

Estudio, diseño y simulación de una red LTE (Long Term Evolution) para telefonía móvil en los valles de Tumbaco y Los Chillos utilizando software predictivo

Santamaría Naranjo Adriana Lucía, Manosalvas Barriga Henry Vladimir, Haro Raúl, Espinosa Nicolai

Resumen—Este artículo describe el estudio, diseño y simulación de una red LTE para la zona geográfica específica de los valles de Tumbaco y Los Chillos. Partiendo de datos específicos sobre la red que en la actualidad brinda el servicio de telefonía móvil para estas zonas en particular. Para el diseño se tomó en cuenta los principios teóricos que son, el fundamento de una red LTE, así como criterios propios de diseño a considerar que permitieron garantizar la cobertura en la zona para la que fue realizado el estudio; la simulación se realizó mediante el uso de herramientas de software como SIRENET PRO y QUALNET para realizar las pruebas sobre el funcionamiento del diseño de la red que se plantea en este artículo.

I INTRODUCCION

La tendencia que está marcando la evolución tecnológica de las comunicaciones móviles son básicamente dos aspectos, el primero el asombroso incremento del uso de internet y la proliferación de las redes de datos inalámbricas. En vista de esto, los operadores sienten la necesidad de implementar nuevas tecnologías que puedan hacer frente a este aumento de tráfico; y que además no represente costos extremadamente altos para los usuarios finales; impulsada por esta tendencia se origina lo que se conoce como LTE.

Teniendo una tasa pico en downlink de hasta 326,5 Mbps para 4x4 antenas, 172Mbps para 2x2 antenas. Espectro de frecuencia de 20 MHz; tasa pico de Uplink de hasta 86,5 Mbps. Espectro de frecuencia 20 MHz. Al menos 200 usuarios activos por celda. Cuenta con una latencia mínima de 100 ms para el plano de control y hasta 10 ms para el plano de usuario. Ancho de banda adaptable de 1, 4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz según su necesidad.

La arquitectura de una red LTE se ilustra en la Fig. N.1, en donde se muestra los componentes principales 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.

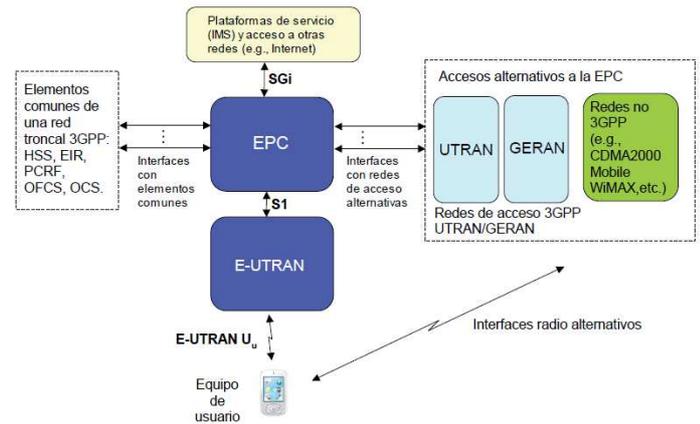


Fig. 1 Arquitectura de una red LTE [1]

Dentro de los servicios que ofrecería una red con esta tecnología se tiene:

- High Definition (HD) video streaming
- Videoconferencia
- Sincronización con otros dispositivos
- Web en tiempo real
- Juegos en línea en tiempo real

II ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se partió de una inspección del sector geográfico sobre el cual se desarrolla el proyecto, considerando lugares de mayor densidad poblacional, sectores estratégicos que concentran un mayor número de usuarios, considerando la operadora con mayor presencia y penetración.

El valle de Tumbaco se encuentra a 14 Km al Noroeste de Quito, la altura máxima del sector es de 2643 m sobre el nivel del mar a la altura de la Av. Simón Bolívar. El valle de Tumbaco se extiende sobre un terreno irregular porque tiene grandes depresiones hidrográficas con la presencia del río Chiche y el río Machángara. La población aproximada en el área delimitada de 40000 habitantes.

En el valle de los Chillos tiene una altura promedio de 2500 m sobre el nivel del mar, se podría decir que relativamente es plano con ligeras ondulaciones. La población de esta región es de 56.794 habitantes.

III MEDICIONES DE TELEFONÍA MÓVIL

A. Toma de Datos

El propósito es identificar las condiciones actuales en cuanto a parámetros específicos y que son de interés para el proyecto de la situación actual de la telefonía móvil dentro de la zona específica considerada.

Para la toma de la muestra se identificó las posibles zonas con mayor demanda, considerando estos como sitios de referencia debido a que son lugares en donde se encuentran instaladas las torres celulares. El propósito es determinar datos como: el tipo de red, potencia de la señal, velocidades de subida y bajada de datos y la latencia, mediante el uso del programa de Ookla SPEEDTEST.NET

Los resultados obtenidos fueron:

VALLE DE LOS CHILLOS						
Lugar	Tipo de red	Canales de alta velocidad	Sensibilidad	Velocidad al bajar datos	Velocidad al subir datos	Latencia
TRIÁNGULO	UM TS	HSPA	-53 dBm	1,89 Mbps	0,21 Mbps	381 ms
PARQUE DE SANGOLQUI	UM TS	HSPA	-63 dBm	1,87 Mbps	0,28 Mbps	191 ms
SAN LUIS	UM TS	HSPA	-79 dBm	1,93 Mbps	0,23 Mbps	198 ms
RIVER MALL	UM TS	HSPA	-83 dBm	1,87 Mbps	0,35 Mbps	165 ms
ESPE	UM TS	HSPA	-79 dBm	1,87 Mbps	0,38 Mbps	138 ms
VÍA AL TINGO	UM TS	HSPA	-76 dBm	1,78 Mbps	0,29 Mbps	247 ms

Tabla .1 Datos obtenido en el valle de Los Chillos

VALLE DE TUMBACO						
Lugar	Tipo de red	Canales de alta velocidad	Sensibilidad	Velocidad al bajar datos	Velocidad al subir datos	Latencia
PRIMAVERA	UM TS	HSPA	-50 dBm	1,90 Mbps	0,28 Mbps	281 ms
TUMBACO	UM TS	HSPA	-73 dBm	1,25 Mbps	0,81 Mbps	291 ms
HOSPITAL VALLES	UM TS	HSPA	-83 dBm	1,65 Mbps	0,28 Mbps	278 ms
MORITAI	UM TS	HSPA	-63 dBm	1,37 Mbps	0,30 Mbps	175 ms
CENTRO COMERCIAL DE TUMBACO	UM TS	HSPA	-75 dBm	1,38 Mbps	0,32 Mbps	187 ms
PARQUE DE TUMBACO	UM TS	HSPA	-78 dBm	1,68 Mbps	0,19 Mbps	247 ms

Tabla. 2 Datos obtenidos en el valle de Tumbaco

IV DISEÑO DE LA RED

Para el presente proyecto se ha elegido, evaluar para tres tipos de modelos de propagación, con el fin de determinar el comportamiento de la red, y cuál sería el idóneo a ser aplicado para este estudio.

A Modelo de Propagación en el Espacio Libre.

La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$L_{bf} = 32.5 + 20 \log(d \text{ Km}) + 20 \log(f \text{ Mhz}) \quad (1)$$

De aplicar la ecuación (1) para las frecuencias estudiadas y considerando una distancia teórica de 1.5 Km se tiene los siguientes resultados, resumidos en la tabla. 3

ESPACIO LIBRE		
Frecuencia	Distancia	Pérdida
850 Mhz	1.5 Km	94,61 dB
900 Mhz	1.5 Km	95,11 dB
1900 Mhz	1.5 Km	101,59 dB

Tabla. 3 Pérdidas en el espacio libre

B. Modelo de Propagación de Okamura-Hata.

El método de Okamura es muy prolijo y, en algunos aspectos, subjetivo, pero proporciona resultados bastante acordes con las mediciones.

Los resultados se muestran en la tabla. 4

OKAMURA-HATA				
Frecuencia	Distancia	Altura de la Torre	Altura del móvil	Pérdidas
850 Mhz	1,5 Km	30 m	1,5 m	128,69 dB
900 Mhz	1,5 Km	30 m	1,5 m	129,34 dB
1900 Mhz	1,5 Km	30 m	1,5 m	141,46 dB

Tabla. 4 Modelo de Okamura-Hata

C Modelo de Propagación COST 231 Walfisch-Ikegami.

Este modelo está restringido a terrenos urbanos planos.

COST 231 Walfisch-Ikegami.	
Frecuencia	Pérdida
850 Mhz	136,51 dB
900 Mhz	137,90 dB
1900 Mhz	151,13 dB

Tabla. 5 Modelo COST 231 Walfisch-Ikegami.

Para el diseño del sistema celular se puede tomar en cuenta muchos factores interdependientes, entre los que se pueden destacarse los siguientes:

- Cobertura radioeléctrica.
- Limitación de frecuencia
- Movilidad de los usuarios.
- Distribución del tráfico
- Introducción a nuevos servicios.

A lo mencionado anteriormente se suma un factor que es muy importante que es el económico, ya que depende la situación se debe adquirir o alquilar las ubicaciones de las estaciones base, disponer su infraestructura: casetas de equipos, energía eléctrica, torres de antenas, accesos, enlaces de comunicaciones, etc. Es cierto que la calidad de servicio mejora cuanto mayor es el número de células, pero también crecen los costos. Por este motivo siempre hay que tener en cuenta el de optimizar la relación calidad/costo, ponderando debidamente el factor calidad y sobretodo siempre debe considerarse que una red no está cerrada sino que deberá ajustarse y modificarse con el tiempo para atender al crecimiento de la red y mantener la calidad del servicio.

D. Cálculo del área y número de celdas

Valle de Los Chillos:

Mediante la ecuación (2) se realiza el cálculo de la superficie de la celda

$$S_c = \frac{3\sqrt{3}R^2}{2} (2)$$

Considerando que el área del estudio en el valle de los Chillos es de $A_T = 55 \text{ Km}^2$, y considerando un radio 1.5 Km, se calcula el número de celdas:

$$S_c = \frac{3 * R^2 * \sqrt{3}}{2} = 5,84 \text{ Km}^2$$

Número de Celdas

$$N^{\circ}eNB = \frac{A_T}{A_{celdas}}$$

$$N^{\circ}eNB = \frac{55}{5,84} = 9,42 \text{ Celdas}$$

Se necesitaría un total de 9 celdas, para cubrir toda la superficie.

Las posibles ubicaciones serían las detalladas en la tabla.6

LUGAR.	COORDENADAS.	
San Rafael	0°18'34.86"S	78°28'26.29"O
San Rafael terreno.	0°19'21.89"S	78°29'14.81"O
San Rafael.	0°20'37.95"S	78°28'54.54"O
San Rafael.	0°19'34.06"S	78°28'01.45"O
Triángulo.	0°17'58.83"S	78°27'26.35"O
DANEC	0°20'40.74"S	78°27'19.89"O
El Choclo	0°20'6.10"S	78°26'28.55"O
Sangolquí	0°19'31.32"S	78°26'57.78"O
ESPE	0°18'50.93"S	78°26'31.50"O

Tabla. 6 Localización de las celdas para LTE para los Chillos.

Valle de Tumbaco:

Mediante la ecuación (2) se realiza el cálculo de la superficie de la celda

Considerando que el área del estudio en el valle de Tumbaco es de $A_T = 40 \text{ Km}^2$, y considerando un radio 1.5 Km, se calcula el número de celdas:

$$A = \frac{3xR^2x\sqrt{3}}{2} = 5,84 \text{ Km}^2$$

Número de Celdas

$$N^{\circ}eNB = \frac{A_T}{A_{celdas}}$$

$$N^{\circ}eNB = \frac{40}{5,84} = 6,84 \text{ Celdas}$$

Se necesitaría un total de 7 celdas, para cubrir toda la superficie.

Las posibles ubicaciones serían las detalladas en la tabla.7

LUGAR.	COORDENADAS.	
Reservorio.	0°11'46.26"S	78°25'57.20"O
Cumbaya.	0°12'52.52"S	78°25'54.64"O
Vía a Cunuyácu.	0°13'4.96"S	78°24'50.52"O
El Nacional.	0°12'20.99"S	78°24'54.11"O
Tumbaco.	0°11'48.58"S	78°24'14.11"O
Tumbaco.	0°11'27.77"S	78°23'11.55"O
Tumbaco.	0°12'53.45"S	78°23'19.92"O

Tabla. 7 Localización de las celdas para LTE para Valle de Tumbaco.

V SIMULACIÓN DE LA RED

A SIRENET

Mediante el uso de la herramienta de software SIRENET Profesional se realizó la simulación de la cobertura que brindará la red diseñada. Para la configuración se tomó en cuenta el modelo de propagación COST 231 Walfisch-Ikegami. En las siguientes figuras se muestra los resultados de la simulación tanto para el Valle de Los Chillos como de Tumbaco.

Valle de Los Chillos

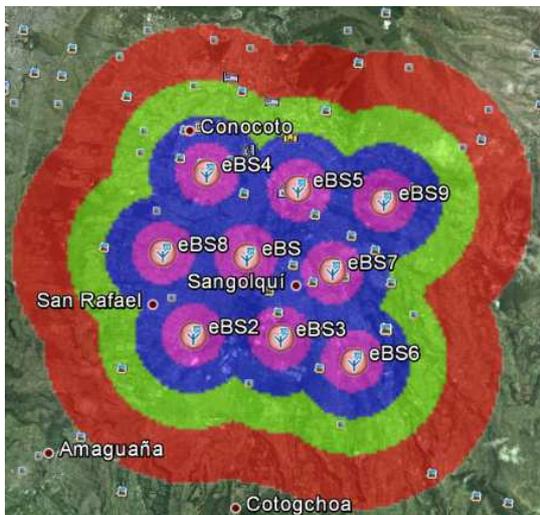


Fig.2 Simulación SIRENET f=1900 MHz Valle de Los Chillos

Los resultados obtenidos para las frecuencias de 900 MHz y para 850MHz se muestran en la tabla.8

Valores obtenidos en la simulación	Distancia(Km) f=900 MHz	Distancia(Km) f=850 MHz
Rosado -86,46 dBm ≤ P	1.71	1.85
Azul -96,46 dBm ≤ P < -86,46 dBm	3.17	3.47
Verde -104,5 dBm ≤ P < -96,46 dBm	5.33	5.67
Rojo -112 dBm ≤ P < -104,5 dBm	No existe cobertura	No existe cobertura

Tabla. 8 Resultados

Valle de Tumbaco



Fig. 3 Simulación SIRENET f=1900 MHz

Los resultados obtenidos para las frecuencias de 900 MHz y 850 MHz se muestran en la tabla. 9

Valores obtenidos en la simulación	Distancia(Km) f=900 MHz	Distancia(Km) f=850 MHz
Rosado -86,46 dBm ≤ P	1.71	1.85
Azul -96,46 dBm ≤ P < -86,46 dBm	3.17	3.47
Verde -104,5 dBm ≤ P < -96,46 dBm	5.33	5.67
Rojo -112 dBm ≤ P < -104,5 dBm	No existe cobertura	No existe cobertura

Tabla. 9 Resultados

B QUALNET

La particularidad que ofrece este programa es que permite visualizar el comportamiento e interactividad de la estación base con los equipos de usuario suscritos a él. Se tomará en cuenta un enlace entre dos E-UTRAN y varios móviles a los cuales se inyectarán tráfico, y así ver el comportamiento y obtener resultados de funcionamiento de la red LTE. Analizando a todos los móviles con CBR, VCR y TELNET. La simulación se muestra en la fig. 4

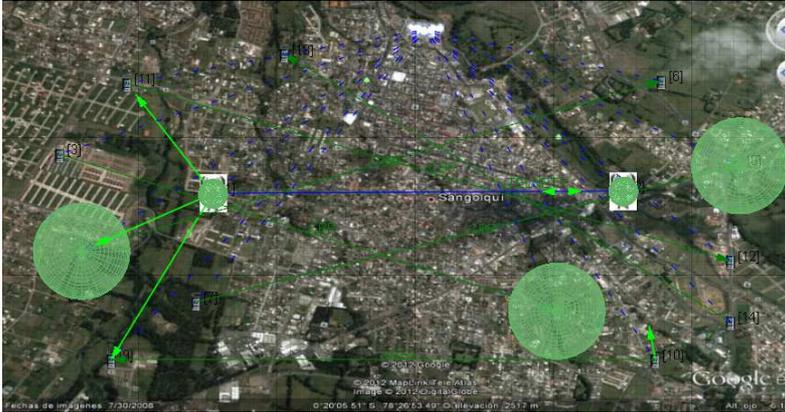


Fig. 4 Simulación QUALNET

Como se observa en la figura 15, existe comunicación entre las e-UTRAN's y los móviles, asegurando así el radioenlace entre los usuarios y la red LTE, al finalizar la simulación se podrán visualizar los datos de la capa de aplicación, y la capa de transporte.

Inyectando un tráfico CBR los resultados arrojados por la red son los que se muestran en la tabla.10

Usuario	Paquetes recibidos	Throughput (bits/s)
4	90000 bytes	40960000,00
6	40000 bytes	18204444,44
8	40000 bytes	18204444,44

Tabla. 10 Throughput del CBR en bits/s

VI CONCLUSIONES

La tecnología LTE es viable, y de hecho las exigencias del usuario orientado cada vez a mayores velocidades y nuevos servicios, obligará de cierta forma a las operadoras a migrar a esta tecnología, y por esto es necesario que se realice un estudio a nivel de las entidades encargadas de la regulación de telecomunicaciones en el País, como SENATEL, para que se asigne la banda de frecuencias en la que las operadoras podrían desarrollar redes basadas en tecnología LTE.

Fue necesario realizar un monitoreo de las UTRAN existente en los valles de Tumbaco y los Chillos para evaluar la velocidad de carga y descarga, la latencia y el tipo de red que para estos sectores es UMTS con sus canales de alta velocidad que es HSPA, utilizando un software conocido como SpeedTest.net certificado por la FCC.

El software para simulaciones de redes radioeléctricas SIRENET Profesional, fue utilizado para evaluar sobre un modelo de propagación parámetros como la cobertura y solapamiento de la señal, utilizando mapas digitales que permiten visualizar el relieve y este a su vez facilita encontrar los puntos muertos de la señal producida con valores de sensibilidad ≤ -112 dBm, por las características propias del terreno en los Valles de Tumbaco y los Chillos.

Los resultados de SIRENET profesional permitieron tomar decisiones en cuanto a los puntos geográficos, y en qué lugar se debería colocar las EUTRAN para evitar que una EUTRAN brinde cobertura sobre una zona que ya se encuentra considerada por otras zonas que no estén consideradas.

El segundo software utilizado fue QualNet, el propósito de emplearlo fue el de poder ampliar el aspecto de la simulación y enfocarlo hacia otro punto importante como la evaluación del desempeño de la red al inyectar distintos tipos de Tráfico, permitiendo ingresar las especificaciones técnicas establecidas por la 3GPP.

Los resultados obtenidos en QualNet, permite comparar la velocidad de carga y descarga teórica y estos resultados a la vez con las redes HSPA instalada en los valles de Tumbaco y los Chillos, permitiendo contrastar con el desempeño de la red LTE simulada, obteniendo altas velocidades en la transferencia de datos, utilizando varios usuarios con diferentes protocolos de transportes al mismo tiempo como son el CBR con velocidad de 18,3 Mbps hasta 40,9 Mbps, VBR, Telnet con velocidad de 5 hasta 8 bps.

La posibilidad de migrar el sistema actual de telefonía celular a cuarta generación en los Valles de Tumbaco y Los Chillos, es viable, aunque este implica retos que abarcan aspectos tanto tecnológicos como económicos para las operadoras de telefonía celular; mejorando la calidad de servicio, calidad de experiencia, que implica utilizar dispositivos móviles que permitirán potencializar todos los servicios de la red LTE.

El estudio del tráfico procura tomar en cuenta las consideraciones sobre las necesidades tanto en capacidad como velocidad que en corto plazo demandará la red móvil. Por este motivo se tomó en cuenta parámetros como la densidad de usuario, que toma en cuenta el aumento de E-

UTRAN's necesarias para cubrir los requerimientos y expectativas de la red diseñada, eficiencia espectral, demanda de tráfico

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda que los entes de control y regulación como son la SENATEL, SUPERTEL, realicen un estudio para asignar un mayor ancho de banda, ya que LTE para su explotación total debe ser de 20 MHz, debido al rápido crecimiento de datos móviles y el tráfico se ha creado la necesidad de espectro adicional, tomando en cuenta que LTE-Advanced necesita un ancho de banda de 100MHz.

Se recomienda que se realicen estudios sobre la gestión de traspaso de llamada de voz a redes 2G, 3G y la calidad de servicio de la llamada al salir de la cobertura de la red LTE.

Se recomienda realizar un estudio sobre el impacto que tendría el uso de antenas inteligentes, que utiliza LTE, con respecto a las radiaciones no ionizantes.

Es recomendable que las Fuerzas Armadas tomando como referencia los resultados obtenidos en el presente proyecto, planifique la actualización del backbone de la red hacia MPLS-IP, con el propósito de potencializarla en aspectos como la capacidad, velocidad y servicios

REFERENCIAS

- [1] LTE: Nuevas tendencias en comunicaciones móviles. Ramón Agusti Comes, Fernando Casadevall Palacio, Francisco Bernardo Álvarez, Editorial Fundación Vodafone España 2010.
- [2] Manual de Sirenet 3.6 en español.
- [1] Comunicaciones móviles. José Rábanos, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A
- [2] Diseño y simulación de una red con tecnología WIMAX (IEEE 802.16-2004) para el Campus Politécnico de la ESPE.
- [3] URL: <http://www.senatel.gob.ec>. Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.
- [4] Manual de Sirenet 3.6 en español.
- [5] Estudio de Factibilidad para la implementación de LTE (Long Term Evolution) en el Ecuador.
- [6] UMTS: Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación IMT-2000 (UMTS), Vicente Martínez, Leandro de Haro, José Hernando Rábanos, Editorial Fundación Vodafone.

[7] Transmisión pro radio, José María Rábanos, Sexta edición, Editorial universitaria Ramón Areces.

[8] Estudio de antenas inteligentes y principales aplicaciones en la telefonía móvil.

[9] Comunicaciones móviles. José Rábanos, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.

[10] LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Harri Holma and Antti Toskala. Edition first 2009.

[11] <http://www.3gpp.org/Dispelling-LTE-Myths>

[12] http://www.nokiasiemensnetworks.com/press/press-releases/nokia-siemens-networks_rings-another-first-lte-3gpp-standardized-voice-calls.

[13] TS 123.272 V9.2.0 (2010-01), 3GPP.

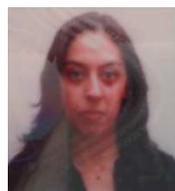
[14] <http://www.huawei.com/en/>

[15] <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36-series.htm>

BIOGRAFÍAS



Henry Vladimir Manosalvas Barriga, nació en Quito, Ecuador. Obtuvo el título de bachiller en Físico Matemático en el Colegio Nacional Mejía. Capitán del Ejército Ecuatoriano, su carrera universitaria la realizó en la Escuela Politécnica del Ejército, en la facultad de Eléctrica y Electrónica especialidad Telecomunicaciones.



Adriana Lucía Santamaría Naranjo, nació en Ambato, Ecuador. Obtuvo el título de bachiller en Físico Matemático en el Colegio de la Inmaculada. Sus estudios universitarios los realizó en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE, en la facultad de Eléctrica y Electrónica especialidad Telecomunicaciones.