

Evaluación Técnica del Desempeño de los Estándares de Televisión Digital Terrestre en el Distrito Metropolitano de Quito

Xavier Páez Vásquez, Rodrigo Silva Tapia, Gonzalo Olmedo
Maestría en Redes de Información y Conectividad
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE
Campus Politécnico, Av. General Rumiñahui s/n
Sangolquí –Ecuador
xpaezster@gmail.com, rsilva@espe.edu.ec, golmedo@espe.edu.ec

***Abstract.** The present study aims to present all the results obtained in the development of testing digital terrestrial television (TDT) performed in the Metropolitan District of Quito and whose implementation was entrusted the Superintendency of Telecommunications (Supertel). The data obtained in order to be technologically detailed have been sorted and analyzed accurately, Thus allowing to present the results of each test for both subjective test mode to target mode, this allowed us to establish the level of performance that were each evaluated (TDT) standards in areas such as: signal quality , coverage and bandwidth. To allow better visualization of the results, statistical graphs are presented the results of each test, as well as comparative tables between different standards.*

1. Introducción.

El proceso para la implementación de la TDT, empezó en Ecuador desde el año 2007, año en el cual mediante Decreto Ejecutivo N° 681 de 18 de octubre de 2007, se delega a la Superintendencia de Telecomunicaciones la investigación de nuevas tecnologías de radiodifusión y televisión en el país; sobre la base de esta disposición se inició la investigación bajo criterios de carácter técnico, económico, social, financiero y de cooperación para el desarrollo tecnológico con universidades y centros de investigación locales y extranjeros.

Desde la adopción del Estándar de TDT ISDB-Tb en el Ecuador, en marzo de 2010 [1], la ciudadanía en general, ha tenido poca oportunidad de participar en los debates realizados respecto de este tema. Muchos hechos que se han tornado públicos y otros resultados de la investigación que se realizó en el presente trabajo, permitirán de alguna manera, identificar prejuicios causados en el proceso de adopción del estándar de TDT, debido a la ausencia de un debate más amplio de la sociedad sobre el tema. Uno de ellos tiene que ver con cuestiones relevantes de la Tecnología de TDT, tales como acceso al Internet, posibilidad de las características de interactividad y la democratización del espectro radioeléctrico (canalización).

Actualmente, el proceso de implementación de la TDT en el Ecuador, lo viene realizando el Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), con base al Plan Maestro de Transición a la TDT [2], aprobado para este fin y que permitirá la inserción definitiva de la TDT en el Ecuador.

Es así, que la motivación para la realización del presente trabajo de investigación, es la de complementar el Informe de las Pruebas de TDT presentado por la SUPERTEL, con la presentación de los resultados obtenidos en la evaluación de parámetros técnicos como Ic, BW, MER y C/N de los Estándares de TDT probados en el Distrito Metropolitano de Quito.

Este trabajo, permitirá de alguna manera complementar el informe de la SUPERTEL, que permitió al CONATEL, tomar la decisión final para la adopción del estándar de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador. Este documento se estructura en 5 secciones. En la sección 1, referente a la Introducción, se realiza una descripción de la motivación para abordar el presente trabajo, en el mismo se realiza además una breve reseña histórica de los pasos que se ha dado hasta la adopción del estándar ISDB-Tb. Como planteamiento del problema, se propone realizar la evaluación de los datos de las mediciones obtenidas en las pruebas, desde un punto de vista netamente técnico. Seguidamente en la Sección 2, se tiene el Marco Teórico, donde se presentan las principales características técnicas de los diferentes estándares de TDT, incluido el NTSC. Dentro de la Sección 3, se realiza una descripción de todas las pruebas, la metodología empleada para la evaluación y se presentan los resultados de las mediciones tanto subjetivas como técnicas, con lo cual se evalúa aspectos como la calidad de la señal, cobertura y ancho de banda, lo que nos permitirá determinar cuál fue el desempeño de los Estándares de TDT, durante las pruebas realizadas. En la Sección 4, luego haber realizado una evaluación tanto técnica como subjetiva de los resultados y su respectiva comparación, se procederá a realizar conclusiones y recomendaciones. Finalmente en la Sección 5, se hace referencia a trabajos similares o documentos utilizados para el desarrollo del presente trabajo.

2. Marco Teórico

2.1. Televisión Analógica - Estándar NTSC (National Television System Committee).

Es el sistema de transmisión de televisión analógica desarrollado en Estados Unidos de América hacia el año 1941. El Ecuador actualmente utiliza este sistema

para la difusión de televisión analógica a color, empleando la norma M, la cual abarca en resumen las siguientes características:

- Número de Líneas: 525
- Ancho de banda de video: 4,2 MHz
- Ancho del canal: 6 MHz
- Portadora de sonido respecto a la imagen: -4,5 MHz
- Frecuencia de Línea: 15750 Hz
- Frecuencia de cuadro: 60 Hz
- Frecuencia Subportadora de color: 3,58 MHz
- Modulación de la portadora de imagen: Negativa
- Modulación de la portadora de sonido: En frecuencia

2.2. Stándar ATSC (Advance Television System Committee).

Permite transmitir señales de alta definición, la cual brinda 6 veces mejor calidad de imagen que la TV tradicional y mejor calidad de sonido tipo cine audio dolby digital (AC-3). Asimismo, el estándar de televisión digital ATSC permite transmitir varias señales en definición estándar o combinado con alta definición. La modulación utilizada es la 8T-VBS, la cual es una modulación mono portadora e independiente de fase, para evitar muchas distorsiones. Tiene la velocidad de datos de 19.4 Mbps, permitiendo múltiples formatos de imágenes y velocidades de trama en HDTV y SDTV. Se utiliza la codificación de video MPEG-2, por ser un conjunto de algoritmos de compresión flexible, y está conformado por un sistema de perfiles, denominados perfiles los cuales son los encargados de limitar la sintaxis del algoritmo, más un conjunto de niveles que se encargan de establecer los límites de velocidad de muestreo y tamaños de tramas, todo esto sumado permiten la interoperabilidad de aplicaciones y equipos. El estándar ATSC utiliza la norma de compresión de audio digital AC-3, llamado Dolby Surround Sound, que brinda 5,1 canales de audio.

2.3. Estándar DVB (Digital Video Broadcasting Terrestrial).

Para evitar concentración de energía en el proceso de transmisión, debido a la presencia de largas cadenas de ceros o de unos, se requiere distribuir en forma aleatoria la información mediante el uso de un proceso que genere una secuencia binaria pseudoaleatoria (PBRS), mediante el uso de compuertas lógicas a los bits del flujo de datos corregido (*Transport Stream*). Con el ánimo de lograr corregir los errores que se pueden generar en el paquete de datos transmitidos, se establece una redundancia en la información, la cual se denomina codificación externa mediante el método Reed-Solomon, el cual consiste en adicionar 16 bytes de paridad a cada paquete original MPEG-2, dando

como resultado aumentar de 188 a 204 bytes. Con este método se logra corregir hasta 8 bytes erróneos. Su descripción técnica es RS (204,188 t=8). Adicional al proceso Reed-Solomon se aplica un retardo a los bytes de un paquete, mezclándolos entre sí para evitar errores que afecten a varios bytes consecutivos.

Tabla 1. Parámetros de operación para recepción DVB-T.

C-BER	I _c [dBuV/m]	BW [MHz]	C/N [dB]	POTENCIA DE LA SEÑAL RECIBIDA (dBm)
TASA DE ERROR DE BIT	INTENSIDAD DE CAMPO	ANCHO DE BANDA	RELACION PORTADORA A RUIDO	
Entre: 1 x 10E-2	668 a 674 MHz	5.70535714	25 dB para BER = 1E-4	Entre: -30 y -80 dBm.
1 x 10E-5	3+20 log f(MHz)			

2.4. Estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial).

Emplea la compresión y la multiplexación MPEG-2, como también la modulación COFDM, con algunas modificaciones y variantes a la utilizada en el estándar DVB-T. El estándar ISDB-T tiene las mismas facilidades del DVB-T, con algunas características mejoradas. Entre las principales tenemos:

- Transmisión de múltiples programas SDTV o la de un programa de HDTV.
 - Recepción portátil y móvil de televisión.
 - Transmisión en modo Jerárquico, lo cual permite transportar, simultáneamente, en el mismo ancho de banda, un programa de HDTV para recepción fija y uno de SDTV para recepción móvil.
 - Redes de Frecuencia Única (SFN).
 - Recepción portátil y móvil de audio y datos.
 - Servicios de interactividad y de multimedia.
 - Características principales del estándar ISDB-T.
- El estándar ISDB-T difiere del DVB-T en los siguientes aspectos:
- Segmentación OFDM del espectro de transmisión.
 - Tiempos distintos de intercalación de datos.
 - Modos de transmisión con diferentes espacios entre las portadoras OFDM.

Tabla 2. Parámetros de operación del ISDB-Tb en recepción.

C-BER	I _c [dBuV/m]	BW [MHz]	C/N [dB]	POTENCIA DE LA SEÑAL RECIBIDA (dBm)
TASA DE ERROR DE BIT	INTENSIDAD DE CAMPO	ANCHO DE BANDA	RELACION SEÑAL A RUIDO	
Entre: 1 x 10E-1	668 a 674 MHz	5.572 modo 8k	17,5 dB para BER = 1E-4	Entre: -30 y -80 dBm.
1 x 10E-5	3+20 log f(MHz)			

2.5. Estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting).

Incluye desde sus inicios soporte para dispositivos móviles, como celulares y reproductores multimedia. Una de las desventajas es que no define códecs de compresión (como MPEG-4 y MPEG-2), dejando esa decisión a discreción del transmisor. Eso significa que los receptores tendrán que ser capaces de descifrar múltiples formatos, lo que los hará más caros, pero a su vez los distribuidores de señal podrán prestar otro tipo de servicio que permita a los canales de televisión emitir con las características que ellos deseen, dando servicio a la alta definición e incluso a la interactividad con el usuario. La transmisión de datos es implementada mediante el estándar TDS-OFDM (Time Domain Synchronous Orthogonal Frequency Division Multiplexing), el cual, de acuerdo con el co-desarrollador de DTMB, la Universidad Tsing Hua, es capaz de transmitir calidades aceptables de señal para receptores HDTV moviéndose (por ejemplo, en coche o tren) a velocidades de hasta 200 km/h. Otra de sus ventajas es que tiene un alcance 10 km mayor a la norma DVB-T. También permite la transmisión de varios canales por una misma frecuencia.

Tabla 3. Parámetros en recepción del estándar DTMB.

CBER Tasa de errores de bit	Ic (dBuV/m) Intensidad de campo	BW (MHz) Ancho de Banda	C/N (dB) Relación señal a ruido	Potencia de la señal recibida (dBm)
Entre: 1×10^{-1}	668 a 674 MHz	5,67	13,7 dB para BER = 1×10^{-4}	Entre -30 y -80 dBm
1×10^{-6}	$3+20 \log f$ (MHz)			

3. Resultados

Las pruebas de recepción, se realizaron en 85 puntos y en tres circuitos de recorrido móvil. Los puntos de medición se determinaron trazando 20 radiales con 10° de separación y la intersección de arcos trazados a distancias del transmisor de 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 y 20 km según la recomendación UIT-R BT.2035-1.[4].

Para la evaluación subjetiva de imagen y sonido se tomó como referencia la recomendación UIT-R BT.500-11. [3].

Tabla 4. Recomendación UIT-R BT.500-11.

Grado	Calidad	Deterioro	Definición
5	Excelente	Imperceptible	Recepción sin fallas
4	Bueno	Perceptible pero no molesto	Recepción con fallas que no motivan al evaluador a cambiar de canal.
3	Regular	Ligeramente molesto	Recepción con fallas, por lo cual el evaluador no está conforme, pero considera que se puede esperar un intervalo de tiempo sin cambiar de canal.
2	Pobre	Molesto	Recepción con fallas que motiva al evaluador cambiar de canal.
1	Malo	Muy Molesto	No hay señal

En las pruebas objetivas (técnicas), se evaluaron parámetros cualitativos como la recepción de señal,

calidad del video, calidad y continuidad del audio; y parámetros cuantitativos como mediciones del MER, intensidad de campo electromagnético, relación C/N, potencia de la señal recibida.

Tabla 5. Parámetros de operación de los estándares al momento de ser evaluados.

ESTANDAR	DVB-T	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB	
TIPO DE SEÑALES	1 HD	1 HD/One Seg	2 HD/One Seg	2HD/2SD	
Nº DE PORTADORAS	8K	8K	8K	8K	
INTERVALO DE GUARDA	1/16	1/16	1/8	1/9	
COMPRESION	MPEG 2	MPEG 2	MPEG 4	MPEG 4	
ESQUEMA DE MODULACIÓN	64 QAM	QPSK	64QAM	QPSK	64QAM
FEC	3/4	2/3	3/4	1/2	3/4
TIME INTERLEAVING	0.4 seg	0.2 seg	0.4 seg	0.2 seg
TASA DE TRANSMISIÓN	17,56 Mbps	440 kbps	17,8 Mbps	220 kbps	8 Mbps
POTENCIA OPERACIÓN	500 W	500 W	500 W	500 W	500 W
MARCA TX	BTESA	TOSHIBA	TOSHIBA	BBEF	

3.1. Mediciones subjetivas.

Modo fijo exterior. Esta medición fue realizada en 85 puntos del Distrito Metropolitano de Quito.

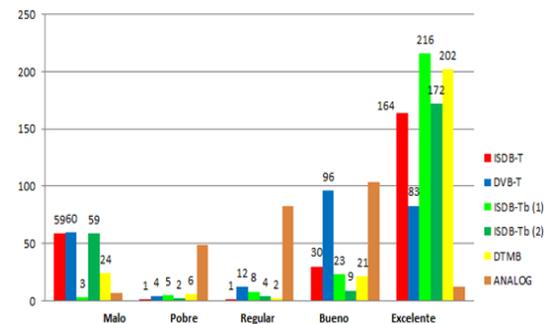


Fig. 1. Evaluación de la señal de video en modo fijo exterior.

El estándar ISDB-Tb como se observa en la Figura 1, en esta prueba, obtuvo la mejor calificación seguido por el estándar chino DTMB.

Modo fijo interior. Este tipo de prueba se realizó encendiendo una licuadora cerca al receptor de TDT, para verificar la inmunidad al ruido eléctrico.

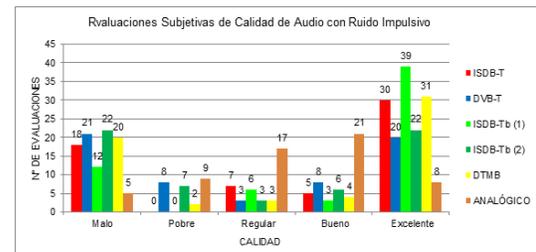


Fig. 2. Evaluación de la señal de video en modo fijo interior.

El estándar ISDB-Tb, alcanzó la mejor puntuación dentro de la evaluación excelente, seguida por el estándar chino DTMB.

Modo Móvil. En este tipo de prueba, se evaluó a los estándares de TDT en tres circuitos al interior de un vehículo.

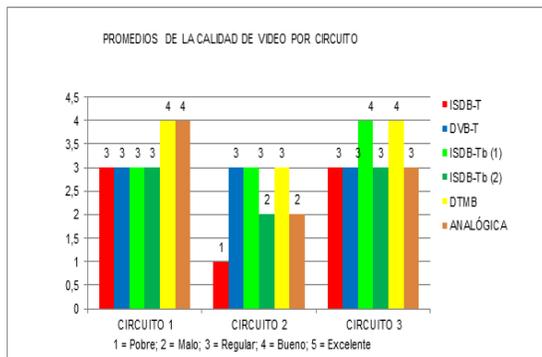


Fig. 3. Evaluación de la señal de video en modo móvil.

El estándar DTMB, obtuvo en promedio la mejor puntuación obtuvo, seguido del estándar ISDB-Tb.

3.2. Pruebas objetivas.

Ancho de banda.

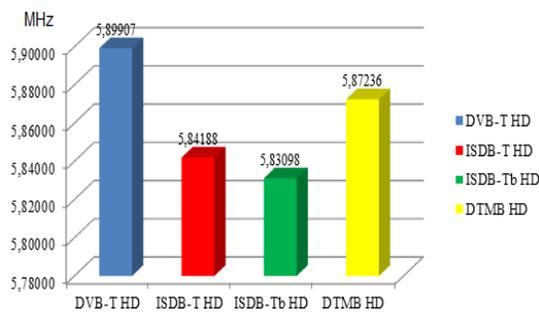


Fig. 4. Medición promedio de la ocupación de ancho de banda en 85 puntos. Señal HD.

Tabla 6.

Promedio de Medición de ancho de banda.

Estándares	BW Ocupado	BW Asignado	BW Sobrante
DVB-T HD	5,899070	6	0,100930
ISDB-T HD	5,841880	6	0,158120
ISDB-Tb HD	5,830980	6	0,169020
DTMB HD	5,872360	6	0,127640

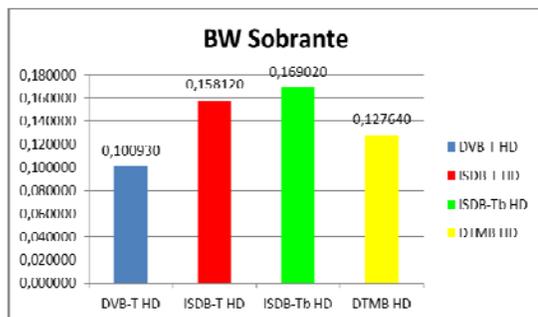


Fig. 5. Promedio de ancho de banda sobrante, de los estándares al transmitir una señal HD.

Se puede notar que el estándar ISDB-Tb, es el que mejor optimiza la ocupación del ancho de banda, al transmitir una señal en HD, seguido del estándar ISDB-T.

Intensidad de campo.

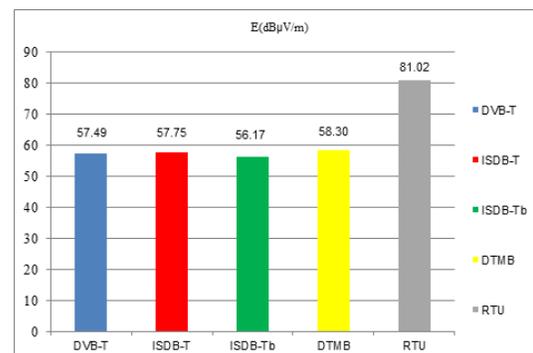


Fig. 6. Promedio de Intensidad de campo en 85 puntos, se incluye al estándar NTSC canal RTU.

El estándar DTMB presenta el mejor nivel de Intensidad de campo respecto de los demás estándares de TDT evaluados. En el gráfico, es necesario señalar que el canal 46 RTU de tecnología analógica presenta el mayor valor de intensidad de campo, respecto de los estándares de TDT ya que la potencia de transmisión era 10 veces mayor que la potencia utilizada por los canales de TDT.

Relación portadora a ruido.

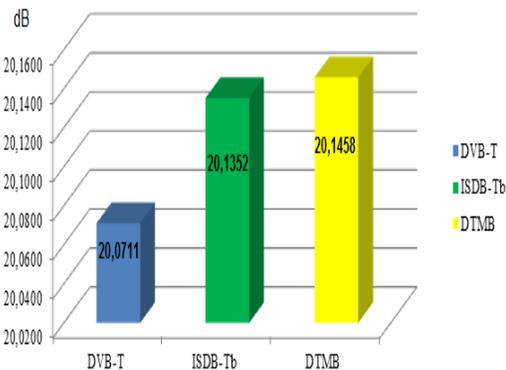


Fig. 7. Promedio de la relación portadora a ruido.

El estándar DTMB, presenta la mejor diferencia expresada en dB entre la potencia de la señal de TDT y el ruido que la acompaña, esto quiere decir mejor calidad de la señal ya que la deficiencia en este parámetro significa una degradación en la señal.

Comparación MER vs C/N.

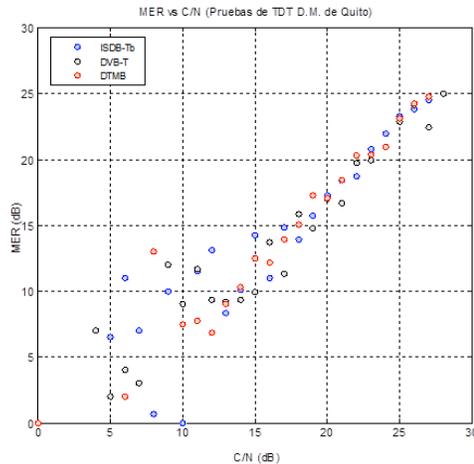


Fig. 8. Representación de MER (dB) y C/N (dB), resultado de la medición en 4 tramos dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Como se puede observar en la representación MER vs C/N, los tres estándares de TDT, presentan características similares, con excepción de algunos puntos dispersos, que pueden deberse a varios factores, los mismos que podrían haber generado la presencia de interferencias intermitentes.

Para la interpretación de resultados en este caso, se tomó como base, los valores de MER de 25, 20, 15, 10 y 8 dB, situación que permitió obtener los siguientes resultados, para un valor de MER de 25 dB, los estándares que presentan mejor respuesta son el DTMB, seguido del DVB-T. Para el valor de 20 dB, el estándar ISDB-Tb, presenta mejor respuesta de MER, seguido del estándar DTMB. En los 15 dB, el estándar DTMB, supera los estándares ISDB-Tb y DVB-T. En los 10 dB, la mejor respuesta de MER, es la presentada por el estándar DTMB, seguido a continuación por el ISDB-Tb. Finalmente para un valor de 8 dB, el estándar que se impone es el estándar ISDB-Tb, seguido por los estándares DTMB y DVB-T, respectivamente. Esta evaluación, se la realizó tomando como referencia el nivel de deterioro de la modulación que afecta a un receptor digital para recuperar bits de datos, que puede deberse a fugas de señal, nivel de IQ y desequilibrio en cuadratura.

Tabla 7.

Resultado de la evaluación MER vs C/N realizada en 4 tramos del D.M. de Quito.

ESCALA DE DESEMPEÑO	MER (dB) vs C/N (dB)					PROMEDIO
	25	20	15	10	8	
PRIMERO	DTMB	ISDB-Tb	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB
SEGUNDO	DVB-T	DTMB	ISDB-Tb	ISDB-Tb	DTMB	ISDB-Tb
TERCERO	ISDB-Tb	DVB-T	DVB-T	DVB-T	DVB-T	DVB-T

Resultado final de las pruebas objetivas.

En TDT, es preciso conocer la calidad de la señal a través de parámetros como relación portadora a ruido,

ancho de banda y tasa de error de modulación (MER) de la señal recibida. Por ello con base a los resultados obtenidos de los parámetros técnicos antes citados, se presenta a continuación los resultados totales de las pruebas objetivas.

Tabla 8.

Desempeño de los estándares de TDT evaluados.

Escala de Desempeño	PARÁMETROS TÉCNICOS EVALUADOS EN LAS PRUEBAS DE TDT				PROMEDIO FINAL
	Intensidad de Campo [Ic]	Relación Portadora a Ruido [C/N]	Ancho de Banda [BW]	Relación MER vs C/N	
PRIMERO	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB	DTMB
SEGUNDO	ISDB-T	ISDB-Tb	ISDB-T	ISDB-Tb	ISDB-Tb

De los resultados obtenidos, se puede observar en la Tabla 8, que el estándar DTMB, obtuvo el mejor desempeño técnico en las pruebas objetivas, seguido del estándar ISDB-Tb.

Resultado final de las pruebas subjetivas.

Para el desarrollo de las pruebas, únicamente los estándares ISDB-T y DTMB, facilitaron a la Supertel equipos para las pruebas de movilidad (receptores portátiles o teléfonos móviles). Por tanto para obtener el resultado de las pruebas subjetivas, se tomaron los modos de medición: fijo exterior, fijo interior y móvil.

Tabla 9.

Promedio del desempeño de los estándares de TDT en las pruebas técnicas.

Escala de Desempeño	DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES DE TDT EN LA PRUEBAS SUBJETIVAS			PROMEDIO
	Fijo exterior	Fijo interior con ruido eléctrico	Modo Móvil	
PRIMERO	ISDB-Tb	ISDB-Tb	DTMB	ISDB-Tb
SEGUNDO	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB

En el resultado de las pruebas subjetivas presentadas en la Tabla 9, el estándar ISDB-Tb fue el que presentó mejor desempeño, seguido del estándar DTMB.

4. Conclusiones.

- Con base al análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de Televisión Digital Terrestre, realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, se puede concluir que el estándar DTMB, fue el que presentó el mejor desempeño técnico dentro de las pruebas objetivas, seguido del estándar ISDB-Tb. En lo que se refiere a las pruebas subjetivas en cambio fue el estándar ISDB-Tb el que alcanzo la mejor puntuación, quedando en segundo lugar el estándar DTMB.

- Dentro de las pruebas objetivas realizadas en las pruebas de TDT, el Estándar Chino DTMB, únicamente fue superado en la medición de ancho de banda por el Estándar Europeo DVB-T. Este parámetro se refiere al ancho de banda útil que utiliza el estándar para transmitir.
- Durante la medición en modo fijo exterior, realizada en 85 puntos de la ciudad de Quito, se pudo verificar que un alto nivel de intensidad de campo en TDT, no garantiza una buena señal de recepción, situación contraria a lo que sucede con una señal de televisión analógica, ya que podría ocurrir que dentro de la señal, se presenten demasiados errores como para que el sintonizador del receptor o set top box, pueda corregirlos, anulándose de esta manera la señal de TDT en su totalidad o presentando pixelaciones en la misma.
- La medición de la relación portadora a ruido [C/N], a medida que empezamos a alejarnos del sistema de transmisión, disminuye hasta tal punto que no se garantiza la calidad de la recepción, de igual manera este parámetro está directamente relacionado con la intensidad de campo.
- El MER obtenido durante las pruebas de TDT, presentó un desempeño afín a los sitios en los cuales se desarrolló la medición (sitios cercanos, lejanos, de sombra, etc). Sin embargo es necesario considerar que el resultado de este parámetro se encuentra íntimamente ligado a características como la sensibilidad del instrumento de medición.
- La potencia utilizada por un canal de TDT, para cubrir una determinada zona, comparada con un canal de tecnología analógica, se reduce ostensiblemente, permitiendo de esta manera disminuir la potencia de transmisión, consecuentemente el consumo de energía eléctrica y la emisión de radiaciones no ionizantes en este rango de frecuencias.
- Al realizar las pruebas de TDT, en modo fijo interior se pudo verificar que la señal, es inmune a ruidos de impulso eléctrico, esto debido a que los diferentes estándares utilizan sistemas multiportadora que adoptan técnicas de entrelazado denominado *interleaving*.
- La TDT, posibilita la recepción móvil sin tener los problemas típicos de los sistemas analógicos que son: imágenes dobles, reflexiones, distorsiones, etc. Esta situación fue evidenciada en la ciudad de Quito, dentro de los Túneles de San Juan, San Roque y San Diego, cuando se probó con los equipos de recepción portátil del estándar ISDB-Tb, la recepción de la señal *One-Seg*.
- A diferencia de las señales de televisión analógica NTSC, en el que dichas estaciones se cuantifican comúnmente mediante la simple medida de nivel de la señal recibida, en televisión digital es preciso conocer también, la calidad de la señal, condición esta que ha dado lugar al surgimiento de nuevos instrumentos de medida, los cuales se diferencian de los analógicos en que ofrecen parámetros de potencia, relación portadora a ruido, uniformidad de los canales y tasa de error de modulación (MER) de la señal recibida.
- Con un transmisor de televisión analógica, modulada en amplitud, el nivel de señal recibido se reduce debajo de un cierto umbral, el video y la calidad del audio se deteriora progresivamente, particularmente la señal mínima aceptable va aproximadamente de 0.5 a 1 mV. Por el contrario, en el contraste, el audio y calidad del video de un receptor digital no se degrada, es más, permanece constante aunque la señal recibida este bajando, hasta llegar a un umbral debajo del cual la señal se pierde, generalmente alrededor de 20 dB bajo el umbral analógico.
- La probabilidad de error, viene a ser un parámetro de la calidad del sistema y está ligada a la modulación y a la codificación a simple vista. En un análisis más profundo vemos que a través del Eb/No o de la SNR está ligada a la potencia de transmisión y al ancho de banda. Generalmente, debido al ruido del canal de transmisión, la única manera de tener un valor de MER aceptable es agregando códigos para detección y corrección de los errores.
- El FEC (*Forward Error Correction*) es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original. La posibilidad de corregir errores se consigue añadiendo al mensaje original unos bits de redundancia.

5. Recomendaciones.

- En el trascurso de las pruebas de TDT, realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, se pudo verificar que algunos sectores, se encuentran en zonas de sombra, donde se dificulta la recepción de la señal tanto de televisión analógica como de televisión digital. Por tanto una solución de bajo costo para cubrir estas zonas, sería la incorporación de *gap fillers* o dispositivos de reemisión.
- Tomando en cuenta que el Ecuador, aún se encuentra en proceso para el cambio de tecnología de televisión analógica a digital terrestre, es necesario que se promueva la transferencia tecnológica a través de la

capacitación del mayor número de personas en todos los ámbitos que involucra la TDT, ya que el desarrollo del talento humano es indispensable en la operación de nuevos servicios, transmisión de datos y televisión móvil. Para los Radiodifusores, es necesario la asistencia financiera y la planificación de inversiones para que puedan contar con una infraestructura técnica totalmente equipada, lo que les permitirá enfrentar los nuevos retos que demanda la TDT.

- Uno de los parámetros medidos en las pruebas objetivas de TDT, fue el BER, medida que se la realizó en a través de un drive test realizado en cuatro tramos de la ciudad, sin embargo pese a tomar más de varios centenares de datos, los mismos al momento de procesar e intentar relacionar con C/N, no presentaban un patrón coherente, por lo que este resultado fue desechado del presente trabajo. Por tanto la medida de BER, tiene que ser tomada en un punto fijo, a fin de permitir que el receptor o set top box, pueda tomar los datos en forma correcta.
- A fin de garantizar el *simulcast*, hasta que se produzca el apagón analógico, es necesario realizar un estudio del canal adyacente entre sistemas de televisión analógicos y digitales.

Referencias

[1] Informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador (2010, 26 de marzo). [En línea]. Quito: Superintendencia de Telecomunicaciones. Disponible en: http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe_tdt_mar26_2010.pdf [2013, 20 de mayo].

[2] Plan Maestro de Transición a la TDT en el Ecuador (2012). [En línea]. Quito: Consejo Nacional de Telecomunicaciones. Disponible en: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-681-24-CONATEL-2012-PLAN%20MAESTRO-ACTUAL.pdf [2013, 20 de mayo].

[3] Recomendación: UIT-R BT.500-11 Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión (2006, 20 de febrero). Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.500/es> [2013, 2013, 17 de enero].

[4] Recomendación UIT BT.2035-11 Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura (2004). Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Disponible en: <http://www.itu.int/pub/R-REP-BT.2035/es> [2012, 17 de enero].

[5] Protocolo para pruebas de campo de Televisión Digital en el Ecuador. (2009). [En línea]. Quito: Superintendencia de Telecomunicaciones. Disponible en: http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe_tdt_mar26_2010.pdf [2013, 20 de mayo].

[6] Bernard G. (1990). Televisión Práctica y Sistemas de Video. (5a. ed.). España: Marcombo, S.A.

[7] Señal de Televisión. (1990). [En línea]. Perú: Universidad San Martín de Porres. Disponible en: <http://www.usmp.edu.pe/visión2011/exposiciones>.

[8] Unión Internacional de Telecomunicaciones. TDT. Aspectos Regulatorios y de Mercado. Centro de Excelencia para las Regiones Américas. 2007. Formatos Técnicos disponibles para TDT.

[9] Fisher W. (2004). Digital Televisión: A practical Guide for Engineers. (p. 331 – 363). Munich: Springer-Verlag Berlin Heidelberg Rhode&Schwarz GmbH & Co. ETS300744.

[10] JAPON. NHK, Japan Broadcasting Corporation. 2008. ISDB-Tb Tecnologías de transmisión y sistemas de alertas de emergencia (P.14).

[11] 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.

[12] Yang, Z., Yang, L., Zhang, W., Guan, Y., Zhang, X., Wang, K., Ge, J., Zhu, W., Zhang, P., Ren, P., Chen, J., Tang, Ch. (2006). Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System Publish. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China Standardization Administration of the People's Republic of China. (p. 5).