



## XVII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2017)

### Título

### **Propuesta de solución LTE para la sustitución de los Sistemas WLL en las zonas rurales**

### *Title*

### **Proposed LTE solution for the replacement of WLL systems in rural areas**

Ing. Bárbara García Rosell. ETECSA, Cuba. E-mail: barbara.garcia@etecsa.cu

**Resumen:** En la red de ETECSA, a partir del año 1996 se instalaron sistemas inalámbricos punto a multipunto, en las zonas rurales de difícil acceso, donde no llegaba la red de cobre y era necesario brindar servicios de telefonía básica. Dado el deterioro y obsolescencia de esta tecnología, se impone la necesidad de su sustitución inmediata, motivado a su vez por el deficiente servicio que se presta y su imposibilidad de ofrecer servicios de datos y banda ancha. Ante esta problemática se propone como solución el empleo de la tecnología móvil de acceso inalámbrica LTE, en dichas zonas.

Se realiza una síntesis de la evolución de las redes de acceso inalámbrico, enfatizando en la tecnología móvil LTE como solución para brindar servicios fijo - móvil en un escenario rural, el cual es diseñado para validar la factibilidad del despliegue de la misma, mediante una prueba piloto.

Como metodología se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos matemáticos. Se espera obtener como resultado la comprobación práctica en un escenario rural de la viabilidad de desplegar una solución de acceso inalámbrica de nueva generación, que propicie la sustitución inmediata y paulatina de los sistemas actuales, contribuyendo a la disminución de los niveles actuales de obsolescencia en la red de telecomunicaciones.

Conclusiones

LTE permite:

- Contar con una infraestructura de red flexible y escalable para soportar los servicios actuales y los nuevos servicios de datos y banda ancha.
- Disminuir los niveles de obsolescencia de la red y los costos de operación y mantenimiento.





**Abstract:** In the ETECSA network, since 1996, point-to-multipoint wireless systems were installed in rural areas that were difficult to access, where the copper network did not reach and it was necessary to provide basic telephone services. Given the deterioration and obsolescence of this technology, the need for its immediate replacement is imposed, motivated in turn by the poor service it provides and its inability to offer data services and broadband. In view of this problem, the use of wireless LTE wireless access technology in these areas is proposed as a solution.

A synthesis of the evolution of mobile wireless access networks is made, emphasizing in LTE technology as a solution to provide fixed - mobile services in a rural setting, which is designed to validate the feasibility of the deployment of the same, through a pilot test. The methodology used was theoretical, empirical and mathematical statistical methods. It is hoped to result in the practical verification in a rural setting of the feasibility of deploying a new generation wireless access solution, which will lead to the immediate and gradual replacement of the current systems, contributing to the reduction of the current levels of obsolescence in the Telecommunications network.

#### Conclusions

LTE allows:

- Have a flexible and scalable network infrastructure to support current services and new data and broadband services.
- Reduce network obsolescence levels and operation and maintenance costs.

**Palabras Clave:** Inalámbrico; WLL; LTE; 4G; WTTx

**Keywords:** *Wireless; WLL; LTE; 4G; WTTx*





## 1. Introducción

Desde mediados del decenio de 1990 la tecnología ha hecho una rápida transición de analógica a digital, lo que ha conducido a una era digital de nuevos servicios y aplicaciones pero que también ha creado una "brecha digital". En TELECOM 99 el Secretario General de la UIT anunció el nuevo objetivo de lograr que los servicios de tipo Internet estuvieran al alcance de todos los seres humanos en el primer decenio del nuevo Milenio y de aprovechar todas las nuevas tecnologías e impulsos para reducir las disparidades en cuanto a la conectividad a Internet.

En la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-98 se acordó estudiar el Tema 7 "Estudiar diversos mecanismos con el fin de promover el desarrollo de nuevas tecnologías de telecomunicaciones para aplicaciones rurales", labor que debía realizar un Grupo Temático en el curso de un año. El Informe del Grupo Temático sobre el Tema 7 fue elaborado y publicado por la UIT con el título "Nuevas tecnologías para aplicaciones rurales". En dicho Informe se identificaba el surgimiento de tecnologías de bajo costo, como las diversas tecnologías inalámbricas para la ampliación del último tramo y tecnologías Internet TCP/IP, que habrían de aplicarse con el fin de establecer infraestructuras para zonas rurales y distantes. [1]

A partir de este interés de la UIT por promover el desarrollo de las zonas rurales las cuales también forman parte de nuestro entorno geográfico, definiremos primeramente a que se le denomina zona rural, que son aquellas zonas apartadas de las grandes ciudades o aglomeraciones y, en general, escasamente pobladas en comparación con las zonas urbanas y suburbanas. En algunos países estas zonas entran en esta categoría cuando su población es inferior a 2 500 habitantes. [2]

La tecnología que se puede aplicar en los entornos rurales depende de la red que se desee implementar y de su razón de uso y sobre todo del costo. Dentro del abanico de las tecnologías, las redes inalámbricas permiten hacer despliegues rápidos y menos costosos y son ideales para los entornos rurales, ya que las tecnologías inalámbricas que se implementan en la actualidad proporcionan interconexión de banda ancha entre las principales edificaciones de una localidad rural y proporciona el acceso a internet correspondiente, solventando así la problemática de brecha digital. [3]





Cualquier red inalámbrica se basa en la transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas, según la capacidad de la red y del tipo de onda utilizada.

Los sistemas de acceso inalámbrico (WAS - Wireless Access Systems) se definen como conexiones de radiocomunicaciones de usuario final para redes centrales privadas o públicas. Las tecnologías utilizadas hoy en día para realizar el acceso inalámbrico incluyen sistemas celulares, sistemas de telecomunicaciones sin cable y sistemas de redes inalámbricas de área local.

Los avances tecnológicos y el acceso competitivo están impulsando la revolución hacia la infraestructura de acceso inalámbrico. El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) participa activamente en el desarrollo de los WAS y entre las actividades principales realiza la normalización internacional, incluidos el espectro de frecuencias y las especificaciones técnicas.

Los trabajos sobre Sistemas de Acceso Inalámbrico se están llevando a cabo por el UIT-R por los Grupos de Trabajo 8A - y - 9B - del UIT-R responsables de los aspectos de los servicios móvil y fijo de los sistemas de acceso inalámbrico, respectivamente[4].

Los tipos de redes inalámbricas dependen de su alcance y del tipo de onda electromagnética utilizada. Según su tamaño encontramos las siguientes redes, de menor a mayor alcance [5]:

WPAN: (Red de Área Personal -Wireless Personal Area Network), se utiliza con tecnologías como HomeRF, Bluetooth, ZigBee y RFID. Es una red personal de poco alcance, las tecnologías que la utilizan pueden conectar los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central. También se utiliza en doméstica ya que necesita comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisiones de datos y bajo consumo.

WLAN:(Red de Área Local - Wireless Local Area Network), en las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN (High Performance Radio LAN), o tecnologías basadas en Wi-Fi (Wireless-Fidelity).

WMAN:(Red de Área Metropolitana - Wireless Metropolitan Area Network, Wireless MAN) la tecnología más popular que utiliza esta red es WiMax (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microrondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. Es muy parecido a Wi-Fi, pero tiene más cobertura y ancho de banda. Otro ejemplo es LMDS (Local Multipoint Distribution Service).





WWAN:(Redes Inalámbricas de Área Extensa - Wireless Wide Area Network, Wireless WAN) es la red que se utiliza para los teléfonos móviles de segunda, tercera generación (UMTS) y para los móviles GPRS (tecnología digital) y cuarta generación.

Las tecnologías inalámbricas pueden ser fijas y móviles y tienen como principales ventajas [6]:

- Flexibilidad al permitir interconectar ubicaciones complicadas, y que además se puede ajustar de manera sencilla a los requerimientos impuestos.
- Escalabilidad, permitiendo la posibilidad de adaptar y ampliar rápidamente las cualidades de la red en lo que a cobertura y ancho de banda se refiere.
- Rapidez de despliegue, que suele ser muy rápido, sobre todo si existe ya un equipamiento o una infraestructura previa (torres de comunicación, farolas, depósitos de agua ubicados a grandes alturas) que pueda ser aprovechada para llevar a cabo la instalación.
- Costos reducidos.
- Movilidad.

Dada la geografía de Cuba, las zonas rurales por lo general se encuentran en zonas montañosas, de difícil acceso, aisladas y dispersas, lo cual constituye un desafío desde el punto de vista tecnológico, para ofrecer servicios de telecomunicaciones con tecnologías alámbricas. La mayoría están constituidas por asentamiento poblaciones menores de 500 habitantes.

A tono con las disposiciones vistas anteriormente, y como parte del Plan Turquino Manatí instituido por el país y por indicación del Ministerio de Comunicaciones, a finales de la década del 90, y como un proyecto social, se comienza por la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA), a estudiar la forma de llegar y expandir el servicio telefónico básico a los asentamientos poblacionales enclavados en las zonas rurales.

En los primeros estudios realizados se seleccionaron como escenarios el municipio de Buey Arriba en la provincia de Bayamo y posteriormente asentamientos poblacionales de diferentes municipios ubicados en el Escambray, que abarcaban las provincias de Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spiritus.

El objetivo principal era sustituir el tendido de línea aérea y pizarras manuales que existían en algunos asentamientos, donde se brindaba un servicio telefónico precario y





que no satisfacía la demanda existente que incluía también al sector estatal existente en esas zonas.

Entre las soluciones estudiadas se valoró como la más factible la aplicación de una tecnología de acceso inalámbrico fijo en la que los lugares del punto de conexión de usuario final y el punto de acceso a la red que se conectará con el usuario final son fijos [7]. En este caso el sistema punto a multipunto, WLL (Wireless Local Loop, Bucle Local Inalámbrico), que permite la conexión fija inalámbrica para ofrecer servicios de voz y datos, y que estaba en concordancia con la evolución de las tecnologías inalámbricas a nivel internacional, en aquel entonces.

La tecnología inalámbrica WLL que pertenece a las redes WMAN, surge en los años 80 en su primera versión analógica, evolucionando en los años 90 a una versión digital, transitando por tres generaciones:

I Generación: servicios de telefonía en zonas rurales

II Generación: incorporación de servicios de datos e internet

III Generación: incorporación de servicios de internet y comunicaciones de datos

Según la ITU, la demanda de WLL en el mundo de 1997 al 2002 osciló cerca de los 856 millones de líneas, de las cuales, el 82% fueron en países subdesarrollados y el 18% restante en los países desarrollados.

WLL es un sistema basado en celdas que conecta a usuarios a la red pública telefónica conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) utilizando señales de radio, sustituyendo al cableado de cobre entre la central y el abonado. Estos sistemas incluyen servicios de radio fijos, sistemas celulares fijos y sistemas de acceso inalámbricos [8].

Emplea estaciones radiobase conectadas a centrales comunes de conmutación pública para vía radio alcanzar el terminal fijo del abonado en su residencia o en su oficina, también está compuesto por un radio transceptor. El uso de diversas estaciones radiobase, cada una de las cuales, cubriendo una determinada área, llamada "celda", garantiza la cobertura de toda la región de interés, tal cual ocurre con la arquitectura de la telefonía celular móvil. La movilidad del abonado es restrictiva. El suscriptor recibe el servicio telefónico a través de terminales conectados por radio a una red de estaciones [9].

Estos sistemas ofrecen los siguientes servicios.





- Servicio de voz: PCM (Pulse Code Modulation) de 64 Kbps, ADPCM (PCM Adaptive Differential) de 32 Kbps.
- Servicio de datos en banda de voz: 56 Kbps fax/módem.
- Servicios de datos: 155 Kbps.
- Servicio ISDN: 144 Kbps (2B+D).

Esta tecnología permite proveer servicios de telecomunicaciones rurales, cubriendo grandes áreas con baja densidad de población. Estos sistemas fueron ampliados por medio de la tecnología de bajo costo para la conexión de los abonados individuales, basada en el estándar DECT (Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente - Digitally Enhanced Cordless Telecommunication), procedente de los teléfonos inalámbricos para negocios y hogar. La combinación DECT -PMP posibilita la instalación de soluciones de acceso radio total capaces de satisfacer las necesidades de los entornos rurales, suburbanos y urbanos, con una arquitectura única.[10]

Dada las ventajas y características de la tecnología WLL es particularmente atractiva en lugares donde la topología del terreno hace que la instalación de cables sea problemática. En la red de ETECSA se desplegaron tres tipos de tecnologías WLL: SR 500; Sistema Inalámbrico Multiganancia Tadiran, MGW (Multigain Wireless) InnoWave y A 9800 R3 Alcatel basado en el estándar DECT para el acceso abonado, indistintamente en zonas rurales, semiurbanas y algunas urbanas. Algunos de estos sistemas han sido sustituidos, pero aún y fundamentalmente en las zonas rurales se mantienen operando de forma inestable por no contar con repuestos y soporte técnico.

Actualmente los sistemas WLL antes mencionados constituyen una tecnología obsoleta, que presenta los siguientes inconvenientes:

- Sistema con equipamiento de más de 15 años de explotación y considerado actualmente técnica obsoleta.
- No existen repuestos, tanto de unidades de las radio estaciones (RSN y RST), ni de las unidades de Abonados.
- Problemas críticos en la reparación de las unidades averiadas, muchas de ellas ya consideradas por el proveedor como irreparables.
- Deterioro del servicio y baja calidad del servicio por la degradación de algunas componentes del sistema.



- Los terminales de usuarios no tienen respaldo energético (no tienen UPS), ante una falla de la energía los clientes se quedan automáticamente sin servicio.
- No hay posibilidad de ampliación de los servicios con la red actual

Dado que en la actualidad esto constituye uno de los problemas más acuciantes y urgentes a resolver por la empresa ETECSA, producto del deterioro, la afectación e insuficiencia de servicio telefónicos y de datos que se brinda en los asentamientos poblacionales, por la obsolescencia de la tecnología instalada (WLL), se plantea como problema científico:

*¿Cómo solucionar la afectación de los servicios de comunicaciones actuales en las zonas rurales y diversificar los mismos?*

Por lo tanto el objeto de investigación de este trabajo son las redes inalámbricas móviles y el objetivo general es proponer la tecnología de acceso inalámbrica LTE como solución para sustituir los sistemas WLL, y soporte de los servicios actuales y nuevos servicios de datos de banda ancha, en zonas rurales, para lo cual se trazan como objetivos específicos los siguientes:

1. Describir la evolución y tendencias actuales de las redes de acceso inalámbricas en las zonas rurales.
2. Caracterizar la tecnología LTE como solución para brindar servicios fijo - móvil en un escenario rural.
3. Diseñar la solución en el escenario rural seleccionado.
4. Validar la factibilidad de despliegue en escenarios rurales de la solución LTE a través de una prueba piloto.

La tecnología LTE (Long Time Evolución, Evolución a Largo plazo) fue liberada en diciembre del 2008 con versión 8 (R8), con la cual se comercializaron los primeros equipos. A partir de la versión 10 (R10) se clasifican dentro de la cuarta generación (4G) de las redes móviles y su lanzamiento estuvo motivado por:

- Necesidad de garantizar la continuidad de la competitividad del sistema 3G para el futuro.
- La demanda de los usuarios por mayores tasas de datos y calidad de servicio.
- Sistema optimizado de conmutación de paquetes.
- Demanda continua de reducción de costos (CAPEX y OPEX).
- Baja complejidad.





Haciendo un breve análisis de la evolución de las generaciones de las tecnologías inalámbricas móviles, GSM fue desarrollado para transportar servicios en tiempo real, por conmutación de circuitos, con servicios de datos sólo posibles a través de una conexión de módem de circuito conmutado, con tasas de datos muy bajas. El primer paso hacia una solución con conmutación de paquetes basada en IP fue con la evolución de GSM a GPRS, utilizando la misma interfaz aérea y método de acceso, TDMA (Time Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División en el Tiempo). Posteriormente para alcanzar mayores velocidades de datos surge UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) y se desarrolló una nueva tecnología de acceso WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha). La red de acceso en UMTS emula una conexión conmutada de circuito para servicios en tiempo real y una conexión conmutada por paquetes para servicios de datos. La dirección IP se asigna al UE (User Equipment, Equipo de Usuario) cuando se establece un servicio de datos y se libera cuando se libera el servicio. Por lo tanto, los servicios de datos entrantes dependen del núcleo conmutado de circuitos para el paging.

Con el desarrollo del estándar del 3GPP surge la tecnología LTE dirigida a la evolución de las redes de radio, y la evolución de la arquitectura del sistema (SAE) se dirige a la evolución de la red de núcleo de paquetes. LTE y SAE se especifican en un dominio conmutado por paquetes (PS). y el resultado es la E-UTRAN y el Evolved Packet Core (EPC), y ambos conforman el EPS (Evolved Packet System, Sistema Evolucionado de Paquete).

El EPS es puramente basado en IP (Internet Protocol), y los servicios en tiempo real y los servicios de datos son transportados por el protocolo IP. La dirección IP se asigna cuando el móvil se enciende y se libera cuando está apagado [11].



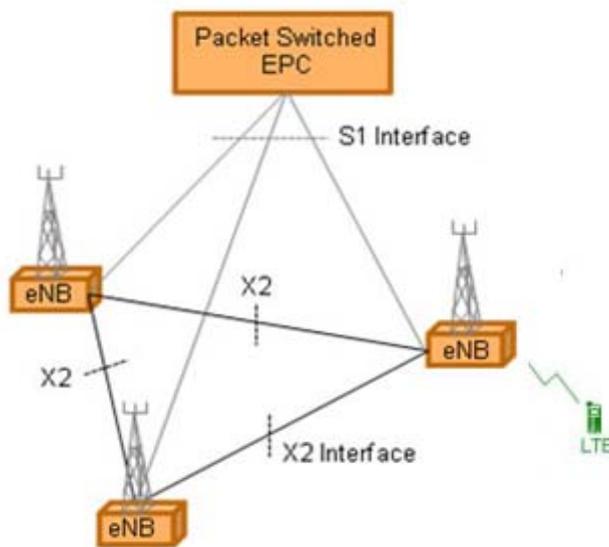


Fig. 1 Red EPS

La nueva solución de acceso LTE, se basa en OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales) en combinación con modulación de orden superior (hasta 64QAM), y se pueden lograr grandes anchos de banda hasta 20 MHz, y multiplexación espacial en el enlace descendente (downlink) hasta 4x4, y permite obtener altas velocidades de datos. La velocidad de datos pico máxima teórica es 75 Mbps en el enlace ascendente, y en el enlace descendente, usando la multiplexación espacial, puede alcanzar 300 Mbps.

La red de acceso LTE es una red de estaciones base, que evolucionó NodeB (eNB), generando una arquitectura plana. No hay un controlador inteligente centralizado, y los eNBs están normalmente interconectados a través de la interfaz X2 y hacia la red central por la interfaz S1 (Fig. 1). La razón para distribuir la inteligencia entre las estaciones base en LTE es acelerar la configuración de la conexión y reducir el tiempo requerido para un traspaso. Para un usuario final, el tiempo de configuración de la conexión para una sesión de datos en tiempo real es en muchos casos crucial, especialmente en los juegos en línea. El tiempo para un traspaso es esencial para los servicios en tiempo real donde los usuarios finales tienden a terminar las llamadas si el traspaso toma demasiado tiempo.

Para permitir el despliegue mundial, LTE se desarrolla para varias bandas de frecuencias, bandas de operación E-UTRA, que actualmente van desde 700 MHz hasta 2.7GHz. Los anchos de banda disponibles también son flexibles a partir de 1.4 MHz hasta 20 MHz. LTE se desarrolla para soportar tanto la tecnología de división por tiempo (TDD) como



la división por frecuencia (FDD). En la versión 8 (R8) hay 15 bandas especificadas para FDD y ocho bandas para TTD. En la versión 9 (R9) se añadieron cuatro bandas para FDD, además de los servicios de multidifusión de difusión multimedia (MBMS) y Home eNB (HeNB). MBMS se utiliza para proporcionar información de difusión a todos los usuarios, por ejemplo, publicidad y multicast a un grupo cerrado que se suscribe a un servicio específico, por ejemplo Streaming de TV. Los HeNBs se introducen principalmente para proporcionar cobertura en interiores, hogares u oficinas. El HeNB es un eNB de baja potencia que se utilizará en celdas pequeñas (femto celdas). Normalmente será propiedad del cliente, desplegado sin planificación de red y conectado a los operadores EPC (Evolved Packet Core).

Actualmente el 3GPP trabaja en las versiones Rel 13 y Rel.14 que aportan optimizaciones técnicas adicionales innovadoras para la evolución de LTE. Las versiones Rel-14 y Rel-15 representan la primera fase del trabajo del 3GPP hacia las normas para la 5G.

Las principales características que han impulsado el desarrollo de la tecnología LTE son:

- Ancho de banda escalable.
- Mejora de la eficiencia espectral.
- Toda la red IP.
- Una interfaz basada en estándares que puede soportar una multitud de tipos de usuarios.
- Mayor velocidad de datos con latencia reducida.
- Mejora de la capacidad y cobertura del sistema.
- Costo reducido para el operador.

Una de los principales desafíos que hoy enfrenta el despliegue de redes LTE de alta velocidad, es la ocupación del espectro radioeléctrico fundamental para el sector móvil, siendo la banda de 700MHz la más propicia para acelerar la adopción de servicios de banda ancha móvil, que surge del denominado dividendo digital que se define como el segmento superior de la banda UHF, comprendida entre los 698 MHz y 806 MHz en el caso de las Américas, y que en América Latina esta porción de espectro es utilizada mayormente para transmisiones de canales de televisión de aire

La banda de 700 MHz por su gran capacidad para la propagación de señales, la vuelve atractiva para ampliar la cobertura de servicios de banda ancha inalámbrica en zonas con



baja densidad de población y difícil acceso como las zonas rurales con un despliegue de red más económico y veloz [12]

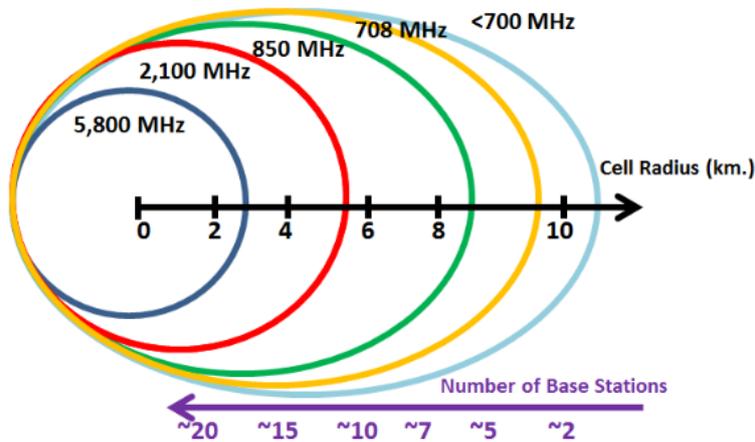
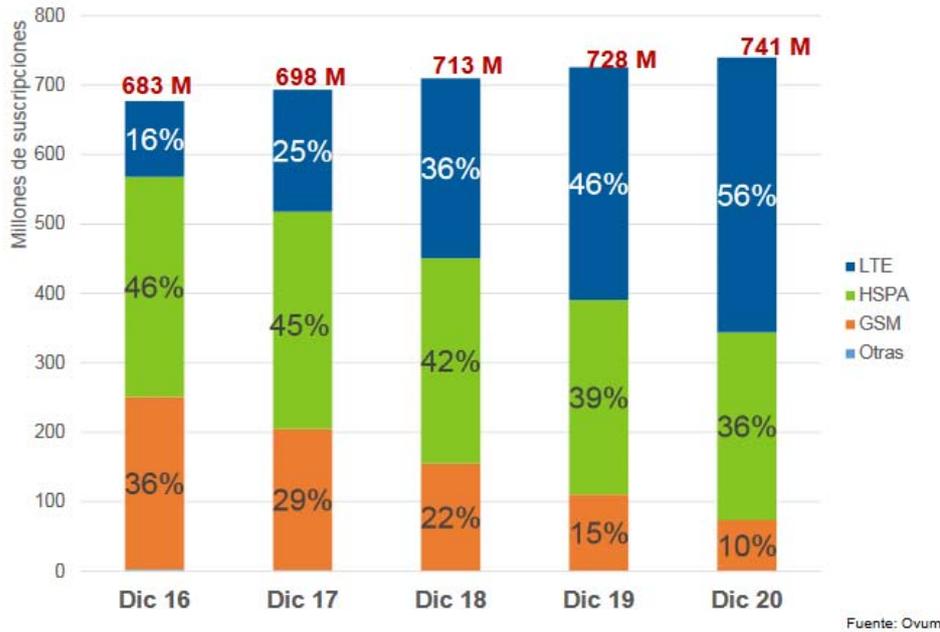


Fig. 2 Ventajas de la utilización de la banda de 700MHz

La introducción y despliegue de soluciones de acceso inalámbrico móvil LTE en la red de ETECSA se propone realizarlo en las bandas de frecuencias 3 (1800 MHz) y 28 (700MHz), FDD LTE. Esta última preferentemente en las zonas rurales, al posibilitar alcanzar una mayor cobertura y capacidad de la red.

LTE hoy es una tecnología madura con estándares establecidos, que actualmente está teniendo un acelerado despliegue y crecimiento en la región de América. Al cierre de 2016, las conexiones a LTE a nivel mundial alcanzaban los 1,9 mil millones y superaban los 2 mil millones a febrero de 2017. La región América del Norte alcanzó casi 300 millones de suscripciones LTE al término de 2016, exhibiendo algunas de las tasas de penetración más elevadas, la cobertura más extensa y la mayor participación de mercado para LTE en el mundo.

Mundialmente, se proyecta que LTE continuará su ímpetu alcanzando los 3 mil millones de conexiones en 2018, 4 mil millones en 2020 (Ovum) y 5 mil millones en 2022 (5G Americas) [13].



Fi.3 Redes móviles en América Latina

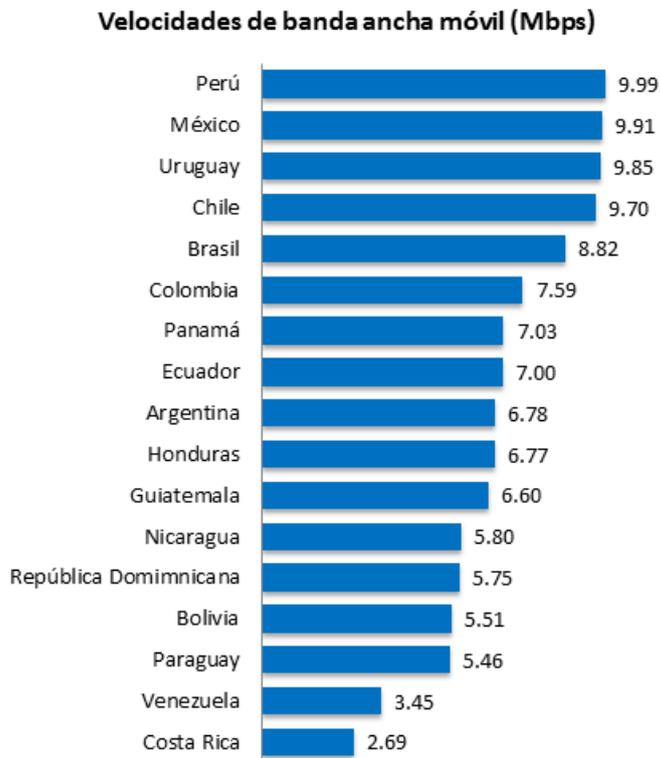


Figura 2. Fuente: elaborada con datos de OpenSignal *Global State of Mobile Networks* (febrero de 2017).



## 2. Metodología

Para la realización del proyecto de investigación se emplearon como métodos y técnicas las siguientes:

1. Dentro de los métodos teóricos, se utilizaron el histórico-lógico para el estudio del desarrollo, funcionamiento y evolución de las redes inalámbricas; y el inductivo – deductivo.
2. Entre los métodos empíricos se seleccionaron el análisis de documentación, la encuesta, la medición y la experimentación y comprobación a través de la realización de la prueba de campo.
3. Se emplea también los métodos estadístico-matemáticos, en el análisis de los resultados de las encuestas realizadas, para evaluar la experiencia de los usuarios en cuanto al servicio.

## 4. Conclusiones

- El estudio del desarrollo y evolución de las redes móviles inalámbricas muestra la viabilidad de la solución de acceso inalámbrico móvil LTE FDD, en la banda de 700MHz, para el entorno rural, dada las características de la tecnología, lo cual está en consonancia con la tendencia mundial y la que se está llevando a cabo en América Latina.
- Representa un impacto social y económico, al contribuir al mejoramiento de las zonas rurales con la sostenibilidad, mejoramiento, incremento y diversificación de los servicios.
- Posibilita contar con una infraestructura de red sostenible, preparada para brindar servicios de banda ancha.
- Contribuye a la disminución de la obsolescencia tecnológica de la red
- Contribuye a la disminución de los costos por concepto de operación y mantenimiento (OPEX).



## 5. Referencias bibliográficas

- [1] UIT-D COMISIÓN DE ESTUDIO 2, «CUESTIÓN 10-2/2: Telecomunicaciones para las zonas rurales y distantes». .
- [2] Comisión de Estudio 2 del UIT-D, «UIT CUESTIÓN 10-3/2: Telecomunicaciones/TIC para zonas rurales y distantes». Disponible en: <https://www.google.com/search?q=google.es&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b#q=+UIT++zona+rural+>.
- [3] «ArticuloTelecomunicacionesRuralesver1.0.pdf». .
- [4] «Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) - Sistemas de acceso inalámbrico (WAS), incluyendo la banda ancha». [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/net/ITU-R/index.asp?category=study-groups&rlink=rwp8a-was&lang=es>. [Accedido: 21-jun-2017].
- [5] «Evolución de las redes inalámbricas». [En línea]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/evolucion-de-las-redes-inalambricas/>. [Accedido: 18-feb-2017].
- [6] «Telecomunicaciones Rurales». .
- [7] «RECOMENDACIÓN UIT-R F.1399-1\*, \*\* - Terminología del acceso inalámbrico - R-REC-F.1399-1-200105-I!!PDF-S.pdf». .
- [8] «Trabajo de Diploma Sistemas Inalámbricos Fijos - Juan Leonel Hernández Cárdenas.pdf». .
- [9] Maribel Escalante y José Gregorio Vivas, «Posgrado: Redes y Telecomunicaciones. Trabajo Investigativo sobre Wireless Local Loop (WLL)». [En línea]. Disponible en: <http://www.oocities.org/es/mari0411ve/WLL.htm>. [Accedido: 18-feb-2017].
- [10] «Revista de Telecomunicaciones de Alcatel. vol71\_1998\_02.pdf». .
- [11] Magdalena Nohrborg, «LTE 3GPP The Mobile Broadband Standard». [En línea]. Disponible en: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.





- [12] 4G Americas, «Adjudicacin\_de\_Espectro\_Radioelctrico\_en\_700\_MHz\_en\_Amrica\_Latina\_Agosto2015.pdf». Agosto-2015.
- [13] 5G Americas, «Las conexiones LTE globales se acercan a 2 mil millones al cierre de 2016», mar-201. Disponible en: <http://www.5gamericas.org/es/newsroom/press-releases/las-conexiones-lte-globales-se-acercan-2-mil-millones-al-cierre-de-2016/>.

