

# PROPUESTA DE UN MÉTODO GENERAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LA QoE EN SERVICIOS OTT DE VIDEO STREAMING

Por: Ing. Adrián Haro González, Especialista B en Telemática; MSc. Luís Enrique Conde del Oso, Jefe de Departamento Estructura de la Red, Dirección de Planeamiento Estratégico, DCDT; Ing. Yoel Silva Gari, Departamento de Aplicaciones, Centro de Datos, DVTI, ETECSA y DraC. Caridad Anías Calderón, ISPJAE  
[adrian.haro@etecsa.cu](mailto:adrian.haro@etecsa.cu); [luis.conde@etecsa.cu](mailto:luis.conde@etecsa.cu); [yoel.silva@etecsa.cu](mailto:yoel.silva@etecsa.cu); [cache@tesla.cujae.edu.cu](mailto:cache@tesla.cujae.edu.cu)

## RESUMEN

Las nuevas características que presenta el *streaming* de video en los servicios OTT, entre ellas el empleo del *streaming* adaptativo y del estándar MPEG-DASH, suponen un cambio de filosofía en comparación con otras técnicas de *streaming* más tradicionales, por lo que se requieren nuevos métodos para la estimación de la QoE. En este trabajo se describen las condiciones en que se desarrollan los servicios OTT de video *streaming* y, a partir de ello, se definen los principales aspectos que afectan la percepción del usuario de dicho servicios. Finalmente, se realiza una propuesta para la estimación de la calidad percibida por los usuarios de los servicios OTT de video *streaming*.

**Palabras clave:** OTT, *streaming* adaptativo, MPEG-DASH, QoE

## ABSTRACT

The new features that video streaming shows in OTT services, such as the use of the adaptive streaming and the MPEG-DASH standard, mean a change of approach compared to other more traditional streaming techniques; therefore, new methods are required to estimate the QoE. This paper describes the conditions under which the OTT video streaming services develop as the starting point to define the main aspects that affect the user's perception of such services. To conclude, it offers a proposal to estimate the quality of experience perceived by users of OTT video streaming services.

**Keywords:** OTT, adaptive streaming, MPEG-DASH, QoE

## Introducción

Las transformaciones ocurridas durante los últimos años en las telecomunicaciones han permitido que hoy en día gran parte de la población mundial sea capaz de estar conectada en cualquier momento y lugar (figura 1). Este fenómeno ha provocado que los hábitos y formas de interactuar con el entorno se hayan visto influenciados de forma significativa.

Un elemento clave en los últimos años ha sido el surgimiento de nuevos equipos terminales que han posibilitado el disfrute de servicios móviles de banda ancha y, por tanto, el desarrollo de todo tipo de servicios basados en la localización del usuario.

La masificación de Internet y las redes de banda ancha, la evolución y convergencia de las redes de los operadores en torno a IP a través de tecnologías como 3G, 4G/LTE en las redes móviles y ADSL2+, FTTH/GPON en las redes fijas

están permitiendo irrumpir con fuerza, en el área de los servicios de telecomunicaciones, a las aplicaciones desarrolladas por “start-up” del mundo Internet, las conocidas como OTT —Over-The-Top—.

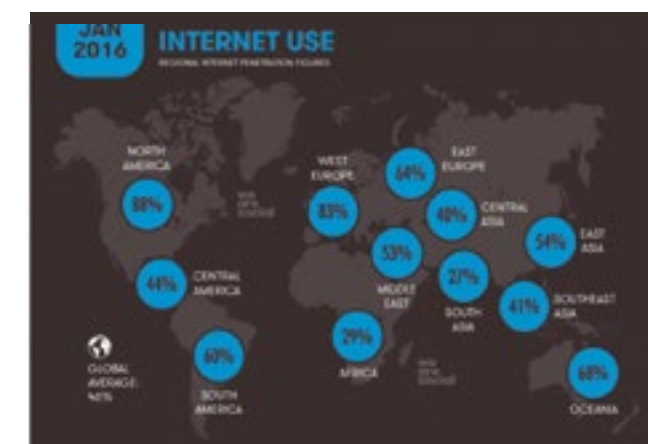


Figura 1. Uso de Internet por regiones. Fuente: [1].

Los servicios que ofrecen las aplicaciones OTT presentan variadas propuestas que abarcan prácticamente todas las áreas de la vida social, como el entretenimiento, la comunicación, la salud, la educación, entre muchas otras, en las que se destaca los servicios de video. (Figura 2).



Figura 2. Propuestas de servicios OTT. Fuente: [2].

Aunque la transmisión de video *streaming* sobre Internet es un servicio muy atractivo y demandado actualmente en la vida diaria representa grandes desafíos, debido a que Internet no proporciona garantía en cuanto a la calidad del servicio que el usuario final percibe.

El crecimiento actual de los servicios OTT de video *streaming* podrá, en determinado momento, generar congestión, degradación en los servicios que presten los proveedores y, por ende, insatisfacción en el usuario final. Los contenidos multimedia entregados a través de redes de telecomunicaciones experimentan varios tipos de distorsiones o degradaciones durante los procesos de adquisición, compresión, procesamiento, transmisión y reproducción. Uno de los factores claves en el éxito de un sistema o servicio multimedia es lograr que la calidad de la experiencia percibida por el usuario resulte aceptable.

Por lo anterior, los proveedores de servicios, para garantizar que estos funcionen de manera óptima, ahora trabajan en dos frentes: uno de ellos, ofrecer Calidad de Servicio —*Quality of Service*, (QoS)—, en las redes de núcleo; el otro frente es estar de manera constante realizando medidas sobre la Calidad de Experiencia —*Quality of Experience*, (QoE)—.

Es común que se confundan las terminologías QoE y QoS, sin embargo, hay una distinción clara entre ambos

conceptos teniendo en cuenta la perspectiva desde la que se analiza cada una; QoE, desde el punto de vista del usuario final y QoS, desde el punto de vista de las prestaciones de la red.

Conocer cómo los usuarios de los servicios OTT de video *streaming* perciben la calidad de los mismos permitirá tanto a los proveedores del servicio como a los operadores de telecomunicaciones mejorar de manera eficaz y rentable los servicios brindados y de esta forma mantener la fidelidad de los clientes y la competitividad en el mercado.

### Condiciones de partida para la evaluación de QoE en servicios OTT

Antes de realizar la propuesta para la evaluación de la QoE en servicios OTT es preciso destacar algunos aspectos esenciales en los que se basa el modelo que se propone, los cuales están relacionados con las condiciones en que se desarrollan estos servicios.

Actualmente, la mayoría de los proveedores de servicios OTT realizan, de manera eficaz, la distribución de contenido multimedia enviando fragmentos de video (segmentos) a través del protocolo HTTP. El *streaming* basado en HTTP tiene las siguientes ventajas:

- La infraestructura de Internet ha evolucionado para adaptarse de manera eficaz al tráfico HTTP. El ejemplo más importante de esta adaptación son las CDN, que proporcionan réplicas del contenido en localizaciones cercanas al usuario para reducir el tráfico en las redes troncales.
- HTTP atraviesa la mayor parte de *firewalls* ya que suelen estar configurados para soportar conexiones HTTP salientes.
- La tecnología de servidores HTTP es muy barata.
- Mediante *streaming* HTTP son los clientes los que mantienen la información de sesión, por lo que la escalabilidad de este tipo de servicio es muy alta.

Estas ventajas han propiciado el amplio uso de la tecnología de *streaming* adaptativo, cuya principal virtud es que permite a la aplicación cliente escoger la calidad del contenido a reproducir en función del ancho de banda disponible y de la capacidad de CPU del dispositivo terminal. Esto es posible gracias a la existencia de un servidor de ficheros, disponible para los clientes, que posee la información necesaria para que se soliciten los fragmentos de video. A estos ficheros se les suele conocer como ficheros manifest. La información que se incluye en este tipo de fichero posee un catálogo con las versiones disponibles en el servidor para un mismo contenido. Por ejemplo, diferentes representaciones del flujo de video codificado a distintas tasas de bit, audio en diferentes idiomas, etc. Una vez que el cliente conoce las distintas versiones del contenido que se ofertan puede, en cada petición, conmutar

entre ellas. Dicha conmutación se realiza como respuesta a una acción del usuario (por ejemplo, cambiar el idioma del audio) o bien, algo típico de estos sistemas, como respuesta a un cambio en las condiciones de la red (por ejemplo, si la tasa de bit disponible en la red se reduce, la aplicación cliente puede decidir conmutar a un nivel de calidad inferior, solicitando segmentos de video codificado a menor tasa de bit que la que estaba obteniendo).

Existen varias soluciones de *streaming* adaptativo. La figura 3 presenta una comparación entre las soluciones existentes donde se aprecia que de las características de interés para este tipo de *streaming* todas son soportadas por el estándar MPEG-DASH y solo algunas por el resto de las soluciones existentes. Además MPEG-DASH permite tanto *streaming* bajo demanda como en vivo con calidad sobre Internet y en su diseño se contemplaron varios aspectos de interés para los proveedores de servicios OTT de video *streaming* existentes, algunos de los cuales son:

- Reuso de las tecnologías existentes.
- Despliegues de CDN con infraestructuras WEB e iCaching.
- Alta QoE con bajo retardo de inicialización del video, bajos tiempos de rebuffering y controles del video como stop, forward y rewind.
- Rápida conmutación de los segmentos de diferentes bit rates sin afectar la visualización del usuario.

De lo antes dicho, es razonable que la solución empleada por la mayoría de los proveedores de servicios OTT de video *streaming* sea MPEG-DASH y, por tanto, es la que se considera en el modelo que se propone para la evaluación de la QoE en este tipo de servicios.

### Elementos a tener en cuenta para el desarrollo de la propuesta

Para definir cuáles serían los indicadores a considerar en la evaluación de la QoE de los servicios OTT de video, se analizaron los procesos por los que atraviesa el video de extremo a extremo cuando se utiliza la tecnología de *streaming* adaptativo y el estándar MPEG-DASH, dichos procesos se muestran en la figura 4.

Inicialmente, el video original pasa por un proceso de codificación y como resultado se obtienen videos con distintos niveles de calidad con valores diferentes de bit rate, frame rate y resolución.

La calidad de video que se percibe también depende del contenido del material codificado. Los videos con poco movimiento y textura pueden verse con una calidad percibida diferente que los de gran movimiento y/o textura para una misma condición de codificación. Si bien este aspecto no es un parámetro de codificación, sino una propiedad del material que se está codificando, debe tenerse en cuenta a los efectos de la evaluación de la calidad percibida. El proceso de codificación digital de video se basa en mecanismos “predictivos”, en los que los valores de los píxeles de algunos cuadros son estimados en base a los valores de otros cuadros, cuando existe gran redundancia entre imágenes cercanas en el tiempo.

| FEASURE                                                           | Adobe HDS | Apple HLS | Microsoft Smooth | MPEG Dash |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Deployment on Standard HTTP Servers                               | ✗         | ✓         | ✗                | ✓         |
| Official International Standard (e.g., Languages, Comments, etc.) | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Multiple Audio Channels (e.g., Languages, Comments, etc.)         | ✗         | ✓         | ✗                | ✓         |
| Flexible Content Protection with Common Encryption (DRM)          | ✓         | ✓         | ✓                | ✓         |
| Closed Captions/ Subtitles                                        | ✓         | ✓         | ✓                | ✓         |
| Efficient Ad Insertion                                            | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Fast Channel Switching                                            | ✓         | ✗         | ✓                | ✓         |
| Support multiple CDNs in parallel                                 | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| HTML5 Support                                                     | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Support in HbbTV (version 1.5)                                    | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| HEVC Ready (UHD/4K)                                               | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Agnostic to Video Codecs                                          | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Agnostic to Audio Codecs                                          | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| ISO Base Media File Format Segments                               | ✓         | ✗         | ✓                | ✓         |
| MPEG-2 TS Segments                                                | ✗         | ✓         | ✗                | ✓         |
| Segment Format Extensions beyond MPEG                             | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Support for multiplexed (Audio + Video) Content                   | ✓         | ✓         | ✗                | ✓         |
| Support for non-multiplexed (separate Audio, Video) Content       | ✗         | ✓         | ✓                | ✓         |
| Definition of Quality Metrics                                     | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Client Logging & Reporting                                        | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Client Failover                                                   | ✗         | ✓         | ✗                | ✓         |
| Remove and add Quality Levels during Streaming                    | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Multiple Video Views                                              | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |
| Efficient Trick Modes                                             | ✗         | ✗         | ✗                | ✓         |

Figura 3. Comparación de las soluciones existentes de *streaming* adaptativo. Fuente: [3].



Figura 4. Procesos por los que atraviesa el video en un servicio de streaming. Fuente: Elaboración propia.



El mecanismo de estimación y compensación del movimiento es un método ampliamente utilizado en la codificación de video digital, y puede eliminar la alta redundancia temporal de una secuencia de video, siendo la clave para la alta compresión existente en el proceso de codificación. Este mecanismo se basa en dividir un cuadro en pequeños bloques (de tamaño  $B_x \times B_y$  pixels) y para cada bloque de un cuadro determinado se busca el bloque “más parecido” en el cuadro utilizado como referencia dentro de cierta ventana de búsqueda de tamaño  $W_x \times W_y$  pixeles.

El desplazamiento del bloque “más parecido” respecto del bloque original determina el “vector de movimiento” para ese bloque ( $dx, dy$ ). El sistema codifica el vector de movimiento y la diferencia entre el bloque predicho y el actual. La cantidad de información que se evita enviar depende esencialmente de qué tan parecidos sean los bloques originales y predichos. El criterio utilizado para la búsqueda del bloque “más parecido” consiste generalmente en encontrar el bloque que tenga mínima Suma de Todas las Diferencias —*Sum of Absolute Difference, (SAD)*—, entre el bloque original y cada uno de los posibles bloques cercanos dentro de la ventana de búsqueda.

Luego del proceso de codificación, cada uno de los videos resultantes con diferentes niveles de calidad es segmentado en pequeños fragmentos, denominados chunks, que

pueden tener de uno a diez segundos de duración, según establece el estándar MPEG-DASH.

A continuación, el contenido de video codificado y segmentado es transmitido por cada uno de los enlaces existentes en la red desde el extremo donde se encuentra el servidor de contenidos hasta el extremo del cliente. La transmisión y difusión de señales multimedia en los servicios OTT se realiza sobre todo tipo de redes IP (redes de área local o redes de área amplia, ya sean cableadas o inalámbricas). En este tipo de redes, típicamente no orientadas a la conexión, existen diversos factores que pueden afectar la calidad percibida de video. Dentro de estos factores se destacan: la pérdida de paquetes, las demoras y el jitter. El comportamiento de estos parámetros de red puede provocar el vaciado y desbordamiento del buffer de la aplicación cliente, lo que influye en la duración de los tiempos de inicialización del video, la ocurrencia de congelamientos de la imagen, conocidos como rebufferings, y su duración.

Además, en los distintos enlaces de la red pueden ocurrir variaciones del ancho de banda disponible que provoquen que el cliente conmute entre las distintas representaciones del video disponibles con diferentes niveles de calidad. La frecuencia y amplitud de los cambios de calidad ocurridos durante la reproducción del video pueden afectar

severamente la QoE percibida por el usuario.

Existe actualmente una gran diversidad de dispositivos terminales con grandes variaciones en los tamaños de las pantallas utilizadas, que son empleados por los usuarios para acceder a los servicios de Internet y reproducir video en streaming. Es de esperar que cuanto más pequeña sea la pantalla del dispositivo terminal, menos información es necesario enviar por cada cuadro de imagen y por lo tanto, menos ancho de banda sería requerido para lograr una determinada calidad de video. Estudios realizados muestran que la calidad obtenida para un determinado bit rate depende del tamaño de la pantalla, por lo que las dimensiones del dispositivo utilizado son un aspecto a tener en cuenta en la evaluación de la QoE percibida por el usuario.

A partir de lo explicado, se plantean los indicadores para evaluar la QoE de los servicios OTT de video *streaming* junto con los factores que en ellos influyen. Asimismo, se considera que las aportaciones de calidad que se deben tener presente para el desarrollo del modelo que se propone son las siguientes:

- Calidad del contenido asociada al proceso de codificación. ( $Q_{Cod}$ )
- Calidad asociada al nivel de complejidad espacio temporal del contenido. ( $Q_{CC}$ )
- Calidad asociada al tamaño de la pantalla del dispositivo terminal empleado. ( $Q_{Disp}$ )
- Degradación de la calidad asociada al efecto de la red. ( $Q_{Red}$ )
- Degradación de la calidad asociada a los cambios de calidad ocurridos durante la reproducción del video. ( $Q_{Sw}$ )

### Planteamiento general del método propuesto

Los métodos de evaluación subjetivos son los más confiables, pero también son costosos (en tiempo y recursos) y difíciles de realizar. Por ello se hace necesario el uso de métodos objetivos que permitan estimar con fiabilidad la calidad percibida, en función de mediciones tomadas en determinados puntos del sistema.

En base a lo planteado anteriormente, en este artículo se ofrece un método objetivo que se basa en la estimación de la calidad percibida a partir de medidas de rendimiento. La propuesta modela de manera cuantitativa la relación entre la calidad percibida por los usuarios finales y las mediciones

| Indicadores                                                                   | Factores                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Desbordamiento y vaciado del buffer (Demoras en el inicio de la reproducción) | Desempeño de parametros de red (RTT, Jitter, PLR)                                    |
| Frecuencia y amplitud de los cambios de calidad                               | Ancho de banda disponible en la red (BW)                                             |
| Nivel de calidad del contenido                                                | Parámetros de codificación (BR, FR, QP)<br>Complejidad espaciotemporal del contenido |

Tabla 1. Principales indicadores para evaluar la QoE de los servicios OTT de video *streaming* y factores que en ellos influyen.

de determinados parámetros de calidad. Teniendo en cuenta las clasificaciones recogidas en la recomendación ITU-T G.1011 (06/2015) [4] para las metodologías de evaluación objetiva de la QoE, la que se presenta puede considerarse un método híbrido.

Este método estima la QoE global de extremo a extremo y está conformado a su vez por varios submodelos que estiman la QoE en función de parámetros específicos. Para el desarrollo de cada uno de estos submodelos que conforman el modelo global debe seleccionarse alguno de los métodos objetivos planteados por otros autores. Un esquema del modelo que se brinda

para la estimación de la QoE de los servicios OTT de video *streaming*, de extremo a extremo, en el cual se incluyen los submodelos considerados se muestra en la figura 5.

De acuerdo con lo anterior, la expresión matemática general para el método propuesto estaría dada por:

$$QoE_{E2E}(Q_{Cod}, Q_{CC}, Q_{Disp}, Q_{Red}, Q_{Sw})$$

### Selección de los modelos objetivos para conformar la propuesta

Para la correcta selección de los modelos objetivos a usar en el modelo propuesto inicialmente se identificaron un

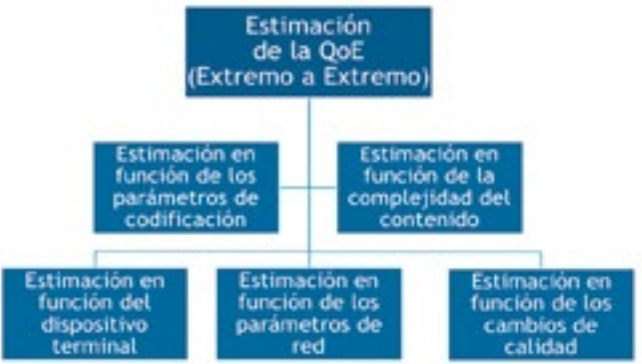


Figura 5. Método general para la estimación de la QoE de servicios OTT de video *streaming*. Fuente: Elaboración propia

| Modelo                                                            | Parámetros que evalúa                                           | Clasificación                          | Complejidad | Correlación con evaluación subjetiva (CCP) | Limitaciones                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelo de QoE que considera factores del ambiente el equipamiento | Calidad global (QoS, EqF, EnF)                                  | Modelo basado en el flujo de bits      | Normal      |                                            | No presenta una fórmula explícita para el cálculo de la QoE                                                                                            |
| VQM_VFD                                                           | Calidad del video                                               | Modelo basado en el contenido de media | Alta        | 0.811 - 0.8645                             | Solo evalúa la degradación del video                                                                                                                   |
| Modelo de calidad de video basado en el mapeo QoS/QoE             | Calidad global (Jitter, PLR)                                    | Modelo basado en paquetes              | Normal      |                                            | Solo tiene en cuenta la degradación introducida por el desempeño de parámetros de red                                                                  |
| Modelo de calidad global para servicios triple play               | Calidad global                                                  | Modelo basado en el flujo de bits      | Normal      | > 0.95                                     | No se ajusta a las características de los servicios OTT                                                                                                |
| Modelo global de estimación de QoE de un servicio de streaming    | Calidad global (BR, FR, CC, (Tis, Tini, Trubef, Frebuf, AA, Tz) | Modelo basado en el flujo de bits      | Alta        | > 0.98                                     | Propone un complejo algoritmo para la evaluación de la calidad del video que lo vuelve impráctico para aplicaciones en tiempo real                     |
| Modelo de calidad de video basado en el contenido                 | Calidad global (QP, PLR, CC)                                    | Modelo basado en el flujo de bits      | Normal      | 0.93 - 0.94                                | Asume que todos los dispositivos terminales soportan H.256. Solo es probado a nivel de simulación. Considera el desempeño de algunos parámetros de red |

Tabla 2. Cuadro comparativo de los métodos objetivos de evaluación de la QoE estudiados. Fuente: Elaboración propia

| Modelo                                               | Parámetros que evalúa                         | Clasificación                          | Complejidad | Correlación con evaluación subjetiva (CCP) | Limitaciones                                                                                            |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelo AV-QoE                                        | Calidad global (Tini, Trubef, Frebuf, AA, Tz) | Modelo hibrido                         | Normal      | 0.48 - 0.88                                |                                                                                                         |
| Modelo paramétrico de estimación de calidad de Video | Calidad global (BR, FR, PLR, CC, DEV)         | Modelo basado en el flujo de bits      | Normal      | 0.89                                       | No tiene en cuenta algunos parámetros de red como RTT, Jitter y Ancho de Banda                          |
| Recomendación UIT-R BT.1866(03/2010)                 | Calidad del video                             | Modelo basado en el contenido de media | Alta        | 0.756 - 0.841                              | Evalúa un solo componente del ecosistema. Se necesita la señal original. Para resolución VGA,CIF y QCIF |
| Modelos de QoE basados en la aceptabilidad           | Calidad global (QP, BR, FR, CC, DEV)          | Modelo basado en el flujo de bits      | Normal      | 0.943 - 0.977                              | No tiene en cuenta la degradación introducida por el desempeño de parámetros de red                     |
| Modelo basado en APMs                                | Calidad global (Tini, Trubef, Frebuf)         | Modelo basado en paquetes              | Normal      |                                            | Solo tiene en cuenta la degradación introducida por el desempeño de parámetros de red                   |
| Modelo de intensidad de la pausa                     | Calidad global (Trubef, Frebuf)               | Modelo basado en paquetes              | Alta        | 0.923 - 0.979                              | Solo tiene en cuenta la degradación introducida por el desempeño de parámetros de red                   |
| Método no intrusivo basado en redes neuronales       | Calidad global (BR, FR)                       | Modelo basado en el flujo de bits      | Muy Alta    | > 0.90                                     | Método muy complejo. Solo tiene en cuenta la influencia de un reducido número de parámetros             |

Tabla 2. I. Cuadro comparativo de los métodos objetivos de evaluación de la QoE estudiados. Fuente: Elaboración propia

conjunto de aspectos que permitieran compararlos. Estos son: la clasificación de los mismos, el nivel de complejidad que presentan, los parámetros que evalúa, el valor de correlación que presentan con las evaluaciones subjetivas realizadas durante el proceso de validación del método y sus principales limitaciones.

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos, se compararon los métodos analizados lo cual se presenta en la tabla 2 y 2.1. Esto facilitó la selección de los métodos que mejor nivel de correspondencia tienen con los indicadores que se definieron para evaluar la QoE de los servicios OTT de video *streaming* y los factores que en ellos influyen.

Tras el análisis comparativo realizado de los métodos existentes, los que se proponen escoger son: [5], [6] y [7].

Conclusiones

En este trabajo se han definido los principales indicadores a considerar para la evaluación de la QoE de los servicios OTT de video streaming, a partir de los elementos que intervienen en cada uno de los procesos por los que transita el contenido multimedia, desde su obtención, hasta que es presentado al usuario final y de las condiciones en que se desarrollan dichos servicios.

Además, se ha propuesto un método general, híbrido, sencillo y automatizable, para la estimación de la calidad percibida por los usuarios en un servicio OTT de video streaming. El método propuesto combina las aportaciones de calidad de los distintos componentes del servicio y emplea varios métodos objetivos existentes que evalúan, de manera individual, cada uno de los indicadores definidos.

Referencias bibliográficas

[1] Usuarios de Internet[citado Marzo 2017] Available from: <https://marketing4ecommerce.net>

[2] Haro Glez, Adrián; Silva Gari, Yoel; Conde del Oso, Luis E. y Anías Calderón, Caridad. “propuesta de evaluación de la calidad de experiencia (qoe) en servicios over the top (OTT) “. Tesis de grado, ISPJAE, La Habana 2016.

[3] Video Encoding and HTML5 Playback With Native DRM [citado Marzo 2017] Available from: <https://pt.slideshare.net/>

[4] Recommendation Itu-T G.1011 (06/2015). Reference Guide to Quality of Experience Assessment Methodologies.

[5] J. Joskowicz, “Hacia un Modelo Perceptual de Video. Desarrollo de un Modelo Paramétrico General de Estimación de la Calidad Percibida de Video”. ETSI de Telecomunicación Universidad de Vigo, 2012.

[6] E. W. W. C. Ricky K. P. Mok and Rocky K. C. Chang, “Measuring the Quality of Experience of HTTP Video Streaming,” *12th IFIP/IEEE IM 2011: Mini Conference*, 2011.

[7] S. D. Yao Liu, Don Gillies, Faith Ulupinar and Michael Luby, “User Experience Modeling for DASH Video”. *IEEE*, 2013.

(Artículo recibido en febrero de 2017 y aprobado en abril de 2017)

