

## Arquitectura general del sistema LTE

*Carlos Alberto Serra Jimenez<sup>1</sup>, Francisco Reinerio Marante Rizo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Centro de Gestión de la Red Panorama, División de Servicios Internacionales, ETECSA. Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica [carlos.serra@etecsca.cu](mailto:carlos.serra@etecsca.cu)*

<sup>2</sup>*Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Doctor en Ciencias. Profesor titular [marante@electrica.cujae.edu.cu](mailto:marante@electrica.cujae.edu.cu)*

### RESUMEN

En el siguiente artículo se describe, en apretada síntesis, la arquitectura de una red de comunicaciones móviles basada en las especificaciones del sistema LTE (*Long Evolution Term*). Para ello, a partir de un análisis inicial de la arquitectura genérica adoptada en los sistemas celulares 2G/3G actuales, se identifican los elementos fundamentales que componen la arquitectura de red de toda la familia de sistemas especificada por 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). Esta identificación permite enmarcar de manera clara y precisa cuáles son, y a qué criterios básicos de diseño obedecen, los nuevos componentes introducidos por el sistema LTE respecto a las redes GSM (*Global System for Mobile Communications*) y UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

**Palabras Claves:** E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*), eNB (*Evolved Node B*), LTE, UMTS, 3GPP

### Overall system architecture LTE

#### ABSTRACT

This article describes, in tight synthesis, the mobile architecture of a communications network based in the specifications of the system LTE (*Long Evolution Term*). For it, from an initial analysis of the generic architecture embraced at present at the cell systems 2G/3G, they identify the fundamental elements that fix the network architecture of the whole family of systems specified by 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). This identification allows delimiting of obvious and precise way, which ones are, and what basic criteria of design they obey, the new components introduced by the system LTE in relation to the nets GSM (*Global System for Mobile Communications*) and UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

**Key Words:** E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*), eNB (*Evolved Node B*), LTE, UMTS, 3GPP

## INTRODUCCIÓN

El término LTE se planteó inicialmente en 3GPP para denominar una línea de trabajo interna cuyo objeto de estudio era la evolución de la red de acceso de UMTS, denominada como UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network). Formalmente, la nueva red de acceso recibe el nombre de E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) aunque muchas veces se utiliza también el término LTE en las especificaciones como sinónimo de E-UTRAN. Asimismo, en lo concerniente a la red troncal, 3GPP utilizó el término SAE (System Architecture Evolution) para referirse a las actividades de estudio relacionadas con la especificación de una red troncal evolucionada de conmutación de paquetes. Formalmente, dicha red troncal se denomina EPC (Evolved Packet Core) y de la misma forma que pasa con la red de acceso, es común encontrar el término de SAE como sinónimo de EPC. La combinación de la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC es lo que constituye la nueva red UMTS evolucionada y recibe el nombre formal de EPS (Evolved Packet System). La primera especificación del sistema EPS ha sido incluida en las especificaciones del 3GPP [1].

### Arquitectura general de los sistemas 3GPP

Las arquitecturas de red contempladas en la familia de sistemas especificados por 3GPP [2] se adaptan a la arquitectura genérica de los sistemas celulares. Tal como se muestra en la figura 1, los sistemas 3GPP abarcan la especificación del equipo de usuario y de una infraestructura de red que se divide de forma lógica en una infraestructura de red troncal (Core Network, CN) y una de red de acceso (Access Network, AN).

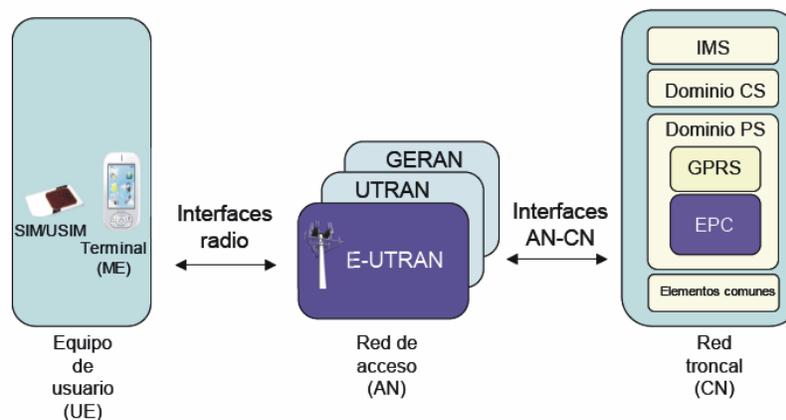


Figura 1. Arquitectura de alto nivel de los sistemas 3GPP (GSM, UMTS y LTE)

El equipo de usuario en 3GPP se compone de dos elementos básicos: el propio dispositivo móvil o terminal (denominado como Mobile Equipment, ME, en las especificaciones) y una tarjeta UICC (Universal Integrated Circuit Card). La tarjeta UICC, también denominada SIM (Subscriber Identity Module) en sistemas GSM y USIM (Universal SIM) en UMTS y LTE, es la encargada de almacenar la información y sustentar los procedimientos que tienen que ver con la suscripción del usuario a los servicios proporcionados por la red. Mediante esta separación entre terminal y tarjeta se permite que un usuario, identificado a través de la SIM/USIM, pueda utilizar diferentes terminales para acceder a la red.

Respecto a la red de acceso, 3GPP ha especificado tres tipos de redes de acceso diferentes: GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network), UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y E-UTRAN (Evolved UTRAN). Las redes de acceso GERAN y UTRAN forman parte del sistema 3G UMTS mientras que E-UTRAN es la nueva red de acceso del sistema LTE. Cada red de acceso define su propia interfaz radio para la comunicación con los equipos de usuario: GERAN, también denominada de forma habitual simplemente como GSM, utiliza un acceso basado en TDMA (Time Division Multiple Access), la tecnología utilizada en UTRAN es WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y, E-UTRAN ha apostado por la tecnología OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access). Asimismo, la interconexión de las redes de acceso a la red troncal se realiza mediante interfaces AN-CN específicas a cada una de ellas [2].

Respecto a la red troncal, ésta se divide de forma lógica en un dominio de circuitos (Circuit Switched, CS, Domain), un dominio de paquetes (Packet Switched, PS, Domain) y el subsistema IP Multimedia (IP Multimedia Subsystem, IMS).

El dominio CS alberga a todas las entidades de la red troncal que participan en la provisión de servicios de telecomunicaciones basados en conmutación de circuitos, es decir, servicios a los que se les asignan recursos de forma dedicada en el momento de establecimiento de la conexión, manteniéndose éstos hasta la finalización del servicio (servicios de voz y videoconferencia en redes UMTS). El dominio de circuitos de la red troncal es accesible a través de las redes de acceso UTRAN y GERAN. En cambio, el diseño de E-UTRAN no contempla el acceso al dominio CS ya que todos los servicios se proporcionan a través del dominio PS.

El dominio PS incluye a las entidades de la red troncal que proporcionan servicios de telecomunicaciones basados en conmutación de paquetes donde la información de usuario se estructura en paquetes de datos que se encaminan y transmiten por los diferentes elementos y enlaces de la red. En particular, el dominio PS proporciona un servicio de conectividad a redes de paquetes. Existen dos implementaciones diferentes del dominio PS: GPRS (General Packet Radio Service) y EPC. GPRS es la implementación del dominio PS que se desarrolló inicialmente en el contexto de redes GSM y que actualmente también forma parte del sistema UMTS. Los servicios de conectividad por paquetes de GPRS son accesibles tanto a través de UTRAN como de GERAN.

Por otro lado, EPC es la nueva especificación del dominio PS desarrollada en el contexto del sistema LTE. EPC es una implementación evolucionada de GPRS que ha sido optimizada para proporcionar un servicio de conectividad IP a los equipos de usuario a través de E-UTRAN. El dominio EPC también ha sido concebido para soportar el acceso al servicio de conectividad IP desde las otras redes de acceso 3GPP (UTRAN y GERAN) así como desde redes no 3GPP (redes CDMA2000 (Code Division Multiple Access), Mobile WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), etc.).

En la red troncal existen también elementos que soportan funciones asociadas a los diferentes dominios. Un ejemplo claro es la base de datos que contiene la información de los usuarios del sistema (HSS, Home Subscriber Server) y sobre la que se sustenta la operación de los dominios CS y PS, así como del subsistema IMS (IP Multimedia Subsystem) comentado a continuación. También como parte de la red troncal, el subsistema IMS comprende los elementos de ésta relacionados con la provisión de servicios IP (Internet Protocol) multimedia basados en el protocolo SIP (Session Initiation Protocol) de IETF (Internet Engineering Task Force [3]). El subsistema IMS es responsable de la señalización asociada a los servicios multimedia y utiliza como mecanismo de transporte los servicios de transferencia de

datos proporcionados por el dominio PS (el equipo de usuario y los equipos del subsistema IMS o redes externas se comunican entre sí a través del servicio de conectividad IP ofrecido por el dominio PS). En este sentido, el subsistema IMS constituye el plano de control de dichos servicios quedando claramente separadas las funciones asociadas al transporte de la información (funciones asociadas al dominio PS) y las funciones propias de la capa de control de los servicios. Esta separación entre las funciones de transporte y las de control de los servicios adoptada en LTE está en consonancia con los trabajos desarrollados en otros organismos de estandarización como ETSI (European Telecommunications Standard Institute), TISPAN [2] (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks) e ITU-T (Telecommunication Standardization Sector) NGN-GSI[4] (Global Standard Initiative) respecto a la especificación de las arquitecturas de los futuros sistemas de telecomunicación basados íntegramente en redes de conmutación de paquetes y que responden a la denominación de NGN (Next Generation Networks)

La arquitectura completa de la familia de estándares 3GPP se proporciona en la especificación TS 3GPP 23.002.

### **Especificaciones de LTE**

Si bien en el mundo han subsistido hasta ahora las tecnologías 3G (3rd generation) gestionadas por los dos grupos, 3GPP y 3GPP2, se observa que con la entrada a la 4G (fourth generation), aunque existen las dos tecnologías respectivas, LTE y UMB (Ultra Mobile Broadband), la primera está liderando las expectativas del mercado, por lo que se supone que la UMB no verá finalmente el servicio comercial.

LTE es una tecnología definida como un nuevo concepto de arquitectura evolutiva hacia la 4G, como la actualización de la precedente tecnología UMTS. LTE no es un estándar definido, se entiende como una nueva tecnología capaz de integrar lo mejor de GSM, GPRS, UMTS y HSPA (High-Speed Packet Access), incluso con una mejora de rendimiento, dado el empleo de tributos antes no usados. Presenta dentro de sus principales premisas proveer una alta tasa de tráfico y baja latencia. La interfaz y la arquitectura de radio del sistema LTE completamente nueva, propone la prestación de servicios mediante la técnica de conmutación de paquetes IP, soportando además la movilidad de los mismos [5]. La arquitectura está conformada por un CN y la E-UTRAN

El sistema presenta flexibilidad ante el uso del espectro, dado sus dos posibles sistemas de transmisión de doble cara, FDD y TDD, posee tecnologías de acceso de radio OFDMA para el DL (Downlink) y SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para el UL (Up link) y una tecnología de aprovechamiento de la diversidad espacial MIMO (Multiple Input Multiple Output) [6]. LTE trabaja en un rango de bandas de frecuencias que comprenden entre los 800 MHz y 3.5 GHz. Posee también diferentes anchos de bandas, regulados en los 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz. El radio de la célula LTE alcanza los 5 Km y puede contener más de 200 usuarios para 5 MHz de ancho de banda y más de 400 para 20 MHz de ancho de banda. [7].

### **Arquitectura del sistema LTE**

Atendiendo a la arquitectura general de los sistemas 3GPP, en la figura 2 se muestra de forma simplificada la arquitectura completa del sistema LTE, denominado formalmente en las especificaciones como EPS. Los componentes fundamentales del sistema LTE son, por un lado, la nueva red de acceso E-UTRAN y el nuevo dominio de paquetes EPC de la red troncal y por otro, la evolución del subsistema IMS

concebido inicialmente en el contexto de los sistemas UMTS. Los diferentes componentes han sido diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicaciones mediante mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no resulta necesario disponer de un componente adicional para la provisión de servicios en modo circuito (en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes). En este sentido, EPC constituye una versión evolucionada del sistema GPRS.

La red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC proporcionan de forma conjunta servicios de transferencia de paquetes IP entre los equipos de usuario y redes de paquetes externas tales como plataformas IMS u otras redes de telecomunicaciones como Internet. Las prestaciones de calidad de servicio (tasa de datos en bits/s, comportamientos en términos de retardos y pérdidas) de un servicio de transferencia de paquetes IP puede configurarse sobre la base de las necesidades de los servicios finales que lo utilicen, cuyo establecimiento (señalización) se

lleva a cabo a través de plataformas de servicios externas (IMS) y de forma transparente a la red troncal EPC. Formalmente, el servicio de transferencia de paquetes IP ofrecido por la red LTE entre el equipo de usuario y una red externa se denomina servicio portador EPS (EPS Bearer Service). Asimismo, la parte del servicio de transferencia de paquetes que proporciona la red de acceso E-UTRAN se denomina E-RAB (E-UTRAN Radio Access Bearer).

En la figura 2 se muestran las principales interfaces de E-UTRAN y EPC. La interfaz entre E-UTRAN y EPC se denomina S1 y proporciona a la EPC los mecanismos necesarios para gestionar el acceso de los terminales móviles a través de E-UTRAN. La interfaz radio entre los equipos de usuario y E-UTRAN se denomina E-UTRAN U. Por otro lado, las plataformas de servicios como IMS y la conexión a redes de paquetes externas IP se llevan a cabo mediante la interfaz SGi de la EPC. La interfaz SGi es análoga a la interfaz Gi definida en las redes GPRS/UMTS y constituye el punto de entrada/salida al servicio de conectividad IP proporcionado por la red LTE (los terminales conectados a la red LTE son visibles a las redes externas a través de esta interfaz mediante su dirección IP). Los mecanismos de control de los servicios de transporte ofrecidos por EPC se sustentan en información proporcionada por otros elementos de la red troncal que no son exclusivos del sistema LTE sino que pueden dar soporte también a otros dominios de los sistemas 3GPP. En la figura 2 se muestran algunos de estos elementos comunes entre los que, a modo de ejemplo, se encuentra la base de datos del sistema con la información de suscripción de sus usuarios.

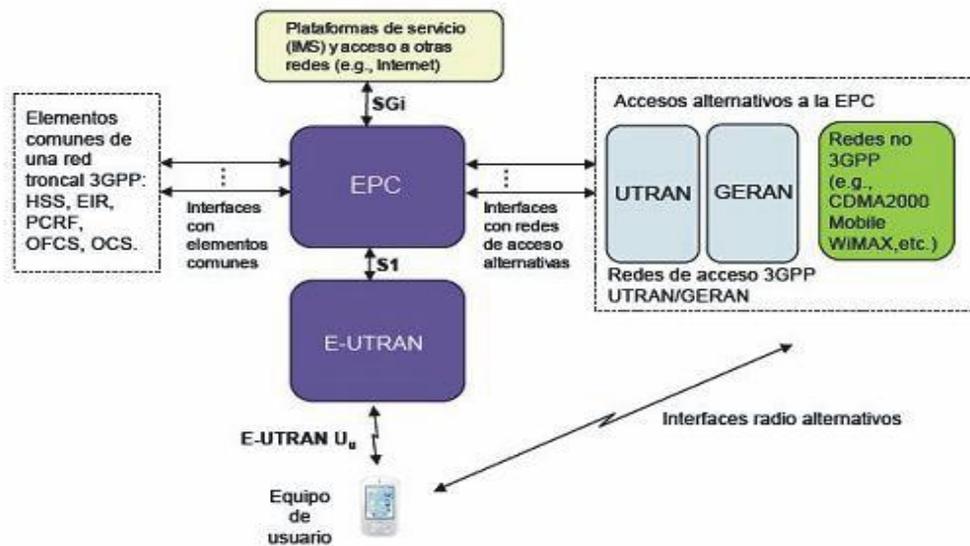


Figura 2. Arquitectura de los sistemas LTE

Otra característica fundamental del sistema LTE es que contempla también el acceso a sus servicios a través de UTRAN y GERAN así como mediante la utilización de otras redes de acceso que no pertenecen a la familia 3GPP (CDMA2000, Mobile WiMAX, redes 802.11, etc.). La interconexión de las redes de acceso alternativas se soporta a través de un conjunto de interfaces de la EPC.

Finalmente, aunque no está reflejado en la figura 2, es importante destacar que la interconexión de los diferentes equipos físicos donde se ubicarían las funciones tanto de la red troncal EPC como de la red de acceso E-UTRAN, se realiza mediante tecnologías de red basadas en IP. De esta forma, la red física que se utiliza para interconectar los diferentes equipos de una red LTE, y que se denomina comúnmente como red de transporte, es una red IP convencional. Por tanto, la infraestructura de una red LTE, además de los equipos propios que implementan las funciones del estándar 3GPP, también integra otros elementos de red propios de las redes IP tales como routers, servidores DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) para la configuración automática de las direcciones IP de los equipos de la red LTE y servidores DNS (Domain Name Server) para asociar los nombres de los equipos con sus direcciones IP.

### Red de acceso evolucionada (E-UTRAN)

La arquitectura de la red de acceso se compone de una única entidad de red denominada evolved Node B (eNB) que constituye la estación base de E-UTRAN. Por tanto, la estación base E-UTRAN integra toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de las redes de acceso de GSM y UMTS compuestas por estaciones base y equipos controladores [8,9].

Como se muestra en la figura 3, una red de acceso E-UTRAN está formada por eNBs que los proporcionan la conectividad entre los equipos de usuario y la red troncal EPC. Un eNB se comunica con el resto de elementos del sistema mediante tres interfaces: E-UTRAN Uu , S1 y X2.

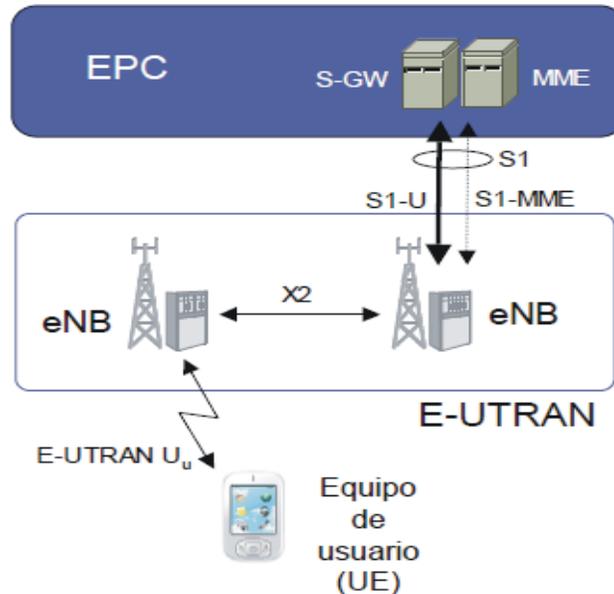


Figura 3. Red de acceso E-UTRAN

La interfaz E-UTRAN Uu, también denominada LTE Uu o simplemente interfaz radio LTE, permite la transferencia de información por el canal radio entre el eNB y los equipos de usuario. Todas las funciones y protocolos necesarios para realizar el envío de datos y controlar la operación de la interfaz E-UTRAN Uu se implementan en el eNB.

El eNB se conecta a la red troncal EPC a través de la interfaz S1. Dicha interfaz está desdoblada en realidad en dos interfaces diferentes: S1-MME para sustentar el plano de control y S1-U como soporte del plano de usuario.

Así pues, el plano de usuario de una interfaz se refiere a la torre de protocolos empleada para el envío de tráfico de usuario a través de dicha interfaz (paquetes IP del usuario que se envían entre E-UTRAN y EPC a través de S1-U). Por otro lado, el plano de control se refiere a la torre de protocolos necesaria para sustentar las funciones y procedimientos necesarios para gestionar la operación de dicha interfaz o de la entidad correspondiente. Esta separación entre plano de control y plano de usuario en la interfaz S1 permite realizar la conexión del eNB con dos nodos diferentes de la red troncal. Así, mediante la interfaz S1-MME, el eNB se comunica con una entidad de red de la EPC encargada únicamente de sustentar las funciones relacionadas con el plano de control (dicha entidad de red de la red troncal EPC se denomina MME (Mobility Management Entity)). Por otra parte, mediante la interfaz S1-U, el eNB se comunica con otra entidad de red encargada de procesar el plano de usuario (dicha entidad de red de la EPC se denomina S-GW (Serving Gateway)). Esta separación entre entidades de red dedicadas a sustentar el plano de control o bien el plano de usuario es una característica importante de la red LTE que permite dimensionar de forma independiente los recursos de transmisión necesarios para el soporte de la señalización del sistema y para el envío del tráfico de los usuarios.

Opcionalmente, los eNBs pueden conectarse entre si mediante la interfaz X2. A través de esta interfaz, los eNB se intercambian tanto mensajes de señalización destinados a permitir una gestión más eficiente del uso de los recursos radio (información para reducir interferencias entre eNBs) así como tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNB a otro durante un proceso de handover .[1]

#### Evolved NodeB (eNB)

Como se ha comentado anteriormente, en la descripción general de la arquitectura de E-UTRAN, el eNB integra todas las funciones de la red de acceso. Por ello, en el eNB terminan todos los protocolos específicos de la interfaz radio. Mediante dichos protocolos, el eNB realiza la transmisión de los paquetes IP hacia y desde los equipos de usuario junto con los mensajes de señalización necesarios para controlar la operación de la interfaz radio. El servicio de transferencia de paquetes IP entre un eNB y un equipo de usuario se denomina formalmente como servicio portador radio RB (Radio Bearer). El eNB mantiene un contexto de cada uno de los equipos de usuario que tiene (información sobre el estado del equipo de usuario, servicios portadores activos, información de seguridad, capacidades del terminal, etc.).

Sin duda, la funcionalidad clave de un eNB consiste en la gestión de los recursos radio. Así, el eNB alberga funciones de control de admisión de los servicios portadores radio, control de movilidad (Por ejemplo, decisión de realizar un handover), asignación dinámica de los recursos radio tanto en el enlace ascendente como descendente (denominadas funciones de scheduling), control de interferencias entre estaciones base, control de la realización y del envío de medidas desde los equipos de usuario que puedan ser útiles en la gestión de recursos, etcétera.

Otra función importante introducida en la funcionalidad de un eNB es la selección dinámica de la entidad MME de la red troncal EPC cuando un terminal se registra en la red LTE. Esta función otorga un grado de flexibilidad muy importante en la operatividad de la red. En E-UTRAN, a diferencia de arquitecturas más jerarquizadas como GERAN o las primeras versiones de UTRAN, un eNB puede estar conectado simultáneamente a múltiples MMEs de la red troncal. El conjunto de MMEs a los que tiene acceso un NB se denomina su pool área. Así, mediante la selección de qué entidad MME va a controlar el acceso de cada usuario, es posible balancear la carga de señalización entre diferentes MMEs así como aumentar la robustez del sistema frente a puntos de fallo críticos. Esta opción se soporta mediante lo que se denomina la interfaz S1 flexible.

Al igual que la posibilidad de interactuar con múltiples MMEs, un eNB puede enviar y recibir paquetes IP de los usuarios a los que sirve a través de diferentes pasarelas S-GW de la red troncal EPC. Ello conlleva que el eNB albergue funciones de encaminamiento del tráfico de los usuarios hacia la pasarela de red S-GW correspondiente. La elección de S-GW en este caso compete a la entidad MME y no al eNB.

Un eNB puede gestionar una o varias celdas. Un caso típico es el uso de sectorización de forma que, el eNB ubicado en un emplazamiento soporta tantas celdas como sectores. [1]

## **CONCLUSIONES**

Como se ha evidenciado en este artículo LTE es una tecnología que posee características superiores a las generaciones anteriores, que le permiten tener un desempeño insuperable en el acceso inalámbrico de banda ancha móvil. Su arquitectura está conformada básicamente por un Núcleo de Red (CN) y la red de acceso evolucionada (E-UTRAN). Como se ha discutido, en LTE evolucionó tanto la red de acceso radio como la red núcleo que es la encargada de las funciones no relacionadas con la interfaz radio, pero necesarias para proveer una red móvil de banda ancha completa. Esta red núcleo presenta una nueva arquitectura de red conocida como EPC Núcleo de Paquetes Evolucionado.

En el futuro, ya inmediato, LTE se está posicionando como la tecnología que llevará la delantera en la 4G, dada sus características de funcionamiento y sobre todo por ser altamente compatible con GSM, la mayor red desplegada alrededor del mundo.

## REFERENCIAS

1. COMES, RAMON AGUSTI: "LTE: Nuevas tendencias en comunicaciones móviles". Fundación Vodafone España, 2010 (Libro).
2. 3GPP 23.002, "Network architecture". Version 8.7.0 Release 8, 2011.
3. Especificaciones NGN de TISPAN disponibles en <http://www.etsi.org/tispan/> (Referencia en Internet), actualizado en 2008.
4. Next Generation Networks Global Standards Initiative (NGN-GSI), actualizado en 2010. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-T/ngn/introduction.html> (Referencia en Internet).
5. Long Term Evolution. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Long\\_Term\\_Evolution](http://es.wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution) (Referencia en Internet), actualizado en 2011.
6. LTE. Disponible en: <http://es.wikitel.info/wiki/LTE> (Referencia en Internet).
7. Bhandare, T. LTE and WIMAX Comparison. 2008
8. 3GPP 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2". Version 8.12.0 Release 8, 2010.
9. 3GPP 36.401, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Architecture description". Version 8.8.0 Release 8, 2010.