



DYNA

ISSN: 0012-7353

Universidad Nacional de Colombia

Radicelli-García, Ciro Diego; Pomboza-Floril, Margarita; Cepeda-Astudillo, Lexinton  
Conectividad a Internet en zonas rurales mediante  
tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE)  
DYNA, vol. 85, núm. 204, 2018, Enero-Marzo, pp. 319-324  
Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n204.62690>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49655628039>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNEN  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Connectivity to the Internet in rural areas using DTT (DVB-RCT2) technologies, or mobile telephony (4G-LTE)

Ciro Diego Radicelli-García, Margarita Pomboza-Floril & Lexinton Cepeda-Astudillo

*Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. [cradicelli@unach.edu.ec](mailto:cradicelli@unach.edu.ec), [margaritapomboza@unach.edu.ec](mailto:margaritapomboza@unach.edu.ec), [lcepeda@unach.edu.ec](mailto:lcepeda@unach.edu.ec)*

Received: February 15<sup>th</sup>, 2017. Received in revised form: November 1<sup>st</sup>, 2017. Accepted: December 20<sup>th</sup>, 2017.

## Abstract

This article reviews the features and architecture of the DTT technology with wireless return channel called DVB-RCT2 versus 4G LTE cellular technology, and compares them in terms of bandwidth, modulation schemes, speed used in downlink (DL) and uplink (UL), Guard Interval used, access methodology, carriers used, IP content transmission, forward error correction, among others, with the aim of verifying which of these two technologies could be the most appropriate to provide Internet connectivity in rural areas of Latin America.

**Keywords:** TDT; DVB-RCT2; 4G-LTE.

# Conectividad a Internet en zonas rurales mediante tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE)

## Resumen

Este artículo revisa las características y arquitectura de la tecnología de TDT con canal de retorno inalámbrico DVB-RCT2 versus la tecnología celular 4G LTE, y las compara en términos de ancho de banda, esquemas de modulación, velocidad usada en bajada y subida, intervalo de guarda usado, metodología de acceso, portadoras usadas, transmisión de contenidos IP, técnicas de corrección de errores, entre otros, con el objetivo de verificar cuál de estas dos tecnologías podría ser la más apropiada para brindar conectividad a Internet en zonas rurales de Latinoamérica.

**Palabras clave:** TDT; DVB-RCT2; 4G-LTE.

## 1. Introducción

Según el informe sobre el estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016, difundido por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la cantidad de usuarios de internet creció del año 2000 al año 2015 en un 10,6%, sin embargo los problemas en lo referente a velocidades de conexión y acceso del servicio entre zonas urbanas y rurales tiene todavía una gran diferencia, lo que no ocurre por ejemplo con el uso de la televisión, la cual según se enuncia en [1], es más popular y accesible que el Internet.

La elección de la tecnología para proveer de servicios de conectividad a Internet en general es variada, pero si se enfoca la misma a zonas rurales, la perspectiva varía debido a los múltiples factores que se deben considerar para poder

brindar conectividad a este tipo de zonas, así se tiene por ejemplo que responder a ciertas preguntas tales como: ¿Qué área desea cubrir?, ¿Cuánto costaría implementar la solución?, ¿Qué topología de red sería la adecuada?, entre otras. Es por esto de que de todas las tecnologías conocidas, muy pocas o casi ninguna es aplicable para proveer de servicios de conectividad a Internet en zonas rurales, razón por la cual en la investigación que ha dado como fruto este artículo científico, se ha pensado en utilizar otras opciones de conexión como las tecnologías de televisión digital terrestre (TDT) y las tecnologías de telefonía móvil de cuarta generación (4G).

Las primeras debido a que este tipo de redes pueden ofrecer una mayor penetración y un costo de implementación relativamente bajo comparado con otras tecnologías ya sea

**How to cite:** Radicelli-García, C.D., Pomboza-Floril, M. and Cepeda-Astudillo, L., Conectividad a Internet en zonas rurales mediante tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE). DYNA, 85(204), pp. 319-324, March, 2018.

de acceso alámbrico o inalámbrico, debido a que para implementar una red de TDT, se puede reutilizar la infraestructura existente de la TV analógica (estaciones base), aspecto que es una ventaja si se pretende montar una red de acceso en zonas rurales. Y las segundas debido a que pueden ser desplegadas en una porción del espectro radioeléctrico que posee propiedades de penetración y propagación mayores que las bandas más altas utilizadas actualmente en la transmisión de comunicaciones móviles.

Es importante mencionar que para la provisión de internet con cualquiera de las tecnologías antes mencionadas, es imprescindible que se lleve a cabo en su totalidad el proceso de apagón analógico, mediante el cual se liberará el espectro necesario para la inclusión de estas nuevas tecnologías con servicios de valor agregado, y que además ocupen eficientemente el espectro [2], con el objetivo de en un corto plazo reducir la brecha digital existente en todavía la gran mayoría de los países de América Latina y el Caribe.

## 2. Tecnología DVB-RCT2

Para la difusión de la televisión digital terrestre (TDT), en Latinoamérica se ha adoptado en la gran mayoría de sus países la tecnología ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil*), a excepción de Panamá que utiliza la norma europea DVB-T (*Digital Video Broadcasting Terrestrial*), y Colombia que utiliza la norma mejorada DVB-T2 (*Digital Video Broadcasting Terrestrial 2*), que permite la difusión de televisión en alta definición [3]. Así como México y algunos países de América Central que usan la norma americana ATSC (*Advanced Television System Committee*). Dichos estándares fueron concebidos para la transmisión de señales digitales en difusión, es decir únicamente desde la torre de transmisión hacia el equipo de usuario, sin embargo tres años después de la creación del primer estándar de difusión de TDT, se crea DVB-RCT (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial*), estándar que proponía un canal de retorno inalámbrico para la transmisión desde el equipo de usuario hacia la torre de TV, utilizando para esto técnicas de multiplexación en tiempo y frecuencia. Sin embargo dicha propuesta no pudo ser utilizada debido a que por problemas con los operadores de telefonía móvil, nunca llegó a desplegarse de forma comercial.

Vista la importancia de poder brindar servicios de conectividad a Internet a zonas rurales, utilizando los sistemas de TDT, se ha pensado en la creación de una nueva tecnología con canal de retorno inalámbrico, utilizando básicamente la norma mejorada de DVB-T, es decir DVB-T2 y la primera generación del estándar con canal de retorno DVB-RCT, proponiendo así en [4] la creación de DVB-RCT2 (*Digital Video Broadcasting - Return Channel Terrestrial 2nd Generation*), estándar que podría utilizar en su enlace de difusión (DL) cualquiera de las tecnologías usadas en Latinoamérica, mientras que para su enlace de retorno (UL), utilizaría la arquitectura propuesta para dicha tecnología. En la Fig. 1 se ilustra dicho concepto.

DVB-RCT2, utiliza lo mejor de las tecnologías DVB-RCT y especialmente de DVB-T2, tal como se detalla en [5];

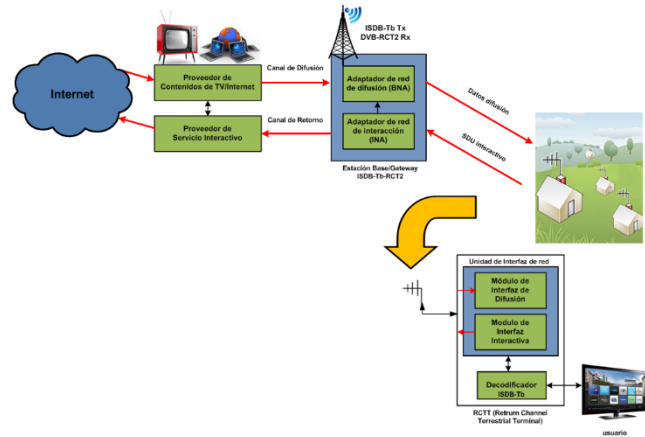


Figura 1. Arquitectura de DVB-RCT2.

Fuente: Elaboración propia.

el uso de códigos mejorados para la corrección de errores tales como la comprobación de paridad de baja densidad (LDPC) y *Bose-Chaudhuri-Hochquenghem* (BCH), múltiples tuberías de capa física (MPLPs), entrelazado temporal (TI), un esquema de modulación de mayor jerarquía utilizando modulación de amplitud en cuadratura (256-QAM), el uso de constelaciones rotadas para mejorar la robustez de la señal, uso de la técnica de múltiples entradas y única salida (MISO), utilizando codificación Alamouti para control de flujo, el uso de ocho patrones de portadoras piloto para componer la señal en el aire, minimizando la sobrecarga en función del tipo de recepción a la que se orienta el servicio, nuevos tamaños extendidos relacionados con la transformada rápida de Fourier (16K, 16K extendido, 32K, 32K extendido), mecanismos de reducción de la potencia de pico de la señal transmitida (PAPR), que junto con las técnicas de extensión activa de la constelación (ACE) y de tonos reservados (TR), permiten limitar la distorsión en el receptor, el uso de tramas de extensión futura (FEF), usadas para la transmisión de nuevos servicios, eliminación de paquetes nulos, y sobre todo para la compartición de un mismo canal tanto para DL como para UL, así como para la transmisión de contenidos IP y la recepción en movilidad [6]. Dichas características ofrecen ventajas indiscutibles a DVB-RCT2 como: (i) la configuración de redes de frecuencia única de tamaño considerablemente grande, (ii) difusión de servicios variados en un mismo canal, (iii) reducción de costos de despliegue, debido a la reutilización de infraestructura de televisión analógica y digital, (iv) capacidad de transmisión en aumento, (v) ahorro de energía, y (vi) protección eficiente frente a interferencias existentes.

## 3. Tecnología 4G LTE

4G LTE (*4th Generation Long Term Evolution*) es la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil, misma que es la evolución de las tecnologías 2G (GSM/EDGE) y 3G (UMTS/HSPA/HSDPA), que fueron desarrolladas por la organización 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), para permitir a los usuarios más calidad y mayor rapidez de servicio [7]. LTE está basado en el protocolo IP, soportando tanto IPv4 e IPv6, la principal diferencia con la tecnología 3G se aprecia en los siguientes aspectos: (i) uso de la tecnología OFDM, (ii) uso

de la técnica MIMO, (iii) definición de una Evolución de la Arquitectura del Sistema (SAE) [8]. En donde, MIMO permite tener una alta eficiencia espectral, SAE mejora la capacidad de datos, reduciendo la latencia experimentada por el usuario, además utiliza duplexación por división de tiempo y frecuencia TDD y FDD respectivamente, con lo cual se mejora el uso del espectro, haciendo una gestión más eficiente del mismo [9], incluyendo servicios unicast y broadcast; y por último el uso de codificación de canal, brinda seguridad y reduce la probabilidad de error en la transmisión.

Para el enlace descendente (DL), 4G LTE utiliza OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), mientras que en el enlace ascendente (UL) usa SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*), o también conocida como DFTS-OFDM. Por su parte el uso de más antenas provee diversidad de señal, y transmisiones multicapa a través del uso de la técnica MIMO. Existe además una flexibilidad considerable en el uso del espectro por parte de LTE. Esta tecnología puede trabajar sobre bandas nuevas y existentes, y sobre FDD y TDD. En términos de adaptación de enlace, LTE puede usar esquemas de modulación QPSK, 16QAM o 64 QAM, a más de ejecutar codificación de canal para proveer de robustez contra las condiciones adversas que pueden afectar dicho canal. También el uso de tonos de 15 KHz provee un tiempo de símbolo largo, lo que mejora la robustez contra la propagación multicamino y la dispersión de la señal en el tiempo. Así mismo LTE provee un ancho de banda adaptativo que inicia en 1.4 MHz, seguido por 3, 5, 10, 15 y 20 MHz, y una velocidades de pico que en bajada tienen 326,5 Mbts/s para MIMO 4x4 y de 172,8 Mbts/s para MIMO 2x2, mientras que en subida alcanzan los 86,5 Mbts/s [9], considerando un esquema de modulación 64QAM tanto para DL como para UL.

Por otro lado la Evolución de la Arquitectura del Sistema (SAE) de LTE, mueve algunas de las funciones del núcleo de la red hacia la periferia de la misma, con el objetivo de reducir la latencia en la red. SAE en la estación base provee diferentes ventajas sobre las arquitecturas 3G, como: (i) capacidad de datos mejorada, (ii) arquitecturas basadas totalmente en IP, (iii) reducción de la latencia, y (iv) reducción de la operación y por ende de costos.

Con los principios descritos anteriormente, se ha desarrollado una nueva tecnología 4G llamada LTE Avanzada (*Advanced*), la cual provee mayor velocidad que LTE tanto en DL como en UL, con una latencia menor. En la Tabla 1, se muestran características de las tecnologías 3G y 4G. Cabe destacar que la tecnología HSPA+ sirvió de punto medio para pasar de la tecnología 3G a la LTE.

El despliegue 4G se puede realizar en diferentes bandas de acuerdo con la necesidad de cada país, y según cómo se haya aprovechado el espectro radioeléctrico por parte de los gobiernos y las empresas de telecomunicaciones. Por ejemplo en Ecuador se otorgó la banda 1.700 MHz, conocida también como servicios inalámbricos avanzados (AWS - *Advanced Wireless Service*), o banda 4 para el despliegue de la red 4G a las telefónicas Claro y Movistar [10], mientras que en el caso de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) le otorgó a la telefónica estatal 30 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, y 40 MHz de espectro en la banda AWS.

Tabla 1.  
Comparativa entre tecnologías 3G y 4G.

	WCDMA (UMTS)	HSPA HSDPA/ HSUPA	HSPA+	LTE	LTE Avanzado
Máx. velocidad en UL	384 Kbps	14 Mbps	28 Mbps	100 Mbps	1 Gbps
Máx. velocidad en DL	128 Kbps	5.7 Mbps	11 Mbps	50 Mbps	500 Mbps
Latencia	150 ms	100 ms	50 ms (max)	~10 ms	Menor que 5 ms
Versión s 3GPP	99/4	5 / 6	7	8	10
Metodolo gía de acceso	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA / SC- FDMA	OFDMA /SC-FDMA

Fuente: Elaboración propia con base en [8].

### 3.1. Evolución de la arquitectura del sistema (*System Architecture Evolution – SAE*)

SAE es definida como la evolución del núcleo de la red permitida por la tecnología LTE, en referencia a otras tecnologías de comunicación móvil. Así uno de los objetivos primordiales de SAE es la compatibilidad con la tecnología LTE Avanzada, de tal modo que cuando esta sea introducida, la red será capaz de manejar los aumentos en la transmisión de datos, con pocos cambios en la infraestructura. SAE ofrece muchas ventajas sobre topologías y sistemas previos usados en núcleos de redes celulares, entre las cuales se tiene:

- **Mejora la capacidad de datos.-** LTE ofrece una velocidad de descarga de 100 Mbps, pero se espera que maneje muchos mayores niveles de datos, para lo cual SAE permite mejorar sustancialmente la transferencia de datos.
- **Arquitectura basada en IP.-** la arquitectura propuesta para redes 3G y anteriores, permitía el transporte de voz mediante una conmutación basada en circuitos, pero la nueva tendencia es la utilización de datos IP, razón por la cual SAE permite la transmisión de la información mediante la conmutación basada en paquetes.
- **Reducción de la latencia.-** con el incremento de los niveles de interacción y de respuesta requeridos, SAE asegura que los niveles de latencia son reducidos alrededor de 10 ms [11], lo cual permite mejorar los tiempos de respuesta en las comunicaciones con LTE.
- **Reducción de gasto operacional (*Operational Expenditure – OPEX*) y gasto en capital (*Capital Expenditure – CAPEX*).** un elemento primordial para cualquier operador es la reducción de costos. Es importante por lo cual que cualquier diseño reduzca el CAPEX y el OPEX, y esto es justamente lo que SAE logra debido a su alto nivel de configuración automática.

### 3.2. Principios básicos de SAE y arquitectura LTE

SAE propone la utilización de un nodo común como puerta de enlace (Gateway), sistemas basados totalmente en protocolos IP, el uso de una entidad de manejo de movilidad (*MME – Mobility Management Entity*), y un divisor funcional para el acceso a la red de radio (*RAN – Radio Access*

Network) y a la red de núcleo (Core Network). El principal elemento del LTE SAE es el núcleo de paquete evolucionado (EPC – Evolved Packet Core), el mismo que contiene a muchas estaciones base.

Dentro de EPC, existen 4 elementos. MME maneja los traspasos intra-LTE, la activación y desactivación de la portadora, e interactúa con el servidor de suscriptor de casa (HSS – Home Subscriber Server) para autenticar al usuario. Así mismo, MME provee funciones de control. El servidor de puerta de enlace (SGW – Serving Gateway) elemento que maneja la movilidad de los nodos y actúa como puerta de enlace entre la RAN y la red de núcleo. Cuando la estación móvil se mueve a través de las áreas servidas por los diferentes nodos de la estación base (Nodo A, Nodo B), el SGW sirve como punto de anclaje, asegurando la continuidad del traspaso de datos. El tercer elemento es la puerta de enlace PDN (PGW – PDN Gateway), la cual provee conectividad de la estación móvil a la red externa o conocida como red de paquetes de datos (PDN – Packet Data Network). Por último las políticas y función de reglas de carga (PCRF – Policy - & Charging Rules Function), detecta el flujo de servicios y asegura la política de carga. Para elementos que requieren políticas dinámicas o control de carga, existe un elemento de red llamado función de aplicaciones (AF – Applications Function) es provisto.

En cuanto a la arquitectura de LTE, la misma es muy compleja, en un diagrama completo se considerarían toda la Internet y otros aspectos de la conectividad de la red de apoyo, sin embargo en la Fig. 2, se muestra la parte que interactúa más estrechamente con el equipo de usuario, en concreto se muestran las estaciones base y la interfaces entre estas y el EPC.

#### 4. Análisis de DVB-RCT2 vs 4G LTE para brindar conectividad a Internet a zonas rurales de Latinoamérica

En Latinoamérica uno de los principales inconvenientes de las bandas de transmisión de TV, radica en la saturación de señales que se emiten en dichas bandas, lo que es un problema si se desea incluir nuevos servicios. Por esta razón en Latinoamérica se está llevando a cabo el proceso de transición desde la televisión analógica

hacia la televisión digital terrestre, comúnmente conocido como el apagón analógico, el mismo que comenzó en 2015 y se espera termine en 2021.

Dicho apagón analógico, “*permitirá transmitir varios canales de televisión digital normales (hasta seis, según las técnicas de codificación y modulación empleadas) de calidad aceptable en el espacio de frecuencias radioeléctricas utilizado anteriormente por un solo canal analógico*” [2], además de poder usar servicios auxiliares como corrección de errores, sintonización automática, configuración de redes de frecuencia única, entre otros.

Pero para que este apagón pueda realizarse, es necesario que el espectro superior de frecuencias de la banda UHF sea liberado para poder utilizar los servicios de televisión digital terrestre así como los de telefonía móvil de cuarta generación (dividendo digital).

El tamaño de dicho dividendo varía de una región a otra, es por esto que existe un ente de control (Unión Internacional de Telecomunicaciones) quién vigila la distribución de las frecuencias en el mundo, dividiendo al mismo en tres regiones principales; Región 1: Europa, África y el Norte de Asia, Región 2: América del Norte, América del Sur y Groenlandia, Región 3: Pacífico y sur de Asia.

En la Región 1, según se decidió en la conferencia mundial de radiocomunicaciones de 2007, los canales del 21 al 69, banda de 790 a 862 MHz, espectro de 800 MHz, sería la utilizada para la transmisión de la TDT así como para los servicios 4G. Sin embargo la Unión Europea decidió utilizar toda la banda para los servicios de telefonía de cuarta generación, y desplazó las emisiones de televisión digital a la parte inferior de la banda UHF, conociéndose a este proceso como el primer dividendo digital.

Tiempo después en la conferencia mundial de radiocomunicaciones de 2012, se normó que la TDT utilice la banda de 470 a 698 MHz, espectro de 700 MHz, mientras que los servicios de telefonía 4G, utilizarían el espectro de 698 a 790 MHz, espectro de 700 MHz, denominándose a este proceso como el segundo dividendo digital.

En la Región 2 se normó el uso de la banda de 470 a 698 MHz, canales del 14 al 51 para servicios de televisión digital terrestre, y además se utilizó la recomendación definida para Europa por la conferencia mundial de radiocomunicaciones de 2007, dejando la banda de 698 a 862 MHz, canales del 52 al 69; espectro de 700 MHz para servicios de telefonía móvil 4G.

Al igual que la solución de TDT propuesta, la tecnología 4G LTE se utilizará para mejorar la cobertura en las zonas rurales, sin embargo DVB-RCT2 podría ofrecer costos de despliegue baratos y gran porcentaje de penetración, comparado con la tecnología 4G LTE, debido a la reutilización de la ya existente infraestructura de televisión analógica y digital, con lo cual se podría aumentar tanto la cobertura como la eficiencia de transmisión en condiciones hostiles, considerando además que el costo de hardware para DVB-RCT2 es mucho más barato que el utilizado por la tecnología LT. En lo que se refiere a características técnicas, en la Tabla 2 se presenta una comparativa entre las dos tecnologías estudiadas.

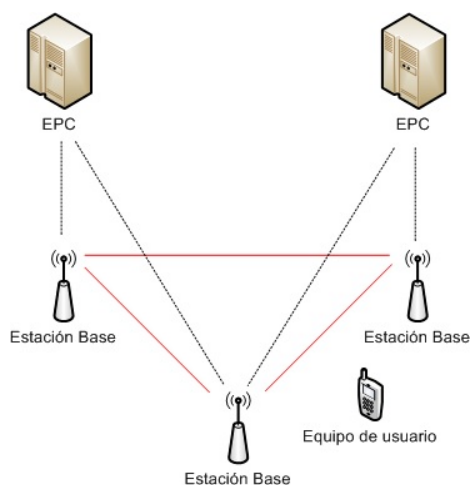


Figura 2. Arquitectura LTE.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.  
Comparativa entre DVB-RCT2 y 4G LTE.

Parámetros	DVB-RCT2	4G LTE
Ancho de banda	6, 7 y 8 MHz	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Esquemas de modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM, <b>256QAM</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM
Velocidad máxima en DL	37,88 Mbps (256 QAM)	Valores teóricos 326,5 Mbps, con MIMO 4x4 (64 QAM) 172,8 Mbps con MIMO 2x2 (64 QAM)
Velocidad utilizada en DL	25,52 Mbps (64 QAM $\frac{3}{4}$ )	20 Mbps (en el caso de Ecuador, utilizando 64 QAM)
Velocidad máxima en UL (64 QAM)	25,52 Mbps	86,5 Mbps
Velocidad utilizada en UL	5,64 Mbps (QPSK $\frac{1}{2}$ )	4 Mbps (en el caso de Ecuador, utilizando QPSK)
Intervalo de guarda (GI)	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128	El tamaño del prefijo cíclico (CP) adecuadamente seleccionado sirve como GI. Para LTE el CP dura 4,69 us.
Metodología de acceso en DL	OFDM	OFDMA
Metodología de acceso en UL	OFDMA	SC-FDMA
Portadoras	BS1 con 1, BS2 con 4 y BS3 con 29 portadoras, con 1708, 427 y 59 subcanales respectivamente.	2048 portadoras
Distancia entre portadoras	CS1, CS2 y CS3 con 1, 2 y 4 kHz de separación respectivamente	15kHz
Transmisión de contenido IP	IP $\rightarrow$ GSE	Soporte de IPv4 e IPv6
FEC	LDPC y BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6	Códigos concatenados

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la tabla anterior, se puede notar que DVB-RCT2 utiliza un esquema de modulación de mayor jerarquía (256-QAM) comparado con el máximo utilizado en 4G LTE (64-QAM), lo que teóricamente representa que las velocidades de transmisión de 4G LTE sean superiores a las de la tecnología de TDT propuesta. Sin embargo, las velocidades de transmisión utilizadas realmente, demuestran que DVB-RCT2 es más rápido que el estándar 4G LTE tanto en DL como en UL, presentando un aumento de 5,52 Mbps y de 1,64 Mbps respectivamente, con respecto a la tecnología celular. Por otro lado, para proveer inmunidad contra ISI, tanto DVB-RCT2 como 4G LTE utilizan GI, en donde para la primera tecnología se tienen algunos valores que depende del modo de operación elegido en TDT, mientras que para redes 4G el valor es fijo, lo que tiene relación además con el número de portadoras y la separación entre estas que se utiliza en cada tecnología.

Con respecto a la metodología de acceso tanto para DL como para UL, cabe destacar que tanto para DVB-RCT2 como para 4G LTE, se utilizan técnicas basadas en OFDM, en donde para la tecnología 4G el uso del modo de transmisión SC-FDMA, el mismo mantiene constante el

nivel de potencia de operación de los equipos móviles, con lo cual el rendimiento de la batería no se ve afectado, permitiendo que dichos equipos operen tan eficientemente como sea posible. Sin embargo para DVB-RCT2 esto no es una limitante debido a que el equipo de usuario es este caso es un decodificador (set-top-box), que permanecerá estático en el hogar del usuario, por lo que el mismo no presenta problemas con respecto a la batería, con lo cual el uso de OFDMA es adecuado. Es importante recalcar además, que ambas tecnologías soportan transmisión de contenidos IP. Aunque en lo que respecta a esquemas de corrección de errores (FEC), DVB-RCT2 utiliza esquemas más robustos como el de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC) y Bose-Chaudhuri-Hocquengham (BCH) que proveen una importante mejora comparado con la codificación convolucional utilizada en la tecnología 4G.

## 5. Conclusiones

La nueva tecnología DVB-RCT2, utilizará las características de DVB-T2 y las combinará con las de DVB-RCT, para aumentar su capacidad de transmisión, utilizando una menor relación portadora a ruido (CNR).

DVB-RCT2, podrá utilizar en el canal de difusión (DL), cualquiera de las tecnologías de TDT existentes actualmente en Latinoamérica como: ISDB-Tb, DVB-T o DVB-T2, lo que la convertiría en una tecnología muy versátil e interesante a la hora de brindar acceso a internet en zonas rurales; mientras que para el canal de retorno (UL) utilizaría la propia arquitectura de RCT2 propuesta.

Por lo expuesto en este artículo, se escogerá la solución de TDT propuesta para la provisión de Internet a zonas rurales de Latinoamérica, considerando en primer lugar que el estándar DVB-RCT2 propuesto es más rápido que la tecnología 4G LTE, y en segundo lugar que el equipamiento que el usuario necesita, en el caso de la tecnología celular de cuarta generación, es más costoso, mientras que en el caso de la tecnología DVB-RCT2, bastaría con tener una televisión que tenga incorporado el decodificador de TDT con canal de retorno, o en su defecto que a un televisor convencional se le conecte a dicho decodificador, con lo cual el manejo del equipo no supondría problema alguno para los usuarios, además que en una televisión se minimizan o eliminan problemas en cuanto al desgaste de componentes, como por ejemplo la batería en un teléfono móvil.

El objetivo de la investigación de la cual se desprende este artículo, es proponer una tecnología de TDT de mejores prestaciones que tecnologías precedentes de su misma clase, misma que permita implementar una solución de conectividad a Internet en zonas rurales minimizando los costes de conexión por usuario, a más de reducir la implementación de infraestructura de telecomunicaciones para tal efecto, debido a la reutilización de la infraestructura existente de la TV analógica y/o digital.

## Referencias

- [1] UIT., Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones/TIC de 2010, verificación de los objetivos de la CMSI, examen intermedio. Resumen Ejecutivo, Suiza, 2010, 28 P.



- [2] Kholod, A. and Lewis, J., El dividendo digital: oportunidades y retos. Actualidades de la UIT [en línea]. 2010. [fecha de referencia 17 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.itu.int/net/itunews/issues/2010/01/27-es.aspx>
- [3] Eizmendi, L. et al., DVB-T2: the second generation of terrestrial digital video broadcasting system, IEEE Trans. on Broadcasting, 60(2), pp 6-13, 2014.
- [4] Radicelli C., Cardona, N. y Gomez, D., A second-generation digital terrestrial television wireless return channel standard for providing Internet connectivity in rural areas in Latin America, IEEE Latin American Transactions, 13(9), pp 2837-2844, 2015.
- [5] ETSI, TS 102 831 v1.2.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), Agosto 2012.
- [6] ETSI, EN 301 958 v1.1.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM, Marzo 2002.
- [7] Área tecnología, LTE y LTE Advanced. [En línea]. Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/tecnologia/lte.html>
- [8] Toh, C.K., 4G LTE Technologies: System Concepts. ALICO Systems Inc, Estados Unidos de América, 2011.
- [9] Garro, E., Estudios de convivencia de servicios de TDT con servicios 4G LTE en las bandas de 450 MHz, 700 MHz y 800 MHz, Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2014.
- [10] CONATEL, Resolución TEL-804-29-CONATEL-2012, Ecuador, 2012.
- [11] Radio-electronics LTE tutorial, 2014. [en línea]. Disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/lte-long-term-evolution/lte-ofdm-ofdma-scdma.php>

**C.D. Radicelli-García**, es Ing. en Sistemas Informáticos y MSc. en Interconectividad de Redes por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador. MSc. en Tecnologías, Sistemas y Redes de Comunicación y Dr. (PHD) en Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España. Actualmente es profesor de la Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Ecuador. Sus intereses de investigación están centrados en TDT.  
ORCID: /0000-0001-9188-0514

**M. Pomboza-Floril**, es Lic. en Diseño Gráfico y MSc. en Planificación, Evaluación y Acreditación de la Educación Superior por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador. MSc. en Ingeniería del Diseño y Dra. (PHD) en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España. Profesora titular de la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Ecuador.  
ORCID: 0000-0002-4820-493X

**L. Cepeda-Astudillo**, se graduó de Lic. y posteriormente de Dr. en Ciencias de la Educación mención Informática Educativa y MSc. en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, obteniendo ambos títulos en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). PhD en Educación por la Universidad de San Marcos, Perú. Actualmente es Vicerrector de Posgrado e Investigación de la UNACH.  
ORCID: 0000-0001-5175-4062



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE MINAS

**Área Curricular de Ingeniería  
de Sistemas e Informática**

**Oferta de Posgrados**

**Especialización en Sistemas  
Especialización en Mercados de Energía  
Maestría en Ingeniería - Ingeniería de Sistemas  
Doctorado en Ingeniería- Sistemas e Informática**

Mayor información:

E-mail: [acsei\\_med@unal.edu.co](mailto:acsei_med@unal.edu.co)  
Teléfono: (57-4) 425 5365