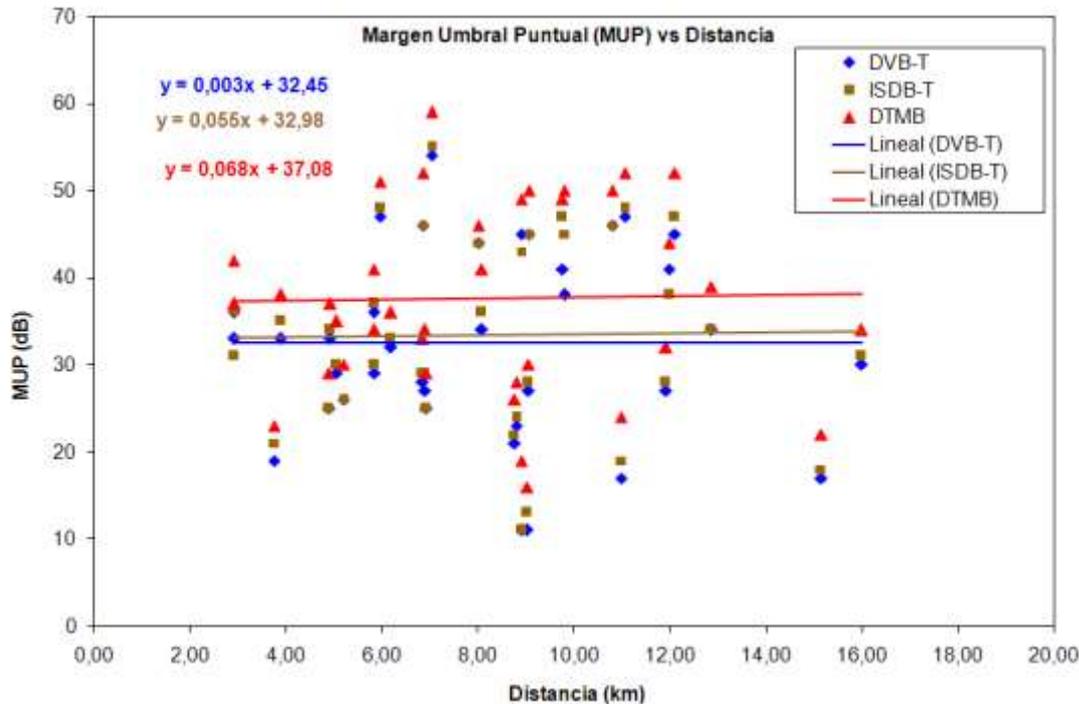


Figura 8. Margen umbral puntual (MUP), modo recepción fija, ambiente exterior, para los estándares DVB-T/H, ISDB-T y DTMB.

Nivel de ruido y mínimo nivel de señal útil

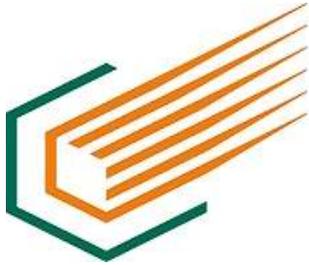
Los resultados [17] permiten inferir que la selectividad del receptor en DVB-T ofrece una discriminación relativamente baja, pues la diferencia entre los promedios del nivel de ruido y el nivel mínimo de señal útil o umbral, es 5,1 dB. Mientras que para los estándares ISDB-T y DTMB, esa diferencia es de 2,88 dB y -0,8 dB, respectivamente.

Ese valor negativo de la diferencia entre los promedios del nivel de ruido y el nivel mínimo de señal útil o umbral, indica que el estándar DTMB es el único entre los tres (3) estándares evaluados, que logra decodificar las señales por debajo del piso de ruido.

Porcentaje acumulativo de puntos con recepción satisfactoria

El porcentaje acumulativo de puntos con recepción satisfactoria fue determinado para niveles específicos de umbrales de recepción: -35 dBm, -40 dBm, -45 dBm y -65 dBm, umbrales de nivel de potencia recibida comprendidos entre -35 dBm y -80 dBm (piso de ruido), para los cuales se presentaron diferencias en el desempeño de los estándares evaluados [17].

En ese orden de ideas, se observa que para el nivel umbral de recepción de -35 dBm, el estándar ISDB-T, a partir de aproximadamente entre los 5 km a 7 km, presenta un porcentaje acumulativo de recepción satisfactoria ligeramente superior que DVB-T y DTMB; mientras que para el caso de -40 dBm como umbral de recepción, los estándares DTMB e ISDB-T presentan un desempeño ligeramente que DVB-T a partir de aproximadamente 8 km a 10 km, aunque a partir de aproximadamente de 10 km a 12 km, ISDB-T supera ligeramente el desempeño de DTMB. Para el nivel umbral de -45 dBm, a partir de aproximadamente 3 km a 5



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



km el desempeño de DVB-T e ISDB-T es ligeramente superior a DTMB, y a partir de aproximadamente 10 km a 12 km, ISDB-T supera ligeramente a DVB-T, Finalmente, para el nivel umbral de recepción de -65 dBm, el estándar DTMB presenta un porcentaje de recepción satisfactoria ligeramente mayor que los dos (02) restantes estándares a partir de aproximadamente 7 km a 9 km.

6. CONCLUSIONES

En el presenta artículo se evaluó el desempeño, en condiciones reales de propagación de ambiente exterior, de los estándares de DVB-T, ISDB-T y DTMB, para el caso de recepción fija. Esa evaluación se centró específicamente en los resultados derivados de las mediciones del nivel de potencia recibido y nivel de ruido en cada uno de los puntos considerados para tal fin.

En tal sentido, se observó que en términos del nivel de potencia recibida y la relación señal-ruido, el comportamiento de los tres (3) estándares fue bastante similar, con un ligero mejor desempeño para ISDB-T; mientras que en términos del MUP (Margen Umbral Puntual) DTMB presentó un mejor resultado, lo cual parece comprobar que el estándar DTMB requiere un nivel de relación señal-ruido menor que los otros dos (2) estándares para decodificar la señal, al menos en el caso de recepción fija en ambientes exteriores.

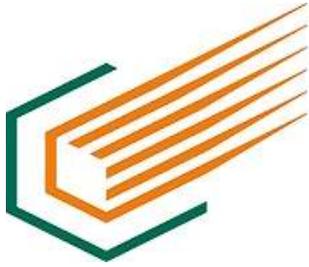
Adicionalmente, el análisis en relación al nivel de ruido y umbral mínimo de recepción, muestra que DTMB es el único de los tres (3) estándares evaluados que logra decodificar la señal recibida incluso por debajo del piso de ruido.

La comparación entre los mencionados estándares para el caso del porcentaje de acumulativo de puntos con recepción satisfactoria, indica que DTMB presenta en mejor desempeño para niveles de potencia recibida bajos y distancias desde la estación transmisora superiores a 7 km, mientras que para niveles más elevados de potencia de recepción, el comportamiento de ISDB-T es superior al mostrado por DTMB y DVB-T.

Finalmente, es oportuno resaltar que para el momento en el que fueron realizadas las pruebas reportadas en el presenta artículo, los equipos receptores del estándar DTMB no habían alcanzado aún su máximo desempeño como tal.

REFERENCIAS

1. EL-HAJJAR M; HANZO L. "A Survey of Digital Television Broadcast Transmission Techniques". IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, Vol. 15, No. 4, pp. 1924–1949.
2. BENOIT H. "Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework". Third Edition, Elsevier, 2008, 289 pp., ISBN: 978-024-052-081-0.
3. SIMPSOPN W., GREENFIELD HOWARD. "IPTV and Internet Video. Expanding the Reach of Television Broadcasting". 2nd Edition, Elsevier, 2009, 217 pp., ISBN: 978-024-081-245-8.
4. SMITH C. "MMDS. Multichannel Multipoint Distribution Services". McGraw-Hill Education, 2003, 350 pp., ISBN: 978-007-138-043-0.
5. GANUZA J.J., VIECENS, M.F. *Over-the-top (OTT) Applications, Services and Content: Implications for Broadband Infrastructure* [en línea]. Universidad de San Andrés, Argentina [ref. de febrero de 2013]. Disponible en Web: <http://www.udesa.edu.ar/WP/GetFile.aspx?fid=654282>
6. SONG J, et al. "Technical Review on Chinese Digital Terrestrial Television Broadcasting Standard and Measurements on Some Working Modes". IEEE Transactions on Broadcasting, March 207, Vol. 53, No. 1, pp. 1–7.
7. ITU. *Error Correction, Data Framing, Modulation and Emission Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting*. Recommendation ITU-R BT.1306-6, International Telecommunication Radio, Geneva, Switzerland, 2011.
8. LIU M., CRUSSIÈRE M., HELARD J.F. "Combined Time and Frequency Algorithm for Improved Channel Estimation in TDS-OFDM". Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Communications (ICC 2010), May 2010, pp. 1-6.



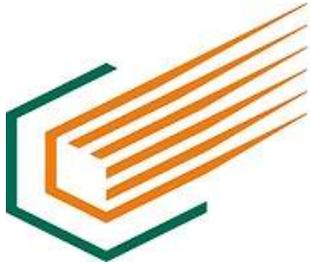
17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



9. TOKER C. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* [en línea]. Hacettepe University, Department of Electrical and Electronics Engineering. Notes of Course of Special Topics in Communications (Advanced Signal Processing Techniques for Communications) [ref. de febrero de 2009]. Disponible en Web: <http://www.ee.hacettepe.edu.tr/~toker/ELE739/Week10-11.pdf>
10. DAI L., et al. "Time-Frequency Training OFDM with High Spectral Efficiency and Reliable Performance in High Speed Environments". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, May 2012, Vol. 30, No. 4, pp. 695-707.
11. CAMPO P.A. "Estudio del Estándar de Televisión Digital Terrestre DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting), y Propuesta de Reglamento para la Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador". Directora: Ing. Tania Pérez. Proyecto de Grado, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador, 2010.
12. LIU M., CRUSSIÈRE M., HELARD J.F. "A Novel Data-Aided Channel Estimation With Reduced Complexity for TDS-OFDM Systems". *IEEE Transactions on Broadcasting*, June 2012, Vol. 58, No. 2, pp. 247-260.
13. URYVSKY L.O., OSYPCHUK S.O. "Comparative Analysis of LDPC and BCH Codes Error-Correcting Capabilities". *Information and Telecommunication Sciences*, 2014, Vol. 5, Number 1, pp. 5-9.
14. PAUL B., et al. "Performance Analysis of Low Complexity Error Correcting Codes". *International Journal of Computer Applications*, December 2012, Vol. 59, No. 14, pp. 1-4.
15. PAN C., et al. "Field Trial of advanced DTMB system DTMB-A in Hong Kong". *Proceedings of 2014 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB 2014)*, June 2014, pp. 1-4.
16. CHU P. *Experience and Country Outcomes* [en línea]. *Proceedings of ITU-ABU-AIBD Regional Workshop on "Digital Broadcasting Implementation"* [ref. de marzo de 2013]. Disponible en Web: http://www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/Events/2013/ITU-ABU-AIBD/S1_Peter_Chu.pdf
17. DUQUE L., PEREZ N.A. "Informe Técnico sobre las Pruebas Comparativas de Desempeño en Campo de los Estándares para Televisión Digital Televisión Terrestre DVB-T, ISDB-T y DTMB". Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), 2008, pp. 120.
18. LINARES J. "Desarrollo de Herramienta Computacional para la Planificación y Dimensionamiento de Sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT), utilizando Software Libre", Director: Dr. Nelson A. Pérez García, Trabajo de Grado, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 2014.
19. WEINER M.M., et al. "Input Parameter Specification for de Longley-Rice and Johnson-Gierhart Tropospheric Radio Propagation Programs 0.02-40 GHz". United States Air Force, October 1982, pp. 91.

Nelson A. Pérez García nació en Caracas, Venezuela, el 08 de diciembre de 1967. Es Ingeniero Electricista en la Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela, en 1992; Maestría y Doctorado en Ingeniería Eléctrica, en el Área de Telecomunicaciones, en la Pontificia Universidad Católica do Rio de Janeiro (PUC/Rio), Brasil, en 2000 y 2003, respectivamente. Desde 1994 es profesor de la Universidad de Los Andes, en el área de Telecomunicaciones (su categoría actual es Titular). Trabajos de orientados principalmente hacia el estudio, análisis y generación de técnicas y algoritmos para la planificación y dimensionamiento de sistemas inalámbricos de comunicaciones (sistemas celulares, sistemas de banda ancha, TV Digital Abierta, entre otros, así como también de sistemas de comunicaciones por fibra óptica y sistemas PLC (*Power Line Communications*). Durante 2007 y 2008 fue el coordinador del Sector Académico en el proyecto de TV Digital Terrestre para Venezuela y líder de las pruebas de desempeño en campo de Televisión Digital Terrestre realizadas esos dos años en Caracas, Venezuela. Actualmente, es miembro de la "Red Temática en Aplicaciones y Usabilidad de la Televisión Digital Interactiva" y de la "Red Iberoamericana para el Desarrollo de la Televisión Digital Terrestre y las Aplicaciones Interactivas (RITDT)", del Programa CYTED para Iberoamérica. También es asesor del CENDITEL (Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres), Mérida, Venezuela, en el desarrollo de aplicaciones interactivas para TV Digital Abierta.

Luis Duque es TSU (Técnico Superior Universitario) en Telecomunicaciones en el IUT/RegiónCapital en 2000; Ingeniero Electrónico en el IUP "Santiago Mariño", en 2009; MBA en Gestión de las Telecomunicaciones y Tecnologías On-Line, EOI, Madrid, España; M.Sc. en Política y Gestión de la Innovación Tecnológica, UCV, Caracas, Venezuela, 2013. Desde abril 2014 es el líder del "Proyecto TDA-CONATEL: Hacia un marco regulatorio armonizado". Fue líder de los atributos de Radiocomunicaciones



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



Móviles (Terrestres, Marítimas y Aeronáuticas) desde 2001 hasta 2006. Fue delegado por CONATEL ante la UIT-D y UIT-R (Ginebra, Suiza, 2009 -2011); delegado en el Comité Consultivo Permanente II (CCPII), de la OEA (2008). Desde 2012 es docente de PNFE Electrónica, Potencia y Telecomunicaciones (PV) IUT-RC (2012-actual). Fue líder de las pruebas de desempeño en campo de Televisión Digital Terrestre, realizadas en Caracas, Venezuela, en 2007 y 2008.