

VENTAJAS DEL USO DEL CÓDEC DE AUDIO MPEG-4 (HE-AACV2) EN EL FLUJO DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.

Yosvany Rafael Esponda Fernández

e-mail: yosvany@ss.radiocuba.cu

Empresa RadioCuba Sancti Spiritus, Bartolomé Massó, núm. 58, Esquina Carretera Central.
Sancti Spiritus, Cuba

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo describir las ventajas que puede traer para el país el empleo del códec de audio MPEG-4 (HE-AAC v2) en la codificación de los servicios transmitidos por el canal de transmisión de la DTT. En este proyecto se utiliza la herramienta de trabajo Blue Top TS Analyzer, la cual es empleada por la empresa de RadioCuba para analizar el flujo de Televisión Digital transmitido en el país. El trabajo se realiza en la provincia de Sancti Spíritus donde se ejecuta un estudio del flujo actual transmitido con ayuda de la herramienta antes mencionada en una de las estaciones de transmisión, dando como resultado que, para la codificación de audio, objetivo de estudio del trabajo, se emplea el códec de audio MPEG-1 Capa2 que, aunque está recomendado por la ITU en ambientes de radiodifusión, emplea una porción considerable del ancho de banda total disponible. Debido a esto se hace necesario el estudio de otro códec de audio que pueda brindar un menor uso del canal, siendo así más eficiente, con una menor razón binaria de transmisión y que mantenga una buena calidad de audio mediante una valoración previa a través del MOS.

PALABRAS CLAVES: DTT, Audio, HE-AAC, MOS.

ABSTRACT

This paper aims to describe the benefits it can bring to the country the use of audio codec MPEG-4 (HE-AAC v2) in coding services transmitted by the transmission channel of DTT. In this project the working tool Blue Top TS Analyzer, which is employed by the company RadioCuba to analyze the flow of digital television transmitted in the country is used. The work is done in the province of Sancti Spiritus where a study of the current flux transmitted using the above tool in one of the transmission stations is executed, resulting in, for encoding audio, objective work study, the audio codec MPEG-1 Layer2 that although it is recommended by the ITU in broadcasting environments, uses a considerable portion of the total bandwidth available is used. Because of this the study of other audio codec that can provide lower use of the channel, thus being more efficient, with a lower bit rate transmission and maintain good quality audio through a prior evaluation through MOS is necessary.

KEYWORDS: DTT, Audio, HE-AAC, MOS.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la Televisión Digital Terrestre (Digital Television Terrestrial, DTT) en las redes de Telecomunicaciones tiene gran repercusión a nivel global, la implementación de esta nueva tecnología en el país, es hoy un tema de gran importancia.

En los últimos años los sistemas de radiodifusión digital terrestre han generado nuevos servicios y beneficios que resaltan sobre la Televisión Analógica. La DTT permite transmitir mayor número de canales de Televisión, con mejor calidad de imagen y sonido, haciendo un uso eficiente del espectro de frecuencias [1].

Las técnicas de codificación de audio han sido y siguen siendo parte esencial de la actual sociedad de la información. Sin estas herramientas sería imposible imaginar los actuales avances en aplicaciones multimedia, difusión de video, Televisión Digital, Telecomunicaciones, entre otras. El objetivo principal de estos algoritmos es convertir señales analógicas de audio a formato digital garantizando la fidelidad de estas señales digitales con respecto a su original analógica [2].

El Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento (*Moving Picture Experts Group*, MPEG) perteneciente a un subcomité de Organización Internacional de Normalización / Comisión Electrotécnica Internacional (*International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission*, ISO/IEC) fue el encargado del desarrollo de estándares para la compresión, descompresión, procesado y codificación de imágenes animadas, audio o la combinación de ambas. MPEG define la sintaxis de las señales digitales correspondientes a audio y video, describe su estructura, contenido y regula el funcionamiento de decodificadores estandarizados. Los estándares MPEG se desarrollan en fases numeradas, por ejemplo, la especificación MPEG-2 no es una sustitución de MPEG-1 sino una ampliación o complemento del mismo.

En Cuba, la empresa encargada de la radiodifusión de señales de Radio y Televisión es RadioCuba. El país se encuentra enfrascado en el proceso de transición hacia la norma Radiodifusión de Multimedia Digital Terrestre (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*, DTMB), de procedencia China y adaptada a su entorno [3]. Todos los servicios de Radio y Televisión que se transmiten por el canal digital son generados en estudios nacionales de Televisión y transmitidos hacia todo el país sobre IP por la infraestructura tecnológica de ETECSA hasta las estaciones de radiodifusión de Televisión Digital de cada provincia [4]. La codificación de audio utilizada actualmente por Cuba para la transmisión de la DTT se implementa con el códec de audio MPEG-1 Capa 2. Este ocupa una porción considerable del ancho de banda del canal de transmisión por lo que se hace necesario valorar el uso de otro códec de audio más eficiente en cuanto a su tasa binaria y experiencia de usuario. A partir de esta problemática surge la siguiente interrogante científica:

¿Cómo mejorar o mantener la experiencia de usuario en términos de calidad de audio y/o disminuir la razón binaria de transmisión de audio codificado con una codificación más eficiente en el uso de la DTT actual?

Para dar solución al problema, se planteó como objetivo general. Analizar el impacto cuantitativo y cualitativo que tendría el empleo del códec de audio MPEG-4 (HE-AACv2) en el flujo de la DTT actual.

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE CODIFICACIONES DE AUDIO PARA LA DTT EN CUBA

La DTT permite una mejora en la calidad de la recepción y amplía la oferta disponible tanto en número de canales como en versatilidad del sistema: emisión con sonido multicanal, múltiples señales de audio, teletexto, Guía Electrónica de Programas (*Electronic Program Guide*, EPG), canales de radio, servicios interactivos, imágenes panorámicas, etcétera. [5].

La codificación de la fuente constituye uno de los eslabones más importante en un sistema de Televisión Digital. En ella se realiza la compresión y codificación de las señales de audio y video teniendo a la salida un flujo de datos digitales. Un flujo elemental de sonido o audio para radiodifusión digital según la Recomendación UIT-R BS. 1548-4 se basa en señales de audio monofónico, estéreo o multicanal digitalizadas en PCM con muestras mínimas de 20 bits o más para contribución, 18 bits para distribución, y mínimo de 16 bits para emisión a una frecuencia de muestreo de 48 KHz, ancho de banda en los canales principales de 20 Hz hasta 20 KHz y en caso de existir un canal de Emisión de Bajas Frecuencias (*Low Frequency Effects*, LFE) de 15 Hz a 120 Hz [6].

Para la compresión de audio se hace necesaria la adopción de algún estándar de codificación de audio definido por la ITU para ambientes de radiodifusión. En Cuba mediante la Resolución 430 del 2014 por el Ministerio de las Comunicaciones [7] se plantea usar los códec de audio; ISO/IEC 13818-3 Capa 2 (MPEG-2 Parte 3 Capa 2) para servicios de Televisión SD y HD o ISO/IEC 14496-3 (MPEG-4 Parte 3 Sub-parte 4 AAC) para servicios de Televisión HD, ambos recomendados por la ITU según la Recomendación ITU-R BS.1196-5 [8].

El análisis del flujo de DTT realizado en la provincia de Sancti Spíritus se ejecutó con el analizador profesional Blue Top TS Analyzer [8], el cual está constituido por una interfaz USB BTA-P200 conectado mediante una interface USB 2.0 a una Laptop Lenovo con sistema operativo Window7 y el software bajo licencia Blue Top TS Analyzer (figura 1).

Una vista del software Blue Top TS Analyzer, muestra la información del multiplex, con todos los servicios de Radio y Televisión y sus respectivos códec, tanto de audio, como de video, y el valor del PCR incluido.

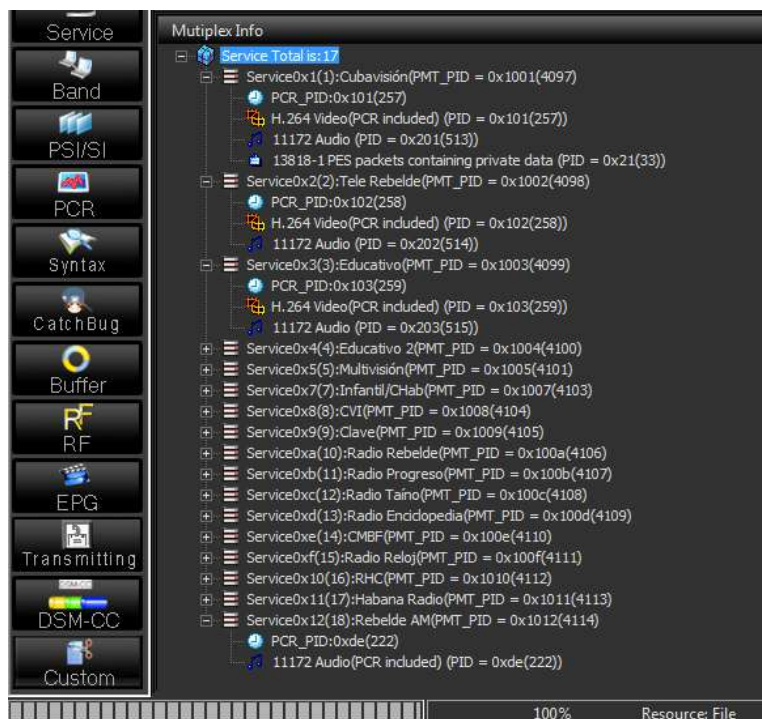


Figura 1. Blue Top TS Analyzer, información del multiplex.

Actualmente en el país los servicios de Televisión Digital se transmiten utilizando la codificación de audio MPEG-1 Capa2 o ISO/IEC 11172 configurado a 128 kbps para todos los servicios, excepto los servicios de Televisión; Multivisión y Clave, que se encuentran configurados a 192 kbps. Para aprovechar el canal de transmisión se propone el empleo del códec de audio MPEG-4 (HE-AACv2). El perfil de alta eficiencia HE-AACv2 o también conocido como aacPlusv2, es un súper conjunto del códec de audio AAC que consigue para MPEG-4 tasas de bits más bajas manteniendo la calidad del audio. Es el perfil de codificación de audio más eficiente en la familia de codificadores de audio AAC y sus valores típicos de razón de bit son de 24-32 kbps para una señal estéreo [9], además de ser un codec recomendado por la UIT para aplicaciones de radiodifusión (figura 2).

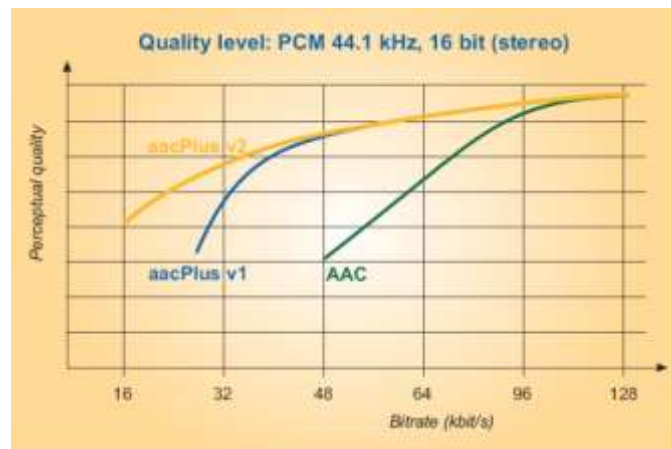


Figura 2. Comparación de la degradación de audio perceptual de los códec HE-AACv2, HE-AACv1 y AAC. Fuente: [11].

Configuración del equipamiento para la sustitución de los componentes de audio.

Para la sustitución de los componentes de audio de cada servicio presente en el flujo de Televisión Digital por el códec propuesto, se utilizó el codificador EM2000. En esta herramienta se procede a generar un flujo sobre IP con los componentes de audio codificado en HE-AACv2, un segmento de la página web de configuración para los servicios de Radio se muestra en la figura 3, mientras que para servicios de Televisión se observa en la figura 4. Este codificador es de suma importancia en la infraestructura creada para el despliegue de la DTT y es compatible con la mayoría de los estándares normados por la ITU para los servicios de radiodifusión.

EM2000 : Encoder 1

Encoder 1						Expert parameters:OFF	
Test AAC 1 3 Radio Service	Audio	40 [pcr]	Pattern/AUD1	AAC stereo	32 kbit/s	add component	1450 kbit/s -> TS 1 <u>239.0.1.2:5000 -> Eth1 Out</u> <u>Eth1 Out -> Eth2 Out</u>
Test AAC 2 1 Radio Service	Audio	35 [pcr]	Analog/AUD2	AAC stereo	32 kbit/s	add component	
Test AAC 3 2 Radio Service	Audio	48 [pcr]	Analog/AUD3	AAC stereo	32 kbit/s	add component	
Test AAC 4 4 Radio Service	Audio	52 [pcr]	Analog/AUD4	AAC stereo	32 kbit/s	add component	

Figura 3. Configuración del codificador EM 2000 para servicios de Radio.

EM2000 : Encoder 1

Encoder 1						Expert parameters:OFF	
Test AAC 1 3 TV Service	Audio	513 [pcr]	Pattern/AUD1	AAC stereo	32 kbit/s	add component	1450 kbit/s -> TS 1 <u>239.0.1.2:5000 -> Eth1 Out</u> <u>Eth1 Out -> Eth2 Out</u>
Test AAC 2 1 TV Service	Audio	514 [pcr]	Analog/AUD2	AAC stereo	32 kbit/s	add component	
Test AAC 3 2 TV Service	Audio	515 [pcr]	Analog/AUD3	AAC stereo	32 kbit/s	add component	
Test AAC 4 4 TV Service	Audio	516 [pcr]	Analog/AUD4	AAC stereo	32 kbit/s	add component	

Figura 4. Configuración del codificador EM 2000 para servicios de Televisión.

Cada componente de audio tiene como fuente a su entrada un tono de prueba generado por el equipo o una señal de audio, la configuración escogida se caracteriza en cuanto a; tipo de servicio (Radio o Televisión), valor de PID del componente audio, códec, razón de bits (24 kbps o 32 kbps), frecuencia de muestreo y modalidad.

La figura 5 valida dicha configuración en el codificador y muestra el software de gestión para el EM 2000 en el cual se ha incluido la configuración elegida. En la selección de razón de bit, se tomó el valor de 32 kbps con el objetivo de lograr un mejor uso del canal de transmisión en cuanto al ancho de banda a utilizar.

VENTAJAS DEL USO DEL CÓDEC DE AUDIO MPEG-4 (HE-AACV2) EN EL FLUJO DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.

The screenshot displays the 'Audio Configuration / AUD3' window for 'EM2000 : Encoder 1 : Service 2 : Audio 515'. It features several tabs: 'General', 'AAC', 'Dolby', 'Misc.', and 'Level Adjustment'. The 'General' tab is active, showing the following settings:

- Source: Analog
- Group/Channel: 1/1
- Alignment Level: 0 dBu
- Headroom: 18 dB (0 dB to 24 dB)
- Additional Delay: 0 ms (-500 ms to +300 ms)
- Standard: AAC HE v2
- Mode: Stereo
- Rate: 32 kbit/s
- PID: 515 (32 to 8190)
- PCR: ☒ On ☐ Off
- Language: Select a language ->
- Audio type: Undefined
- Status: On Air

At the bottom of the window are 'submit' and 'reset' buttons.

Figura 5. Configuración de audio del codificador EM 2000.

Este flujo sobre IP entra al multiplexor NetProcessor 9030 y sustituye cada componente de audio codificado en MPEG-1 Capa2 por nuevos servicios de audio con el componente HE-AAC v2 con el PCR incluido. El total de servicios o componentes de tipo audio que se van a sustituir suman 17(8 servicios de Televisión y 9 de Radio), como el codificador solo puede generar 8 componentes de audio, en el multiplexor se sustituyen los valores de PID del TS original por el de los nuevos servicios, esto da la posibilidad de generar nuevos componentes de audio a partir del original.

La figura 6 muestra un segmento de la página web de configuración del multiplexor donde se sustituyen los componentes de audio MPEG1 Capa2 y se multiplexan los nuevos componentes AAC.



Figura 6. Multiplexor NET PROCESSOR 9030.

Es importante destacar que en la configuración del multiplexor se mantuvo la misma configuración inicial del flujo sobre IP, esto es, ancho de banda del canal en 18 Mbps promedio, la misma señalización DVB-SI, nombre y configuración de los servicios de Radio y Televisión, así como los demás servicios del ICRT que se transmitían en el intervalo de tiempo analizado.

Análisis del flujo de Televisión Digital utilizando el códec de audio MPEG4 (HE-AACv2).

Luego de realizar el cambio de códec y con la ayuda de la herramienta Blue Top TS Analyzer se realizan mediciones en varios intervalos de tiempo por día y durante una semana. Una vista del software muestra los servicios de Radio y Televisión con sus respectivos códec, tanto de audio, como de video y PCR incluido, mostrando como códec de video H.264 y como códec de audio 13818 part7 (HE-AACv2), figura 7.

VENTAJAS DEL USO DEL CÓDEC DE AUDIO MPEG-4 (HE-AACV2) EN EL FLUJO DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.

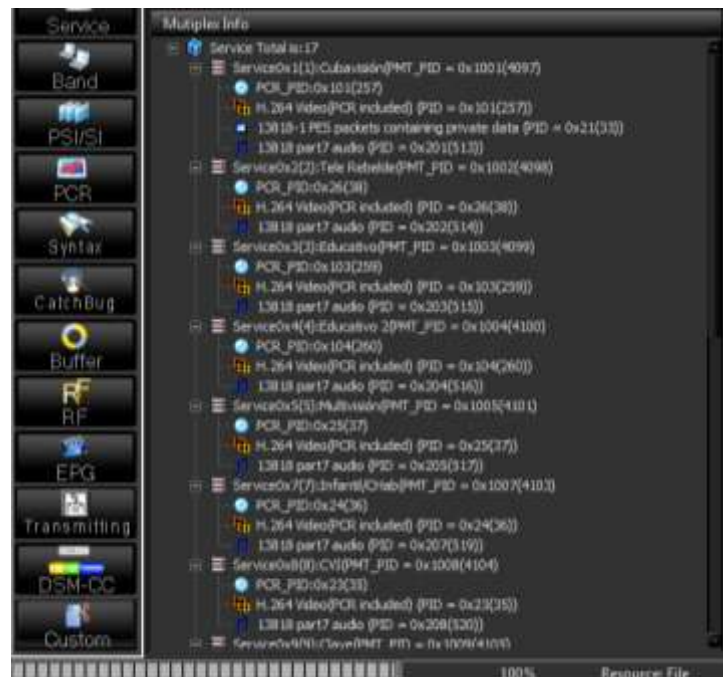


Figura 7. Blue Top TS Analyzer, información del multiplex.

En la figura se observó que el códec de audio es identificado como 13818 part7. Esto se debe a que la compresión de datos de audio AAC puede ser transmitida en formato ADTS o MPEG4.

ADTS conforma un flujo en forma de tramas para encapsular audio comprimido en HE-AAC v2, cada trama contiene una cabecera seguida de los datos AAC, ADTS necesita menos requisitos para ser decodificado que MPEG4, por lo que es más utilizado en aplicaciones de radiodifusión en tiempo real. La encapsulación del códec de audio HE-AAC v2 se realiza utilizando paquetes ADTS. Véase figura 8.



Figura 8. Configuración de audio del codificador EM 2000.

Análisis de la razón de bit del códec de audio HE-AACv2.

Un análisis del comportamiento del nuevo códec de audio propuesto e implementado, se realizó durante el tiempo de prueba con la ayuda de la herramienta Blue Top TS *Analyzer* donde se pudieron observar los valores de máximo y mínimo razón de bit de los servicios transmitidos. Para ello se seleccionó el servicio de Radio (Radio Rebelde), la elección no se basa en una causa particular pues todos los servicios son totalmente variables en el tiempo y todos tienen un comportamiento estadísticamente variable y semejante. El análisis reveló que para el flujo de transmisión utilizando el nuevo códec de audio propuesto ocurre una gran reducción de la razón binaria, puesto que sus valores oscilan entre 32 kbps y 37 kbps aproximadamente, brindando una razón de bit promedio de 35 kbps y mostrando una diferencia considerable respecto al códec de audio actual, figura 9. Con estos valores de razón de bit, se realizó un análisis en por ciento de la eficiencia del códec de audio, utilizando como razón promedio de bit para el nuevo códec de audio propuesto, el valor antes calculado de 35 kbps y para el códec actual 135 kbps, puesto que este servicio codificado con MPEG-1 Capa2 utiliza un valor de máximo y mínimo de 137 kbps y 134 kbps respectivamente. Este análisis ofreció como resultado que este servicio codificado con el códec de audio HE-AAC v2 es aproximadamente un 74% más eficiente que codificado con MPEG-1 Capa2, como se encuentra en la actualidad.

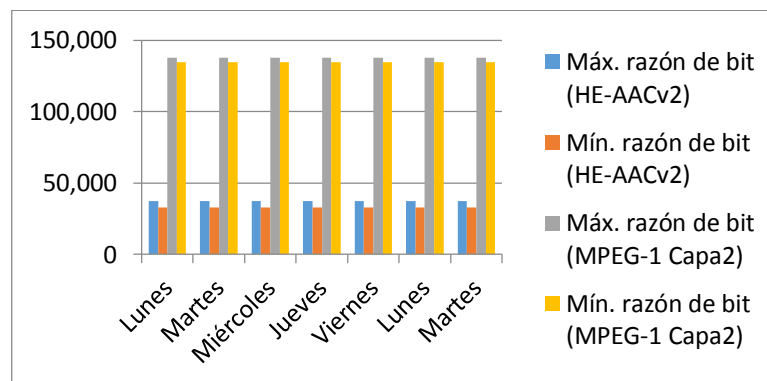


Figura 9. Valores de máximo y mínimo razón de bit. Fuente:(Elaboración Propia).

Análisis del canal de transmisión de Televisión Digital.

Tras el cambio del códec de audio resulta interesante realizar un análisis del comportamiento del canal y uso del mismo para las condiciones ahora planteadas. Un análisis de cómo se comporta el canal de transmisión en cuanto a su empleo y que parte de este canal es usado por el códec propuesto, se observa en la siguiente Tabla. La razón binaria total del flujo en la interfaz IP-ASI es de 18 Mbps promedio. Los valores del empleo del canal se calcularon restándole la mínima razón de bits de relleno o *Stuffing* a la razón binaria total del flujo y ese resultado dividiéndolo por 18 Mbps. El uso del canal utilizado por el códec HE-AACv2 se halló sumando el porcentaje de los valores de audio de los 17 servicios de Televisión Digital, tabla 1.

VENTAJAS DEL USO DEL CÓDEC DE AUDIO MPEG-4
(HE-AACV2) EN EL FLUJO DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.

Tabla 1. Comportamiento del canal de transmisión con el uso del códec AACv2.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes
Tasa Canal	18	18	18	18	18	18	18
Máx. razón de <i>Stuffing</i>	3.044843	3.044845	3.044847	3.044846	3.044845	3.044847	3.044843
Mín. razón de <i>Stuffing</i>	2.868374	2.868376	2.868378	2.868377	2.868376	2.868378	2.868374
% Empleo del Canal	84.064	84.064	84.064	84.064	84.064	84.064	84.064
% Uso del canal por HE-AACv2	3.41	3.40	3.41	3.41	3.42	3.41	3.40

La tabla muestra el empleo del canal utilizando el códec de audio HE-AACv2 y la parte del canal que es utilizada por el audio codificado con ese códec, mostrando un comportamiento superior al códec de audio actual en cuanto al aprovechamiento del uso del canal, como se muestra en la figura 10.

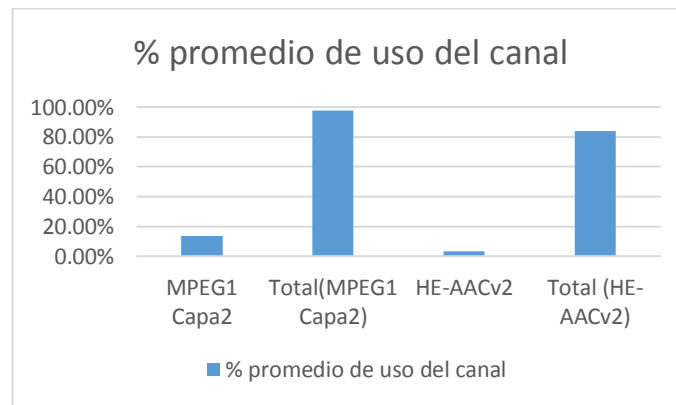


Figura 10. Por ciento promedio de uso del canal. Fuente:(Elaboración Propia).

Donde para el uso del códec de audio MPEG-1 Capa2, se muestra un 97.64 % de empleo del canal total, del cual un 13.47 % le corresponde al audio codificado. Mientras que para la nueva propuesta de audio MPEG-4 (HE-AACv2) se utiliza el 84.06 % del canal de transmisión, donde solo el 3.41 % es utilizado para la codificación de audio, mostrando con esto un mejor uso del canal de transmisión. Con el uso del nuevo códec de audio propuesto se utilizan 15.13 Mbps aproximadamente de canal, dejando libre cerca de 3 Mbps, lo cual puede ser empleado para la inserción de nuevos servicios, ya sean de Radio o Televisión, o simplemente asignar dicho ancho de banda a los servicios de video para lograr un aumento de la calidad del mismo.

Análisis de la calidad de audio perceptual.

Para la realización de un análisis de calidad perceptual de audio, se utiliza el método de medida subjetiva MOS, el cual se especifica en la Recomendación UIT P.800 y se basa en mediciones estadísticas calculadas para describir la distribución de las anotaciones para cada sujeto en cada una de las condiciones de prueba, o sea, conocer directamente la opinión de los usuarios y como resultado dar un promedio de sus opiniones.

Método de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.

El método de determinación subjetiva de la calidad de transmisión establece los métodos de evaluación subjetiva de la calidad de voz transmitida por sistemas de Telecomunicaciones. Indica cómo deben realizarse las pruebas, las escalas a utilizar (figura 11), el acondicionamiento ambiental, guías de instrucciones para los participantes, etcetera.

La calidad de la voz se establece a través de la opinión del usuario, Evaluación de Categoría Absoluta (o ACR por sus siglas en inglés), donde se califica el audio con valores entre 1 y 5, siendo 5 “Excelente” y 1 “Malo”. El MOS es el promedio de los ACR medidos entre un gran número de usuarios [10].

La magnitud evaluada a partir de los puntajes se representa por el símbolo MOS y se halla calculando el promedio o media aritmética de los puntajes. Durante la prueba, los usuarios deben dar su criterio en escala del 1 al 5 sobre el contenido de audio escuchado como se muestra a continuación [10].

Descripción (inglés)	Descripción (Español)	Puntaje
Excellent	Excelente	5
Good	Buena	4
Fair	Regular	3
Poor	Mediocre	2
Bad	Mala	1

Figura 11. Escala de Calidad de Escucha. Fuente: [10].

Análisis estadístico del MOS.

Para el desarrollo de este análisis se contó con 5 muestras de audio de distinto contenido, codificado con los códec de audio MPEG1 Capa2 a razón de bit de 128 kbps y 192 kbps, y HE-AACv2 a razón de bit de 32 kbps para un solo servicio de Radio generado por el codificador EM2000 y con ayuda del software reproductor multimedia VLC en tiempo real.

VENTAJAS DEL USO DEL CÓDEC DE AUDIO MPEG-4 (HE-AACV2) EN EL FLUJO DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.

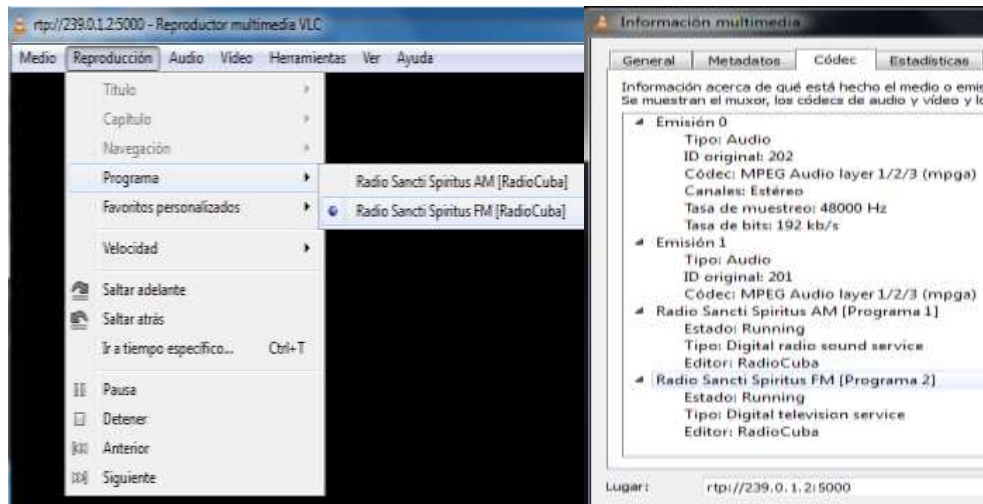


Figura 12. Reproductor VLC.

Durante la prueba y para determinar el puntaje de la calidad de escucha estuvieron presente 10 usuarios, los cuales dieron su opinión sobre el contenido de audio escuchado (Electrónica, Romántico, Jazz, Clásico y Pop). Se calculó un promedio de los puntajes de opinión de los usuarios para cada audio codificado con los códec de prueba y mediante un análisis estadístico del MOS, figura 13, se llegó a la conclusión de que el nuevo códec propuesto es viable para la transmisión de Televisión Digital puesto que no solo aprovecha aún más el uso del canal de transmisión, sino que también mantiene una buena calidad de audio e incluso mejora la calidad actual para algunos contenidos de audio.

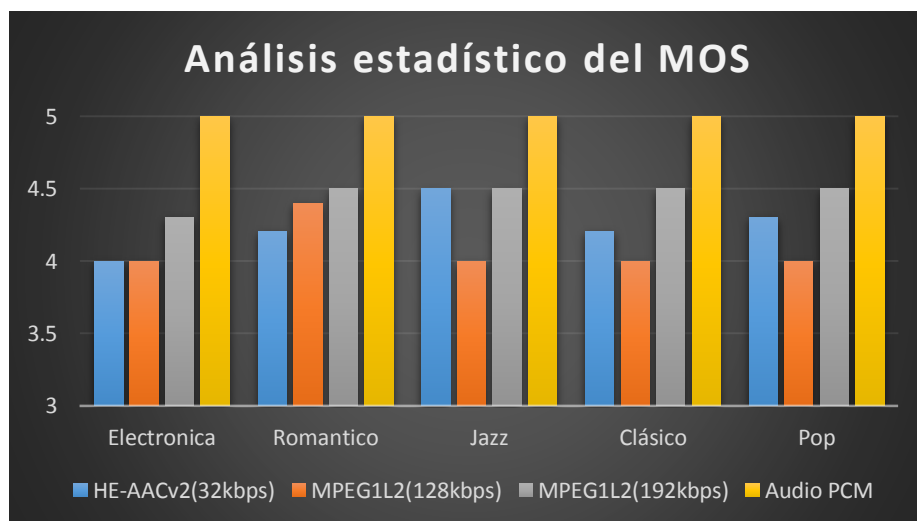


Figura 13. Análisis estadístico del MOS.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión parcial, durante todo trabajo se realizó un análisis de la transmisión del flujo de Televisión Digital con el códec MPEG4 (HE-AACv2). Los resultados arrojan que tras una serie de pruebas que beneficiaron el uso de este códec, se muestran un conjunto de ventajas que el mismo presenta con respecto a la codificación de audio actual. Concretamente, el empleo del canal de transmisión, para el uso de HE-AACv2 muestra un mejor aprovechamiento del mismo, con un uso solamente del 84.06 %, del cual solo el 3.41 % le corresponde al audio codificado. Luego del análisis de la calidad de audio perceptual se concluye que presenta un buen comportamiento, pues no mostró deterioro alguno en las pruebas realizadas, sino que mantiene la calidad de audio e incluso la mejora en algunas condiciones de prueba; este resultado está avalado por los valores de MOS obtenidos en el estudio.

REFERENCIAS

- [1] A. A. M. Figueroa, «Diseño de la Red para Interactividad en Televisión Digital Terrestre e IPTV en el Campus ESPE Sangolquí,» Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Eléctrica y Electrónica, Sangolquí, 2010.
- [2] L. A. H. y. C. Tipantuña, «Estándares de Codificación y Compresión de Audio MPEG y sus Aplicaciones,» Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2015.
- [3] G. E. R. LEÓN, «Plan de Acción del Proceso de Digitalización de la Television Terrestre en Cuba.,» Ministerio de Comunicaciones, La Habana, 2014.
- [4] L. G. R. RODRÍGUEZ, «Desarrollo de Soluciones Informáticas para la Planificación de la Televisión Digital Terrestre y Otros Servicios en Cuba,» Empresa RadioCuba, La Habana, 2013.
- [5] J. E. Briceño, «Principios de las Comunicaciones.,» Venezuela, 2012.
- [6] Rec. UIT-R BS.1548-4, «Requisitos de usuario para sistemas de codificación de audio en radiodifusión digital,» 2013.
- [7] MINCOM, «Resolucion 430/2014,» Ministerio de las Comunicaciones, La Habana, 2014.
- [8] Rec. ITU-R BS.1196-5, «Audio coding for digital broadcasting.,» 2015.
- [9] BlueTop-Technology, «BlueTop Technology Co.,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.bluetop.com.cn/bluetv/>.
- [10] Fraunhofer, «The AAC audio Coding Family For Broadcast and Cable TV,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.iis.fraunhofer.de/audio>.
- [11] G. M. Stefan Meltzer, «Coding Technologies.,» 2006. [En línea]. Available:

http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_305-moser.pdf.

[12] D. I. J. Joskowicz, «Calidad de Voz y Video.,» 2016.