

La convivencia de la tecnología 4G con 3G y 2G en Ecuador

Luis Peñafiel Yanza / Franklin Chenche Villacís

Resumen

La comunicación es un proceso de vital importancia para el intercambio de información, por esta razón la telefonía celular se presenta como una herramienta que soporta este proceso de interacción. La tecnología en la telefonía móvil ha evolucionado de análoga a digital, creando los servicios de voz y datos. El presente trabajo se enfoca en el estudio de la nueva tecnología digital 4G de la telefonía móvil y su convivencia con las anteriores generaciones digitales 2G y 3G. Este documento de carácter investigativo tiene como finalidad analizar el impacto de la tecnología 4G en las operadoras y usuarios de Ecuador y la relación que esta tendrá con sus predecesoras 2G y 3G. Para lograrlo se estudiaron los procesos que ocurren para realizar la conexión de 4G con las demás tecnologías digitales, los cuales están basados en el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) que proporciona los estándares para las redes móviles. Como resultado final se obtuvo que una vez implementada la infraestructura por parte de las operadoras celulares, es decisión del dispositivo móvil en dependencia de los niveles de señal de su receptor y del servicio que desea activar escoger la tecnología digital en la que va a trabajar, asegurando los servicios de voz pero sacrificando la calidad en los servicios de datos.

Palabras clave:

Red de telecomunicaciones, cobertura, segunda generación, tercera generación, cuarta generación, IRAT, fallback, 3GPP.

Abstract

Communicating is a critically important process for the information exchange, for that reason cellular mobile telephony is a tool for supporting this interaction process. The mobile phone technology has evolved from being analogue to being digital, creating voice and data services. Presently work is focused on the study of 4G new digital technology of mobile telephony and its coexistence with previous 2G and 3G digital technology generations. This investigative document has the purpose of analyzing the 4G technology impact on Ecuadorian operators and users and its relationship with 2G and 3G previous technologies. In order to achieve this, the processes occurring to connect 4G technology with other digital technologies that are based on 3rd Generation Partnership Project (3GPP), which establishes the standard for mobile networks, were studied. As a result it was obtained that once infrastructure was deployed by cellular operators, a mobile phone decides with which technology it is going to work, depending on the signal levels from the receiver and the service it wants to activate, ensuring voice services but sacrificing data service quality.

Keywords:

Telecommunications network, coverage, second generation, third generation, fourth generation, IRAT, fallback, 3GPP.

Introducción

La comunicación es una necesidad que han tenido los seres humanos desde el inicio de su existencia y se realizaba de forma presencial, luego se diseñaron los primeros sistemas de telecomunicación que permitían crear mensajes de información con códigos sencillos mediante señales de humo o de luz.

Los sistemas de comunicación modernos tienen su origen con la invención del telégrafo y del teléfono en 1836 y 1876 respectivamente, teniendo como resultado la creación de los servicios de datos y de voz. Ambos inventos habían ofrecido sus servicios trabajado de forma individual hasta hace pocos años, en que la telefonía inalámbrica móvil integró en una misma red los servicios voz (telefonía) y datos (internet) (Casademont, 2010).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), la telefonía móvil para la población de Ecuador se ha convertido en el medio actual con mayor demanda para establecer la comunicación de voz entre las personas. En el 2013 se registró que el 86,4% de hogares posee al menos un teléfono celular y un 39,6% tiene un teléfono fijo, esto deja en evidencia el desplazamiento de la telefonía fija convencional como líder de la comunicación (2013). Por esta razón, la disponibilidad geográfica de servicio o cobertura celular. La convivencia de la tecnología 4G con 3G y 2G en Ecuador es importante para asegurar el establecimiento de una llamada de voz y permitir a los usuarios mantenerse comunicados ante cualquier circunstancia de emergencia. La cobertura telefónica móvil va a depender de la infraestructura celular instalada por parte de las operadoras telefónicas en la región o área del país que se necesite cubrir.

Las tecnologías de radio acceso digitales de segunda, tercera y cuarta generación que están implementadas en el país proporcionan los servicios de voz y datos que hacen posible la comunicación. Cada una de estas

tecnologías de generación móvil cuenta con un modelo de servicio que mejoró según las necesidades del cliente o también llamado "abonado celular".

La cuarta generación de la telefonía celular, una tecnología nueva en el país, solamente permite el uso de datos en los dispositivos móviles y se maneja como un servicio basado en protocolos de internet que le permite alcanzar velocidades que están aproximadamente 5 veces por encima de las anteriores generaciones (Entel). Sin embargo, los usuarios de telefonía móvil deben hacer uso del servicio de voz para la comunicación, el cual actualmente no maneja 4G, por esta razón debe producirse un cambio a una tecnología inferior que permita realizar el proceso para hacer una llamada celular. Para que 4G realice la comunicación con generaciones digitales pasadas existen dos procesos: traspaso e interconexión de tecnologías de radio acceso (IRAT) y traspaso fallback. Ambos procesos deben ser analizados para determinar las situaciones por las que estos ocurren y las repercusiones que tendrá la implementación de la tecnología para los usuarios y operadoras celulares.

Los objetivos de este estudio son: analizar las diferentes arquitecturas tecnológicas digitales que en la actualidad son: 2G, 3G y 4G de forma individual y determinar los procesos que realiza 4G para su interacción; con la finalidad de evaluar el impacto de 4G en las operadoras y usuarios de Ecuador y la relación que esta tendrá con 2G y 3G. Para el análisis de las arquitecturas celulares se pondrán en manifiesto los elementos que conforman la infraestructura móvil, es decir sus elementos o equipamiento que están en las diferentes generaciones celulares que se basan en el estándar 3GPP, que es el Proyecto de Asociación de Proveedores de Tercera Generación de la telefonía celular, los cuales trabajaron sobre el mismo. El siguiente paso será determinar las situaciones en las que se producen cambios durante la

utilización de la tecnología 4G según los bloques de información que recibe el dispositivo celular de la antena transmisora, es decir la instalada en la radio base. La evaluación del nuevo servicio tecnológico celular 4G se hará desde el punto de vista del usuario final, poniendo en manifiesto la situación de las operadoras celulares CLARO, MOVISTAR y CNT en la implementación de tecnologías digitales en el país.

Marco Referencial

Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP)

Según el sitio web 3GPP, *The Mobile Broadband Standard*, el Proyecto de Asociación de Tercera Generación; es decir los Proveedores que trabajan en el estándar 3GPP, junto con seis organizaciones de telecomunicaciones, como por ejemplo la ITU y la IEE proporcionan estándares para las tecnologías de redes móviles. Suministra las especificaciones completas de las tecnologías de radio acceso, la arquitectura de la red y las capacidades de servicio. Todas las determinaciones, definiciones, diseños, funcionamiento, protocolos, tecnologías de acceso futuras se crearon basadas en el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM).

Telefonía móvil

Las tecnologías de acceso inalámbrico móvil, es un servicio de comunicación donde los usuarios son individuales con movilidad; es decir cada usuario tiene un terminal o teléfono celular, al cual le llegarán los requerimientos de llamadas, sean de servicios de voz o datos y que contempla poder tener movilidad, a diferencia por ejemplo de una red de telefonía fija de servicio de voz, que por supuesto no goza de movilidad, ni es individual o personal para el usuario.

La telefonía móvil ha evolucionado de servicios sólo de voz y de bajas tasas de transferencia de datos, hasta lo que hoy es conocida en la actualidad como Servicio Móvil Avanzado, donde adicional al servicio

de voz, se tienen altas tasas de transferencia de datos hacia el usuario final.

Está conformada por dos grandes partes: la red de telecomunicaciones y los terminales móviles (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012).

Red de telecomunicaciones

Esta red consiste en estaciones transmisoras-receptoras conocidas como estaciones base y las centrales telefónicas que hacen posible la comunicación celular. Las estaciones base cuentan con los siguientes elementos: equipos transmisores y receptores de radio, y las antenas. Los primeros elementos realizan el enlace con el terminal del usuario para utilizar los servicios de la telefonía celular, mientras que las antenas se sitúan en lo más alto de la torre metálica para dar una mejor cobertura. Las centrales telefónicas permiten la comunicación entre los terminales móviles y los terminales fijos (Núñez, 2013).

Equipo de usuario o terminal móvil

Según el equipo de usuario o terminal móvil, (Kasera & Narang, 2008), señalan que es la herramienta electrónica que permite la convergencia de las personas con la tecnología, haciendo posible la utilización de las funcionalidades de la telefonía celular. El equipo de usuario permite la conexión de las personas con la red de acceso. El estándar 3GPP define que el equipo de usuario o terminal, está compuesto por dos elementos básicos para establecer la comunicación: el dispositivo móvil y la tarjeta universal de circuito integrado que contiene información del usuario. Debido a que la telefonía móvil evoluciona de forma exponencial, los dispositivos móviles también cambian e incluyen en ellos características para adaptarse a las mejoras de la telefonía.

Estos dispositivos denominados teléfonos móviles son adquiridos por los usuarios, los cuales generalmente vienen con las SIM Card denominadas también como la tarjeta

terminal de equipo integrado, cabe indicar que son dos elementos separados (UICC).

Tarjeta universal de circuito Integrado (UICC)

Esta tarjeta contiene toda la información del usuario y se utiliza para autenticar los procedimientos de suscripción del consumidor de servicios de telefonía en la red. En la segunda generación se conoce como Módulo de Identidad del Subscriptor (SIM) y para la tercera y cuarta generación como Universal SIM (USIM). La separación del terminal de la tarjeta de información, le permite al usuario autenticarse en la red utilizando un diferente dispositivo móvil. La UICC es obtenida a través de las operadoras celulares (Markantonakis & Mayes, 2008).

Operadoras celulares

Son las empresas que tienen licencia o autorización para la administración nacional de operar la red de telefonía móvil. La misión es proveer una infraestructura que mantenga los servicios móviles avanzados que incluye el manejo voz y datos (Subsecretaría de Telecomunicaciones del Gobierno de Chile). Las operadoras celulares llegaron al Ecuador en 1993 con las empresas CONECEL S.A. y OTECEL S.A. formando un duopolio, en la actualidad estas compañías son CLARO y MOVISTAR. El duopolio de servicio se dio hasta el año 2003 cuando se crea TELECSA que en el presente es CNT E.P. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012).

Área de Cobertura

Es el espacio geográfico que está previamente autorizado a través de un contrato de concesión para la prestación del servicio móvil avanzado. Los permisos son otorgados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para la prestación de servicios a nivel nacional y con conexión al exterior. Implica que los operadores implementan infraestructura celular, permite la creación de áreas de cobertura para que el abonado acceda a los servicios de la telefonía móvil.

Para alcanzar a cubrir mayor área geográfica se deben colocar varias torres con antenas que registran a los terminales móviles a lo que se denomina celda (Carpio & Navarrete, 2008).

Capacidad de transmisión

Representa la cantidad máxima de información que se puede transportar por unidad de tiempo. Para medir esta capacidad se usan los bits por segundo (bps) y sus múltiples velocidades en kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps) y también gigabits por segundo (Gbps) (Lázaro & Miralles, 2005).

Segunda generación (2G)

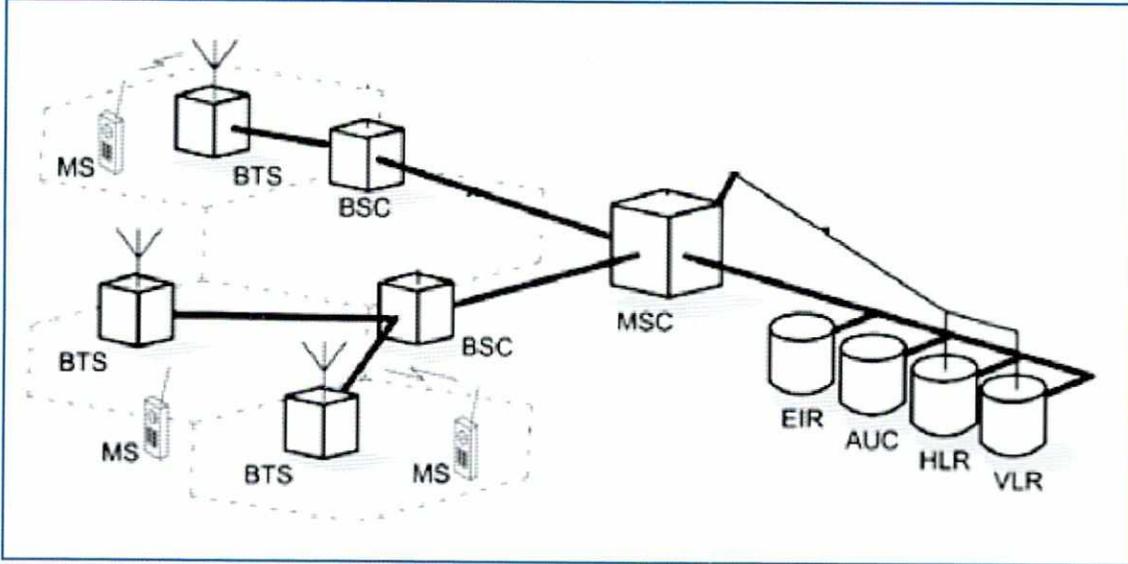
Simboliza el cambio de la tecnología analógica hacia la digital. Esta tecnología digital inalámbrica tuvo sus inicios en 1991 y fue estrenada bajo el nombre de Sistema Global para comunicaciones Móviles o GSM. La familia de tecnologías de segunda generación por estándar 3GPP está conformada por GSM, sistema de radio por paquetes (GPRS) y velocidades mejoradas para la evolución de GSM (EDGE).

El miembro más antiguo de la familia de 2G es GSM. La tecnología GPRS que permite a los usuarios GSM la presencia del servicio de datos, puede alcanzar velocidades de hasta 115Kbps. Para EDGE las velocidades mejoran llegando hasta 474 Kbps. Existen otras tecnologías como el acceso múltiple por división de código (CDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) que migraron a GSM para aprovechar sus características (4G Américas).

Arquitectura de la red 2G

Cada uno de los componentes de la red de segunda generación hace posible la comunicación y la utilización de datos móviles. En la figura 1 se muestra los elementos que forman la red 2G, tres terminales móviles están conectados a la red y haciendo uso de sus servicios.

Figura 1.
Arquitectura de una red GSM.



Fuente: GSM – Architecture, protocols and services. Bettstetter, Eberspächer, Hartmann & Vögel, 2009.

Estación móvil (MS)

Es el terminal móvil que utiliza el abonado, el MS (Mobile Subscriber) está compuesto por el dispositivo móvil y la tarjeta de circuito integrado para la segunda generación móvil, es módulo de identidad del suscriptor (SIM) (Bettstetter et al., 2009).

Estaciones Base (BTS) y Controladora de estaciones base (BSC)

Las BTS contienen los equipos de transmisión y recepción que son las antenas y amplificadores. Estos se encuentran en constante comunicación con los MS. El manejo de las estaciones base es realizado por la controladora de estaciones base (BSC), esta contiene las funciones de protocolos para la configuración de los canales del servicio de voz y manejo de los trasposos en caso de que se necesite cambiar de una celda a otra. La estación base, junto con su controladora forman una red que se denomina red de acceso (Bettstetter et al., 2009).

Red de Núcleo (CN)

Cuando hablamos del centro de conmutación móvil (MSC) se está entrando a la red de núcleo de 2G, la MSC está encar-

gada del enrutamiento de los usuarios mediante un conmutador, además tiene la función adicional de localizar el registro de un usuario que desea acceder a la red. La tecnología de segunda generación contiene cuatro bases de datos con información sobre el usuario que son: el registro de localización de visitantes (VLR), el registro de ubicación base (HLR), el centro de autenticación (AUC) y el registro de identidad de equipo (EIR). Las dos primeras tienen la información de la ubicación del usuario dentro de la red, las siguientes tienen funciones de seguridad para la autenticación y encriptación de los datos. En 2G, el centro de conmutación y las bases de información son el núcleo de la red GSM (Bettstetter et al., 2009).

Tercera Generación (3G)

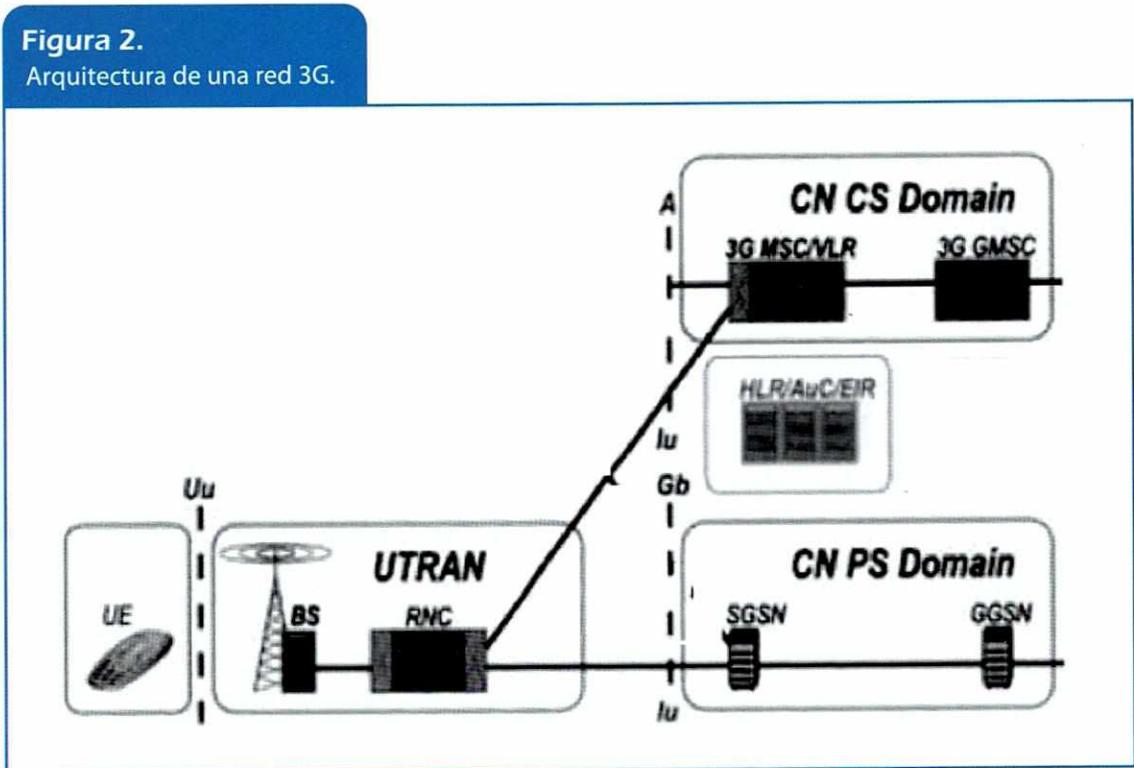
La red móvil de tercera generación del estándar 3GPP es la evolución de la red GSM de segunda generación. Esta generación es un estándar global del 3GPP desarrollado por miembros de diversas organizaciones regionales de normalización. La generación 3G está conformada por las tecnologías: sistema universal de telecomu-

nicaciones móviles (UMTS), el acceso de paquetes a alta velocidad (HSPA) y el HSPA evolucionado (HSPA+). UMTS puede alcanzar velocidades de hasta 350Kbps mientras que HSPA y HSPA+ llegan a 14.4Mbps y 21Mbps respectiva-

mente (Noldus, 2006).

Arquitectura de la red de tercera generación.

Según Ahtiainen, Kaaranen, Laitinen, Naghian & Niemi (2005), sus elementos son los que observan en la figura 2:



Fuente: UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services. Ahtiainen et al., 2005.

Equipo de usuario (UE).

En la red de tercera generación el terminal móvil toma el nombre de equipo UMTS (UE) y está compuesto por el equipo móvil (ME) y la tarjeta módulo de identidad del suscriptor universal que es USIM.

UMTS Terrestre red de radio Acceso (UTRAN).

La red de acceso para 3G es UMTS Terrestre red de radio acceso (UTRAN), esta consta de UMTS y la tecnología WCDMA con la que funciona. En la estructura de esta red, el UE se comunica con los equipos transmisores y receptores que están ubicados en nodo B por medio de la interfaz UMTS UE (Uu). El manejo de los nodos B se realiza por las controladoras de la red radio (RNC), la unión de estos dos elementos

forman la red de subsistemas de radio (RNS). Las RNC tienen un número determinado de nodos B para su control y manejo; estas estaciones controladoras se conectan entre sí para establecer la comunicación a través de la interfaz Iur.

Red de núcleo.

El núcleo de la red de tercera generación se encarga del enrutamiento de paquetes y de circuitos para los servicios de telefonía. Al igual que en 2G la red 3G cuenta con una sección de registros de ubicación base que tienen la información de seguridad y control de los usuarios.

Similitudes de la red núcleo 2G y 3G

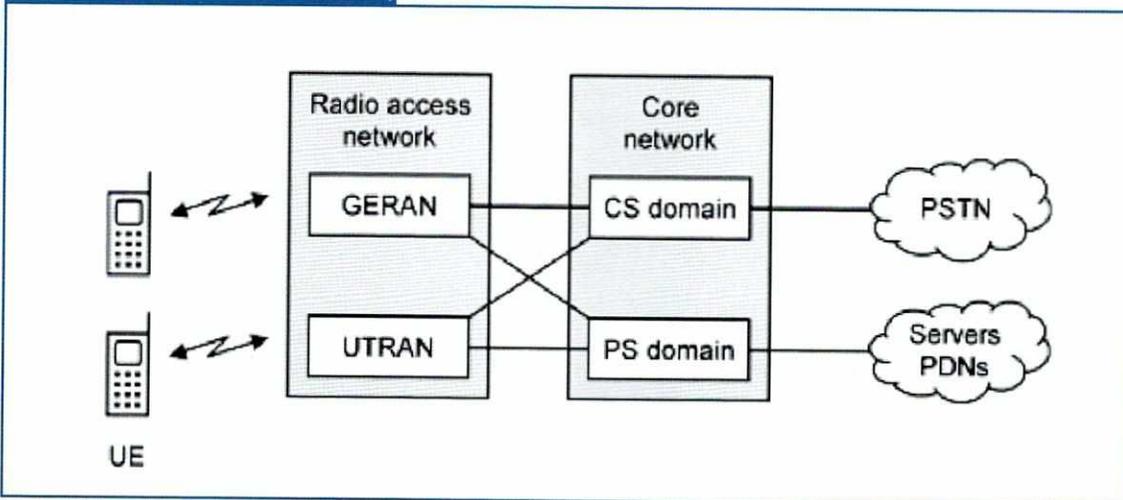
Además de las similitudes que define el estándar 3GPP en la división de la arquitec-

tura 2G y 3G. Los núcleos de ambas generaciones desde GPRS trabajan de forma conmutada para utilizar servicios de voz y datos. La red de núcleo como muestra la figura 3 está dividida en dos dominios: circuito conmutado (CS) y paquetes conmutados (PS).

El dominio de circuitos conmutado se encarga de las llamadas telefónicas. Cada vez que se realiza una llamada a un usuario de la operadora, el CS la transporta a la región geográfica en la que el operador tiene cobertura y si la llamada es a otra operadora se comunica con el CS del otro operador. En caso de ser una llamada a un teléfono fijo, el CS se comunica con la red telefónica pública conmutada (PSTN).

La conmutación de paquetes es el flujo de datos cuando el usuario quiere hacer uso de páginas web o correos electrónicos. El PS permite la comunicación de los usuarios con red de paquetes externos (PDN) que es el internet. El PS maneja el uso de datos móviles y consta de dos nodos: nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN) y nodo de soporte de la puerta de enlace (GGSN). El SGSN retransmite los paquetes de datos desde la red de acceso hacia la red de núcleo, también se ocupa de las gestiones de movilidad y sesión. El GGSN es la puerta de comunicación con las redes externas. SGSN se encuentra conectado a la red de acceso por la interfaz UMTS conmutación de paquetes (Iu Ps) y con la conmutación de paquetes externos median el GGSN (Li, 2011).

Figura 3.
Arquitectura de UMTS y GSM.



Fuente: Architectural Review of UMTS and GSM. Cox, 2012.

Cuarta generación (4G)

Evolución a largo plazo (LTE) es la cuarta generación de la telefonía móvil, se inició en el 2004 por el organismo 3GPP y tuvo sus despliegues iniciales a finales del 2009. Este sistema se inició de la tecnología UMTS, la cual evolucionó a partir de GSM. La razón por la cual la organización 3GPP vio la oportunidad de trabajar en LTE es debido al incremento de demanda del uso de datos móviles por parte de los usuarios. El objetivo general de la cuarta generación es proporcio-

nar una tecnología de acceso por radio que ofrezca plena movilidad y alta transferencia de archivos. Se estiman velocidades que se aproximan a 100Mbps, para la utilización de datos con plena movilidad.

LTE funciona con una arquitectura basada en dos protocolos: el protocolo de control de transmisión (TCP) que se encarga de la entrega de datos y el protocolo de internet (IP) provee de direcciones a los equipos que se conectan a la red. De la

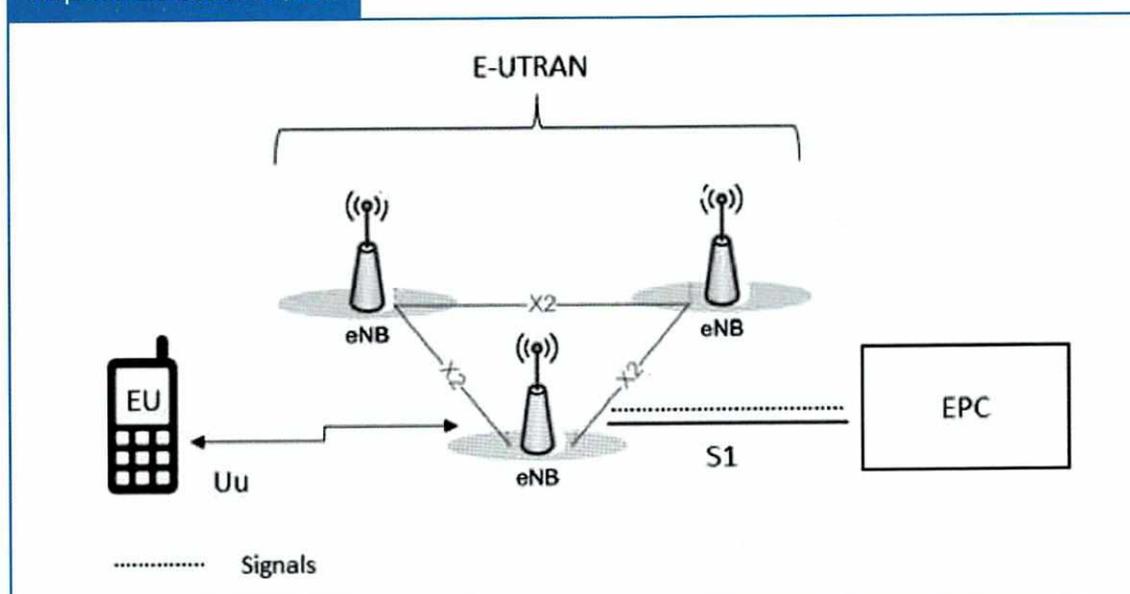
misma manera que 3G coexiste con 2G en redes que son integradas, los sistemas LTE coexistirán con los sistemas 3G y 2G (4G Américas).

Arquitectura de la red de cuarta generación móvil

Para el desarrollo de la infraestructura de cuarta generación, la arquitectura está divi-

didada en: el equipo de usuario (EU), la red de acceso terrestre Evolución UMTS (E-UTRAN) y la red núcleo llamada Núcleo de Datos Evolucionado (EPC). En la figura 4 se muestran las 3 partes de esta arquitectura junto con las interfaces UMTS UE (Uu) y S1, que hacen posible la comunicación entre todas.

Figura 4.
Arquitectura básica de LTE.



Fuente: The E-UTRAN (The access network). Tutorialspoint, 2014.

Equipo de Usuario

El dispositivo móvil se encarga de las funciones de comunicación con la red de acceso E-UTRAN, mientras que la UICC tiene una aplicación conocida como módulo de identidad del suscriptor universal (USIM) que contiene información del número de usuario del teléfono y las claves de seguridad para autenticación a la red (LTE, 2014).

Evolución UTRAN (E-UTRAN)

La red de acceso para la tecnología LTE de cuarta generación es la E-UTRAN y es la encargada de las comunicaciones de radio entre el equipo de usuario y el núcleo. El manejo de las comunicaciones está a cargo de los evolucionados Nodos B (eNB) mediante mensajes de señalización a todos

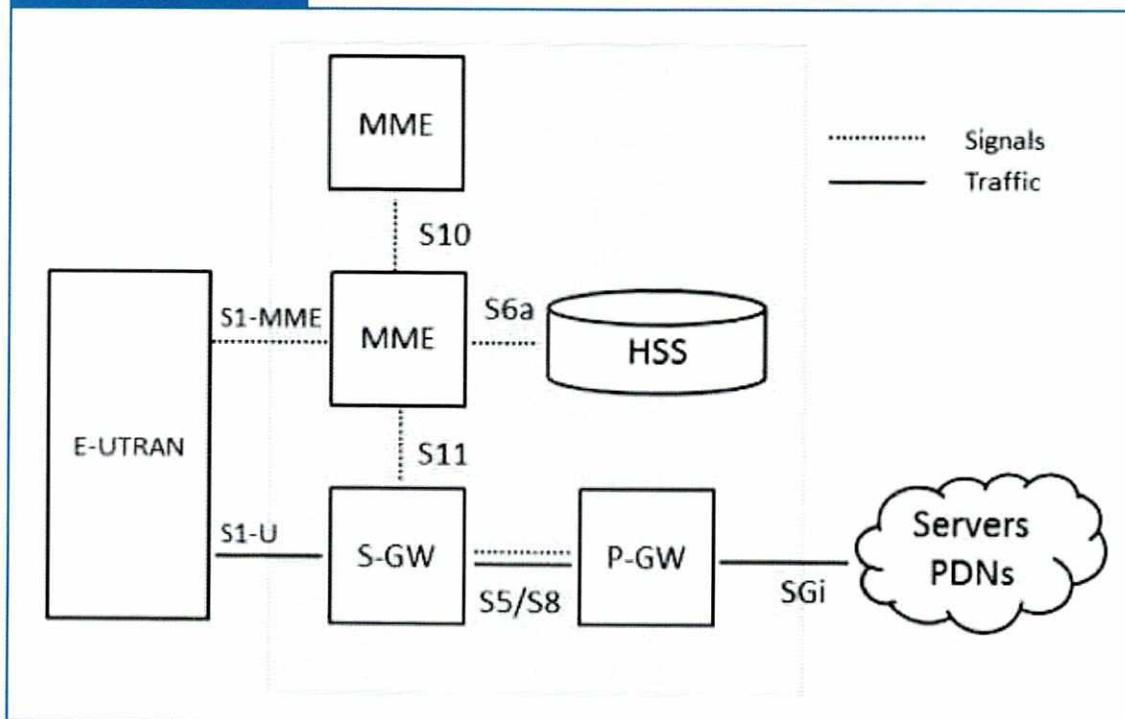
los móviles que se encuentran sintonizados con este. Los eNB que son la evolución de los Nodos B de la tercera generación se comunican con la red de núcleo mediante la interfaz S1, en 4G el núcleo tiene un nombre definido que es Núcleo de Paquetes Evolucionado.

También los eNB se conectan entre ellos usando la interfaz X2 para el proceso de cambio de celda por movilidad (LTE, 2014).

Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC)

En la siguiente figura 5 se muestra la arquitectura del núcleo de la telefonía móvil de cuarta generación conectada a la red de acceso y la red de paquetes externos (PDN). A continuación el detalle de cada uno de sus componentes:

Figura 5.
Red de núcleo de LTE.



Fuente: The Evolved Packet Core (The core network). Tutorialspoint, 2014.

Servidor base del suscriptor (HSS)

Es una gran base de datos que contiene la información de los usuarios de la operadora celular, este componente también existe para la segunda y tercera generación de telefonía móvil como base local del suscriptor (HLR) y centro de autenticación (AuC) respectivamente (LTE, 2014).

Puertas de enlaces de datos (P-GW) y pasarela (S-GW).- Estos componentes son el camino con el mundo exterior para la utilización de la red de datos IP. Como su nombre lo indica S-GW sirve de pasarela para el equipo de usuario (UE) de los paquetes de datos entrantes y salientes. Por otro lado, P-GW es la conexión que existe entre la EPC las redes IP externas. La PDN tiene las funciones de GGSN y SGSN que existen en 2G y 3G (LTE, 2014).

Entidad de Gestión de Movilidad (MME).- Este elemento es de suma importancia en la red 4G porque mediante mensajes de señalización al UE, la MME se ocupa del control

y seguridad a la red de acceso E-UTRAN. Además maneja los estados de sesión junto con la movilidad a las tecnologías 2G y 3G; por esto tiene una conexión directa con el HSS que da seguimiento cuando el equipo de usuario está en modo inactivo o sin uso, y es el punto de terminación del estrato de no acceso (NAS). El NAS es usado para la transmisión de señales de radio entre el UE y la MME para permitir un acceso en LTE/UTRAN (3GPP: The Mobile Broadband Standard).

Tecnología de radio acceso (RAT)

Es la denominación que utiliza la telefonía celular para asignar el nombre de la tecnología de radio a la que pertenece la red, basándose en las generaciones celulares. En 3GPP se especifican tres tipos de redes de acceso que son: GSM/EDGE red de radio acceso (GERAN), UMTS Terrestre Radio Acceso (UTRAN) y Evolución de UTRAN (E-UTRAN). Para la nueva tecnología de radio de los sistemas LTE es E-UTRAN (Fortinet).

Celda

Una celda es la unidad básica de cobertura de una estación base de radio frecuencia. La celda cubre una determinada área y está compuesta por un transmisor que contiene un subconjunto de canales disponibles para la red celular. Existen celdas sectorizadas que se colocan en las torres o estaciones base, que apuntan a varios sectores cubriendo 360 grados en condiciones donde el terreno es plano y no hay pérdida por edificios o desniveles (Vallejo, 2006).

Decibelios (Db)

Los decibelios son una medida logarítmica que hace relación entre dos potencias P1 y P2. Los DBm se utilizan en circuitos de comunicaciones para medir la potencia de una señal. Se utilizan para expresar dos magnitudes de campo, como una tensión, una corriente, una presión acústica, un campo eléctrico, una velocidad o una densidad de carga, cuyo resultado se resume

a una potencia en los sistemas lineales. Con esta unidad de medida los terminales móviles indican la señal recibida por parte de la antena transmisora (International Telecommunication Union, 1990).

Bloques de información del sistema (SIB)

Para Korhonen (2014), los bloques de información contienen características de la configuración de la red y de los servicios de la celda, también llevan información en situaciones de emergencia. Estos bloques se agrupan en el bloque de información maestro (MIB) que es enviado de forma constante cada 40 milisegundos al equipo de usuario. La información enviada es igual para todos los usuarios que están en el área de cobertura celular. Los SIB se enumeran del 1 al 16 en la tecnología LTE, para ser transmitidos en los MIB; después del proceso de envío el UE no necesita responder la recepción del MIB. La información que contiene cada SIB en LTE es la siguiente:

Tabla # 1

Tipos de bloques de información del sistema.

SIB	Contiene:
Tipo 1	Información que evalúa al UE para definir si tiene acceso a la celda.
Tipo 2	Información de los recursos de radio que es común para todos los UE.
Tipo 3	Información de una nueva celda que esté en el rango de cobertura.
Tipo 4	Información que pertenece a la selección de la nueva celda.
Tipo 5	Información sobre la frecuencia de otra E-UTRA y la celda vecina.
Tipo 6	Información sobre la frecuencia UTRA y células UTRA en la selección de celda.
Tipo 7	Información sobre la frecuencia GERAN para la selección de celda.
Tipo 8	Información sobre frecuencia CMDA para la selección de celda.
Tipo 9	Información del nombre del eNB.

Tipo 10	Notificación primaria sobre el sistema de emergencia de terremotos y tsunamis (ETWS).
Tipo 11	Una notificación secundaria más larga de la notificación primaria ETWS.
Tipo 12	Una notificación de alerta para Norte América, Corea y Estados Unidos.
Tipo 13	Información de los servicios de difusión masiva multimedia y servicio de multidifusión (MBMS).
Tipo 14	Información de las excepciones del control de acceso.
Tipo 15	Información sobre la recepción de los MBMS.
Tipo 16	Información del sistema de posicionamiento global y la coordinación universal del tiempo.

Fuente: Korhonen, 2014.

Interconexión de tecnologías de radio acceso traspaso (IRAT HO)

Es la orden que recibe el terminal móvil que se encuentra en modo de espera para realizar un cambio entre celdas de diferente tecnología de radio acceso. Esta celda es escogida según los criterios de mejor selección de celdas y una vez establecida la conexión, continúa el tráfico de los servicios de telefonía con las características de la tecnología a la que realizó el traspaso.

Durante la transición podrían existir interrupciones en el flujo de datos hacia y desde el dispositivo (Korhonen, 2014).

Metodología

El diseño de esta investigación es explicativo, porque se pretende otorgar causas y efectos a una nueva tecnología digital existente; en este caso la implementación de 4G en Ecuador. La investigación se compone por dos partes: el estado de conexión y el proceso de desconexión de la cuarta generación de la telefonía móvil, lo que permitirá conocer el impacto de esta nueva

tecnología en las operadoras celulares del país.

El grupo objetivo de esta investigación son las operadoras móviles y usuarios de Ecuador, que hacen uso de la telefonía móvil para su comunicación y que utilizarán la nueva tecnología de cuarta generación. Las operadoras móviles en el país son CLARO, MOVISTAR y CNT E.P. y los usuarios son quienes utilizan los servicios de telefonía.

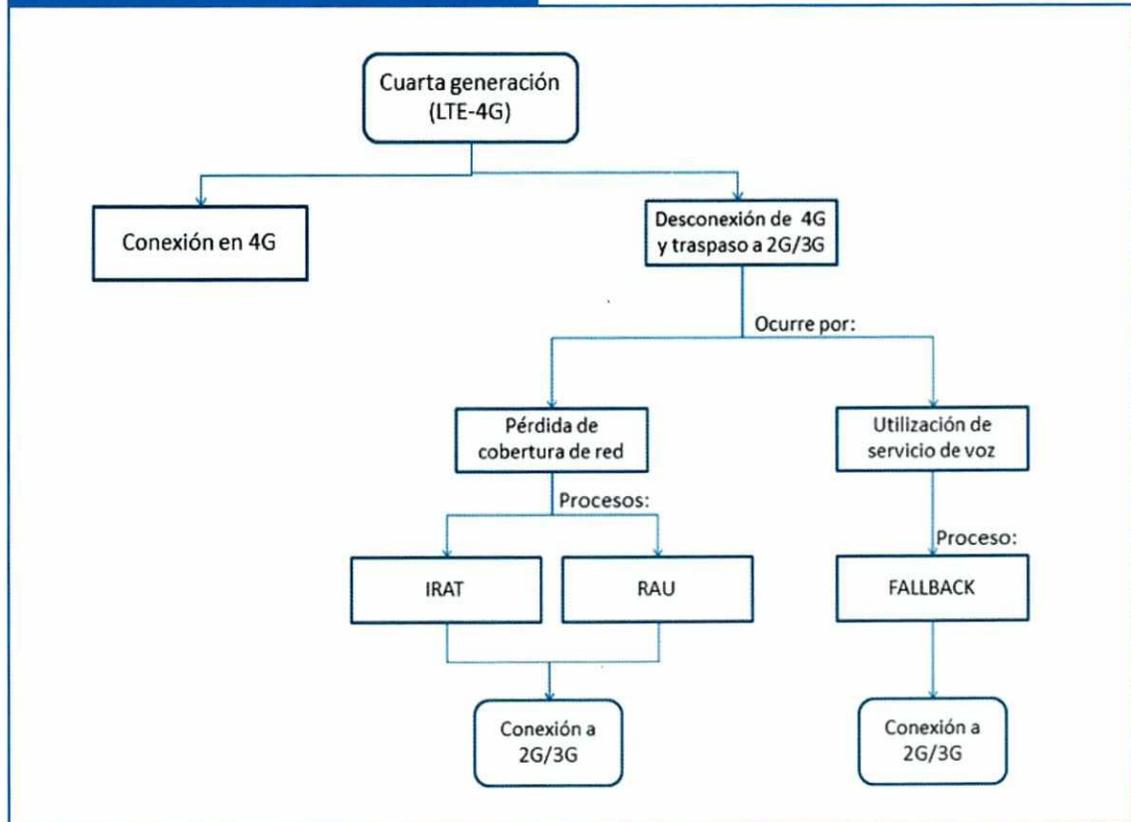
Las herramientas de análisis a utilizar en este trabajo investigativo son: tablas estadísticas como gráficos de línea y de pastel, tablas de datos y diagramas de flujo, estos recursos de elaboración propia serán realizados usando el programa Excel. Adicionalmente se analizarán diferentes recursos como figuras, cuadros explicativos y mapas conceptuales obtenidos de las referencias bibliográficas utilizadas en esta investigación.

La figura 6 detalla el desarrollo de la investigación; primero se realizará el análisis de la conexión a la red 4G junto con los

requisitos previos para el uso del servicio. En la segunda parte se expondrán los motivos por los cuales se efectúa el traspaso de la

conexión de la tecnología 4G a las tecnologías digitales inferiores y los procesos involucrados para llevar a cabo este cambio.

Figura 6.
Proceso de conexión y desconexión de 4G.



Fuente: Elaboración propia.

Conexión en 4G

La importancia de trabajar con la tecnología 4G se fundamenta en su velocidad en el manejo de datos. En la tecnología 2G el usuario tiene acceso a internet y transmitir imágenes, audio y videos de baja calidad en resolución. La tercera generación 3G permitió mejorar la velocidad por lo tanto el usuario experimenta un servicio parecido al de internet de hogar. Pero 4G da la oportunidad de experimentar la velocidad donde videos o películas en alta definición son descargados rápidamente al dispositivo móvil.

Para que un usuario final pueda utilizar los servicios de la telefonía móvil celular debe

de poseer un terminal móvil que cuente con la tecnología necesaria para realizar la conexión. La figura 7 detalla los elementos que debe conseguir el usuario para la conexión móvil que son: la tarjeta universal de circuito y el dispositivo móvil. La UICC que existe desde el sistema GPRS se obtiene a través de las operadoras celulares del país y es esencial para utilizar el servicio 4G.

La evolución de la telefonía es una gran curva ascendente, debido a su evolución continua en el tiempo y a los distintos modelos que se ofertan. El dispositivo con características de soportar tecnología 4G también lo hará en 3G y 2G, al igual que un dispositivo que trabaja en la tercera generación, puede trabajar en 2G.

Figura 7.
Elementos y evolución de los dispositivos móviles.



Fuente: Elaboración propia.

Las operadoras móviles deben de montar previamente sus arquitecturas físicas que permitan la conexión entre el usuario y la operadora. En Ecuador las operadoras CLARO, CNT y MOVISTAR son las encargadas de colocar su infraestructura en las áreas geográficas que desean cubrir para ofrecer los servicios de telefonía. Actualmente CNT es la única operadora con los permisos de implementar el servicio de cuarta generación en el país.

Desconexión de 4G

Las situaciones en las que un dispositivo móvil que está conectado a la tecnología 4G va a cambiar a una tecnología digital inferior se pueden atribuir a: la pérdida de cobertura de la red o la necesidad de utilizar el servicio de voz, porque 4G solamente tiene uso de servicio de datos. El terminal móvil posee un receptor que determina la

calidad de la comunicación entre dispositivo y antena transmisora. Esta información la recibe constantemente por medio de bloques de información a través de las antenas a las que puede localizar, es decir que si dentro de su radio de cobertura encuentra tecnologías que pertenecen a 2G, 3G y 4G procederá a enviar la información.

La presencia de los SIB 6, 7 y 8 son importantes durante el proceso de desconexión porque contiene la información de las redes 2G y 3G que el teléfono está censando. Rodríguez (comunicación personal, 3 de septiembre 2014) explica que en dependencia de los resultados se concluye cuando el dispositivo móvil ha perdido respuesta de las antenas. Cuando los niveles de señal se aproximan al resultado de 0 dbm, se tiene un nivel óptimo de señal que no tiene pérdida en el espacio por obstáculos o distancias. Un

dispositivo que está en conexión 4G no debe censar un nivel de señal menor de -116dbm en su antena receptora, sino que buscará las tecnologías 3G o 2G para realizar el traspaso. Es decir que un dispositivo móvil que censa valores de -112dbm y -86dbm para 3G y 2G respectivamente, considerará que la señal que recibe de 2G es su mejor opción. Para entender los procesos que ocurren durante la desconexión, es necesario presentar la infraestructura física de cada una de las tecnologías digitales móviles.

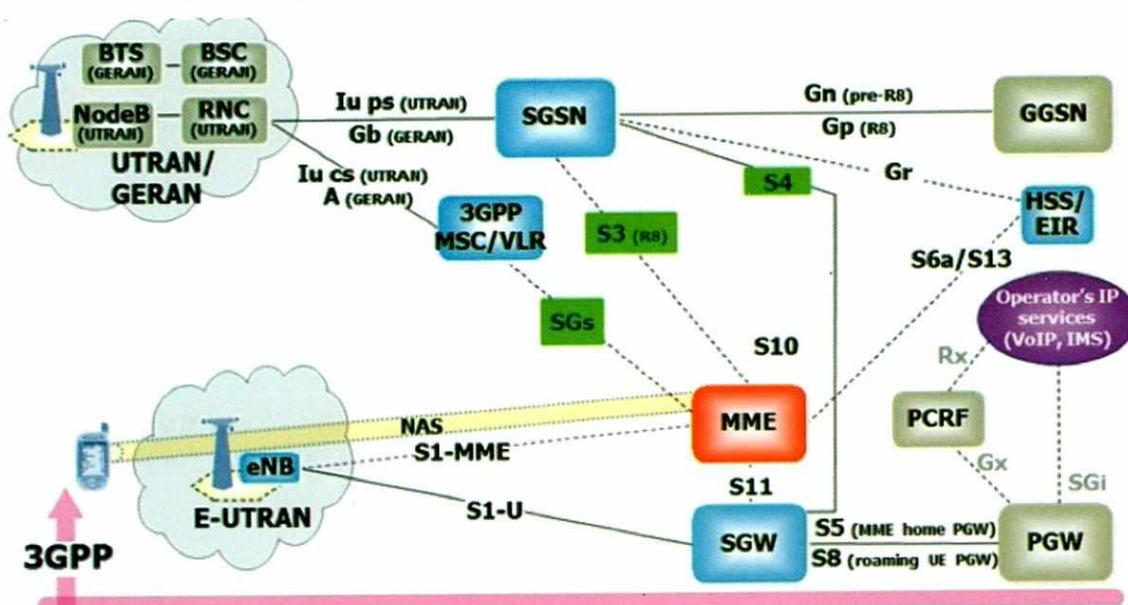
Proceso de IRAT en 4G

El proceso de Interconexión de tecnología de radio se realiza, porque el receptor del terminal móvil no puede establecer comunicación con la red a la que

está conectada que es E-UMTS. Esta desconexión es causa de que los SIB indican que los niveles de señal no son óptimos, por la distancia a la que se encuentra el móvil de la antena transmisora u obstáculos que impiden la comunicación directa entre el terminal móvil y la antena.

En la figura 8 se presentan las arquitecturas digitales del estándar 3GPP de la telefonía móvil. El escenario enfoca el proceso de interconexión de la tecnología E-UTRAN hacia UTRAN y GERAN, por pérdida de cobertura. En la parte inferior se muestra un terminal móvil que está utilizando a la tecnología de cuarta generación, que es de donde parte todo el proceso de IRAT.

Figura 8.
Comunicación de 4G con las redes 3G y 2G.



Fuente: CNT E.P.

Cuando los SIBs notifican niveles de señal óptimos en otra red de acceso 2G o 3G, el proceso de IRAT comienza y el eNB le solicita a la MME que gestione la liberación del equipo de usuario de la red 4G. Entonces la MME que tiene conexión con la SGW solicita la liberación de la red de acceso y la eliminación de la red al equipo de usuario

(3GPP Organizational Partners, 2006).

El papel del MME junto con SGSN durante el proceso de IRAT es mantener la continuidad de la sesión de usuario cuando se está efectuando la reubicación, y trabajar con los nodos de origen (eNB) y de destino (NodeB y BTS) para completar la reubica-

ción (3GPP Organizational Partners, 2012).

El punto de anclaje del dispositivo móvil a la red de cuarta generación durante el uso de datos es el SGW. El SGW a través del PGW, que está en el núcleo de la red 4G, tiene acceso a los servicios de internet. El SGW y PGW están en constante comunicación y cuando el UE decide cambiarse de tecnología le notifica al PGW que debe hacer un traspaso de tecnología de acceso. El SGW recibe la información por parte del PGW y notifica al núcleo de la generación con la que realiza el traspaso, en este caso notifica al SGSN. El SGSN le pasa la solicitud de activación de servicio a la red de acceso que puede ser GERAN o UMTS para que valide la información del usuario y pueda darle paso a la conexión con la BSC o RNC de acuerdo al caso. Una vez validado el usuario el SGSN se comunica con GGSN recibiendo al equipo de usuario y acoplándolo a las nuevas características que tendrá para la utilización de datos móviles (Frid, Mulligan, Olsson, Rommer & Sultana, 2009).

Para finalizar este proceso se realiza una actualización del área de enrutamiento, (RAU) que es una actualización de la zona de ubicación. El IRAT y RAU se realizan solamente cuando el móvil ha tomado la decisión de ir de una celda a otra, debido a que los niveles de la nueva celda se encuentran fuera del rango de la actual (Sauter, 2009).

Comutación de Circuito 'Fallback'

Debido a que en la red 4G todo funciona basado en IP no existe nada de conmutación en la red de núcleo; es decir que la conmutación de paquetes y de circuitos desaparece para esta nueva tecnología. Sin embargo el usuario puede realizar llamadas de voz, para esto la conmutación de circuito fallback se presenta como una solución momentánea para garantizar el uso del servicio. El fallback le permite al usuario usar la red UMTS o GSM basándose en la

arquitectura de inter-operación.

Por medio de esta arquitectura el MME se comunica con el centro de conmutación móvil (MSC), este soporta el centro de conmutación de circuitos de retorno a través de un protocolo de aplicación que se conoce como SGs. El registro en el servidor MSC se realiza con los mensajes de señalización del SGs y así poder establecer llamadas de voz (Cox, 2012).

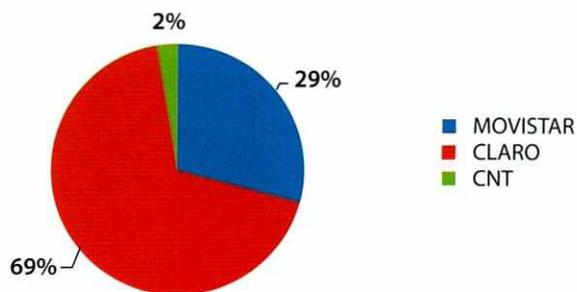
Operadoras celulares en Ecuador

Según datos proporcionados en julio de 2012 por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), ente regulador de los servicios de telefonía móvil en Ecuador, la compañía CLARO cuenta con 11'318,271 líneas activadas seguida por MOVISTAR y CNT E.P con el 4'690,682 y 326,827.

Figura 9.

Gráfico circular de porcentaje de usuarios de telefonía móvil en Ecuador.

Usuarios de telefonía móvil por operadora en Ecuador



Fuente: Elaboración propia.

El margen de usuarios de telefonía celular de forma porcentual se da a conocer en la Figura 9 que muestra la preferencia de operadora en el país. Se define claramente que la compañía CLARO tiene un dominio muy significativo sobre las demás compañías a nivel nacional. Movistar se adjudica el segundo lugar con una aceptación del 29% del país y en tercer lugar CNT con un 2%. La tabla 2, 3 y 4 muestra las cantidades de

estaciones base para cada una de las operadoras celulares en Ecuador, desde el año 2005 al 2013. Se pone de manifiesto el número de radio bases de segunda generación, implementadas para el año 2005 y 2007. Para el año 2013 aumentó la demanda de los servicios de telefonía móvil, lo que provocó la expansión de cobertura móvil de

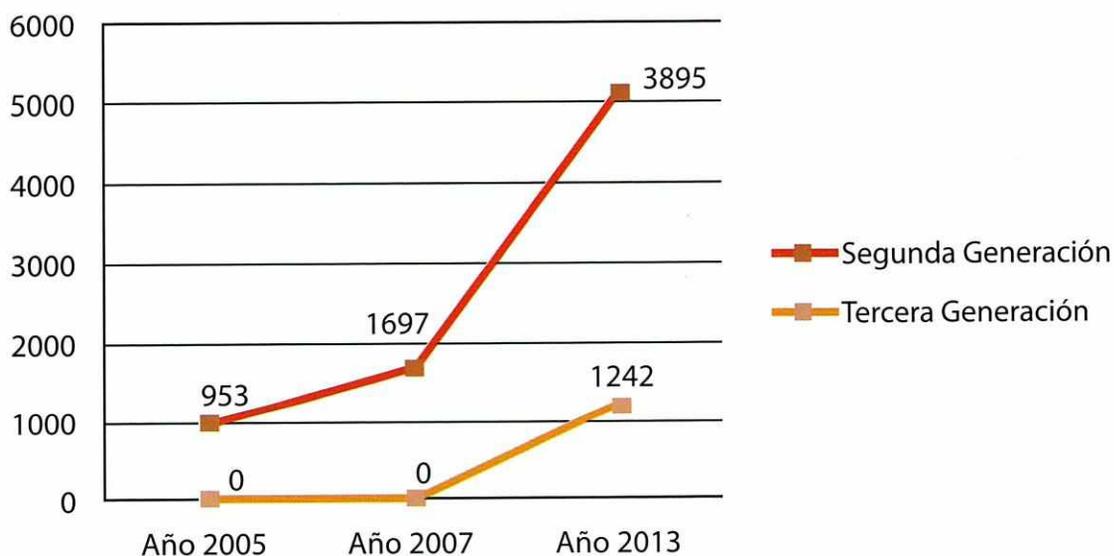
los servicios de 2G junto con los 3G. Para la SUPERTEL, el país cuenta con un 90% de cobertura para las zonas rurales y un 95% para las zonas urbanas. Las figuras 10, 11 y 12 corresponden a las tablas 2, 3 y 4, y hacen énfasis en la rápida expansión que hicieron las operadoras en los últimos años (El Mercurio, 2014) (Inga & Ordóñez, 2013).

Tabla # 2
Estaciones bases de la infraestructura de CLARO desde 2005 hasta el 2013.

TECNOLOGÍA	BASES 2005	BASES 2007	BASES 2013
Segunda Generación	953	1697	3895
Tercera Generación	0	0	1242
TOTAL			5137

Figura 10.
 Gráfico de línea de la infraestructura CLARO desde 2005 al 2013.

Evolución de CLARO



Fuente: Elaboración propia.

Tabla # 3

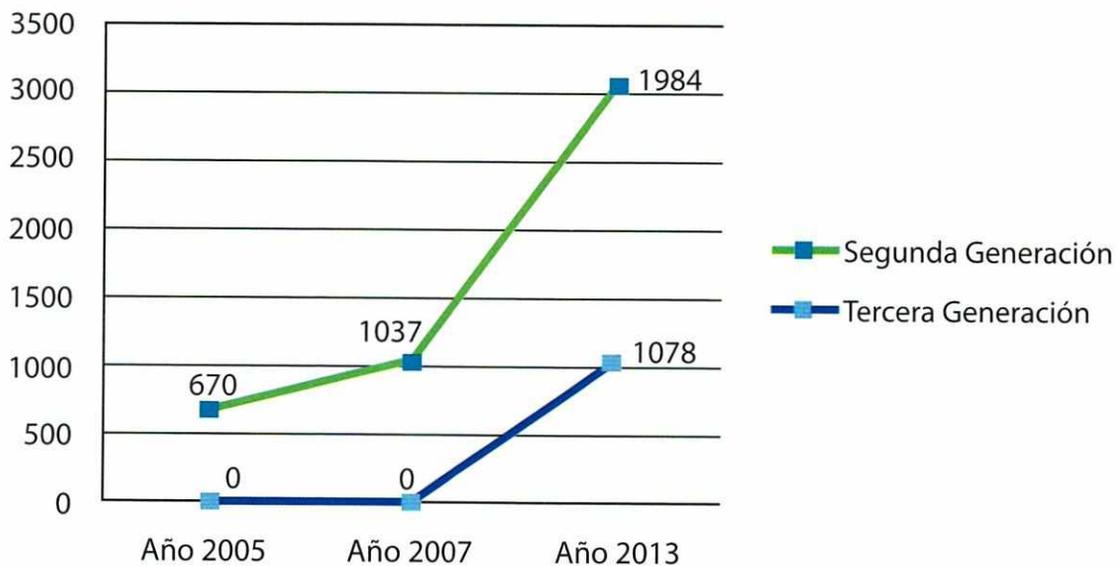
Estaciones bases de la infraestructura MOVISTAR desde 2005 hasta 2013.

TECNOLOGÍA	BASES 2005	BASES 2007	BASES 2013
Segunda Generación	670	1037	1984
Tercera Generación	0	0	1078
TOTAL			3062

Figura 11.

Gráfico de línea de la infraestructura MOVISTAR desde 2005 al 2013.

Evolución de MOVISTAR



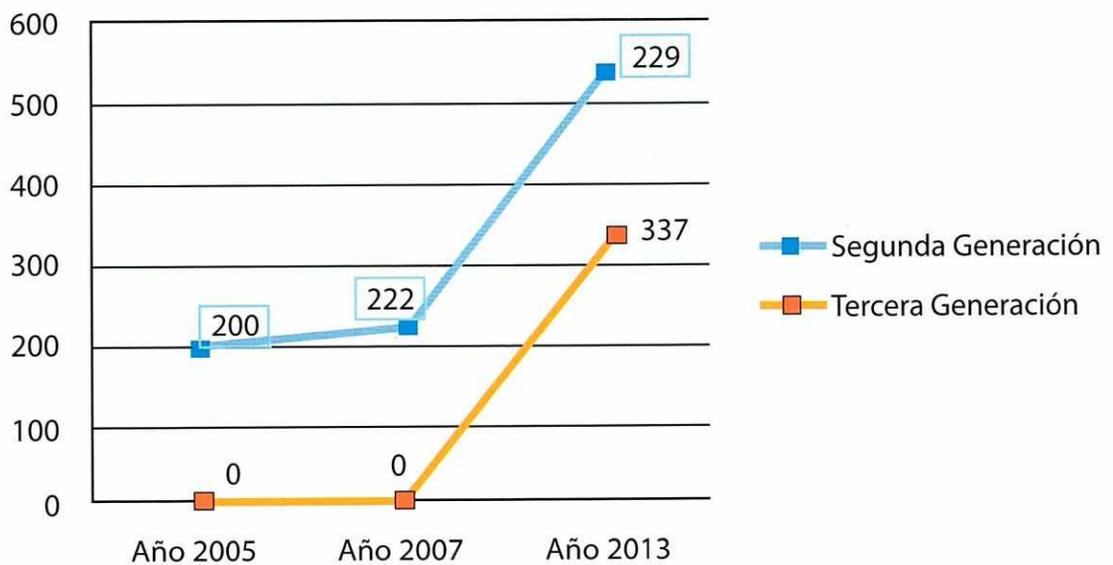
Fuente: Elaboración propia.

Tabla # 4
Estaciones bases de la infraestructura de CNT E.P desde 2005 hasta 2013.

TECNOLOGÍA	BASES 2005	BASES 2007	BASES 2013
Segunda Generación	200	222	229
Tercera Generación	0	0	337
TOTAL			566

Figura 12.
 Gráfico de línea de la infraestructura CNT E.P desde 2005 al 2013.

Evolución de CNT E.P



Fuente: Elaboración propia.

A lo largo del tiempo CLARO S.A se ha mantenido como líder de la telefonía móvil en el país ya, sea por la cantidad de usuarios, o la cantidad de radio bases colocadas para la cobertura en el país. En la actualidad no hay servicio de 4G en ninguna de las antenas que se encuentran en las radio bases del país. Es decir, que CNT E.P., única empresa que oferta el servicio lo hace a través de un conmutador móvil portátil que irradia señal. Este dispositivo lo puede llevar el usuario en su bolsillo y acepta hasta 5 equipos conectados. La cantidad de Mbps de los que puede hacer uso el usuario para descargar datos, depende de los planes que se contratan con la operadora celular; pero el manejo de estos datos se hace con la velocidad de la tecnología 4G.

Análisis de resultados

Ya que se analizaron los procesos que ocurren en la cuarta generación móvil y su relación con la segunda y tercera generación y se manifestaron las situaciones de las operadoras en el país; se procedió a determinar el impacto de la implementación de 4G en el país. Los resultados obtenidos son que la instalación de 4G es una tecnología que puede coexistir con el pasado y tiene proyección a futuro.

El porcentaje de establecimiento de llamadas en 4G es del 0%, debido a que esta tecnología no cuenta aún con la capacidad de un método para establecer comunicaciones de voz y se soporta en las anteriores generaciones del estándar 3GPP, utilizando los servicios conmutados de 2G y 3G. Sin embargo, las velocidades que maneja 4G son consideradas muy buenas para el uso de datos dejando la puerta abierta para que alguna aplicación pueda integrar los servicios en la misma tecnología.

Se puede notar que los dispositivos móviles tienen un rol muy importante porque dependen de su tecnología para trabajar en la generación móvil a la que el dispositivo tenga acceso. El equipo de usuario que carezca de las características 4G jamás podrá

hacer uso del servicio que ofrece la operadora. Además, cuando el teléfono cambie a una tecnología inferior de 2G o 3G este perderá la capacidad de hacer uso de los servicio 4G, adquiriendo los de la generación a la que decidió cambiar. Este cambio incluye una reducción significativa de velocidad en el uso de datos de 100 Mbps a 21 Mbps, 4.7 veces por debajo de la velocidad en 4G, esto en caso de ser un cambio a 3G en su tecnología HSPA+. En caso de existir un traspaso de 4G a 2G la disminución de velocidad de datos es 0.474 veces, en el mejor de los casos, con tecnología EDGE.

Para el usuario final son imperceptibles a simple vista los procesos de desconexión de 4G, porque estos se realizan internamente en la infraestructura de la operadora y el usuario no debe realizar ningún cambio en su dispositivo móvil para conectarse a la red. Lo único que notará el usuario será que al recibir una llamada, existirá pérdida de cobertura y la velocidad con que estaba viendo una película o descargando un archivo habrá cambiado significativamente, disminuyendo la velocidad de descarga.

La expansión del área de cobertura 2G y 3G de las operadoras tuvo un pronunciado crecimiento desde el año 2005 en Ecuador. La operadora CLARO creció en un 75.53% con respecto a su cobertura, mientras que MOVISTAR en un 66.22% y CNT E.P. en 64.66%. Es por esto que el país cuenta con un 90% de cobertura para las zonas rurales y un 95% para las zonas urbanas. Esta expansión le va a permitir a 4G hacer uso del área de cobertura de estas tecnologías para hacer el traspaso en caso de uso de llamada de voz.

Conclusiones

Se logró la implementación de un diseño explicativo que permite comprender el impacto que tiene el uso de la tecnología de cuarta generación, el por qué debe convivir con las tecnología existentes y las razones por las que ocurre cada uno de los procesos para la comunicación de las tecnologías digitales.

Una de las mayores limitaciones que se tuvo en el desarrollo de esta investigación fue la poca cantidad de información previa que se tenía acerca de la tecnología 4G, debido a que este servicio es nuevo en el país y por el carácter explicativo de este trabajo, fue necesario ahondar en la literatura disponible del tema y la aplicación de los diferentes conceptos de telefonía móvil digital, puesto que como ya se ha mencionado anteriormente en este estudio, solo una operadora ofrece esta tecnología en el país.

Los procesos que ocurren durante la utilización de 4G se dan por factores de intensidad de señal entre la antena, el núcleo y el dispositivo móvil o por requerimiento de uso de servicio de voz. Los procesos IRAT, RAU y *FALLBACK* que hacen posible la convivencia de 4G con las anteriores generaciones digitales, plantean la solución de utilizar la tecnología que se encuentra implementada por 2G y 3G para el uso de llamadas de voz en los usuarios. Sin el uso de estos, que se basan en la información que reciben de los niveles de señal de los sistemas de bloque de información (SIB) y de la petición de usuario al querer realizar una llamada, sería imposible la comunicación vía llamada telefónica celular en un área geográfica donde solo esté implementado el sistema 4G.

Se concluye, que todas las tecnologías deben coexistir, necesitándose una de la otra y utilizando la conmutación de circuitos (CS) como un elemento importante y provisional para los servicios de voz. En este contexto, a medida que se implemente 4G en Ecuador se debe de provisionar la integración de los servicios de voz y datos basados en el sistema de protocolo de internet.

Adicionalmente, se encontró que las operadoras celulares que actualmente prestan su servicio de telefonía móvil en el país no se encuentran en la capacidad de proporcionar el nuevo servicio de cuarta generación. CNT E.P empresa que en el presente tiene permiso para implementarlo,

debe poblar de mayor infraestructura 2G o 3G al país para asegurar a sus usuario el uso continuo de servicio; en caso contrario esperar la integración de datos y voz de 4G y poblar al país de la infraestructura. Por otro lado, aunque CLARO S.A y Movistar S.A tienen mayor cobertura en el país con sus tecnologías 2G y 3G, y aún deben esperar negociar la concesión del servicio 4G con el Estado Ecuatoriano.

Como recomendación, hay que tener en cuenta, que es el usuario final el que hace uso de los servicios de la telefonía móvil y quien deberá informarse sobre sus derechos en lo que respecta a la telefonía móvil por parte de sus operadoras. Concretándose que el usuario debe consultar si existe una infraestructura de 4G instalada para su cuidado por parte de la operadora y contar con un dispositivo con características para establecer la comunicación, caso contrario no podrá hacerlo y la misma situación ocurre a la inversa. Acotando que para cualquiera de estas situaciones la tarjeta universal de servicios integrados, que se añade al teléfono, debe ser de la operadora que oferta la tecnología 4G.

En futuros trabajos se recomienda analizar la situación de 4G al implementar una solución que pueda reemplazar el uso de la conmutación de circuitos, lo cual significaría que se podrían dejar de lado las generaciones de 2G y 3G. Entonces las operadoras celulares deberían decidir desmontar sus antenas o mantenerlas como un sistema de respaldo para la comunicación; para ambos casos se deberá evaluar el impacto que esto tendría para las operadoras y los usuarios finales.

Este estudio tiene como premisa ser base para la realización de otros trabajos, en los cuales podrá partir, de la información existente para orientarla a los nuevos requerimientos. Por ejemplo en caso de implementar antenas de 4G se puede analizar el impacto ecológico que puede reper-

cutir la irradiación de señales sobre los seres vivos, o en caso de tener que retirar antenas 2G y 3G para implementar 4G, se puede determinar el gasto económico y recuperación de inversión para el país.

Referencias bibliográficas

- 3GPP Organizational Partners. (2006). *3GPP TS 25.304 V7.1.0: 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; User Equipment (UE) procedures in idle mode and procedures for cell reselection in connected mode (Ed. Rev.)*. Valbonne: Autor.
- 3GPP Organizational Partners. (2012). *3GPP TS 23.401 V10.7.0: 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Ed. Rev.)*. Valbonne: Autor.
- 3GPP, The Mobile Broadband Standard. *About 3GPP: Partners*. Recuperado de <http://www.3gpp.org/about-3gpp/partners>
- ACR. (2014, 8 de agosto). Servicio móvil penetró 117 % y hay 85 % de clientes de prepago. El Mercurio. Recuperado de <http://www.elmercurio.com.ec/442940-servicio-movil-penetro-117-y-hay-85-de-clientes-de-prepago/#.VD9IafnF9qV>
- Ahtiainen, A., Kaaranen, H., Laitinen, L., Naghian, S. & Niemi, V. (2005). Structural Network Architecture. En Wiley, J. & Sons (Ed.), *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services* (pp. 9-11). Chichester: Wiley.
- Bejaoui, T., & Nasser, N. (2009). Efficient call admission control scheme for 4G wireless networks. *Wireless Communications & Mobile Computing*, 9(4), 489-499. doi:10.1002/wcm.691
- Bettstetter, C., Eberspächer, J., Hartmann, C. & Vögel, H. (2009). Arquitectura de una red GSM. En *GSM Architecture, Protocols and Services* (2da ed.)(pp. 44). Leipzig: Wiley.
- Bettstetter, C., Eberspächer, J., Hartmann, C. & Vögel, H. (2009). Characteristics of the Mobile radio channel. En *GSM Architecture, Protocols and Services* (2da ed.)(pp. 9-12). Leipzig: Wiley.
- Brand, A. & Aghvami, H. (2002). Cellular Mobile Communication Systems: From 1G to 4G. En *Multiple Access Protocols For Mobile Communications: GPRS, UMTS and Beyond*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK: Wiley. doi: 10.1002/0470846224.ch2
- Carpio, W., Navarrete, F. (2008). *Estudio para la implementación de un sistema Wi-Max para la empresa ANDINATEL S.A. en el cantón Riobamba* (Tesis inédita de ingeniería) (pp. 15-16). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/146/5/Capitulo%204.pdf>
- Casademont, J. (Coord.). (2010). *Redes de comunicaciones: de la telefonía móvil a Internet* (pp. 1). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Conesa, R. & Huidrobo, J. (2006). Telefonía Móvil. En *Sistemas de Telefonía* (pp. 158-159). Fuente, C., García, C., Vicente, O (Eds.). Madrid: Thomson.
- Cox, C. (2012). Circuit Switched Fallback. En Wiley, J. & Sons (Ed.), *An introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications*. (pp. 256-257). Chichester, UK: Wiley.

- Elnashar, A., El-saidny, M. A. & Sherif, M. R. (2014). LTE Network Architecture and Protocols. En *Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Networks: A Practical Approach*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK. doi: 10.1002/9781118703434.ch1
- Elnashar, A., El-saidny, M. A. & Sherif, M. R. (2014). Voice Evolution in 4G Networks. En *Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Networks: A Practical Approach*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK. doi: 10.1002/9781118703434.ch7
- Entel. 4G LTE. Autor. Recuperado de <http://www.entel.cl/4g/>
- Fortinet. *FortiOS Handbook*: Radio Access Technology (RAT) type. Recuperado de http://docs-legacy.fortinet.com/fos-50hlp/50/index.html#page/-FortiOS%205.0%20Help/GTP_IMSI_filtering.048.06.html
- Frid, L., Mulligan, C., Olsson, M., Rommer, S. & Sultana, S. (2009). Handover between E-UTRAN and other 3GPP access (GERAN, UTRAN) with S4-SGSN. En *SAE and the evolved packet core: driving the mobile broadband revolution* (pp. 368-385). Burlington: Elsevier.
- Korhonen, J. (2014). Broadcast of System Information. En *Introduction to 4G Mobile Communications* (pp. 110-114). Mobile Communications Systems.
- Korhonen, J. (2014). History of Mobile Telecommunications. En *Introduction to 4G Mobile Communications* (pp. 5-29). Mobile Communications Systems.
- Inga, J., & Ordoñez, F. (2013). Análisis Técnico, Económico y Regulatorio para el Ingreso de un operador móvil virtual en el Ecuador. (Tesis inédita de maestría). Recuperado de <http://d-space.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4809/1/UPS-CT002648.pdf>
- International Telecommunication Union. (1990). Anexo I: Empleo del decibelio y del neperio. En *Recomendación UIT-R V. 574-3. (Ed.rev.)*, (pp. 1-2). Autor. Recuperado de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.574-3-199006-S!!PDF-S.pdf
- Kasera, S. & Narang, N. (2008). User equipment (UE). En *3G Networks: Architecture, Protocols and Procedures* (1ª ed.) (pp. 47-48). Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Länsisalmi, A. and Toskala, A. (2011) System Architecture Based on 3GPP SAE. En *LTE for UMTS: Evolution to LTE-Advanced, (2da Ed.)*. Holma, H. & Toskala, A. Chichester, UK: Wiley. doi: 10.1002/9781119992943.ch3
- Lázaro, J. & Miralles, M. (2005). Conceptos básicos de transmisión de datos. En Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia (Ed.), *Fundamentos de Telemática* (pp. 58-59). Editor.
- Li, X. (2011). UMTS Network Architecture. En Wilke, A., Wrasman, U. (Ed.), *Radio Access Network Dimensioning for 3G UMTS* (pp. 17-18). Bremen: Mobile Research Center.
- LTE. *LTE Network Architecture*. Recuperado de http://www.tutorialspoint.com/lte/lte_quick_guide.htm
- Markantonakis, K. & Mayes, K. (2008). Main differences between a SIM and a UICC/USIM Card. En Springer (Ed.), *Smart cards, tokens, security and applications*. (pp. 264-265). New York: Springer.

- Noldus, R. (2006). General Third-generation Networks. En John Wiley & Sons Ltd. (Ed.), *CAMEL: Intelligent Networks for the GSM, GPRS and UMTS Networks* (pp. 187-188). Chichester: Wiley.
- Nuñez, J. (2013). *Diseño de una red de nueva generación LTE-A para una zona urbana en Bogotá bajo el estándar 3GPP y la recomendación ITU-R M.1457* (Tesis inédita de maestría) (pp. 13). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11717/1/2300612.13.pdf>
- Sauter, M. (2013). Beyond 3G Network Architectures. En *3G, 4G and Beyond-Bringing Networks, Devices and the Web Together*, (2da Ed.). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK: Wiley. doi: 10.1002/9781118394540.ch2
- Sauter, M. (2009). *LTE Tracking area update vs. UMTS Location/routing area update*. Recuperado de http://mobilesociety.typepad.com/mobile_life/2009/10/lte-tracking-area-update-vs-umts-locationrouting-area-update.html
- Subsecretaría de Telecomunicaciones del Gobierno de Chile. Operador. *Glosario de Telecomunicaciones*. Recuperado de <http://www.subtel.gob.cl/2013-09-12-19-32-05/2013-09-12-19-32>
- Superintendencia de Telecomunicaciones. (2012). Evolución de la telefonía móvil en Ecuador. *Revista institucional de la Superintendencia de Telecomunicaciones*, 16, (pp. 3-7). Autor. Recuperado de http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf
- Vallejo, H. (2006). *Telefonía celular*. Argentina

Luis Eduardo Peñafiel Yanza

Ing. en Telecomunicaciones de la Universidad Espíritu Santo - Ecuador

E-mail: luisedu_2007@hotmail.com

Franklin Chénche Villacís

Ing. en Electricidad, Especialización en Electrónica
Magister en Gestión de Proyectos
Docente tiempo completo de la Universidad Espíritu Santo - Ecuador

E-mail: frchenche@uees.edu.ec

