



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS) DE LA TECNOLOGÍA  
MÓVIL HSPA+, Y SU MIGRACIÓN A LA TECNOLOGÍA LTE”**

**TESIS DE GRADO**

PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Presentado por:

MARÍA SOLEDAD MOPOSITA ALVAREZ

MARÍA GABRIELA MOYANO JÁCOME

RIOBAMBA- ECUADOR

2015

Queremos agradecer a Dios por habernos dado fuerzas y guiarnos en este camino lleno de aprendizaje y sabiduría.

A los Ingenieros Vinicio Ramos y Tony Flores por habernos guiado en el desarrollo de este documento.

Agradecemos infinitamente a todo el personal de la CNT-EP Ambato, CNT-EP Riobamba especialmente al Ing. Felipe Brito por habernos brindado y colaborado en todo lo necesario para poder culminar nuestro proyecto de tesis.

Al Ing. Alberto Arellano y al Ing. Alex Troya por sus sugerencias y consejos hacia el presente trabajo.

De igual manera agradecemos a nuestras familias que siempre nos alentaron a esforzarnos, enseñándonos que todo esfuerzo trae su recompensa.

**Gabriela y Soledad**

A Dios por haberme dado la vida y mucha fuerza para enfrentar todas las pruebas y poder culminar mi formación profesional.

A mi madre por ser esa persona que me apoyo incondicionalmente quien me enseñó a luchar por lo que quiero, a que es mejor dar que recibir, gracias por siempre estar ahí. A mi padre que aunque no esté en cuerpo siempre me ha estado mandado sus bendiciones desde el cielo y sé que estas feliz al saber que logrado una meta más en mi vida.

A mi hermano por ser esa personita que con sus locuras alegra mi vida en los momentos más difíciles.

A Luis por ser el amigo y novio que estuvo ahí apoyándome, brindándome su amor y comprensión en este largo caminar.

A toda mi familia abuelitos, tíos que de una u otra forma siempre me apoyaron y me dieron palabras de aliento.

A mi compañera Soledad por haberme tenido paciencia y poder llegar juntas al final del camino.

A mis amigos del alma Betty, Pablo que me brindaron su amistad incondicional quienes me dieron consejos para que no desmaye en esta lucha.

**Gaby**

Esta tesis dedico a mi divino niño Dios y a la virgen Maria por haberme dado la sabiduría y la fuerza necesaria para poder concluir con una etapa más de mi vida, y enseñarme que con amor, humildad y paciencia toda es posible.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy

Con todo mi cariño e infinito amor para los seres más especiales del mundo mis padres: Rodrigo Moposita y Maria Nela Alvarez, quienes con sus consejos y apoyo incondicional estuvieron conmigo siempre alentándome para que yo pudiera lograr mis sueños.

A mis hermanos Ibeth, Rodrigo, y a mis cuñados por ser ese ejemplo vivo de lucha y perseverancia; pero sobre todo por enseñarme a no dejarme vencer por los obstáculos. Son los mejores.

A mis abuelitos y tíos por estar siempre al pendiente de mí a ustedes mi gratitud.

A Rommel por ser ese amigo y enamorado incondicional, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome tú apoyo.

**(El Éxito en la vida no se mide por lo que logras, sino por los obstáculos que superas. Autor, Desconocido)**

**Soledad**

**FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA.**

| <b>NOMBRE</b>                        | <b>FIRMA</b> | <b>FECHA</b> |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Ing. Gonzalo Samaniego. Ph.D.        |              |              |
| <b>DECANO DE LA FACULTAD</b>         | .....        | .....        |
| <b>DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.</b> |              |              |
| Ing. Franklin Moreno.                |              |              |
| <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE</b>     | .....        | .....        |
| <b>INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN</b>     |              |              |
| <b>TELECOMUNICACIONES Y REDES.</b>   |              |              |
| Ing. Vinicio Ramos.                  |              |              |
| <b>DIRECTOR DE TESIS.</b>            | .....        | .....        |
| Ing. Tonny Flores.                   |              |              |
| <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL.</b>         | .....        | .....        |
| <b>DIRECTOR DPTO.</b>                | .....        | .....        |
| <b>DE DOCUMENTACIÓN.</b>             |              |              |
| <b>NOTA DE LA TESIS:</b>             | .....        |              |

“Nosotras, **MARÍA SOLEDAD MOPOSITA ALVAREZ** y **MARÍA GABRIELA MOYANO JÁCOME**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la  
**“ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”**

-----

**María Soledad Moposita Alvarez**

-----

**María Gabriela Moyano Jácome**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

|                |   |
|----------------|---|
| <b>3GPP</b>    | Third Generation Partnership Project<br>Proyecto Asociación de Tercera Generación   |
| <b>8PKS</b>    | Eight Phase Shift Keying<br>Manipulación por desplazamiento de fase 8   |
| <b>AMPS</b>    | Advanced Mobile Phone System<br>Sistema Telefónico de Móvil Avanzado  |
| <b>AWS</b>     | Advanced Wireless Service<br>Servicio Inalámbrico Avanzado  |
| <b>BTS</b>     | Base Tranceiver Station<br>Transceptor de la Estación Base  |
| <b>CDMA</b>    | Code Division Multiple Access<br>Acceso Múltiple por División de Código   |
| <b>CEPT</b>    | European Conference of Postal and Telecommunications<br>Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones |
| <b>CID</b>     | Cell ID<br>Identificación de las celdas   |
| <b>CONATEL</b> | Consejo Nacional de Telecomunicaciones<br>National Telecommunications Council   |
| <b>CS</b>      | Circuit Switching<br>Conmutación de Circuitos   |
| <b>EDGE</b>    | Enhanced Data Rates for GSM Evolution<br>Tasa de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM                                       |
| <b>eNb</b>     | Universal Terrestrial Radio Access Network Base Stations<br>Estaciones Base de Radio Terrestre Universal de Red de Acceso       |
| <b>EPC</b>     | Evolved Packet Core<br>Núcleo de Paquete Evolucionado   |
| <b>ETSI</b>    | European Telecommunications Standards Institute<br>Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones                            |
| <b>E-UTRAN</b> | Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network<br>Red de Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado UMTS                   |
| <b>FDD</b>     | Frequency Division Duplex<br>Duplicación por División de Frecuencia   |
| <b>FTP</b>     | File Transfer Protocol<br>Protocolo de Transferencia de Archivos  |
| <b>GGSN</b>    | Gateway GPRS Support Node<br>Nodo de Pasarela de Soporte de servicios GPRS  |
| <b>GPRS</b>    | General Packet Radio Service<br>Servicio General de Paquetes Vía Radio  |
| <b>GPS</b>     | Global Positioning System<br>Sistema de Posicionamiento Global  |
| <b>GMSK</b>    | Gaussian Minimum Shift Keying<br>Modulación con Desplazamiento Mínimo Gaussiano   |
| <b>GSA</b>     | Global Mobile Communications Association<br>Asociación Global de Comunicaciones Móviles   |
| <b>GSM</b>     | Global System for Mobile Communications<br>Sistema Global de Comunicaciones Móviles   |
| <b>GTP</b>     | GPRS Tunnel Protocol  |

|                 |  |
|-----------------|--|
|                 | Protocolo de Túnel GPRS  |
| <b>HSCSD</b>    | High Speed Circuit Switched Data<br>Transmisión de Datos a Alta Velocidad por Circuitos Conmutados                           |
| <b>HSPA</b>     | High Speed Packet Access<br>Paquetes de Acceso de Alta Velocidad   |
| <b>HSPA+</b>    | Evolved High Speed Packet Access<br>Paquetes de Acceso de Alta Velocidad Evolucionado  |
| <b>HTTP</b>     | Hypertext Transfer Protocol<br>Protocolo de Transferencia de Hipertexto  |
| <b>IMEI</b>     | International Mobile Equipment Identify<br>Identidad Internacional de Equipo Móvil   |
| <b>IMS</b>      | Subsistema Multimedia IP<br>IP Multimedia Subsystem  |
| <b>IMSI</b>     | International Mobile Subscriber Identity<br>Identidad Internacional del Abonado Móvil  |
| <b>IMT-2000</b> | International Mobile Telecommunications 2000<br>Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000                              |
| <b>INEC</b>     | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos<br>National Institute of Statistics and Censuses                                 |
| <b>IP</b>       | Internet Protocol<br>Protocolo de Internet   |
| <b>ISP</b>      | Internet Service Provider<br>Proveedor de Servicio de Internet   |
| <b>LAC</b>      | Location Area Code<br>Código de Área de Ubicación  |
| <b>LTE</b>      | Long Time Evolution<br>Evolución a Largo Plazo   |
| <b>MAC</b>      | Media Access Control<br>Control de Acceso al Medio   |
| <b>MCC</b>      | Mobile Country Code<br>Código de País Móvil  |
| <b>MIMO</b>     | Multiple Input Multiple Output<br>Múltiple Entrada Múltiple Salida   |
| <b>MINTEL</b>   | Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información<br>Ministry of Telecommunication and Information Society |
| <b>MNC</b>      | Mobile Network Code<br>Código de Red Móvil   |
| <b>MSC</b>      | Mobile Switching Center<br>Central de Conmutación Móvil  |
| <b>MTSO</b>     | Mobile Telephony Switching Office<br>Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil   |
| <b>NMT</b>      | Telefonía Móvil Nórdica  |

|                |   |
|----------------|---|
| <b>OFDMA</b>   | Orthogonal Frequency Division Multiple Access<br>Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal                         |
| <b>PEA</b>     | Población Económicamente Activa<br>Economically Active Population   |
| <b>PING</b>    | Packet Internet Groper<br>Buscador de Paquetes en Redes   |
| <b>PS</b>      | Packet Switching<br>Conmutación de Paquetes   |
| <b>QAM</b>     | Modulación de Amplitud en Cuadratura<br>Quadrature Amplitude Modulation   |
| <b>QoS</b>     | Quality of service<br>Calidad de Servicio   |
| <b>RDSI</b>    | Red de Servicios Integrados<br>Integrated Services Network  |
| <b>RF</b>      | Radiofrecuencia<br>Radio Frequency  |
| <b>RX</b>      | Receptor<br>Receiver  |
| <b>RLC</b>     | Layer Radio Link Control<br>Capa de Control de Radio Enlace   |
| <b>RNC</b>     | Radio Network Controller<br>Controlador de la Red Radio   |
| <b>RNS</b>     | Radio Network Subsystem<br>Subsistema de la Red Radio   |
| <b>RRC</b>     | Radio Resource Control<br>Control de Recursos de Radio  |
| <b>RSSI</b>    | Received Signal Strenght Indicator<br>Indicador de Fuerza de Señal de Recepción   |
| <b>SAE</b>     | System Architecture Evolution<br>Evolución de la Arquitectura del Sistema   |
| <b>SC-FDMA</b> | Single Carrier Frecuency Division Multiple Access<br>Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal de Portadora Simple |
| <b>SIM</b>     | Subscriber Identify Module<br>Módulo de Identificación de Abonado   |
| <b>SGSN</b>    | Serving GPRS Support Node<br>Nodo de Soporte de Servicios GPRS  |
| <b>SMA</b>     | Servicio Móvil Avanzado<br>Advanced Mobile Service  |
| <b>SNR</b>     | Relación Señal a Ruido<br>Signal to Noise Ratio   |
| <b>TACS</b>    | Sistema de Comunicación de Acceso Total<br>System Total Access Communication  |
| <b>TDD</b>     | Time Division Duplex<br>Duplexación por División de Tiempo  |
| <b>TDM</b>     | Time Division Multiplexing<br>Multiplexado por División de tiempo   |
| <b>TDMA</b>    | <b>Time Division Multiple Access</b><br>Acceso Múltiple por División de Tiempo  |
| <b>TIC</b>     | Tecnología de la Información y la Comunicación<br>Information Technology and Communication                                    |

|              |   |
|--------------|---|
| <b>TRAU</b>  | Transcoder and Rate Adaption Unit<br>Transcodificador y Unidad de Adaptación de Velocidad       |
| <b>Tx</b>    | Transmitter<br>Transmisor   |
| <b>UE</b>    | User Equipment<br>Equipo de Usuario   |
| <b>UIT</b>   | Unión Internacional de Telecomunicaciones<br>International Telecommunication Union              |
| <b>UMTS</b>  | Universal Mobile Telecommunication System<br>Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles    |
| <b>USSD</b>  | Unstructured Supplementary Service Data<br>Servicio Suplementario de Datos no Estructurados     |
| <b>VoLTE</b> | Voice over LTE<br>Voz sobre LTE   |
| <b>WCDMA</b> | Wideband Code Division Multiple Access<br>Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha |
| <b>WiFi</b>  | Wirless Fidelity<br>Fidelidad Inalámbrica   |
| <b>XBS</b>   | Base Central Station<br>Estación Central de Base  |

# ÍNDICE GENERAL

## INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. MARCO REFERENCIAL .....</b>              | <b>20</b> |
| 1.1. ANTECEDENTES .....                        | 20        |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS ..... | 22        |
| 1.3. OBJETIVOS .....                           | 23        |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....                   | 23        |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....              | 23        |
| 1.4. HIPÓTESIS .....                           | 24        |

### CAPITULO II

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>   | <b>25</b> |
| 2.1. MARCO REGULATORIO EN EL ECUADOR.....   | 25        |
| 2.1.1. INTRODUCCIÓN.....  | 25        |
| 2.1.2. ESTRUCTURA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN.....  | 26        |
| 2.1.3. ASPECTOS REGULATORIOS EN EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....                                | 27        |
| 2.1.4. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES .....  | 28        |
| 2.1.4.1. SERVICIOS FINALES.....   | 28        |
| 2.1.4.2. SERVICIOS PORTADORES.....  | 29        |
| 2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS EN EL ECUADOR.....                                      | 29        |
| 2.2.1. NÚMEROS DE USUARIO DE TELEFONÍA MÓVIL .....  | 29        |
| 2.2.2. PLATAFORMA DESPLEGADA PARA LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL..                           | 32        |
| 2.2.2.1. OTECEL S.A.....  | 32        |
| 2.2.2.2. CONECEL S.A.....   | 33        |
| 2.2.2.3. CNT EP .....   | 35        |
| 2.2.3. BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LAS OPERADORAS SEGÚN EL PLAN<br>NACIONAL DE FRECUENCIAS ..... | 36        |
| 2.3. REDES DE TELEFONÍA MÓVIL .....   | 37        |
| 2.3.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA CELULAR.....   | 37        |
| 2.3.1.1. TERMINAL MÓVIL.....  | 37        |
| 2.3.1.2. ESTACIÓN BASE .....  | 38        |
| 2.3.1.3. ESTACIÓN DE CONTROL Y CONMUTACIÓN .....  | 39        |
| 2.3.1.4. RADIO CANALES .....  | 39        |
| 2.3.2. ARQUITECTURA BÁSICA DE UNA RED MÓVIL (MODO GLOBAL) .....                                 | 40        |
| 2.3.3. REDES DE ACCESO A INTERNET MÓVIL.....  | 41        |
| 2.3.3.1. ELEMENTOS DE REDES DE ACCESO A INTERNET.....   | 41        |
| 2.4. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL VIA GSM .....  | 42        |
| 2.4.1. CAMINOS MIGRATORIOS.....   | 44        |
| 2.4.1.1. EDGE .....   | 44        |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.4.1.2. | UMTS .....   | 47 |
| 2.4.1.3. | WCDMA .....  | 48 |
| 2.4.1.4. | HSPA .....   | 49 |
| 2.4.1.5. | LTE .....  | 53 |
| 2.4.2.   | RESUMEN DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA .....          | 55 |
| 2.5.     | HANDOVER .....                                     | 57 |
| 2.5.1.   | TIPOS DE HANDOVER.....                             | 57 |
| 2.6.     | CALIDAD DE SERVICIO.....                           | 59 |
| 2.6.1.   | INDICADORES DE LA CALIDAD DE SERVICIOS (QOS) ..... | 60 |
| 2.6.1.1. | LA ACCESIBILIDAD DE LA RED.....                    | 60 |
| 2.6.1.2. | LA ACCESIBILIDAD DEL SERVICIO.....                 | 60 |
| 2.6.1.3. | INTEGRIDAD DEL SERVICIO .....                      | 61 |

### CAPITULO III

|           |                                      |           |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>3.</b> | <b>MARCO METODÓLOGICO.....</b>       | <b>62</b> |
| 3.1.      | TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....        | 62        |
| 3.2.      | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....     | 63        |
| 3.3.      | MATERIALES.....                      | 63        |
| 3.3.1.    | TELÉFONOS INTELIGENTES .....         | 63        |
| 3.3.2.    | TEMS MOBILEINSIGHT.....              | 66        |
| 3.3.3.    | FUNCIONES DE TEMS MOBILEINSIGHT..... | 66        |
| 3.4.      | POBLACIÓN Y MUESTRA.....             | 82        |

### CAPITULO IV

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>   | <b>85</b> |
| 4.1.      | PARÁMETRO INTEGRIDAD DEL SERVICIO.....  | 86        |
| 4.1.1.    | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (DOWNLOAD). .....  | 87        |
| 4.1.2.    | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (UPLOAD).....      | 89        |
| 4.2.      | PARÁMETRO ACCESIBILIDAD DEL SERVICIO.....   | 91        |
| 4.2.1.    | TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO EN HTTP .....  | 92        |
| 4.2.1.1.  | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO FACEBOOK. .... | 92        |
| 4.2.1.2.  | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO GOOGLE.....    | 94        |
| 4.2.1.3.  | ANÁLISIS E ITERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO YOUTUBE .....   | 96        |
| 4.2.2.    | RESULTADO DE ACCESO AL SERVICIO EN HTTP .....                                       | 98        |
| 4.2.2.1.  | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESOS AL SERVICIO FACEBOOK .....       | 98        |
| 4.2.2.2.  | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESO AL SERVICIO GOOGLE .....          | 100       |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 4.2.2.3. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESO AL SERVICIO YOUTUBE .....               | 102 |
| 4.2.3.   | TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO EN FTP.....  | 104 |
| 4.2.3.1. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESOS AL SERVICIO FTP .....           | 104 |
| 4.2.3.2. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (UPLOAD Y DOWNLOAD)..... | 106 |
| 4.3.     | PARAMETRO ACCESIBILIDAD DE LA RED.....  | 108 |
| 4.3.1.   | ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS COBERTURA .....                                   | 108 |

## **CAPÍTULO V**

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>5.</b> | <b>GUÍA DE MIGRACIÓN .....</b>         | <b>109</b> |
| 5.1.      | INTRODUCCIÓN.....                      | 109        |
| 5.2.      | PLAN DE MIGRACIÓN .....                | 110        |
| 5.2.1.    | SERVICIO ÚNICAMENTE DE DATOS.....      | 110        |
| 5.2.1.1.  | PLAN TARIFARIO MIFI.....               | 111        |
| 5.2.2.    | SERVICIO DE DATOS+ VOZ.....            | 112        |
| 5.2.2.1.  | PLAN TARIFARIO LTE SMARTHPHONE .....   | 114        |
| 5.2.3.    | SERVICIO DE VOZ INTEGRADO EN LTE ..... | 114        |

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **SUMMARY**

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla II. I</b> Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador MOVISTAR .....  | 33  |
| <b>Tabla II. II</b> Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador CLARO .....    | 34  |
| <b>Tabla II. III</b> Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador CNT EP.....   | 35  |
| <b>Tabla II. IV</b> Frecuencias Comprendidas de las Operadoras .....                | 36  |
| <b>Tabla II. V</b> Evolución Tecnológica.....                                       | 56  |
| <b>Tabla III. VI</b> Especificaciones Técnicas de los Celulares .....               | 65  |
| <b>Tabla III. VII</b> Código MCC y MNC Ecuador .....                                | 72  |
| <b>Tabla III. VIII</b> Información de los Rangos de Cobertura .....                 | 77  |
| <b>Tabla III. IX</b> Tecnologías de Acceso como Población de la Investigación ..... | 83  |
| <b>Tabla III. X</b> Cronograma de actividades.....                                  | 84  |
| <b>Tabla V. XI</b> Plan Pospago MIFI.....   | 111 |
| <b>Tabla V. XII</b> Terminales que soporta LTE .....                                | 113 |
| <b>Tabla V. XIII</b> Bandas compatible en el País.....                              | 113 |
| <b>Tabla V. XIV</b> Plan LTE Smartphone.....  | 114 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura II. 1</b> Estructura MINTEL .....   | 27 |
| <b>Figura II. 2</b> Canalización de Frecuencias SMA y sus concesionarios.....             | 28 |
| <b>Figura II. 3</b> Distribución del Mercado de Telefonía Móvil por tipo de abonado ..... | 30 |
| <b>Figura II. 4</b> Participación en el mercado en líneas activas de cada operador.....   | 31 |
| <b>Figura II. 5</b> Personas con teléfonos inteligentes a Nivel Nacional .....            | 32 |
| <b>Figura II. 6</b> Red Móvil .....   | 38 |
| <b>Figura II. 7</b> Topología de Red.....   | 40 |
| <b>Figura II. 8</b> Bandas de Frecuencia GSM .....  | 43 |
| <b>Figura II. 9</b> Evolutionary Steps of HSPA+ Networks.....                             | 50 |
| <b>Figura II. 10</b> MIMO 2X2 HSPA+ .....   | 51 |
| <b>Figura II. 11</b> Arquitectura 3GPP R7 .....   | 52 |
| <b>Figura II. 12</b> Arquitectura de los sistemas 3GPP (GSM, UMTS, LTE).....              | 54 |
| <b>Figura II. 13</b> Mecanismo de Hard- Handover.....                                     | 58 |
| <b>Figura II. 14</b> Mecanismo de Soft- Handover .....                                    | 58 |
| <b>Figura III. 15</b> Los smartphones lideran el consumo de datos móviles .....           | 63 |
| <b>Figura III. 16</b> Smartphones: a) Samsung Galaxy S5. b). Sony Xperia Z1.....          | 64 |
| <b>Figura III. 17</b> Interfaz Menú Tems MobileInsight.....                               | 66 |
| <b>Figura III. 18</b> Dashboard con LTE .....   | 67 |
| <b>Figura III. 19</b> Dashboard con HSPA+ .....   | 67 |
| <b>Figura III. 20</b> Speed Test LTE .....  | 70 |
| <b>Figura III. 21</b> Speed Test HSPA+ .....  | 70 |
| <b>Figura III. 22</b> Rx Level .....  | 73 |
| <b>Figura III. 23</b> Network HSPA+ .....   | 74 |
| <b>Figura III. 24</b> Network LTE.....  | 74 |
| <b>Figura III. 25</b> Coordenadas LTE .....   | 75 |
| <b>Figura III. 26</b> Coordenadas HSPA+ .....   | 75 |
| <b>Figura III. 27</b> Sistema GPS.....  | 76 |
| <b>Figura III. 28</b> Presentación del recorrido.....                                     | 78 |
| <b>Figura III. 29</b> Prueba Facebook LTE .....   | 79 |
| <b>Figura III. 30</b> Prueba Facebook HSPA+ .....   | 79 |
| <b>Figura III. 31</b> Interfaz Facebook HSPA+, LTE .....                                  | 79 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura III. 32</b> Prueba Google LTE .....                                     | 79  |
| <b>Figura III. 33</b> Prueba Google HSPA+ .....                                   | 79  |
| <b>Figura III. 34</b> Interfaz google HSPA+, LTE .....                            | 80  |
| <b>Figura III. 35</b> Prueba YouTube LTE.....                                     | 80  |
| <b>Figura III. 36</b> Prueba YouTube HSPA+ .....                                  | 80  |
| <b>Figura III. 37</b> Interfaz YouTube HSPA+, LTE.....                            | 81  |
| <b>Figura III. 38</b> Presentación final del recorrido .....                      | 81  |
| <b>Figura VI. 39</b> Velocidad de Transmisión (Download) Semana 1 LTE- HSPA+..... | 87  |
| <b>Figura VI. 40</b> Velocidad de Transmisión (Download) Semana 2 LTE- HSPA+..... | 87  |
| <b>Figura VI. 41</b> Promedio Download Velocidad de Transmisión LTE- HSPA+ .....  | 88  |
| <b>Figura VI. 42</b> Velocidad de Transmisión (Upload) Semana 1 LTE- HSPA+ .....  | 89  |
| <b>Figura IV. 43</b> Velocidad de Transmisión (Upload) Semana 2 LTE- HSPA+ .....  | 89  |
| <b>Figura IV. 44</b> Promedio Upload Velocidad de Transmisión LTE- HSPA+.....     | 90  |
| <b>Figura IV. 45</b> Tiempo de Conexión Facebook Semana 1 LTE- HSPA+ .....        | 92  |
| <b>Figura IV. 46</b> Tiempo de Conexión Facebook Semana 2 LTE- HSPA+ .....        | 92  |
| <b>Figura IV. 47</b> Promedio final Tiempo de conexión Facebook LTE- HSPA+.....   | 93  |
| <b>Figura IV. 48</b> Tiempo de Conexión Semana 1 Google LTE- HSPA+.....           | 94  |
| <b>Figura IV. 49</b> Tiempo de Conexión Semana 2 Google LTE- HSPA+.....           | 94  |
| <b>Figura IV. 50</b> Promedio Final Tiempo de Conexión Google LTE- HSPA+.....     | 95  |
| <b>Figura IV. 51</b> Tiempo de Conexión Semana 1 YouTube LTE- HSPA+.....          | 96  |
| <b>Figura IV. 52</b> Tiempo de Conexión Semana 1 YouTube LTE- HSPA+.....          | 96  |
| <b>Figura IV. 53</b> Promedio Final Tiempo de Conexión YouTube LTE- HSPA+ .....   | 97  |
| <b>Figura IV. 54</b> Tiempo de Carga Facebook Semana 1 LTE- HSPA+ .....           | 98  |
| <b>Figura IV. 55</b> Tiempo de Carga Facebook Semana 2 LTE- HSPA+ .....           | 98  |
| <b>Figura IV. 56</b> Promedio Final Tiempo de Carga Facebook LTE- HSPA+ .....     | 99  |
| <b>Figura IV. 57</b> Tiempo de Carga Google Semana 1 LTE- HSPA+ .....             | 100 |
| <b>Figura IV. 58</b> Tiempo de Carga Google Semana 2 LTE- HSPA+ .....             | 100 |
| <b>Figura IV. 59</b> Promedio Final Tiempo de Carga Google LTE- HSPA+ .....       | 101 |
| <b>Figura IV. 60</b> Tiempo de Carga YouTube Semana 1 LTE- HSPA+ .....            | 102 |
| <b>Figura IV. 61</b> Tiempo de Carga YouTube Semana 1 LTE- HSPA+ .....            | 102 |
| <b>Figura IV. 62</b> Promedio Final Tiempo de Carga YouTube LTE- HSPA+ .....      | 103 |
| <b>Figura IV. 63</b> Tiempo de Conexión Semana 1 FTP LTE- HSPA+ .....             | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura IV. 64</b> Tiempo de Conexión Semana 2 FTP LTE- HSPA+ .....              | 104 |
| <b>Figura IV. 65</b> Promedio Final Tiempo de Conexión FTP LTE- HSPA+.....         | 105 |
| <b>Figura IV. 66</b> Velocidad (Upload-Download FTP) Semana 1 en HSPA+ y LTE ..... | 106 |
| <b>Figura IV. 67</b> Velocidad (Upload-Download FTP) Semana 2 en HSPA+ y LTE ..... | 106 |
| <b>Figura IV. 68</b> Velocidad totales Upload-Download FTP.....                    | 107 |
| <b>Figura V. 69</b> LTE en el mundo.....   | 109 |
| <b>Figura V. 70</b> Dispositivo Mifi .....   | 111 |
| <b>Figura V. 71</b> Arquitectura VoLTE.....  | 115 |

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo del tiempo las Telecomunicaciones sobre todo las redes de telefonía móvil han ido evolucionando día tras día, lo que ha conllevado a que los fabricantes de teléfonos celulares también diseñen nuevos equipos capaces de realizar actividades antes no imaginadas, como experimentar una conectividad a internet a mayores velocidades logrando una buena Calidad de Servicio (QoS).

En el Ecuador la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, es la única operadora que cuenta con la última tecnología inalámbrica móvil LTE. El presente proyecto se ve enfocado en la evaluación de los parámetros básicos medibles de QoS de la tecnología móvil HSPA+ y LTE, a fin de determinar que tecnología brinda una mayor experiencia. Posterior a ello proponer la guía de migración.

El despliegue de esta tecnología se dio paulatinamente a partir del mes de marzo del 2014 en las dos ciudades con mayor población como son: Quito y Guayaquil. Ambato es la tercera ciudad que empezó también a ser partícipe de esta gran evolución tecnológica.

La investigación se llevó acabo en el cantón Ambato en tres sectores en particular, para la obtención de datos se utilizaron dos Smartphone de gama alta cuya característica en común es el soporte de estas tecnologías y de la aplicación TEMS MOBILEINSIGHT el cual permitió evaluar la velocidad de transmisión, tiempo de navegación y cobertura.

El primer capítulo consta de todos los aspectos generales y un enfoque inicial del estudio, siendo esta la base de los siguientes capítulos. El segundo capítulo se refiere al marco teórico donde se habla de las regulaciones existentes en el Ecuador, la situación de sus operadoras y por último tenemos la evolución de la telefonía móvil.

El tercer capítulo muestra el proceso que se realizó en la investigación. El cuarto capítulo consta del análisis de las tecnologías, y la comprobación de la hipótesis siendo esta el punto clave para el desarrollo del capítulo V en el cual se propone la guía de migración.

El capítulo final contiene conclusiones y recomendaciones

# CAPÍTULO I

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El crecimiento progresivo de las Tecnológicas de Información y Comunicación (TIC), la globalización, la integración de la sociedad obligan a todos los países a estar a la par con su evolución, mejorando así la calidad de vida de los habitantes y permitiendo alcanzar nuevos desafíos para el desarrollo de un entorno.

“El Banco Mundial en un informe desarrollado sobre las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, indico que cerca de las tres cuartas partes

de los habitantes del mundo tiene acceso a un teléfono celular”<sup>1</sup>; su acogida ha dado inicio al desarrollo de nuevas tecnologías de banda ancha móvil.

Haciendo referencia con años pasados podemos decir que habido una gran transición en cuanto respecta a las generaciones por la cual ha atravesado la tecnología móvil, la GSA (Global Mobile Suppliers Association) confirmó que la mitad de los operadores HSPA (High Speed Packet Access) han introducido HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) para aprovechar las mejoras de rendimiento y su mayor eficiencia, permitiendo al usuario experimentar conectividad a internet a mayores velocidades tanto de subida/bajada, menor tiempo de espera y otros aspectos relacionados con la facilidad de uso<sup>2</sup>.

La siguiente fase en la experiencia de banda ancha móvil llega con LTE (Long Term Evolution), una tecnología inalámbrica que pretende hacer frente al mercado y lograr el potencial de un mundo totalmente conectado.

En Ecuador al igual que en el mundo entero, ha sido testigo de cómo los operadores de telefonía móvil o fija, han migrado sus redes eligiendo diferentes tecnologías con la finalidad de proveer mayores beneficios a sus clientes. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (Conatel) mediante resolución TEL-804-29-CONATEL-2012 resolvió otorgar a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), la autorización para ofrecer servicios 4G con la tecnología LTE. El organismo además le concedió a la

---

<sup>1</sup> <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2012/07/17/mobile-phone-access>

<sup>2</sup> [http://www.gsacom.com/gsm\\_3g/info\\_papers.php4](http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4)

empresa 30 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, y 40 MHz en la banda de AWS.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS**

En la actualidad el desarrollo de las comunicaciones móviles ha sido primordial en los últimos años; el crecimiento de la capacidad del procesamiento de datos de los terminales móviles ha permitido la proliferación de aplicaciones intensivas en el uso del ancho de banda, lo que ha llamado la atención del usuario quien cada vez se interesa en la búsqueda de nuevos servicios y mayores experiencias; obligando de esta manera también a que las operadoras mejoren cada vez su infraestructura.

Esto ha significado que los operadores móviles consoliden su ingreso al mundo de los ISP, ofertando así una mayor experiencia a sus usuarios. De este modo, se introduce el concepto de Calidad de Servicio conocida como QoS la cual permite evaluar los parámetros relacionados con el rendimiento promedio que debe ofrecer una red móvil a sus usuarios.

Ecuador cuenta con tres operadoras de telefonía móvil como son: OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNP EP; para ofrecer los distintos servicios. En la actualidad estas operadoras tienen implementada la tecnología HSPA+ en su infraestructura; esta tecnología ha brindado a los clientes móviles un servicio más completo en comparación a las anteriores tecnologías.

En octubre del 2013, CONATEL asignó a la operadora estatal CNT EP una frecuencia para implementar los servicios de Internet móvil de alta velocidad con la tecnología LTE. En febrero del 2014 CNT EP anunció la primera etapa

de conexión y en marzo presento el dispositivo Mifi y la línea de Smartphones requeridos para utilizar el servicio. Cabe considerar que esta tecnología se despliega en las ciudades con mayor importancia a nivel de Telecomunicaciones como son Quito, Guayaquil, Ambato, Manta, Portoviejo.

Ante lo mencionado se propone analizar las dos tecnologías inalámbricas tanto HSPA+ y LTE, teniendo en consideración los siguientes elementos básicos para medir la calidad de servicio como son la: la velocidad de transmisión (Throughput), cobertura, y tiempo y resultado de acceso al servicio en redes móviles.

Para el presente análisis se utilizarán dos teléfonos móviles inteligentes de gama alta, cuya característica en común sea el soporte de las dos tecnologías como de la aplicación TEMS MOBILEINSIGHT el cual permitirá recoger los datos generados por la red móvil para el previo análisis y en base a ello proponer la guía de migración.

### **1.3. OBJETIVOS**

Con la finalidad de cumplir este alcance, se han planteado los siguientes objetivos:

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la calidad de servicio (QoS) de la tecnología móvil HSPA+, para su migración a la tecnología LTE.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar las tecnologías inalámbricas móviles HSPA+ y LTE.

- Analizar la calidad de servicio de los parámetros relacionados con la accesibilidad a la red dentro de la cual consideraremos la cobertura; en la integridad del servicio, tomaremos en cuenta la velocidad de transmisión; y en la accesibilidad del servicio consideraremos los siguientes elementos: tiempo de acceso al servicio y resultado de acceso al servicio.
- Realizar las respectivas pruebas con el programa propuesto para medir los elementos de calidad citados y analizar resultados.
- Proponer una guía de migración de usuarios, asegurando los parámetros establecidos de la Calidad de Servicio.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

¿La evaluación de la tecnología móvil HSPA+ determinará la mejora de los elementos relacionados con la Calidad de Servicio (QoS) en la migración a la tecnología LTE?

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MARCO REGULATORIO EN EL ECUADOR**

##### **2.1.1. INTRODUCCIÓN**

Para que una tecnología sea implementada en el Ecuador a más de tomar en cuenta los aspectos tecnológicos, es necesario considerar el marco regulatorio para poder ser implementada.

Mediante decreto Ejecutivo N° 8 firmado por el presidente de la República Eco. Rafael Correa el 13 de agosto del 2009 se crea el Ministerio de Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información (MINTEL), el mismo que responde a la necesidad de coordinar acciones de apoyo y asesoría para

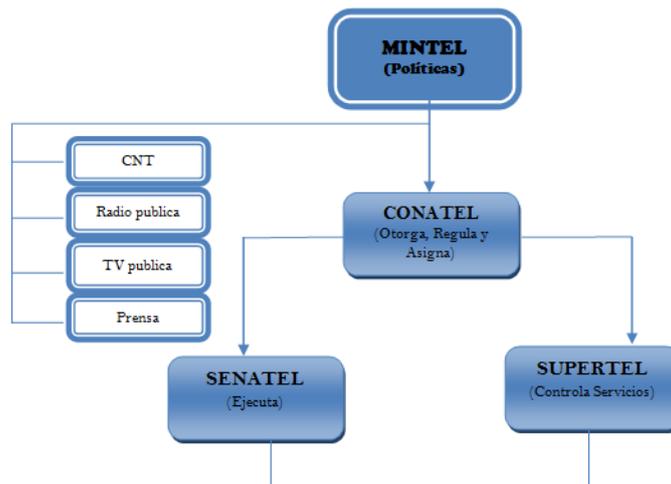
garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicaciones garantizando el Plan Nacional del Buen Vivir.

En la actualidad el Plan Nacional de Banda Ancha Móvil representa el desafío más grande para las operadoras del país quienes tendrán la obligación de brindar a sus usuarios la mejor calidad de servicio móvil.

Los concesionarios del Servicio Móvil Avanzado (SMA) son quienes proporcionan la banda ancha móvil, a través de equipos terminales móviles.

### **2.1.2. ESTRUCTURA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN**

En el Ecuador las entidades regulatorias están organizadas desde la cabeza que lo conforma el MINTEL de aquí parten los órganos de regulación y control CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), además podemos mencionar al único ente autónomo encargado del control de las telecomunicaciones del país la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), quien vigila que el servicio de telefonía móvil, entre otros, se brinde con calidad, a fin de evitar problemas de servicio.



**Figura II. 1** Estructura MINTEL  
Fuente: Las Autoras

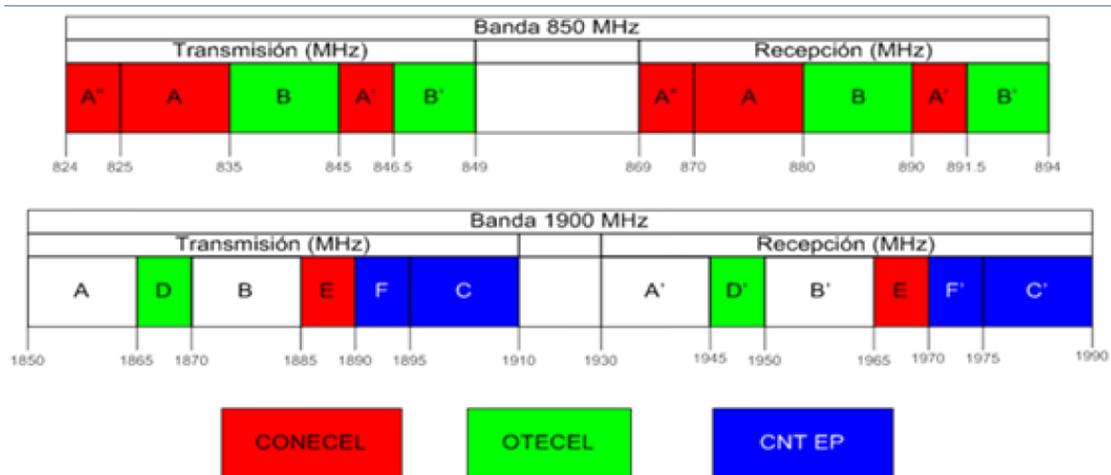
### 2.1.3. ASPECTOS REGULATORIOS EN EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público inalienable e imprescriptible cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.<sup>3</sup>

Según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz que se propagan por el espacio sin guía artificial, se subdivide en nueve bandas de frecuencias que se designan por números enteros en orden creciente y su unidad es el Hertzio.

En la Figura II.2 se detallan las canalizaciones de las diferentes frecuencias del espectro radioeléctrico utilizadas para la infraestructura de transporte y de acceso a la banda ancha móvil.

<sup>3</sup> FIEL Magister “Ley especial de telecomunicaciones Reformada”



**Figura II. 2** Canalización de Frecuencias SMA y sus concesionarios  
**Fuente:** [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/files/bandaanchaenecuador2011.pdf](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/files/bandaanchaenecuador2011.pdf)

## 2.1.4. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

En el Ecuador estos servicios son establecidos por la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, normando su instalación, operación y utilización; por lo tanto la actual Ley indica que los servicios abiertos a la correspondencia pública se dividen en servicios finales y servicios portadores.

### 2.1.4.1. SERVICIOS FINALES

Son aquellos que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios incluidas las funciones del equipo terminal generalmente con el requerimiento de elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios inicialmente:

- Servicio Móvil Avanzado
- Servicio de Telefonía Fija Local.
- Servicio Telefónico de Larga Distancia Internacional.
- Servicio de terminales de telecomunicaciones de uso público.

- Servicios de telecomunicaciones fijo y móvil por satélites geoestacionarios

#### **2.1.4.2. SERVICIOS PORTADORES**

Son aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos usando uno o más segmentos de una red.

## **2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS EN EL ECUADOR**

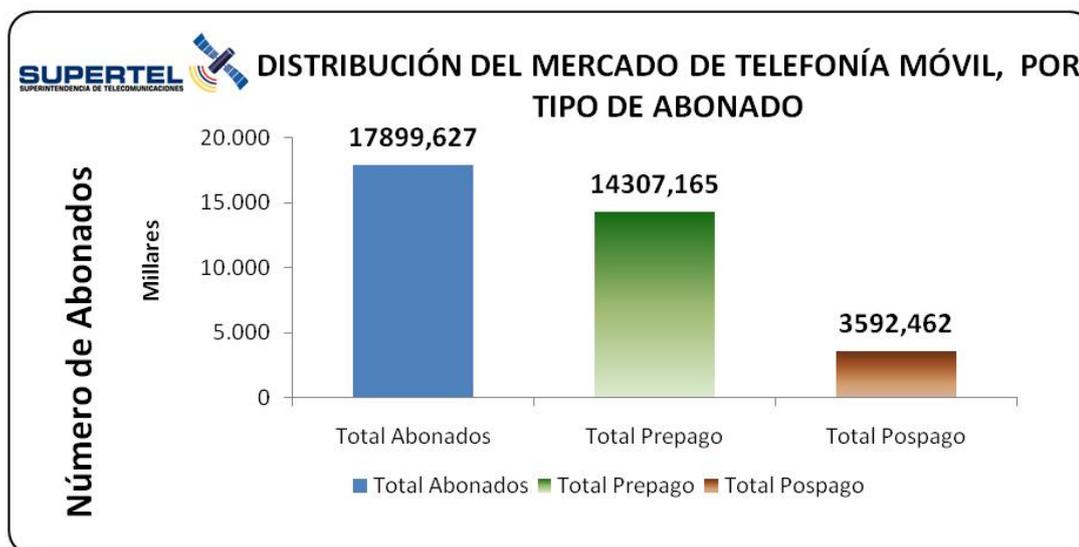
### **2.2.1. NÚMEROS DE USUARIO DE TELEFONÍA MÓVIL**

En el Ecuador el servicio móvil celular inicia a finales de 1993 con la entrada en el mercado de CONECEL S.A, conocido al principio como: PORTA CELULAR, hoy en día como CLARO; mientras que a OTECEL S.A al inicio se le denominaba CELULAR POWER, posteriormente cambio al nombre de BELLSOUTH, y actualmente se la conoce como: MOVISTAR, y finalmente tenemos a la tercera operadora del país como es TELECSA denominada en sus inicios como Alegro, actualmente cambió al nombre de CNT EP.

Las comunicaciones móviles en el Ecuador sin duda alguna ha experimentado un gran cambio en los últimos 7 años, lo que ha permitido al país estar a la par con el desarrollo, logrando ubicarse en los países de mayor demanda en Latinoamérica.

Datos de un reporte estadístico divulgado por la Superintendencia de Telecomunicaciones a la fecha de abril del 2014, reportaron 17'899.627 líneas activas entre clientes prepago y pospago con un total de abonados de

14'307.165 y 3'592.462 respectivamente<sup>4</sup>; considerando los resultados totales de las tres operadoras existentes en el País, como se muestra en la figura II.3.



**Figura II. 3** Distribución del Mercado de Telefonía Móvil por tipo de abonado  
Fuente: SUPERTEL

La acogida de la telefonía móvil en el país ha sido muy relevante, hoy podemos decir que ha llegado a superar el 100% sobre el total de la población ecuatoriana que hasta la fecha del 22 de julio del presente año el total de la población llega a un aproximado de 15.790.540 habitantes.

Según las estadísticas arrojadas por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el 2013, muestra que el 51,3% de la población tiene por lo menos un celular activado, registrando una gran demanda en el área urbana con un total de 57,1% de la población que tiene celular.

Cabe mencionar que el liderazgo del mercado móvil en nuestro país lo sigue manteniendo el operador CLARO con un total de líneas activas de 12'147.229,

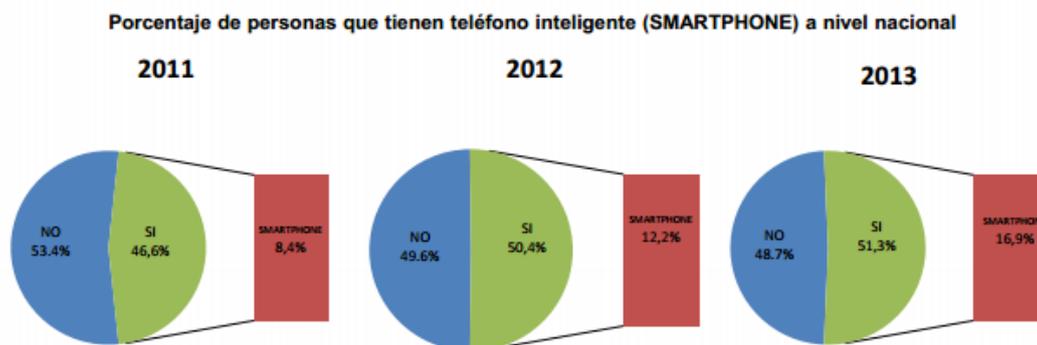
<sup>4</sup>[http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1158:evolucion-de-la-telefonía-movil-en-ecuador&catid=44:principales&Itemid=344](http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1158:evolucion-de-la-telefonía-movil-en-ecuador&catid=44:principales&Itemid=344)

lo que confiere una cuota del mercado del 68%. El operador MOVISTAR, cuenta con un total de 5'165.987 de celulares en actividad, con una participación en el mercado del 29%. Finalmente tenemos al operador estatal CNT EP con 586.411 líneas activas, obteniendo el 3% restante del mercado.



**Figura II. 4** Participación en el mercado en líneas activas de cada operador  
**Fuente:** Las Autoras

Con respecto al uso de teléfonos inteligentes (Smartphone) podemos decir que en el mercado ecuatoriano ésta ha tenido una gran acogida por parte de los usuarios móviles, ya que estos equipos cada vez se desarrollan más con el fin de cubrir necesidades y expectativas de los usuarios. Actualmente el 16.9% de las personas poseen un celular inteligente, con respecto al 2011 ha habido un crecimiento de 8.5 puntos más.



**Figura II. 5** Personas con teléfonos inteligentes a Nivel Nacional  
**Fuente:** Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENENDU (2011-2013)

## 2.2.2. PLATAFORMA DESPLEGADA PARA LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL

A continuación se detallará cada uno de las operadoras con sus respectivos datos totales en prepago y pospago con las diversas tecnologías utilizadas por las operadoras OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT EP para así determinar que modalidad es acogida más por parte de los usuarios móviles; es muy importante considerar que CNT es la única operadora que comenzó a ofrecer el servicio LTE.

### 2.2.2.1. OTECEL S.A

Bajo el nombre de Cellular Power, la concesionaria del servicio de telefonía móvil, OTECEL S.A sale al mercado en 1993, este operador es subsidiado por el Grupo Telefónica.

Posteriormente esta cambio al nombre de BELLSOUTH, entre los años de 1996 -1997, con la red digital TDMA. En octubre del 2004 pasa a manos de Movistar de España; en el siguiente año OTECEL S.A comienza a operar en la red GSM/GPRS Y EDGE en la banda de 850 MHz, con el fin de cumplir con

las expectativas de los usuarios, esto ha conllevado a la empresa estar a la vanguardia con las tecnologías.

En el 2009, esta operadora, empezó a brindar servicios de banda ancha inalámbrica 3.5 G con tecnología UMTS/HSDPA.

En la siguiente tabla se detallará las tecnologías propuestas por Movistar, y la acogida que ha tenido estas en cada una de los modalidades ya sea prepago o postpago.

|              |  | TEC. (HSPA+)  |                | TEC.(UMTS)       |                  | TEC. (CDMA)      |                | TEC. (GSM)         |                   | TOTAL      |
|--------------|--|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------|------------|
| AÑO          |  | PREPAGO       | POSPAGO        | PREPAGO          | POSPAGO          | PREPAGO          | POSPAGO        | PREPAGO            | POSPAGO           |            |
| 2010         |  | 0             | 0              | 250.922          | 568.487          | 3.148.181        | 386.987        | 37.356.264         | 6.078.136         | 47.788.977 |
| 2011         |  | 0             | 0              | 671.612          | 1.435.770        | 1.177.799        | 116.256        | 43.002.133         | 6.637.824         | 53.041.394 |
| 2012         |  | 6.248         | 90.485         | 886.009          | 2.135.176        | 0                | 0              | 46.589.388         | 6.903.604         | 56.610.910 |
| 2013         |  | 46.693        | 555.080        | 1.005.429        | 2.810.970        | 0                | 0              | 48.550.217         | 7.332.411         | 60.300.800 |
| en-14        |  | 7.065         | 73.752         | 76.877           | 270.920          | 0                | 0              | 4.118.419          | 640.526           | 5.187.559  |
| feb-14       |  | 7.515         | 75.648         | 74.924           | 276.537          | 0                | 0              | 4.101.127          | 647.891           | 5.183.642  |
| ma-14        |  | 8.231         | 76.002         | 74.120           | 285.370          | 0                | 0              | 4.083.054          | 647.695           | 5.174.472  |
| ab-14        |  | 8.983         | 77.208         | 72.943           | 287.639          | 0                | 0              | 4.060.296          | 658.918           | 5.165.987  |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>84.735</b> | <b>948.175</b> | <b>3.112.836</b> | <b>8.070.869</b> | <b>4.325.980</b> | <b>503.243</b> | <b>191.860.898</b> | <b>29.547.005</b> |            |

**Tabla II. I** Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador MOVISTAR  
Fuente: SUPERTEL (Datos Abril 2014)

### 2.2.2.2. CONECEL S.A

El Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones (CONECEL) comenzó sus operaciones en diciembre de 1993, pertenece a la empresa mexicana América Móvil, esta al igual que Telmex son controladas por el Grupo Carso.

Esta es la primera empresa en posicionarse en el país, razón por la cual tiene la mayor parte de clientes en el mercado de telefonía celular. El 16 de febrero

del 2011 a partir del segundo semestre del mismo año pasó a llamarse CLARO.

CONECCEL, lanza en mayo del 2003 la Tecnología mundial GSM en 850 MHz, esto produjo la migración de los clientes hacia la nueva red. En el mismo año la operadora concluye con la instalación y configuración del portador de datos GPRS, su capacidad de transmitir era superior. El siguiente paso que experimenta la operadora es UMTS, ofreciendo nuevos servicios a sus usuarios. Hoy en día cuenta con la red HSPA+.

A continuación se mostrará en la siguiente tabla las tecnologías propuestas por el operador Claro, con la respectiva modalidad acogida por los clientes.



| AÑO          | TEC. (HSPA+)  |                  | TEC. (UMTS)       |                   | TEC. (GSM)         |                   | TOTAL       |
|--------------|---------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|
|              | PREPAGO       | POSPAGO          | PREPAGO           | POSPAGO           | PREPAGO            | POSPAGO           |             |
| 2010         | 0             | 0                | 3.394.014         | 6.924.720         | 101.357.191        | 7.373.555         | 119.049.480 |
| 2011         | 0             | 0                | 4.631.751         | 9.355.284         | 107.683.494        | 8.722.968         | 130.393.497 |
| 2012         | 7.990         | 130.159          | 5.125.182         | 11.399.613        | 108.759.719        | 10.392.561        | 135.815.224 |
| 2013         | 40.672        | 933.906          | 5.230.345         | 13.563.142        | 110.958.840        | 11.585.919        | 142.312.824 |
| ene-14       | 4.614         | 119.554          | 438.237           | 1.191.245         | 9.295.748          | 980.056           | 12.029.454  |
| feb-14       | 4.641         | 119.722          | 439.239           | 1.202.963         | 9.316.991          | 990.706           | 12.074.262  |
| mar-14       | 4.744         | 119.360          | 440.207           | 1.211.155         | 9.337.420          | 998.629           | 12.111.515  |
| abr-14       | 4.891         | 118.616          | 441.122           | 1.219.144         | 9.356.708          | 1.006.748         | 12.147.229  |
| <b>TOTAL</b> | <b>67.552</b> | <b>1.541.317</b> | <b>20.140.097</b> | <b>46.067.266</b> | <b>466.066.111</b> | <b>42.051.142</b> |             |

**Tabla II. II** Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador CLARO  
**Fuente:** SUPERTEL (Datos Abril 2014)

### 2.2.2.3. CNT EP

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), al principio se constituyó como una sociedad anónima de fusión de las compañías Andinatel S.A y Pacifictel S.A. El 14 de enero del 2010 mediante decreto ejecutivo No. 218, publicado en el Registro Oficial 122 en el gobierno del Econ. Rafael Correa, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A. pasa a ser entidad pública denominándose CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Publica).<sup>5</sup>

EL 30 de Julio del 2010, se oficializo la fusión de operadora con la empresa de telefonía móvil Alegre, lo que permitió la convergencia de tecnologías. CNT es la primera operadora móvil en el país que cuenta con tecnología LTE 4G, la cual brinda servicios de internet y móvil de alta velocidad, esta tecnología es la evolución natural de las redes 3G.

La empresa cuenta con las siguientes tecnologías

|  |              |         |             |         |             |           |            |           |            |         |           |
|---|--------------|---------|-------------|---------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| AÑO   | TEC. (HSPA+) |         | TEC. (UMTS) |         | TEC. (CDMA) |           | TEC. (GSM) |           | TEC. (LTE) |         | TOTAL     |
|   | PREPAGO      | POSPAGO | PREPAGO     | POSPAGO | PREPAGO     | POSPAGO   | PREPAGO    | POSPAGO   | PREPAGO    | POSPAGO |           |
| 2010  | 0            | 0       | 0           | 0       | 1.411.505   | 434.357   | 1.569.858  | 213.672   | 0          | 0       | 3.629.392 |
| 2011  | 0            | 0       | 0           | 0       | 1.064.307   | 379.230   | 1.506.991  | 456.634   | 0          | 0       | 3.407.162 |
| 2012  | 0            | 0       | 0           | 218     | 766.278     | 223.778   | 1.365.591  | 1.297.790 | 0          | 0       | 3.653.437 |
| 2013  | 265.456      | 258.838 | 693.155     | 789.044 | 810.715     | 106.940   | 1.032.279  | 1.021.460 | 0          | 0       | 4.977.887 |
| ene-14  | 73.117       | 43.045  | 81.309      | 38.480  | 69.419      | 4.564     | 99.931     | 139.560   | 0          | 0       | 549.425   |
| feb-14  | 79.954       | 44.344  | 81.683      | 37.324  | 69.951      | 4.222     | 101.565    | 138.426   | 0          | 0       | 557.469   |
| mar-14  | 98.196       | 45.680  | 83.637      | 36.352  | 71.208      | 3.845     | 104.545    | 138.145   | 0          | 0       | 581.608   |
| abr-14  | 106.767      | 47.457  | 85.220      | 35.720  | 64.842      | 3.650     | 105.358    | 135.977   | 35         | 1.385   | 586.411   |
| TOTAL   | 623.490      | 439.364 | 1.025.004   | 937.138 | 4.328.225   | 1.160.586 | 5.886.118  | 3.541.664 | 35         | 1.385   |           |

**Tabla II. III** Terminales de Usuario de Líneas Activas Operador CNT EP.  
Fuente: SUPERTEL (Datos Abril 2014)

<sup>5</sup> [https://www.cnt.gob.ec/images/Pdfs/lotaip/crea\\_empresa\\_publica\\_cnt\\_ep.pdf](https://www.cnt.gob.ec/images/Pdfs/lotaip/crea_empresa_publica_cnt_ep.pdf)

### 2.2.3. BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LAS OPERADORAS SEGÚN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS

Ecuador ha sido testigo del notable crecimiento de los servicios de Telecomunicaciones, por tal motivo se acoge al Plan Nacional de Frecuencias, el cual presenta un documento netamente técnico y dinámico sujeto a revisiones periódicas acorde con las necesidades nacionales, introducción de nuevas tecnologías y cambio en la regulación internacional.<sup>6</sup>

En el Ecuador se presta servicios móviles desde 1993 en la banda de 850 MHz, en un inicio se denominaba servicios de “Telefonía Móvil Celular” y posteriormente se lo denominó Servicio Móvil Avanzado, en las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, que incluye servicios de transmisión de datos e internet móvil.

En la siguiente tabla se presenta las frecuencias utilizadas por las tres operadoras.

| <b>CONECCEL S.A</b> | <b>OTECCEL S.A</b> | <b>CNT EP</b>       |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| 824-835 MHz         | 835 – 845 MHz      | 1890- 1895 MHz      |
| 845-846,5 MHz       | 846.5 – 849 MHz    | 1899,7 – 1904,7 MHz |
| 869-880 MHz         | 880 – 890 MHz      | 1970 -1975 MHz      |
| 890-891,5 MHz       | 891,5 - 894 MHz    | 1980- 1984,7 MHz    |

**Tabla II. IV** Frecuencias Comprendidas de las Operadoras

**Fuente:** Las Autoras

<sup>6</sup>[http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan\\_nacional\\_frecuencias\\_2012.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf)

## **2.3. REDES DE TELEFONÍA MÓVIL**

En los últimos años el número de abonados del sistema de telefonía móvil ha superado a los de telefonía fija. Esto ha hecho que la red móvil se convierta en su principal forma de comunicación, las cifras a nivel mundial son altas y cada día transcurrido aumentan considerablemente los números de usuarios de telefonía celular.

La telefonía móvil también llamada telefonía celular está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones y los terminales que permiten el acceso a dicha red.<sup>7</sup>

Estas redes a más de proveer movilidad y despliegue rápido proporcionan hoy en día el servicio de Internet Móvil con banda ancha.

### **2.3.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA CELULAR**

Es un sistema de telefonía celular se puede encontrar 4 elementos que son:

- Terminal Móvil
- Estación Base
- Estación de Control y Conmutación
- Conexiones o Radio Canales

#### **2.3.1.1. TERMINAL MÓVIL**

Es un dispositivo inalámbrico electrónico en cuyo interior se encuentra la tarjeta SIM (Módulo Identificativo de Suscriptor) el cual cuenta con las normas estándar ISO en donde se aloja.

---

<sup>7</sup> [http://www.imaginar.org/iicd/fichas/04\\_Telefonia\\_movil.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/fichas/04_Telefonia_movil.pdf)

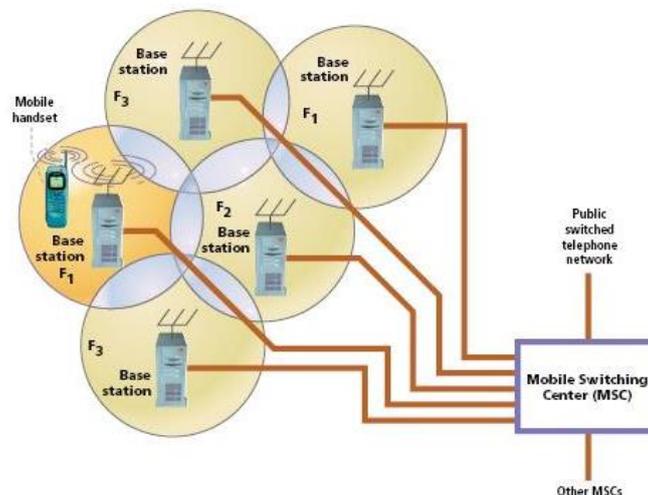
Una de las características más destacable que ofrece este equipo es su portabilidad y su fácil movilidad. Realiza una actualización periódica de la señal recibida de la estación base, envía información para registrarse a la estación base, para establecer la comunicación.

### 2.3.1.2. ESTACIÓN BASE

Es la estación central dentro de una celda, conocida también como BTS (Base Transceiver Station), realiza el enlace de RF (Radiofrecuencia) a los terminales celulares, se encarga de transmitir información entre la celda y la estación de control, y monitorea la comunicación de los abonados.

Las estaciones base se componen de:

- Terminales móviles
- Unidad de control
- Unidad de energía
- Baterías
- Sistema de Refrigeración



**Figura II. 6** Red Móvil

Fuente: [http://wikitel.info/images/8/8d/Red\\_movil.jpg](http://wikitel.info/images/8/8d/Red_movil.jpg)

### **2.3.1.3. ESTACIÓN DE CONTROL Y CONMUTACIÓN**

Conocido comúnmente como MTSO (Mobile Telephony Switching Office), cuando aplica tecnología GSM (Global System for Mobile Communications) se denomina MSC (Mobile Switching Center), y para redes Wireless Local Loop se denomina XBS (Base Central Station).

Es el elemento central del sistema, sus funciones principales son:

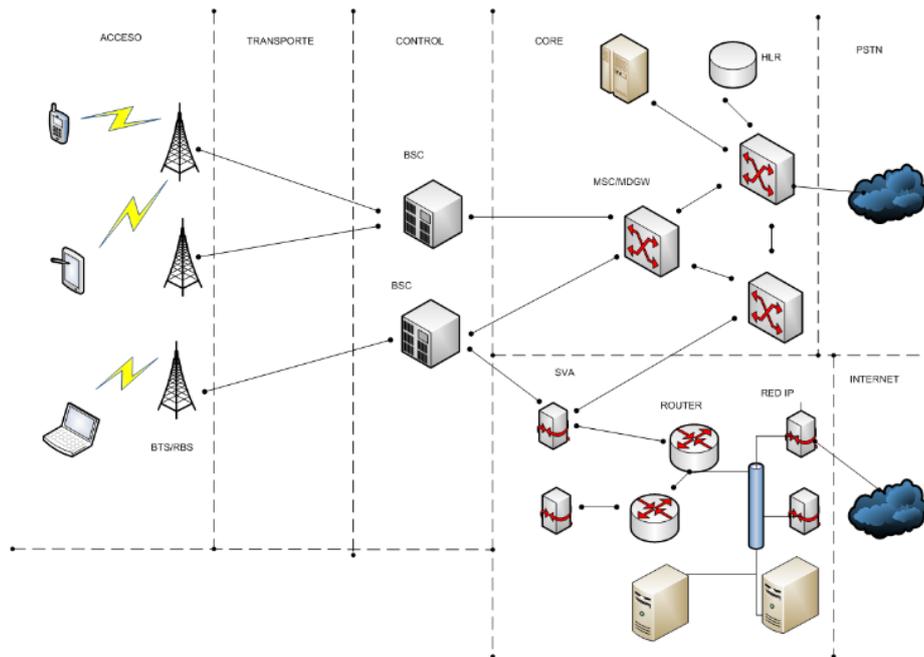
- Coordina y administra todas las BTS
- Coordina las llamadas entre la oficina de telefonía fija y los abonados, así como las llamadas entre los terminales celulares y los abonados, a través de las BTS
- Se encarga de la facturación
- Dirige el Handoff entre cellsite
- Tiene un software de gestión: Network Management System.
- Se interconecta a centrales para comunicarse con otras redes telefónicas.

### **2.3.1.4. RADIO CANALES**

Se entiende por Radio Canal al par de frecuencias portadoras más un time slot, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación. De estas 2 frecuencias una va a ser la frecuencia de Tx (Transmisor) de la estación base y la frecuencia de Rx (Receptor) del terminal, la otra va a ser Rx de la estación base y la frecuencia Tx del terminal.

Estas frecuencias transportan tanto voz como datos entre los abonados y las estaciones base, cabe mencionar que cada abonado sólo puede usar un canal a la vez.

### 2.3.2. ARQUITECTURA BÁSICA DE UNA RED MÓVIL (MODO GLOBAL)



**Figura II. 7** Topología de Red  
Fuente: <http://www.technored.com.ar/GSM.php>

Dentro de esta estructura encontramos:

**Red de Acceso:** Esta capa es la encargada de proporcionar acceso a la red de dispositivos móviles que se realiza en el último nivel de la red.

**Backhaul Core Network:** Agrega el tráfico proveniente de la red de acceso, como también de la interconexión a otras redes y proveedores de tránsito. Se encarga también de administrar controlar tarifcar y cerrar sesión del dispositivo móvil, este se divide en dos partes:

- **Conmutación por circuito (CS):** Utilizada para la voz

- **Conmutación de paquetes de datos (PS):** Utilizada para los datos.

### **2.3.3. REDES DE ACCESO A INTERNET MÓVIL**

El avance tecnológico ha logrado optimizar las redes de acceso a telefonía móvil permitiéndoles ofrecer un servicio de acceso a internet por medio de la continua evolución de tecnologías inalámbricas móviles.

El acelerado incremento de clientes y uso de internet, va cada vez aumentando el tráfico de datos canalizados por las redes.

#### **2.3.3.1. ELEMENTOS DE REDES DE ACCESO A INTERNET**

Las redes de acceso trabajan con distintos medios físicos, como por ejemplo las líneas conmutadas, banda ancha fija que llegan a través de cable coaxial, fibra óptica o cobre; mientras que el internet móvil o satélite llega por las diferentes tecnologías de la familia GSM. Dentro de los elementos para acceder al internet tenemos los siguientes:

**Patrón de comportamiento de los usuarios:** Estas se relacionan con el cambio significativo de posición en el tiempo, las desviaciones geográficas, temporales y ambientales.

**Patrón de comportamiento de los ISP:** Esta viene dada por los elementos controlables y no controlables:

**Los elementos controlables:** Este elemento depende de la planificación de la red

**Los elementos no controlados:** Son los elementos no controlados por el operador móvil, ejemplo concentración temporal de usuarios, obstáculos a la propagación entre otros.

#### **2.4. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL VIA GSM**

La telefonía ha tenido distintas etapas de evolución las cuales se han denominado generaciones, si bien es cierto en sus primeros inicios se caracterizó por usar la tecnología de radio análoga, ésta brindaba únicamente el servicio de voz; luego surgió la segunda generación conocida como 2G; entre las tecnologías más importantes de esta generación tenemos a GSM constituida como la solución a las comunicaciones vía radio.

El estándar GSM fue desarrollado a partir de 1982, la CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones) creó el grupo de trabajo Groupe Special Mobile o GSM, cuya tarea era desarrollar un estándar europeo de telefonía móvil digital, con las siguientes premisas: Itinerancia internacional, eficiencia espectral, y soporte para la introducción de nuevos servicios.

GSM es una tecnología inalámbrica de voz de alta calidad, así como servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas de espectro, esta permite que varios usuarios compartan un mismo canal de radio merced a una técnica llamada multiplexado por división de tiempo (TDM). Este diseño garantiza un uso efectivo del espectro y provee siete veces mayor capacidad que la tecnología analógica o "AMPS", que es una tecnología de primera generación (1G).

| Banda          | Nombre    | Canales    | Uplink (MHz)    | Downlink (MHz)  | Notas  |
|----------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|--|
| <b>GSM 850</b> | GSM 850   | 128 - 251  | 824,0 - 849,0   | 869,0 - 894,0   | Usada en los EE.UU., Sudamérica y Asia.                                      |
|                | P-GSM 900 | 0-124      | 890,0 - 915,0   | 935,0 - 960,0   | La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida                      |
| <b>GSM 900</b> | E-GSM 900 | 974 - 1023 | 880,0 - 890,0   | 925,0 - 935,0   | E-GSM, extensión de GSM 900  |
|                | R-GSM 900 | n/a        | 876,0 - 880,0   | 921,0 - 925,0   | GSM ferroviario (GSM-R).   |
| <b>GSM1800</b> | GSM 1800  | 512 - 885  | 1710,0 - 1785,0 | 1805,0 - 1880,0 |  |
| <b>GSM1900</b> | GSM 1900  | 512 - 810  | 1850,0 - 1910,0 | 1930,0 - 1990,0 | Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas. |

**Figura II. 8** Bandas de Frecuencia GSM

Fuente: <https://www.pablofain.com/como-funciona-la-red-gsm/>

La Asociación GSM dice que GSM es el estándar en telecomunicaciones móviles más extendido en el mundo, con un 82% de los terminales mundiales en uso.<sup>8</sup>

La evolución de GSM ha estado enmarcada por su gran acogida y éxito en el mercado, no obstante esta tecnología presentaba desventajas perceptibles las cuales fueron corregidas sucesivamente por la Segunda y Media generación denominada GPRS (General Packet Radio Service), caracterizada por tener una conmutación por paquetes, y alta velocidad aumentada hasta un mínimo de 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps.

Este estándar se enfoca en una forma de optimizar la interfaz radio, debido a ello se orienta a la tecnología WCDMA (Wideband CDMA) para transmitir los datos al usuario en lugar de utilizar TDMA. Hasta el día de hoy las características que presenta la interfaz de radio UMTS, han supuesto un gran avance respecto a lo que proporcionaba GSM sobre todo en cuanto se refiere a la transmisión de datos, a pesar de todo aún resulta un poco limitado cuando se utilizan aplicaciones que requieran de transferencia de información a altas

<sup>8</sup>Asociacion GSM World, estadísticas de junio de 2008

velocidades y sobre todo cuando coinciden muchos usuarios con aplicaciones 3G en una área reducida.

El ecosistema de GSM se proyecta a un camino migratorio que aproveche la infraestructura de la red desplegada por los estándares anteriores y se acople en sentido regresivo a las mismas, superando así a las otras tecnologías de comunicaciones en la historia, y dando iniciativas a las nuevas generaciones.

## **2.4.1. CAMINOS MIGRATORIOS**

### **2.4.1.1. EDGE**

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) es una tecnología actualizada de GPRS conocida también como EGPRS, su velocidad incrementa en un factor de 3 sobre GPRS y duplica la capacidad de datos.

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes de Segunda Generación 2G y Tercera Generación 3G. Esta tecnología funciona en redes TDMA mejorando el funcionamiento de GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, no obstante podemos mencionar que no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

EDGE brinda servicios de datos en paquetes permitiendo de esta manera el acceso al internet a velocidades considerables, y al acceso a una amplia gama de servicios de datos y multimedia.

#### **2.4.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DE EDGE**

- Este estándar usa GMSK (Gaussian Minimum-Shift Keying), y 8PSK (8 Phase Shift Keying) para los cinco niveles superiores de nueve esquemas totales de modulación y codificación. La utilización de 8PSK produce una palabra de 3 bits por cada cambio en la fase de la portadora, permitiendo con ello que se triplique la capacidad de datos.
- El nivel del esquema que se utilice para transmitir depende de la relación C/I (portadora/interferente), el cual será más alto cuanto más grande sea el valor de C/I.
- Al igual que GPRS, EDGE usa un algoritmo de adaptación de tasas, que adapta el esquema de modulación y codificación (MCS) usado para la calidad del canal de radio y así el índice binario y la robustez de la transmisión de datos.
- Agrega una nueva tecnología conocida como la Redundancia Incremental, la cual envía más información redundante que se combina en el receptor en vez de transmitir los paquetes de información alterados, con lo cual incrementa la probabilidad de decodificación correcta.
- Alcanza una velocidad de transmisión de 384 Kbps en modo de paquetes, cumpliendo con los requisitos de la ITU para una red 3G, también ha sido aceptado por la ITU como parte de IMT-2000, de la familia de estándares 3G.
- Mejora el modo de circuitos de datos llamado HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data), aumentando el ancho de banda para el servicio.

Para la implementación de EDGE es necesario considerar que los terminales posean compatibilidad, y que las BTS ofrezcan GMSK en el sentido de minimizar el consumo de energía del aparato, y 8PSK para aumentar la tasa de transmisión de datos. Cabe resaltar que EDGE es una tecnología focalizada a áreas con mayores demandas de datos y de servicios avanzados, su definición si es de 2G o 3G depende de su implementación.

#### **2.4.1.1.2. EDGE EVOLUTION**

Es la versión mejorada del estándar EDGE que fue ratificada por 3GPP en Release 7. Este aplica muchas de las técnicas empleadas en la tecnología HSPA+ con el fin de reducir la latencia (por debajo de los 80ms), ya que se reduce a la mitad el intervalo de tiempo de transmisión (de 20ms a 10ms). Lo más destacado de este estándar es que la recepción es bastante mejorada para brindar una mayor calidad de servicio a sus usuarios.

Lo que le caracteriza a EDGE EVOLUTION es:

- Reducción en la latencia lo que permite mejorar la experiencia del usuario en los servicios interactivos y multimedia.
- Incremento en la tasa de bits para mejorar los servicios más requeridos con la navegación.
- Eficiencia del espectro, con lo cual beneficia principalmente a los operadores de las zonas urbanas, que son áreas donde generalmente el espectro de frecuencias se usa en su máxima extensión- tráfico.
- Compatibilidad con los planes de frecuencia existentes.

### **2.4.1.2. UMTS**

La integración de todas las tecnologías y redes actuales como son: RTC, RDSI, GSM, Internet, etc. será posible gracias al Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles o UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), el cual es miembro de la familia global de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación. Es un sistema móvil digital multiaplicación, multifunción y multiservicio, que ofrece 2000 comunicaciones personales de alta capacidad y calidad, con soporte de itinerancia universal y servicios multimedia de banda ancha. Básicamente, se trata de una red de datos sobre IP que, con una tasa de transferencia de hasta 2 Mbps, la cual permitirá la transmisión en tiempo real de voz, datos, imágenes, y vídeos, entre terminales fijos y móviles de reducido tamaño y sencillo manejo.

Este estándar ofrece FDD típicamente será usado por licencias, redes públicas que ofrecen servicio y TDD previsto para aplicaciones indoor, donde la radio base es puesta en lugares cercanos al móvil.

#### **2.4.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE UMTS**

A continuación se recogen las características más relevantes, que configuran en parte los requisitos de partida para el proceso de estandarización.

- **VHE:** Es un sistema que permite la portabilidad de servicios en el UMTS, esta propuesto como la base técnica para simplificar el manejo de los servicios por parte de los usuarios. En caso de utilizar terminales multimodo, los usuarios podrán conectarse a las redes de segunda generación de forma directa.

- **Relación entre redes fijas y móviles:** Este consiste y obliga a las operadoras a ofrecer acceso a servicios de comunicación a través de redes fijas y móviles.
- **Alta velocidad de transmisión:** En el mundo de las tecnologías, será indispensable que los sistemas soporten la capacidad de transmitir información a altas velocidades, de manera simétrica o asimétrica, según la necesidad, procurando con ello una mejor utilización del espectro.

#### **2.4.1.3. WCDMA**

WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha) es la tecnología de interfaz en la que se basa UMTS. Esta tecnología está altamente optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y comunicaciones multimedia como pueden ser las videoconferencias, soporta incluso varias conexiones simultáneas ya sea una conexión a internet, una conversación telefónica, entre otros.

Esta tecnología abarca tres capas del modelo OSI para su funcionamiento como son: la capa física, ésta está formada por un conjunto de canales, los mismos que se dividen en canales físicos y canales de transporte, también tenemos la capa de enlace de datos la cual contiene la capa de acceso al medio (MAC) y la capa de control de radio enlace RLC. Finalmente tenemos a la capa de red esta se encarga de cumplir con las funciones relativas al control de los recursos de radio y al control de llamadas, como también a la gestión de movilidad de los usuarios.

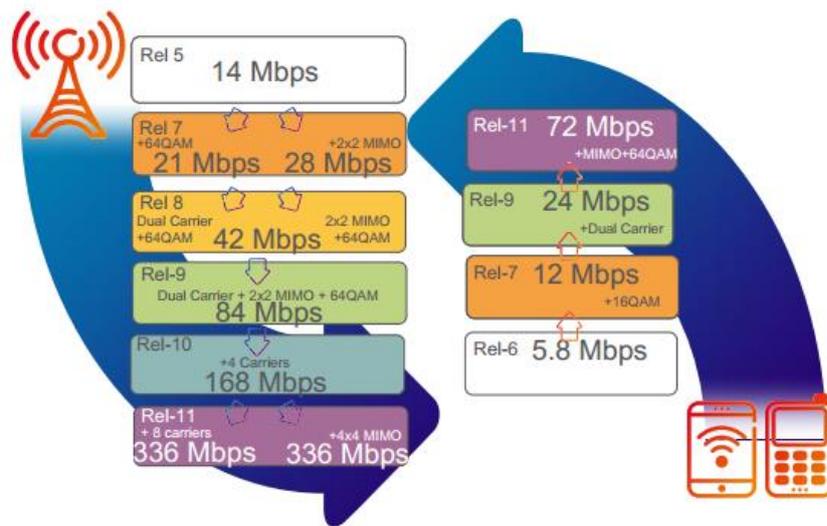
El modo de operación de WCDMA se da por FDD (Frequency Division Duplex) y por TDD (Time Division Duplex), la diferencia entre ellas es que la primera opera en bandas de frecuencias pares, mientras que la otra opera en bandas de frecuencias impares.

#### **2.4.1.3.1. CARACTERÍSTICAS DE WCDMA**

- **Alta velocidad de transmisión de datos:** 398 Kbps con área de cobertura amplia, 2 Mbps de cobertura local.
- **Alta flexibilidad del servicio:** Ayuda a que los servicios varíen de acuerdo con las características de la conexión; combinando conmutación de paquetes y conmutación de circuitos en el mismo canal.
- **El espectro de radio disponible:** Es utilizado eficientemente, ya que permite la reutilización de frecuencias.
- **Los terminales WCDMA:** Son menos difíciles de fabricar, puesto que requieren de muy poca señal de procesamiento, permitiendo el bajo costo en los terminales.
- **Soporta conectividad IP (Internet Protocol):** Esto permite que el acceso a Internet sea más rápido.

#### **2.4.1.4. HSPA**

HSPA es una tecnología estandarizada por 3GPP en Release 5 y Release 6, incluye HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), enlace descendente, HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), enlace ascendente y HSPA+.



**Figura II. 9** Evolutionary Steps of HSPA+ Networks

**Fuente:**

[http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20White%20Paper\\_The%20Evolution%20of%20HSPA\\_October%202011x.pdf](http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20White%20Paper_The%20Evolution%20of%20HSPA_October%202011x.pdf)

Esta tecnología apoya la disposición eficiente de los servicios de voz en combinación con los servicios de datos de banda ancha móvil, permitiendo así que los usuarios finales disfruten o experimenten mayores velocidades de transferencia de al menos 1 Mbps, cabe considerar que son valores teóricos que difieren mucho del desempeño real el cual se ve afectado de acuerdo a las condiciones locales y las velocidad que puede alcanzar los 14, 4 Mbps de descarga y 5,7 Mbps de subida.

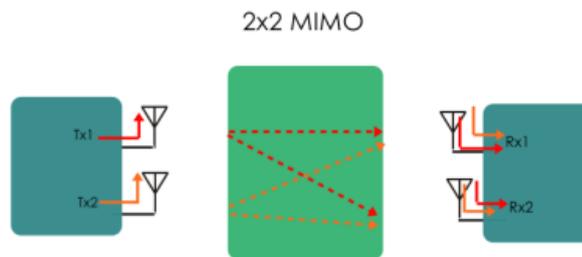
#### **2.4.1.4.1. EVOLVED HSPA**

A finales de 2008 se lanzó HSPA+ conocida también como Evolved HSPA, se estandarizó primero en 3GPP en Release 7, esta versión está orientada a mejorar considerablemente la arquitectura para el soporte de datos móviles.

- **MIMO**

Multiple Input Multiple Output es un conjunto de técnicas relacionadas con el uso de múltiples antenas en comunicación inalámbrica de las cuales HSPA+ hace uso.

HSPA+ utiliza tecnologías MIMO 2x2 como se puede ver en la Figura II.11, este es uno de los componentes principales para que HSPA+ pueda ofrecer velocidades de 42 Mbps de downlink y 11.5 Mbps de uplink. Incluye modulación de orden superior (64 QAM) para incrementar la velocidad y reducir latencia.



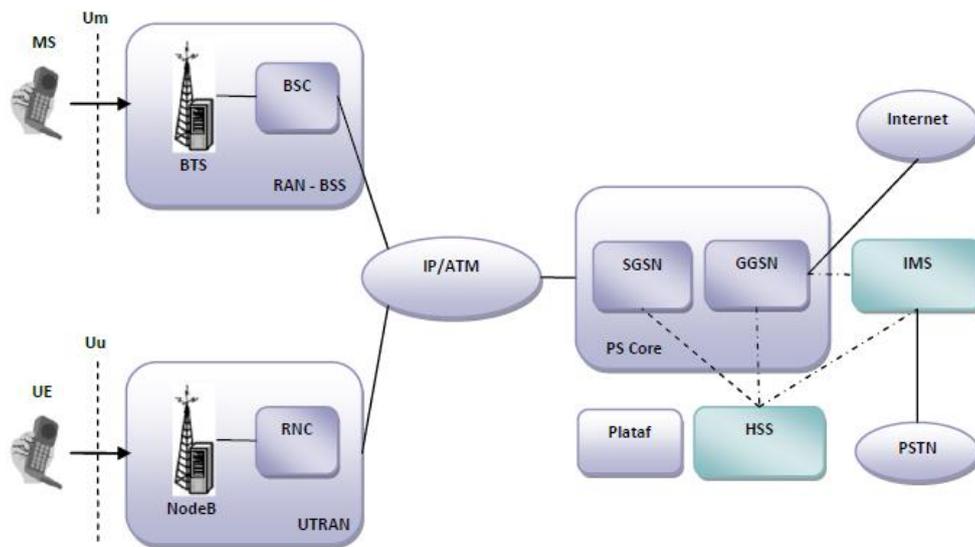
**Figura II. 10** MIMO 2X2 HSPA+  
Fuente: Cisco” mimo 2x2 HSPA+ (2012)”

HSPA + mejora ampliamente utilizando WCDMA (UMTS), basada en redes 3G con un ancho de banda de 5 MHz; utiliza esta técnica de espectro ensanchado para lograr una señal resistente a las interferencias.

- **ARQUITECTURA HSPA+**

En la red de Core, se presenta la simplificación de la arquitectura de acceso a la red de paquetes y se presenta a IMS como un elemento de red que controla todos los tipos de acceso IP, en esta etapa ya se consideran los accesos WLAN y banda ancha.

HSPA+ plantea dos soluciones en la arquitectura, con el fin de que sea más plana y reduzca latencia, entre ellas tenemos:



**Figura II. 11** Arquitectura 3GPP R7  
**Fuente:** Evolución de la arquitectura UMTS

**Túnel directo:** El objetivo del túnel directo, básicamente es separar las funciones de control de las de transporte en la red de Paquetes Conmutados. Es decir, se tiene un controlador SGSN (Serving GPRS Support Node) el cual se encarga de las funciones de control tradicionales y se obtienen GGSNs (Gateway GPRS Support Node) mejorados, capaces de asumir las funciones de transporte. De esta manera se permite crear túneles GTP (GPRS Tunnel Protocol) directamente entre los RNCs/BSSs y los GGSNs.

**Nodo B:** En esta estación se omite en su totalidad la RNC en la arquitectura y los túneles GTP se trasladan al nodo B.

### CARACTERÍSTICAS DE HSPA

- Las optimizaciones a HSPA+ son compatibles en sentido reverso con UMTS.
- HSPA+ aumenta significativamente la capacidad de HSPA, y reduce la latencia por debajo de los 50 ms.

- HSPA+ da soporte a servicios de voz y de datos en la misma portadora y a lo ancho de todo el espectro de radio disponible, y ofrece estos servicios de manera simultánea a los usuarios.
- Ofrece una gran eficiencia de servicio de banda ancha inalámbrica.
- Reduce el consumo de potencias en los terminales en relación con las otras tecnologías.
- HSPA+ tiene la oportunidad de introducir en el mercado el denominado “Triple Play”, es decir: TV, acceso a Internet y telefonía, y todo esto en movilidad.

#### **2.4.1.5. LTE**

LTE es la nueva tecnológica inalámbrica conocida también como Evolución a Largo Plazo, está basada en una red totalmente IP, forma parte de la versión 8 de las especificaciones del 3GPP.

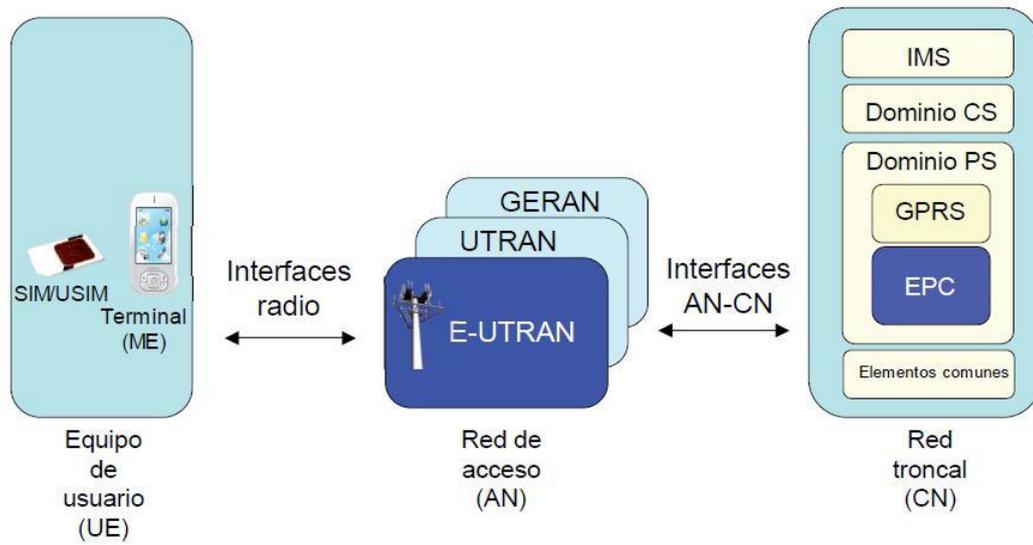
LTE se basa en OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), para Downlink y en SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para Uplink, permitiendo alcanzar velocidades de datos de 100 Mbps y 50 Mbps respectivamente.

Cuenta con una modulación de orden superior hasta 64 QAM, gran ancho de banda hasta 20 MHz y transmisión MIMO en el enlace de bajada hasta 4x4.

Cabe considerar que los recursos establecidos para los anchos de banda de 5, 10, 15, y 20 MHz son de 25, 50, 75 y 100 Mbps, respectivamente.

### 2.4.1.5.1. ARQUITECTURA LTE

Los elementos de esa arquitectura han sido pensados para soportar una gran cantidad de servicios de datos, teniendo en cuenta que estas fueron trabajadas bajo el criterio “ALL IP”.



**Figura II. 12** Arquitectura de los sistemas 3GPP (GSM, UMTS, LTE)  
Fuente: globedia.com

Esta arquitectura consta de dos elementos que son:

**Red Troncal** o Núcleo de red correspondiente al EPC (Evolved Packet Core) que proviene del SAE (System Architecture Evolution), está conformada por un Dominio de Paquetes (PS Domain); Dominio de Circuitos (CS Domain) y un Subsistema IP Multimedia.

Sus funciones principales son:

- Gestión de movilidad
- Gestión QoS
- Gestión de datos de usuario e interconexión a redes externas.

**Red de Acceso** o también conocida como E-UTRAN (Evolved E-UTRAN), conllevó a la implementación de un nodo más complicado llamado Evolved Nodo B (eNodeB), encargado de la gestión de recursos radio y de la conexión de los equipos de usuario de una celda a otra. Se basan en una topología de tipo árbol o cadena, se emplean en ella enlaces fibra y pares de cobre.

### **CARACTERÍSTICAS DE LTE**

- LTE permite operar en frecuencias ya usadas por 2G y 3G, gracias a su flexibilidad entre bandas
- Permite el ahorro de energía, puesto que incorpora un RRC (Radio Resource Control); logrando así optimizar el consumo de energía tanto de las estaciones base, el núcleo de red como de los terminales móviles aun cuando este último se encuentren en movilidad.
- Latencia inferior a 10ms.
- LTE por ser una evolución de las tecnologías es capaz de utilizar algunas de las características de HSPA, como por ejemplo los canales de datos compartidos HARQ entre otras funciones.
- Gestión de movilidad.

#### **2.4.2. RESUMEN DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA**

En la siguiente tabla mostraremos el progreso de las tecnologías en nuestro país considerando las características más importantes para una mayor comprensión.

| Generaciones | Tecnologías                 | Modulación             | Ancho de Banda  | VELOCIDADES                 |  | Frecuencias                          | Servicio  | Celulares   |
|--------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|---|---|
|              |                             |                        |                 | Dowlink                     | Uplink                                   |                                      |   |   |
| 1G           | AMPS                        | FM                     | 30KHz           | -----                       | -----                                    | 850MHz                               | <p><b>Servicio Analógicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de voz</li> <li>• Cobertura limitada</li> <li>• Baja QoS</li> <li>• Conmutación de circuitos</li> </ul>   |    |
| 2G           | TDMA<br>GSM<br>GPRS<br>EDGE | FSK<br>GMSK<br>8PSK    | 30KHz<br>200KHz | 114Kbps<br>236Kbps          | 56Kbps<br>118Kbps                        | 900/1800                             | <p><b>Servicio Digitales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de voz y SMS</li> <li>• Cobertura limitada</li> <li>• Gran QoS</li> <li>• Conmutación de circuitos</li> </ul>  |    |
| 3G           | WCDMA<br>HSPA<br>HSPA+      | QPSK<br>BPSK<br>64QAM  | 5MHz            | 384Kbps<br>14Mbps<br>42Mbps | 384Kbps<br>s<br>5,7Mbps<br>s<br>11,5Mbps | 900<br>1800/<br>2100/<br>2600        | <p><b>Servicio Multimedia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de voz y datos</li> <li>• Cobertura extensa</li> <li>• Gran QoS</li> <li>• Alta velocidad de transmisión</li> <li>• Conmutación de paquetes (IP)</li> </ul> |   |
| 4G           | LTE                         | QPSK<br>16QAM<br>64QAM | 20MHZ           | 150Mbps                     | 75Mbps                                   | 700<br>1900<br>1700<br>2100/<br>2600 | <p><b>Servicio Inalámbrico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de datos</li> <li>• Cobertura extensa</li> <li>• Gran QoS</li> <li>• Ultra velocidad de transmisión</li> <li>• Conmutación de paquetes (IP)</li> </ul>     |  |

**Tabla II. V** Evolución Tecnológica  
Fuente: Las Autoras

## 2.5. HANDOVER

Se denomina Handover al sistema utilizado en comunicaciones móviles para transferir el servicio de una estación base (antena) a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente<sup>9</sup>.

Para que un proceso de handover se inicie en el sistema se debe considerar:

- Las potencias emitidas por el teléfono móvil cuando más decrece la potencia habrá más necesidad del uso de handover.
- El trafico depende de la cantidad de usuarios concentrados en una estación base, si hay muchos usuarios realizará una transición a un estación base que tenga una menor cantidad de usuarios.
- La calidad de canal depende tanto de la ubicación del usuario como de las interferencias físicas.
- La distancia puede ser el motivo primordial por cual sea necesario el handover, ya que los usuarios no siempre se encuentran en un solo lugar, sino más bien están en continuo movimiento. Y la comunicación depende del área de cobertura que abarque la estación móvil.

### 2.5.1. TIPOS DE HANDOVER

Desde el punto de vista del usuario existen los siguientes tipos de handover:

#### **HARD-HANDOVER**

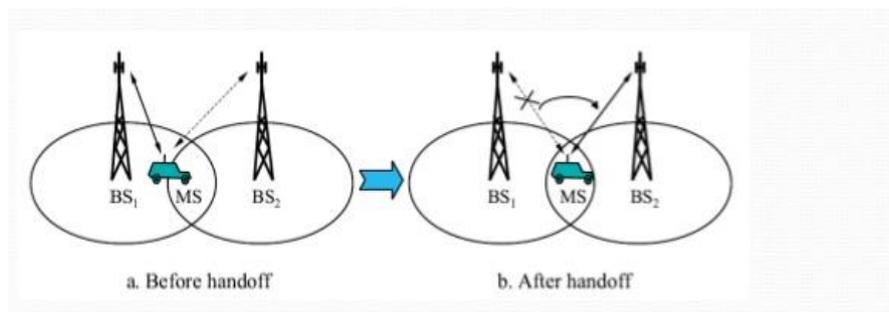
Este proceso se da cuando el móvil está conectado a una estación base antes del traspaso a la nueva estación. Durante este proceso que no es visible para

---

<sup>9</sup> <http://es.scribd.com/doc/95913280/Handover-en-Telecomunicaciones>

el usuario, este se desconecta y permanece por unos milisegundos desconectada antes de conectarse a la nueva base.

Se usa principalmente en sistemas de FDMA y TDMA cuando se usan diversos rangos de frecuencias en canales adyacentes para minimizar las interferencias de los canales.



**Figura II. 13** Mecanismo de Hard- Handover

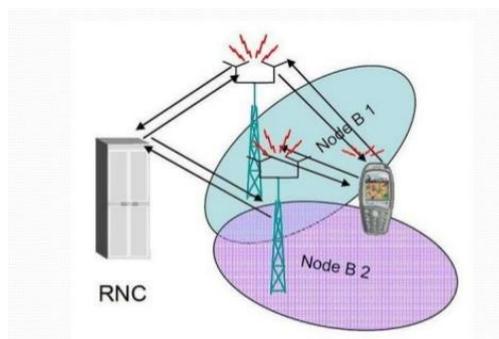
Fuente: <http://es.slideshare.net/mansri123/handover-16638241>

## SOFT-HANDOVER

Este proceso se da cuando el teléfono móvil se encuentra conectado mediante una canal tanto con la estación base de origen y la estación base de destino.

A diferencia del otro tipo de handoff mencionado este realiza el proceso de transmisión en paralelo por los dos canales, garantizando que no haya interrupción en el enlace.

Uso en sistemas CDMA y WCDMA



**Figura II. 14** Mecanismo de Soft- Handover

Fuente: <http://es.slideshare.net/mansri123/handover-16638241>

## 2.6. CALIDAD DE SERVICIO

La calidad de servicio es definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como el grado de satisfacción que percibe el usuario de un determinado servicio.

Los clientes cada vez demandan de una mayor calidad, ya sea tanto para el uso personal como profesional.

La Constitución de la República del Ecuador junto con el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) cuentan con un nuevo marco conceptual de calidad de servicios, el cual se ve enmarcado dentro de un apropiado sistema de regulación el mismo que responda a las necesidades de los usuarios móviles y a las condiciones actuales del mercado ecuatoriano.

La calidad de servicio se define a partir de 4 puntos importantes:

**Necesidades de QoS del cliente.-** Esta se define como el nivel de calidad que exige el usuario a un determinado servicio, sin importarle como se presta el servicio ni interesarle mucho menos el diseño interno de la red.

**QoS ofrecida por el proveedor del servicio.-** Esta forma de calidad tiene mucho que ver con la visión y misión del operador para ofrecer al cliente una buena calidad del servicio.

**QoS entregada por el proveedor del servicio.-** Este tipo de calidad engloba tanto el grado de satisfacción del cliente como del proveedor al entregar su servicio, logrando así sus expectativas como empresa.

**QoS percibida por el usuario.-** Esta calidad en cambio se relaciona mucho con el usuario y el nivel de calidad que éste ha experimentado. Se mide a través de encuestas.

### 2.6.1. **PARÁMETROS DE LA CALIDAD DE SERVICIO (QOS)**

Hay tres indicadores importantes que se debe considerar en la calidad de servicio.

#### 2.6.1.1. **LA ACCESIBILIDAD DE LA RED**

Este parámetro tiene mucho que ver con la disponibilidad de los recursos de la red para poder conectarse a un servicio.

Esta engloba dos elementos fundamentales que son:

**La cobertura:** Depende del nivel de potencia recibida por un terminal móvil dentro de una celda.

**La disponibilidad de la red:** Esta se da más cuando un usuario intenta acceder a un determinado servicio sin ningún problema

#### 2.6.1.2. **LA ACCESIBILIDAD DEL SERVICIO**

Este parámetro incluye aspectos relacionados con la disponibilidad de servicio. Consta de los siguientes elementos:

**Tiempo de acceso a un servicio.-** Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición y el instante en que recibe la respuesta.

**Resultado del acceso al servicio.-** Un servicio puede ser correcto si el servicio responde correctamente a la petición, o fallido si el servidor no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

**Indisponibilidad del servicio.-** Este depende de muchos factores provenientes de problemas de servicio causados por la congestión de recursos, desactivación temporal, entre otros.

### 2.6.1.3. INTEGRIDAD DEL SERVICIO

Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso de servicio en este indicador podemos evaluar calidad de voz, throughput, etc. Este aspecto incluye los siguientes elementos.

**Calidad de la señal de voz.-** Determina la calidad de la señal de voz recibida por el terminal móvil en cada instante, y constituye por tanto una indicación también de la calidad de la red.

**Velocidad de Transmisión.-**Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo de conexión.

Un punto muy importante que se debe considerar dentro de este parámetro es la compartición de canal, que viene definida por el número de usuarios asignados a un determinado canal, esta puede ser:

**Canal Compartido:** Este canal de comunicación divide el ancho de banda disponible para el número de usuarios que lo ocupan simultáneamente.

**Canal No Compartido:** La diferencia con el canal compartido es que ancho de banda disponible se asigna a un usuario único.

## **CAPITULO III**

### **3. MARCO METODÓLOGICO**

#### **3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente proyecto de Tesis se realizó una investigación de campo en la Provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, puesto que es la tercera ciudad donde se encuentran desplegadas las dos tecnologías (objeto de estudio).

Esta investigación se realizó en un ambiente natural, donde se procedió a utilizar el método científico.

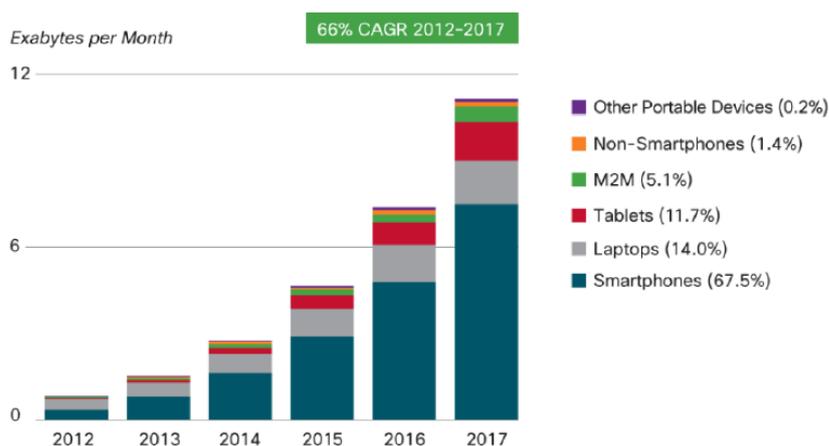
## 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es la estructura a seguir en una investigación, sujeta a la recolección de datos e información y uso de materiales, necesarios para el desarrollo del proyecto, a fin de encontrar resultados confiables

## 3.3. MATERIALES

### 3.3.1. TELÉFONOS INTELIGENTES

El desarrollo de la tecnología microelectrónica es lo que ha hecho posible la aparición y popularización de los denominados Smartphone los cuales representan en la actualidad una nueva modalidad de los teléfonos móviles, cuyas características son más relevantes en comparación a un teléfono móvil común el cual solo servía como dispositivo de comunicación. En la figura III.15 podemos ver que estos teléfonos inteligentes se encuentran liderando el consumo de datos.



**Figura III. 15** Los smartphones lideran el consumo de datos móviles

**Fuente:** Cisco VNI Mobile Forecast, 2013

Los teléfonos inteligentes se encuentran diseñados bajo una plataforma informática y dependiendo de la marca utilizan diferentes sistemas operativos

entre ellos tenemos a: IOS desarrollado para iPhone, iPod Touch, iPad; Android para HTC, Huawei, LG, Samsung, Sony Ericsson; Windows Phone 7-8 con algunas series de Nokia Lumia; mientras que los Blackberry OS para los dispositivos BlackBerry; y Symbian OS desarrollado para Psion, Siemens, Lenovo, Mitsubishi Electric, Panasonic; entre otros

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SMARTPHONES UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS



a)



b)

**Figura III. 16** Smartphones: a) Samsung Galaxy S5. b). Sony Xperia Z1.  
**Fuente:** Las Autoras.

| <b>ESPECIFICACIONES</b>                 | <b>SAMSUNG GALAXY S5</b>  | <b>SONY XPERIA Z1</b>   |
|---|---|---|
| <b>NÚMERO MODELO</b>                    | SM-900M   | C6903   |
| <b>SISTEMA OPERATIVO</b>                | Android 4.4.2 KitKat  | Android 4,2,2 Jelly Bean  |
| <b>PROCESADOR/CPU</b>                   | Qualcomm Snapdragon 801 MSM8974AC/KRAIT 400                                       | Qualcomm Snapdragon 800 MSM8974AA/Krait 400   |
| <b>TECNOLOGÍAS DE REDES MÓVILES</b>     | UMTS<br>EDGE<br>GPRS<br>HSPA+<br>LTE  | UMTS<br>EDGE<br>GPRS<br>HSPA+<br>LTE  |
| <b>FRECUENCIAS</b>                      | GSM 850 / 900 / 1800 / 1900<br>HSDPA 850 / 900 / 1900 / 2100<br>LTE 800/2600      | GSM 850 / 900 / 1800 / 1900<br>HSDPA 850 / 900 / 1700 / 1900 / 2100<br>LTE 800 / 850 / 900 / 1700 / 1800 / 1900 / 2100 / 2600 |
| <b>TIPO Y RESOLUCIÓN DE PANTALLA</b>    | Super AMOLED touchscreen capacitivo, 16M colores 1080 x 1920 pixels, 5.1 pulgadas | TFT touchscreen capacitivo, 16M colores 1080 x 1920 pixels, 5.0 pulgadas  |
| <b>BATERÍA</b>                          | Standard, Li-Ion 2800 mAh   | Standard, Li-Ion 3000 mAh   |
| <b>VELOCIDAD DE CARGA (UPLOAD)</b>      | 50 Mbps   | 50 Mbps   |
| <b>VELOCIDAD DE DESCARGA (DOWNLOAD)</b> | 150 Mbps  | 150 Mbps  |
| <b>SOPORTE DE GPS</b>                   | A-GPS , Geo Tagging e GLONASS   | A-GPS , Geo Tagging e GLONASS   |

**Tabla III. VI** Especificaciones Técnicas de los Celulares  
**Fuente:** Las Autoras

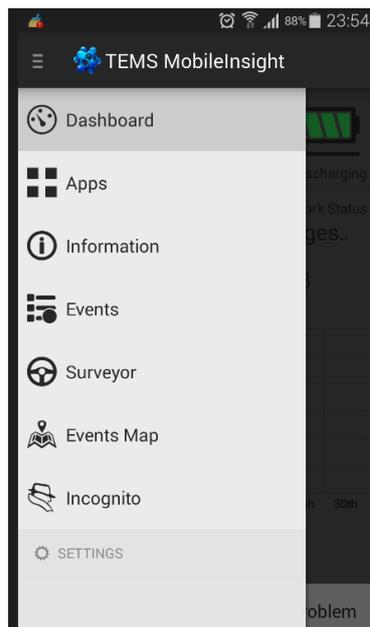
### 3.3.2. TEMS MOBILEINSIGHT

ASCOM es un proveedor de soluciones globales con un amplio conocimiento tecnológico en comunicaciones inalámbricas, que ha puesto en marcha una nueva herramienta denominada TEMS MOBILEINSIGHT que permite gestionar y analizar la calidad de las redes ofrecidas por las operadoras.

MobileInsight es una aplicación de soporte del equipo de campo en tiempo real.

### 3.3.3. FUNCIONES DE TEMS MOBILEINSIGHT

Este software tiene un número de funciones las cuales pueden ser manipuladas y controladas por el usuario:

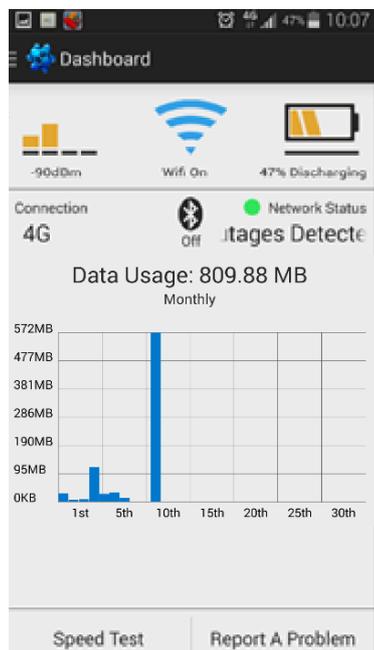


**Figura III. 17** Interfaz Menú Tems MobileInsight  
Fuente: Las Autoras

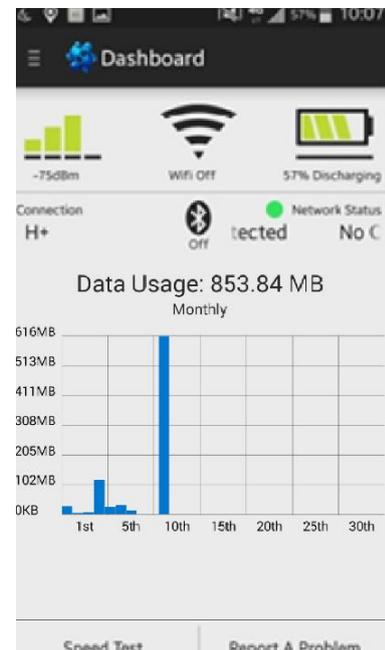
### DASHBOARD

Esta opción proporciona información acerca del estado en el que se encuentra el teléfono celular entre ellas tenemos los siguientes campos:

- **Señal móvil:** Se ve relacionado con el nivel de potencia que recibe un determinado dispositivo móvil. Se expresa en dm su valor es negativo.
- **Wifi:** Es la potencia que entrega un adaptador WIFI a un dispositivo. Se expresa en dbm su valor es negativo.
- **Batería:** Indica el estado de la batería.
- **Connection:** Presenta información acerca de la tecnología que está siendo usada en el dispositivo móvil.
- **Bluetooth:** Visualiza si el Bluetooth está en estado de encendido o apagado.
- **Network Status:** Entrega el estado en que se encuentra la red.
- **Data Usage:** Visualiza el consumo de datos del usuario.



**Figura III. 18** Dashboard con LTE  
Fuente: Las Autoras



**Figura III. 19** Dashboard con HSPA+  
Fuente: Las Autoras

Dentro de esta opción también encontramos otras subopciones:

**SPEEDTEST:** Es un medidor de velocidad de internet, usado para que el usuario de banda ancha pueda probar las características de la conexión contratada a un operador específico.

Esta aplicación presenta los siguientes indicadores:

**PING:** Mide el tiempo que tarda un servidor HTTP o FTP en responder a una petición, este comando es muy importante considerar antes de realizar cualquier prueba ya que permite determinar el estado de la conexión del usuario de banda ancha.

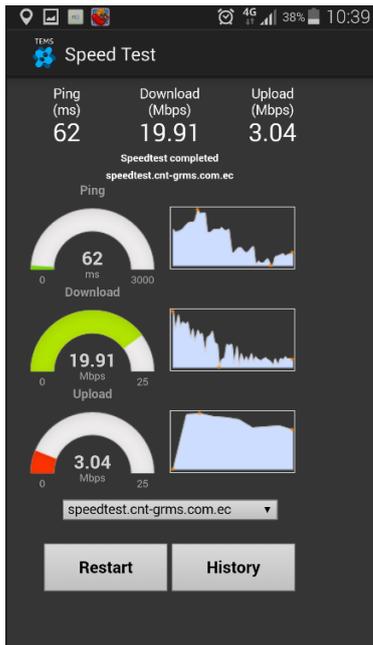
**DOWNLOAD:** La aplicación para determinar la velocidad de descarga del usuario de banda ancha realiza el siguiente procedimiento:

1. En el proceso interno que se desarrolla dentro de la aplicación primero se descargan pequeños archivos binarios del servidor web conectado, en este proceso la aplicación mide la velocidad de descarga para estimar la velocidad aproximada de conexión.
2. Luego la aplicación selecciona la cantidad de datos a descargar para el verdadero test en un estimado de 10 segundos, con el fin de obtener resultados más precisos, y sobretodo permitiendo que no le tome demasiado tiempo al usuario en realizar las pruebas.
3. Estas muestras de volumen de información son recibidas hasta 30 veces por segundo. Seguido de este procedimiento se calcula el tiempo y el tamaño de cada una de las muestras para obtener de esta manera los datos de velocidad con que cada una de estas fueron recibidas.

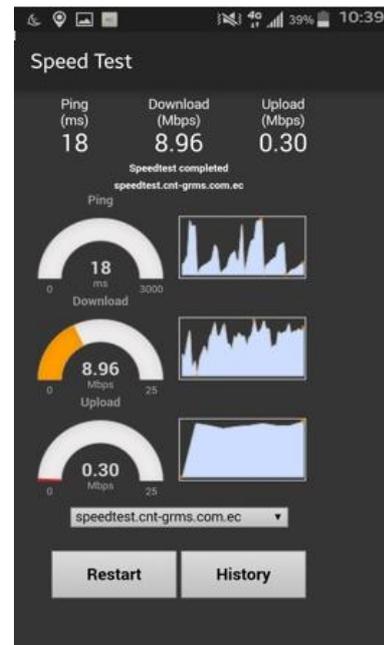
4. Estas muestras obtenidas son divididas en 20 partes (cada parte contiene el 5% de las muestras). Este proceso interno se encarga de descartar el 10% de las partes más rápidas y el 30% de las partes más lentas.
5. Finalmente de la parte restante se obtiene un promedio para determinar el resultado final.

**UPLOAD:** Esta velocidad de subida es la última que se realiza dentro de la aplicación y realiza el siguiente procedimiento:

1. En cambio en esta velocidad el usuario es quién genera una pequeña cantidad aleatoria de datos y envía al servidor web para estimar la velocidad de conexión.
2. Del resultado anterior, la aplicación selecciona los datos más apropiados para subir al servidor.
3. Posteriormente el programa calcula el tiempo de llegada de las tramas y el tamaño de cada una de ellas. Las tramas son organizadas por velocidad. Cabe resaltar que las tramas obtenidas con mayor velocidad se promedian para evitar anomalías consiguiendo así obtener el resultado final.



**Figura III. 20** Speed Test LTE  
Fuente: Las Autoras



**Figura III. 21** Speed Test HSPA+  
Fuente: Las Autoras

**REPORT A PROBLEM:** Esta opción permite reportar información a las operadoras acerca de los fallos detectados en la red, a fin de que el operador conozca este tipo de problemas y pueda brindar una solución a los usuarios.

## APPS

Los apps o aplicaciones son programas diseñadas para ser ejecutas en teléfonos inteligentes, estas se encargan de resolver tareas específicas que responden a demandas personales de los usuarios. Estas aplicaciones se encuentran disponibles en las tiendas virtuales de los operadores propietarias de los sistemas operativos.

En esta opción encontramos todas las aplicaciones que han sido instaladas y las que han sido desinstaladas del equipo móvil.

## INFORMATION

Esta opción arrojó datos muy relevantes e indispensables para el desarrollo de nuestro estudio como:

### DEVICE

Dentro de esta ventana encontramos información muy detallada acerca del teléfono celular, utilizado en el proceso de estudio:

- **Application Timer:** Da a conocer el tiempo en el que se está ejecutando la aplicación.
- **Application Version:** Muestra la versión de la aplicación.
- **Phone Type:** Muestra el tipo de celular utilizado.
- **IMEI o Internacional Mobile Equipment Identify:** Es un código internacional que identifica al teléfono celular en todo el mundo. Este código USSD (Unstructured Supplementary Service Data) se encuentra pregrabado en los teléfonos móviles GSM.
- **Operating System:** Muestra el tipo de sistema operativo que está controlando nuestro dispositivo móvil.
- **O.S. Version:** Indica la versión en la que se encuentra nuestro sistema operativo.
- **Manufacturer:** Determina el nombre del fabricante de nuestro dispositivo móvil
- **Model:** Es el tipo de teléfono que diseñó el fabricante.

- **IMSI o International Mobile Subscriber Identity:** Es un código de identificación único. Este número se almacena en la tarjeta SIM. Tiene de 15 dígitos entre los cuales consta un código de 3 cifras del país, 2 a 3 cifras del proveedor y por ultima su identificación única que son de 9 a 10 dígitos como máximo.

## NETWORK

Esta ventana nos permite visualizar características propias de la red entre ella tenemos los siguientes campos:

- **MCC o Mobile Country Code:** Es un código numérico que identifica el país donde se encuentra el móvil. Se utiliza en combinación con el MNC. Estas son definidas in la ITU E.212 (05/2008)
- **MNC o Mobile Network Code:** Es un código que Identifica al operador móvil. Ecuador cuenta con los siguientes códigos MCC y MNC:

| MCC | MNC | IMSI  | BANDAS | OPERADOR | ESTADO    |
|-----|-----|-------|--------|----------|-----------|
| 740 | 0   | 74000 | GSM    | Movistar | Operativa |
| 740 | 1   | 74001 | GSM    | Claro    | Operativa |
| 740 | 2   | 74002 | GSM    | CNT EP.  | Operativa |

**Tabla III. VII** Código MCC y MNC Ecuador  
Fuente: Las Autoras

- **Evolution:** Muestra en pantalla la generación en la que se encuentra el teléfono móvil. Esta puede ser: 2G, 3G, 4G.
- **Technology:** Visualiza la tecnología que está usando nuestro teléfono celular. Entre estas tecnologías tenemos: EDGE. HSPA, HSPAP, LTE.

Cabe resaltar que el servicio que ofrecen estas tecnologías depende mucho de su área de cobertura.

- **CID/CNo/eNBID:** Es un número único que identifica a cada radio base, dentro de una LAC. En GSM su rango va desde 0 a 65535, mientras que en CDMA es de 0 a 268435455 sobre redes UMTS y LTE.
- **LAC/S+N ID/TAC:** Es un código que identifica la zona de ubicación de la radio base. Se encuentra en un rango de 0 a 65535
- **Rx Lev / RSCP:** Presenta el nivel de potencia recibida en tecnologías 2G, 3G, y 4G. Si la señal recibida se encuentra en un rango de -40 a -90 dbm, podemos decir que la señal es aceptable, si esta  $> -40$  funciona el móvil, pero comienza a presentar inconvenientes, al igual que si esta potencia es  $< -90$ .

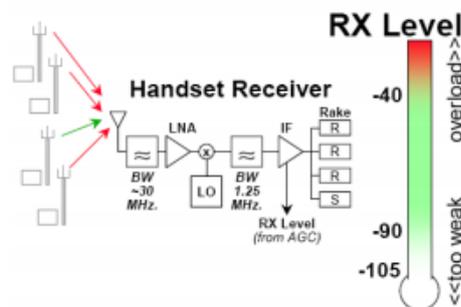


Figura III. 22 Rx Level

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/3/Capitulo%202.pdf>

- **SNR/  $E_c/N_o$ :** Es la relación existente entre la potencia de la señal que se transmite frente a la potencia de ruido que la corrompe.
- **RSSI:** Se define como la predicción de nivel de intensidad de la señal recibida, la potencia de emisión de la BS menos las pérdidas de

propagación<sup>10</sup>. Se mide entre 0 db y -120 db, mientras más cercano este al 0 es mejor.

En la Figura III.24 y Figura III.25 podemos ver los siguientes campos con sus respectivos datos calculados entre las dos redes mencionadas.

| Information       |                      |          |
|-------------------|----------------------|----------|
| Device            | Network              | Location |
| MCC               | MNC                  |          |
| 740               | 2                    |          |
| Evolution         | Technology           |          |
| 4G                | LTE                  |          |
| CID / CNo / eNBID | LAC / S + N ID / TAC |          |
| 444632            | 20701                |          |
| Rx Lev / RSCP     | SNR / Ec/No          |          |
| -91 dBm           | 8                    |          |
| RSSI              | BER                  |          |
| -67 dBm           | *N / A               |          |

**Figura III. 23 Network HSPA+**  
Fuente: Las Autoras

| Information       |                      |          |
|-------------------|----------------------|----------|
| Device            | Network              | Location |
| MCC               | MNC                  |          |
| 740               | 2                    |          |
| Evolution         | Technology           |          |
| 3G                | HSPAP                |          |
| CID / CNo / eNBID | LAC / S + N ID / TAC |          |
| 44593             | 40700                |          |
| Rx Lev / RSCP     | SNR / Ec/No          |          |
| -87 dBm           | N/A                  |          |
| RSSI              | BER                  |          |
| -87 dBm           | *N / A               |          |

**Figura III. 24 Network LTE**  
Fuente: Las Autoras

## LOCATION

Dentro de esta ventana podemos observar los siguientes campos de ubicación:

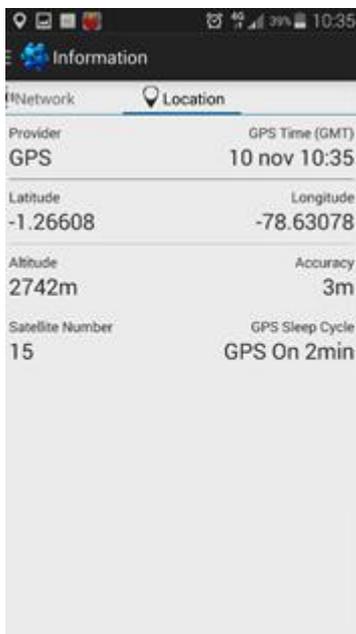
- **Provider:** El proveedor de información de localización definido en el teléfono móvil es el Sistema de Posicionamiento Global o GPS. Este sistema viene ya instalado en los celulares modernos, y se encarga de

<sup>10</sup> OPNET Technologies Inc., "802.16 ARQ Model Design", 2005

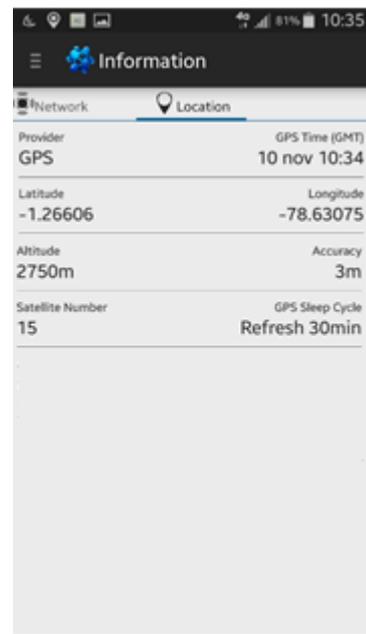
mostrar la ubicación exacta de un receptor GPS en la tierra en sus tres coordenadas:

- Longitud
- Latitud
- Altura

Como podemos observar en las figuras siguientes.



**Figura III. 25** Coordenadas LTE  
Fuente: Las Autoras



**Figura III. 26** Coordenadas HSPA+  
Fuente: Las Autoras

El segmento satelital consiste en 24 satélites funcionando que giran en torno a la tierra en seis planos orbitales a unos 60 grados entre sí, con cuatro satélites en cada plano. Hay 21 satélites activos y 3 reservados como espacios. En caso de falla de un satélite, uno de las reservas comienza actuar.

Para que un receptor en tierra determine su longitud y latitud, debe recibir señales de tres o más satélites, que identifiquen el número del satélite.

Si una estación terrestre receptora conoce la ubicación de un solo satélite y la distancia entre el satélite y ella, sabe que debe estar en algún lugar de una esfera imaginaria centrada en el satélite y con radio igual a la distancia del satélite al receptor.



**Figura III. 27** Sistema GPS

**Fuente:** <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSpfphIgTQ1-JAQqC-oUPksIb2STPVE4CxZZBznBz2ErerijdsNnw>

## EVENTS

Esta opción muestra al detalle sobre el servicio de voz, como mencionamos anteriormente LTE no cuenta con este servicio aún, por ello es que la presente evaluación se enfocó más al servicio de datos entre las dos tecnologías mencionadas.

En esta opción encontramos los siguientes campos que a futuro pueden ser objeto de estudio o análisis.

- Call Setup Failure
- Dropped Call
- Emergency Network

- No Network

## SURVEYOR

Permitió visualizar parámetros importantes para el desarrollo de nuestra investigación bajo los parámetros de cobertura (accesibilidad a la red) y tiempo de navegación propuestos en la evaluación.

A continuación detallamos más los campos presentados por esta opción.

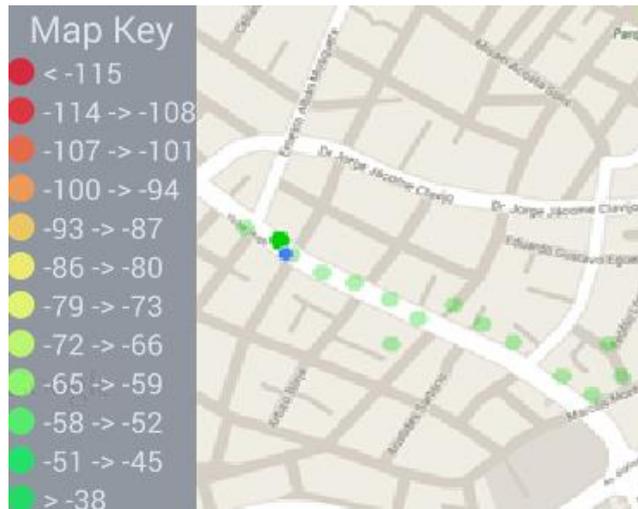
## MAPPING

Presenta gráficamente en un mapa geográfico el recorrido realizado y va determinado también los niveles de potencia obtenidos en estos puntos, los cuales son analizados mediante la siguiente tabla:

| <u>Ranges</u>  | Color | Grade            |
|----------------|-------|------------------|
| >-38           |       | <u>Excellent</u> |
| -45>-65        |       | Muy bueno        |
| -66>-86        |       | Bueno            |
| -87>-107       |       | Accepted         |
| -108>-114<-115 |       | <u>Bad</u>       |

**Tabla III. VIII** Información de los Rangos de Cobertura

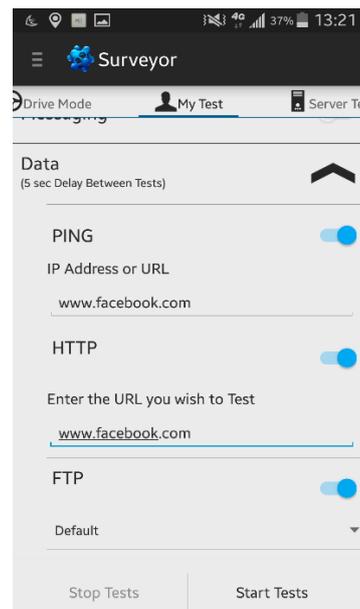
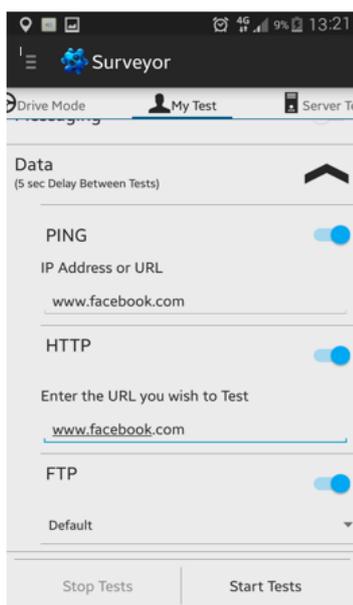
**Fuente:** Tems MobileInsighte



**Figura III. 28** Presentación del recorrido  
Fuente: Las Autoras

## MY TEST

Este campo permitió realizar las pruebas de accesibilidad al servicio bajo los siguientes protocolos: PING, HTTP, FTP. Para el análisis de las redes HSPA+ y LTE se escogió páginas web con mayor demanda de tráfico como podemos observar en las siguientes figuras:



**Figura III. 29** Prueba Facebook LTE

Fuente: Las Autoras

**Figura III. 30** Prueba Facebook HSPA+

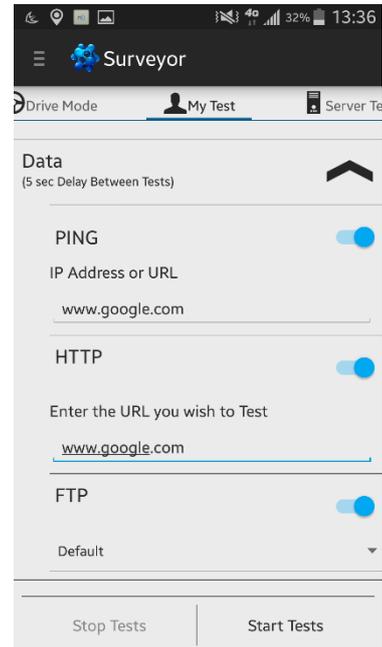
Fuente: Las Autoras

**Figura III. 31** Interfaz Facebook HSPA+, LTE

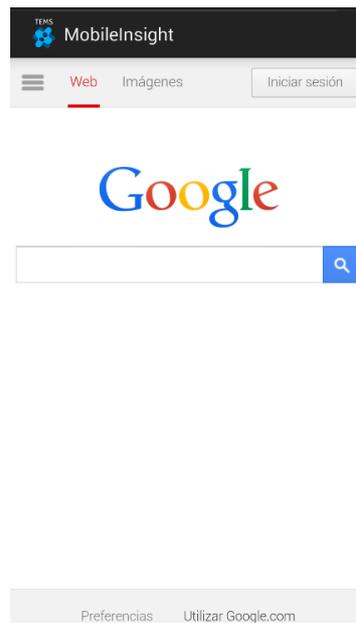
Fuente: Las Autoras

**Figura III. 32** Prueba Google LTE

Fuente: Las Autoras

**Figura III. 33** Prueba Google HSPA+

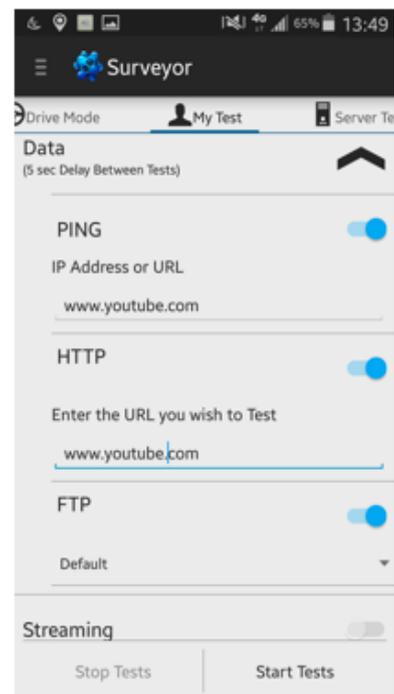
Fuente: Las Autoras



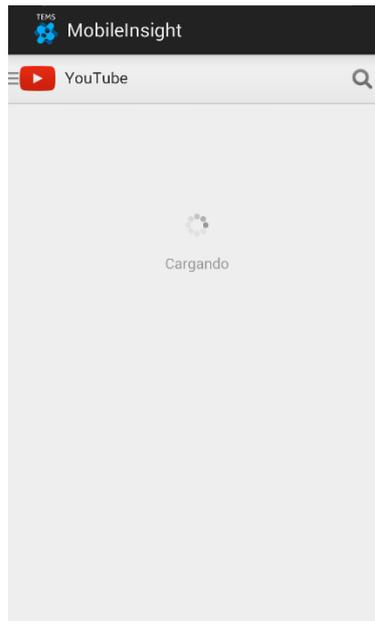
**Figura III. 34** Interfaz google HSPA+, LTE  
Fuente: Las Autoras



**Figura III. 35** Prueba YouTube LTE  
Fuente: Las Autoras



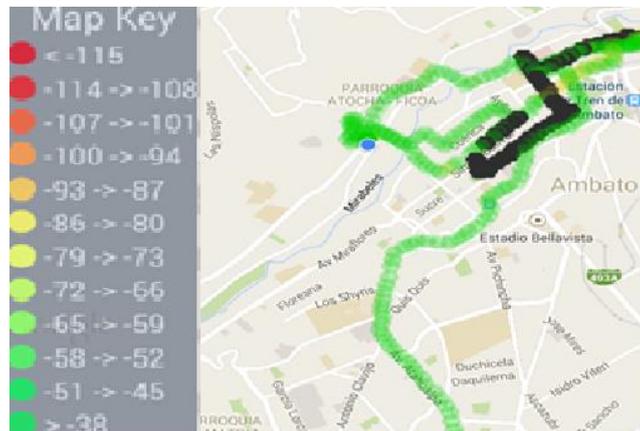
**Figura III. 36** Prueba YouTube HSPA+  
Fuente: Las Autoras



**Figura III. 37** Interfaz YouTube HSPA+, LTE  
**Fuente:** Las Autoras

## EVENTS MAP

Esta opción permitió mostrar mediante GPS la ruta total realizada en la investigación.



**Figura III. 38** Presentación final del recorrido  
**Fuente:** Las Autoras

## INCOGNITO

Esta opción es para evitar el consumo de datos cuando el programa se esté ejecutando en segundo plano.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La ciudad de Ambato comenzó a ser partícipe de este proceso de evolución tecnológica móvil 4G-LTE, desde el mes de julio del 2014. Cabe resaltar que bajo los estudios técnicos previos establecidos por la empresa Huawei y CNT EP, se determinaron los nodos LTE estratégicos para el funcionamiento de la misma.

Su fecha de lanzamiento oficial fue el 28 de agosto, en el Hotel Ambato, lugar donde se dio a conocer esta nueva tecnología y las ventajas que propiciaba la misma a los usuarios.

#### **POBLACIÓN**

En el presente proyecto de Investigación se determina dos aspectos de población importante, por un lado lo contribuyen las dos tecnologías móviles de acceso a Internet HSPA+, y LTE puesto que bajo la evaluación establecida se podrá determinar cual ofrece una mayor calidad de servicio; y por último esta la Población Económicamente Activa (PEA) quienes son los beneficiados directos de este proceso tecnológico.

En la siguiente tabla se presentan las tecnologías de acceso móvil como población de la Investigación sujeta a los parámetros medibles de QoS considerados para el servicio de datos como son:

| Tecnología  | HSPA+   | LTE   |
|---|---|---|
| <b>Parámetros Qos</b>   |   |   |
| <b>Accesibilidad de la Red</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura</li> </ul>   |
| <b>Integridad del Servicio</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de Transmisión</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de Transmisión</li> </ul>  |
| <b>Accesibilidad al Servicio</b><br><b>HTTP:</b> -Facebook,<br>Google<br>Youtube<br><b>FTP:</b> Default | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de Acceso al Servicio</li> <li>• Resultado de Acceso al servicio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de Acceso al Servicio</li> <li>• Resultado de Acceso al servicio</li> </ul> |

**Tabla III. IX** Tecnologías de Acceso como Población de la Investigación  
**Fuente:** Las Autoras

## MUESTRA

Al ser LTE una tecnología nueva y recién comercializada en la ciudad, la población suscrita a este servicio entre dispositivos Mifi y Smartphones fue de 48 usuarios hasta el mes de noviembre.

La información obtenida con relación a la población antes mencionada fue proporcionada por el personal de ventas de la CNT EP de Ambato.

En vista que era una población pequeña la que comenzó a usar este servicio se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * o^2}{E^2}$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de Confianza=95%=1.96

$\sigma = \text{Varianza} = 0.12$

$E = \text{Error} = 5\% = 0.05$

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.12)^2}{(0.05)^2} = 22.12 = 22 \text{ muestras}$$

El nivel de confianza para obtener el número de muestras se consideró del 95% siendo su valor del 1.96 en la tabla de distribución normal y el error del 5% el cual es una medida de las posibilidades de fallar.

El mismo número de muestras destinadas para la recolección de datos del LTE se vio marcada también para el servicio de HSPA+.

Al ser una población pequeña y contar con un plan limitado de megas estas 22 muestras se subdividieron entre los 3 sectores.

Los 3 sectores fueron escogidos bajo el criterio: mayor concentración de usuarios y horas de menor y mayor flujo de tráfico de datos. Tomando en cuenta lo mencionado, el cronograma establecido fue el siguiente:

| Nombre Sitio BTS   | HORA DE INICIO | HORA FINAL | No. Muestras |
|--------------------|----------------|------------|--------------|
| C.C_ Mall_AndesL21 | 9:30           | 11:00      | 6            |
| La_MercedL21       | 12:30          | 14:30      | 10           |
| Ficoa_21           | 18:00          | 19:30      | 6            |

**Tabla III. X** Cronograma de actividades  
Fuente: Las Autoras

## **CAPITULO IV**

### **4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la presentación de los resultados de los parámetros evaluados se utilizó Histogramas, esta representación gráfica permitió tener un panorama más amplio sobre el comportamiento de las dos tecnologías.

Posteriormente a la presentación de resultados, procedimos a evaluar las dos tecnologías, para ello utilizamos el Software Estadístico R, el cual permitió obtener los resultados finales.

Este software se maneja a base de comandos, en ella podemos ir comprobando que los datos ingresados tenga una diferencia significativa entre

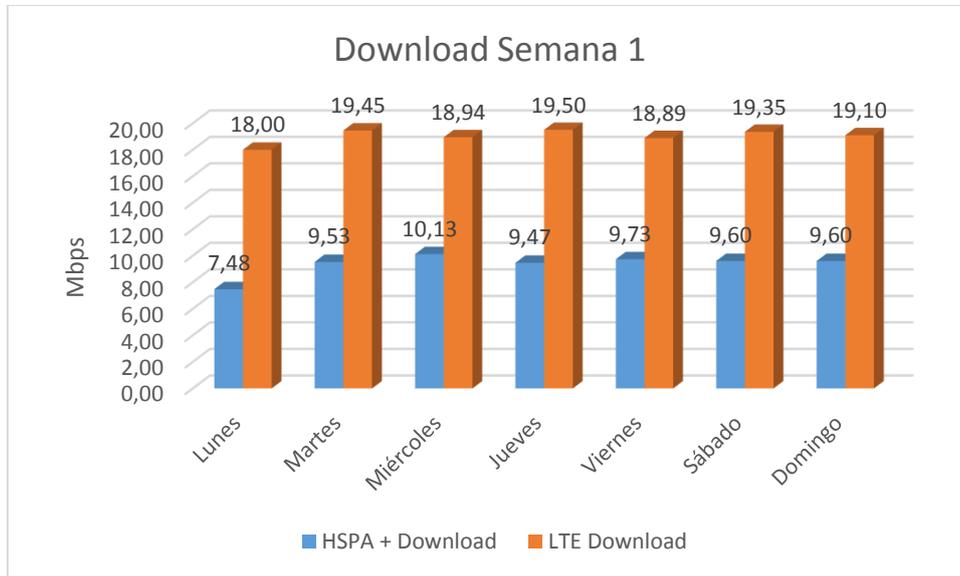
las medias de las dos tecnologías logrando así una distribución normal esto se realiza a través de test T-Student, si los son, procedemos aplicar el Test de Shapiro con lo cual comprobamos que los datos extraídos provengan de una población normal. Una vez ya finalizado el proceso obtenemos el resultado final.

El primer análisis está enfocado en el parámetro de Integridad del Servicio, dentro del cual evaluaremos la velocidad de transmisión tanto de subida como de bajada. En el segundo análisis evaluaremos el tiempo de conexión o tiempo de acceso al servicio y el tiempo de carga o respuesta de acceso al servicio, elementos importantes considerados en el parámetro de Accesibilidad del Servicio; en él también se tomó en cuenta las páginas con mayor demanda de tráfico. Y por últimos tenemos un análisis general del parámetro de Accesibilidad a la red cuestión cobertura.

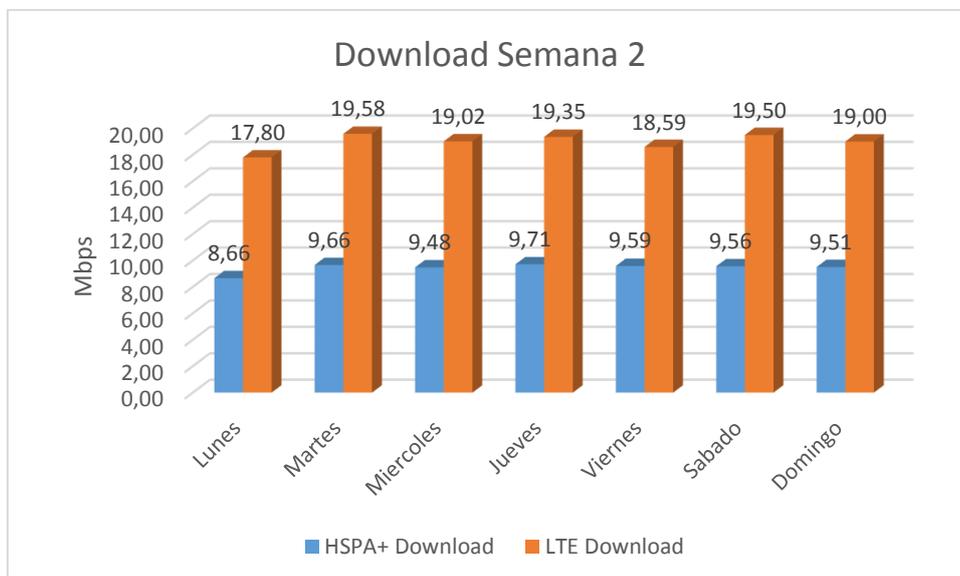
#### **4.1. PARÁMETRO INTEGRIDAD DEL SERVICIO**

Este parámetro incluye varios elementos muy importantes, para el presente trabajo de tesis solo evaluaremos el elemento velocidad de transmisión, puesto que este elemento es trascendental en lo que respecta al servicio de datos móviles ya que los usuarios cada vez demandan mayores velocidades.

#### 4.1.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (DOWNLOAD).



**Figura VI. 39** Velocidad de Transmisión (Download) Semana 1 LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

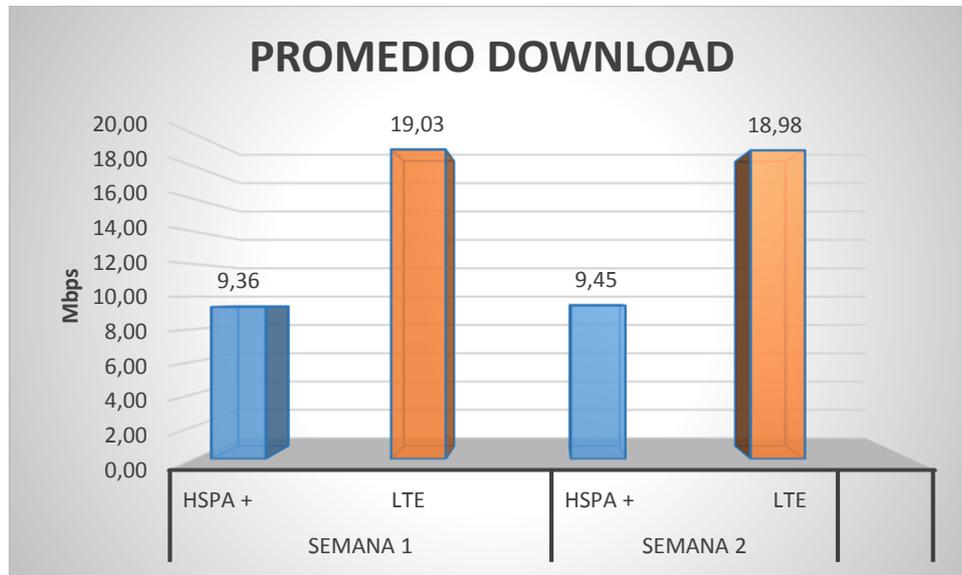


**Figura VI. 40** Velocidad de Transmisión (Download) Semana 2 LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

#### INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos reflejan que la tecnología LTE brinda mayores velocidades de descarga con relación a HSPA+.

Pudimos notar que los datos variaban mucho en las semanas y también en los días, esto se ve afectado por la concentración de usuarios o por las actividades que realizan los otros usuarios en la red.

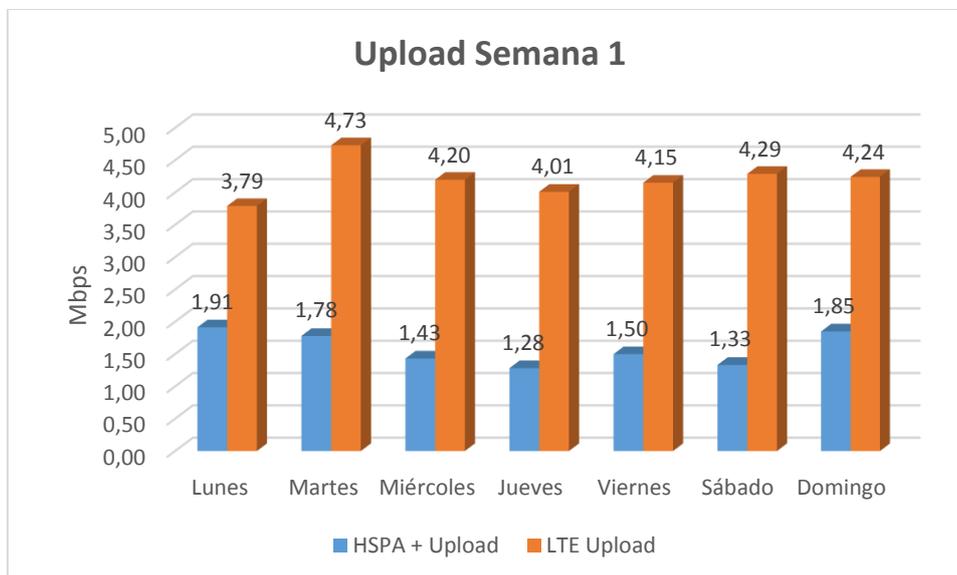


**Figura VI. 41** Promedio Download Velocidad de Transmisión LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

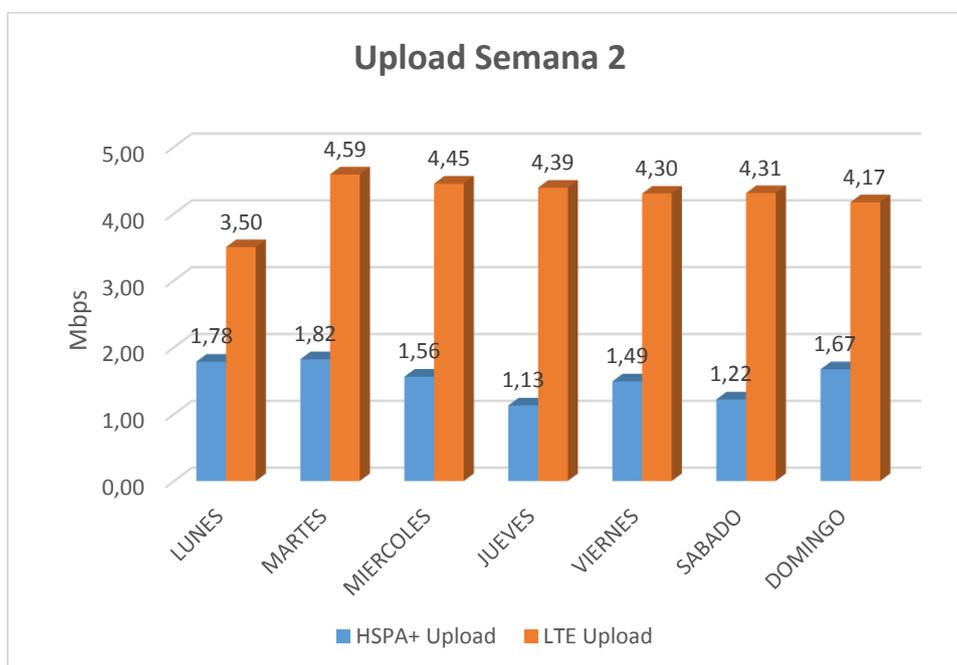
## ANÁLISIS FINAL

Una vez analizado los comportamientos de las dos tecnologías en las dos semanas pudimos constatar que la tecnología LTE presenta un aumento en la velocidad de descarga del 102% con respecto a la tecnología HSPA+, permitiéndole al usuario ser partícipe de mayores beneficios.

#### 4.1.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (UPLOAD)



**Figura VI. 42** Velocidad de Transmisión (Upload) Semana 1 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

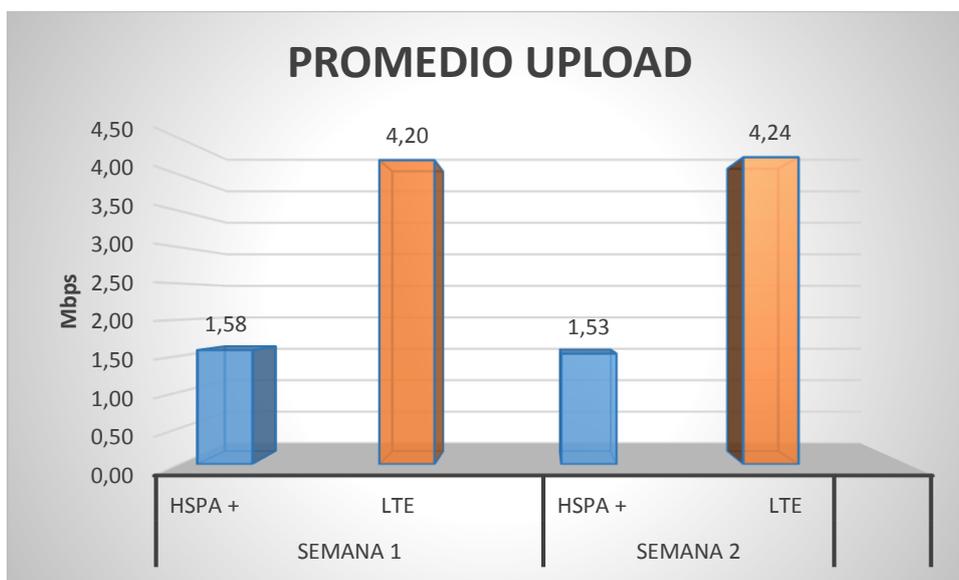


**Figura IV. 43** Velocidad de Transmisión (Upload) Semana 2 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Según los resultados obtenidos podemos decir que la tecnología LTE presenta una diferencia significativa en la velocidad de transmisión de subida, en el día martes se puede evidenciar una mayor velocidad de upload debido a que en el momento de realizar las pruebas no existieron muchos usuarios como los otros días.

Cabe indicar que el servicio se ve ligado a los factores que ya mencionamos en la velocidad de transmisión de descarga, a este se puede adjuntar el peso del archivo o contenido que se desean subir a la red, factores también determinantes en la velocidad de transmisión de subida.



**Figura IV. 44** Promedio Upload Velocidad de Transmisión LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

## ANÁLISIS FINAL

Analizado los comportamientos de las dos tecnologías en el proceso de investigación pudimos observar que la tecnología LTE presentaba un aumento

significativo en la velocidad de subida del 171,81% sobre la tecnología HSPA+. Lo que podemos concluir con el dato obtenido en el análisis es que LTE brinda una mejor calidad de servicio a los usuarios de la red, brindándoles una mayor experiencia.

#### **4.2. PARÁMETRO ACCESIBILIDAD DEL SERVICIO**

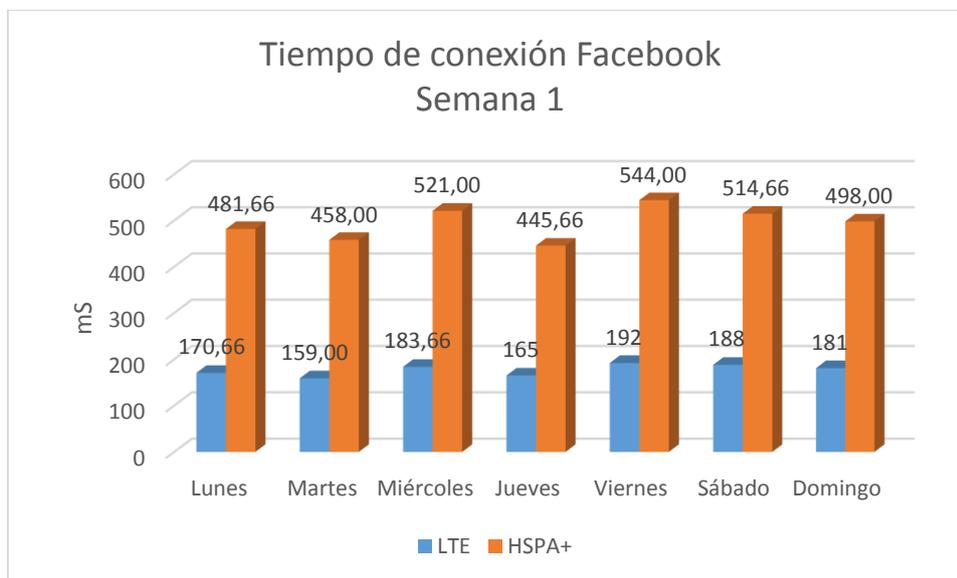
Otro de los elementos a considerar dentro de la evaluación de las dos tecnologías son los siguientes: tiempo y resultado de acceso al servicio. Elementos importantes dentro de nuestra evaluación.

Estas pruebas fueron realizadas a los tres servidores HTTP más conocidos y con mayor acogida por parte de los usuarios, estos fueron: Facebook, Google y YouTube. También se realizaron pruebas a un servidor FTP.

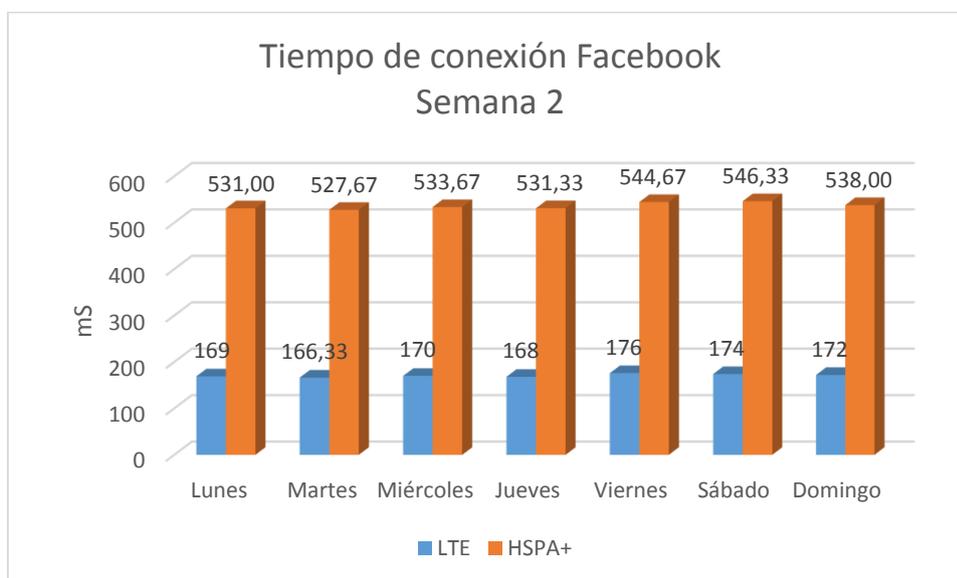
A continuación se presenta los resultados obtenidos durante el proceso de investigación.

## 4.2.1. TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO EN HTTP

### 4.2.1.1. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO FACEBOOK.



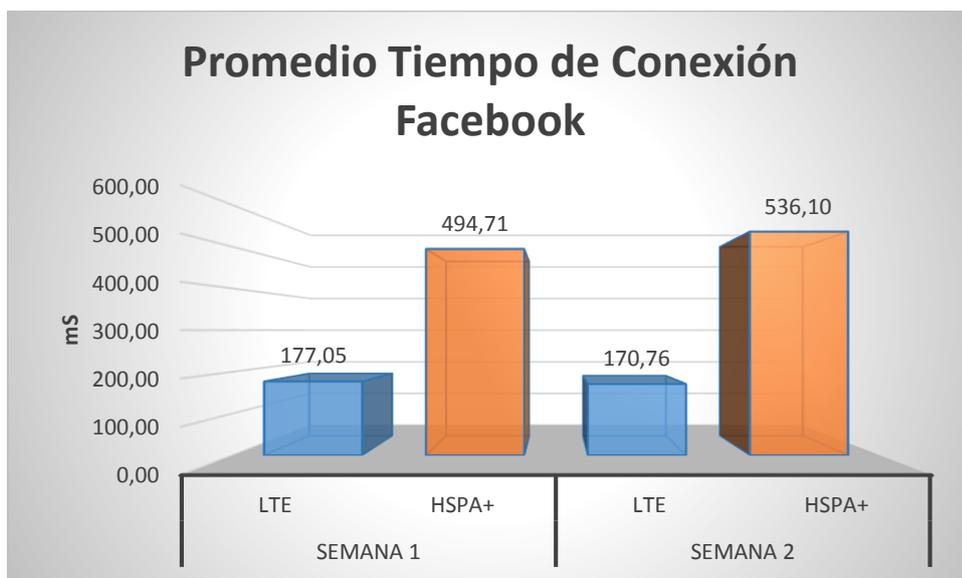
**Figura IV. 45** Tiempo de Conexión Facebook Semana 1 LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras



**Figura IV. 46** Tiempo de Conexión Facebook Semana 2 LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la tecnología LTE tiene un tiempo menor de conexión al servidor de Facebook que HSPA+. Lo que significa que LTE es más veloz en tiempo de conexión que HSPA+.

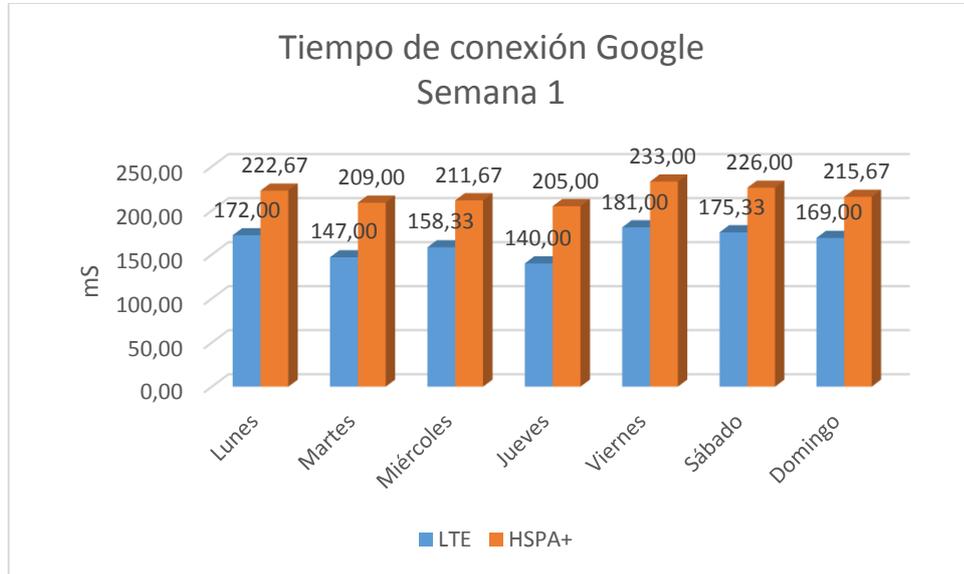


**Figura IV. 47** Promedio final Tiempo de conexión Facebook LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

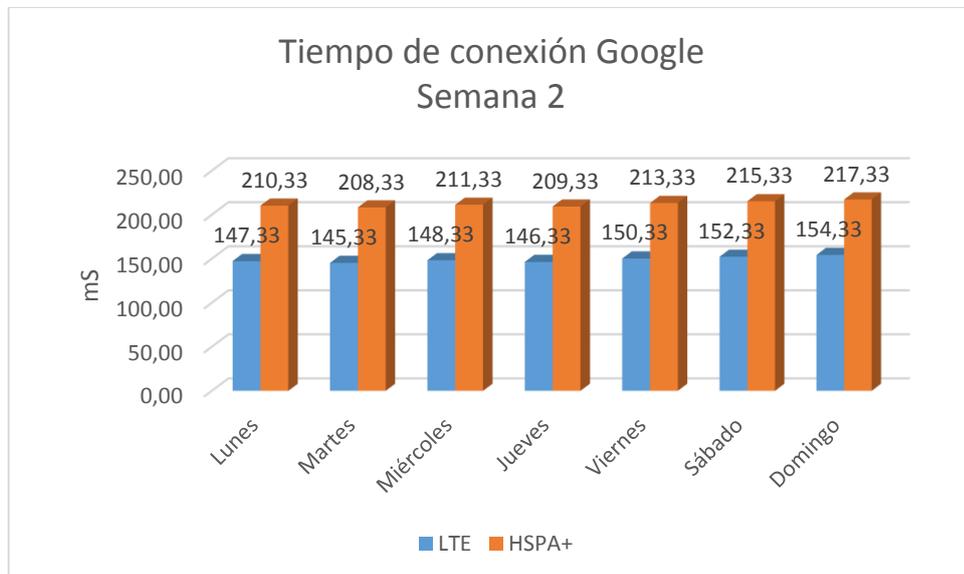
## ANÁLISIS FINAL

Después de haber observado el comportamiento de ambas tecnologías respecto al elemento de tiempo de acceso al servicio en Facebook se pudo determinar que la tecnología LTE es 196.37% menor que HSPA+. Lo que significa que se tarde menos tiempo en acceder al servicio. Y eso es una ventaja muy importante para los usuarios quienes cada vez se interesan en acceder a las páginas en el menor tiempo posible.

#### 4.2.1.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO GOOGLE



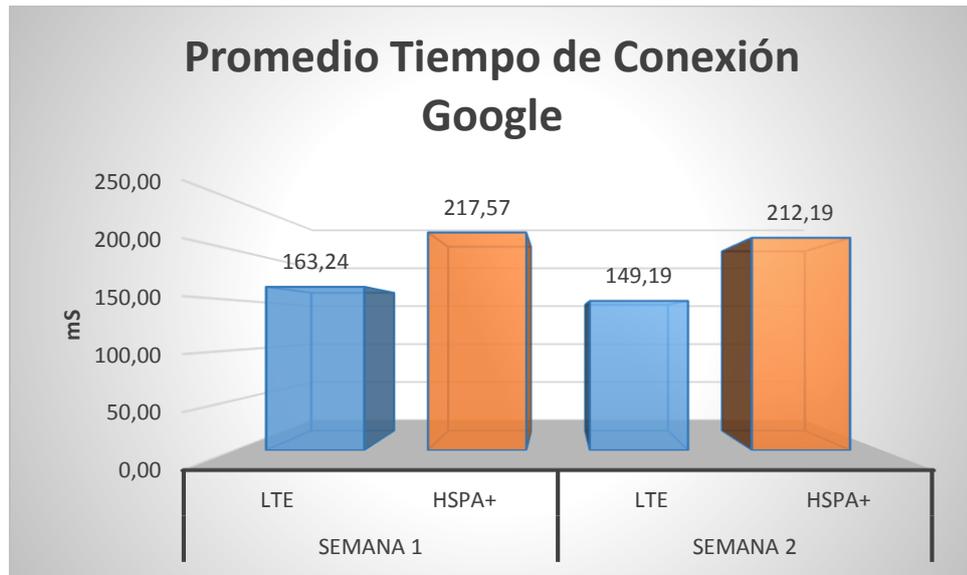
**Figura IV. 48** Tiempo de Conexión Semana 1 Google LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras



**Figura IV. 49** Tiempo de Conexión Semana 2 Google LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Según los datos obtenidos en el tiempo de acceso al sitio web Google, LTE tiene un tiempo de conexión menor que HSPA+. Lo que significa que la nueva tecnología presenta menor tiempo de espera en acceder al servicio.



**Figura IV. 50** Promedio Final Tiempo de Conexión Google LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## ANÁLISIS FINAL

Analizado los resultados de ambas tecnologías respecto al tiempo de acceso al servicio en Google se obtuvo el siguiente dato en que muestra que LTE se demora un 37,56% menos que HSPA+ para la conexión con el servidor de facebook. Esto significa que se tarde menos tiempo en acceder a la servicio.

#### 4.2.1.3. ANÁLISIS E ITERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO YOUTUBE



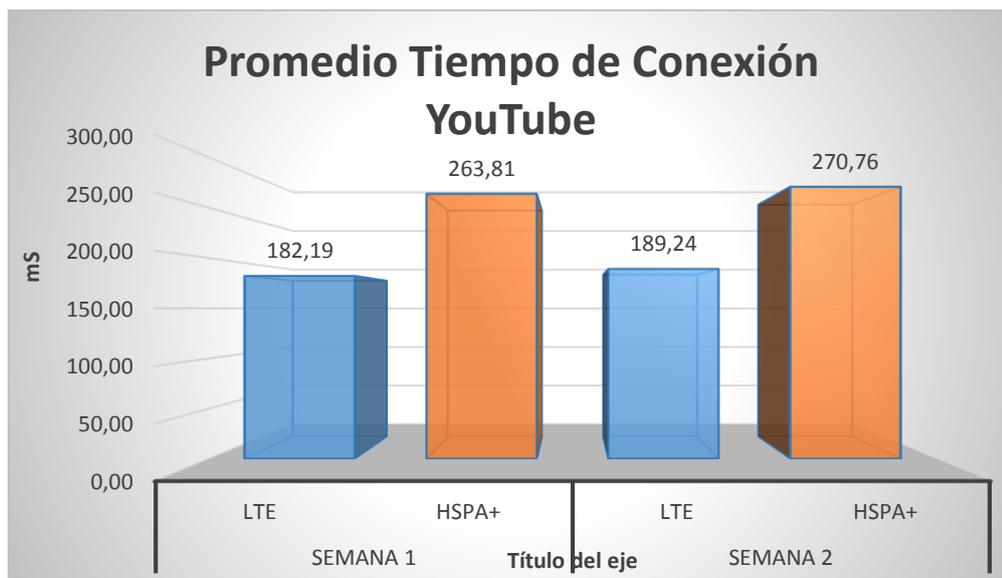
**Figura IV. 51** Tiempo de Conexión Semana 1 YouTube LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras



**Figura IV. 52** Tiempo de Conexión Semana 1 YouTube LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Según los datos obtenidos en el tiempo de acceso al sitio web YouTube, LTE es superior en tiempo de conexión a la tecnología HSPA+ lo que significa que la nueva tecnología presenta menor tiempo de espera en acceder al servicio.



**Figura IV. 53** Promedio Final Tiempo de Conexión YouTube LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

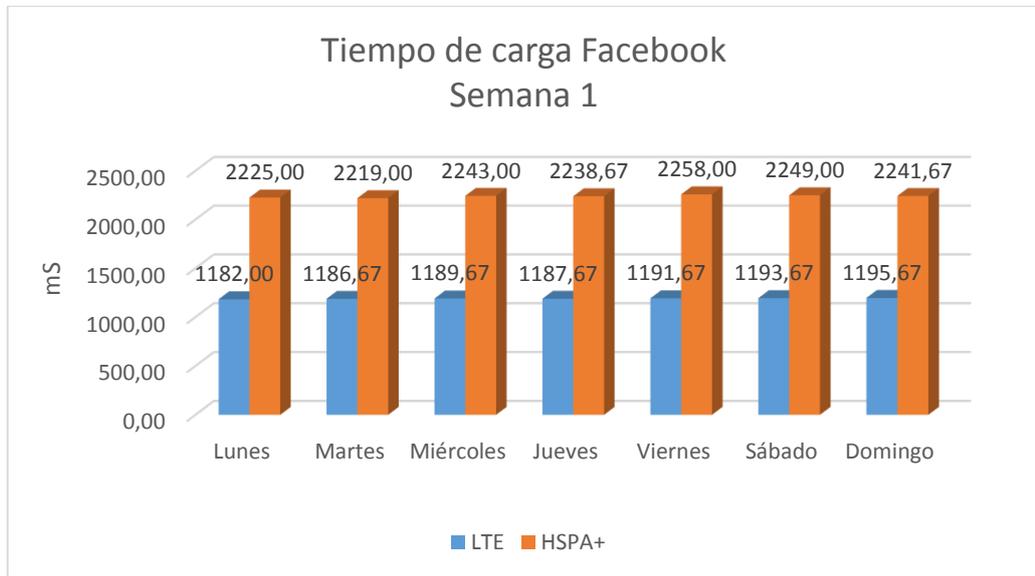
## ANÁLISIS FINAL

Una vez obtenido los resultados de las dos tecnologías respecto al tiempo de acceso al sitio web YouTube se obtuvo el siguiente dato en el que muestra que LTE es 40.08% menor que HSPA+. Lo que significa que LTE es más rápida a su tecnología antecesora.

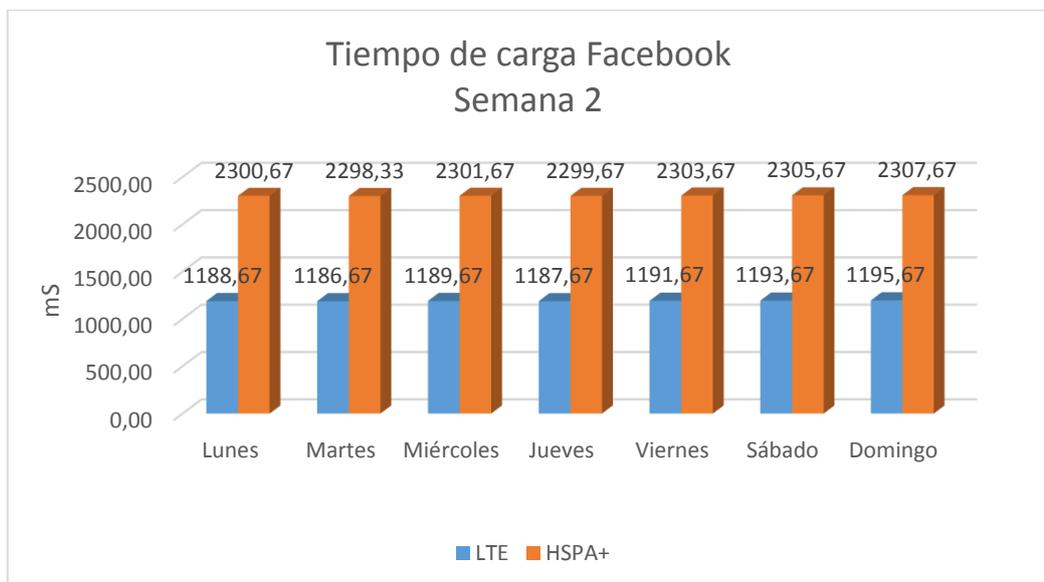
Es importante considerar los factores que determinan también que haya una mejor calidad de servicio y mayor experiencia en cuanto se refiere al tiempo de acceso a los diferentes servicios como por ejemplo mayor concentración de usuarios en la misma base, horas de mayor flujo de tráfico, entre otros.

**4.2.2. RESULTADO DE ACCESO AL SERVICIO EN HTTP**

**4.2.2.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESOS AL SERVICIO FACEBOOK**



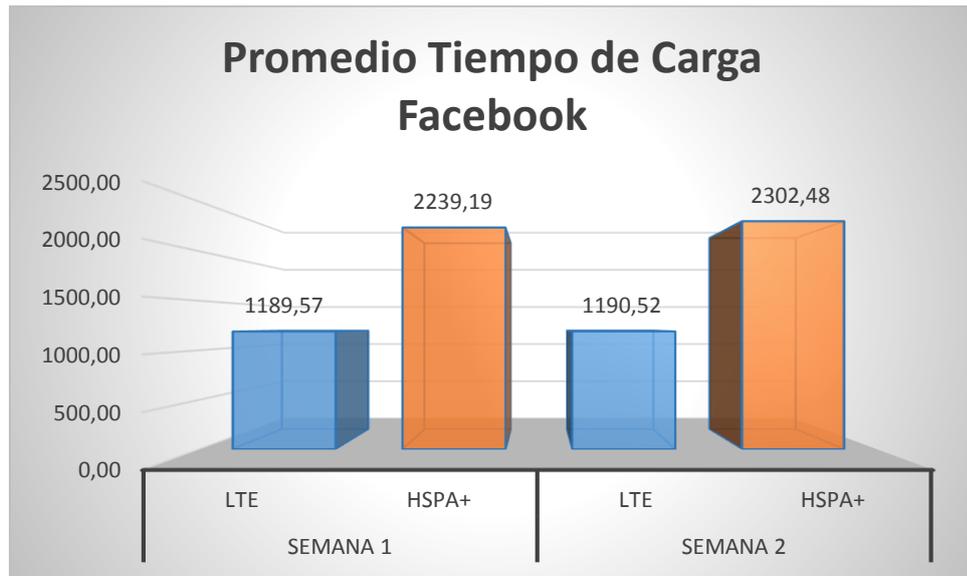
**Figura IV. 54** Tiempo de Carga Facebook Semana 1 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras



**Figura IV. 55** Tiempo de Carga Facebook Semana 2 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la tecnología LTE es superior en tiempo de carga a la tecnología HSPA+ lo que significa que LTE se demora menos tiempo en cargar la página en este caso Facebook.

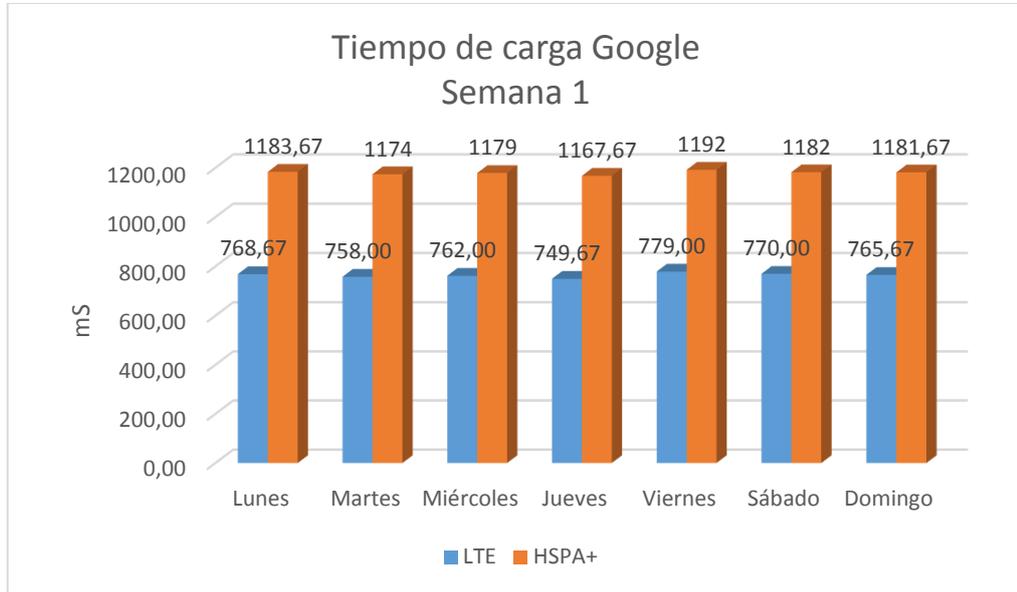


**Figura IV. 56** Promedio Final Tiempo de Carga Facebook LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

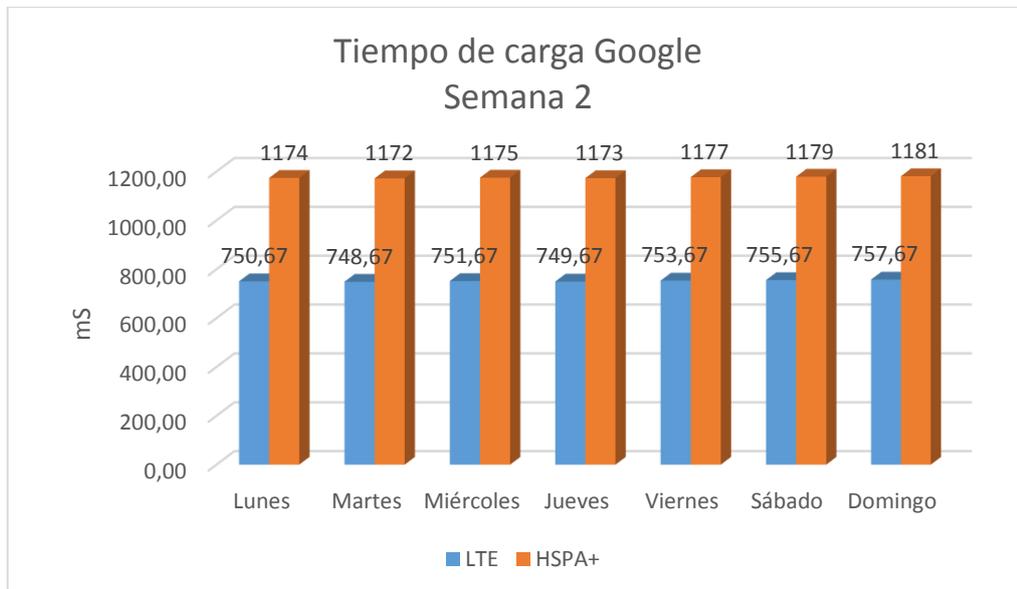
## ANÁLISIS FINAL

Después de haber observado los datos de ambas tecnologías respecto al elemento de tiempo de carga del servicio en Facebook se pudo determinar que la tecnología LTE es 90.82% menor en tiempo de carga que HSPA+. Lo que significa que se tarde menos tiempo en cargar la página web.

**4.2.2.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESO AL SERVICIO GOOGLE.**



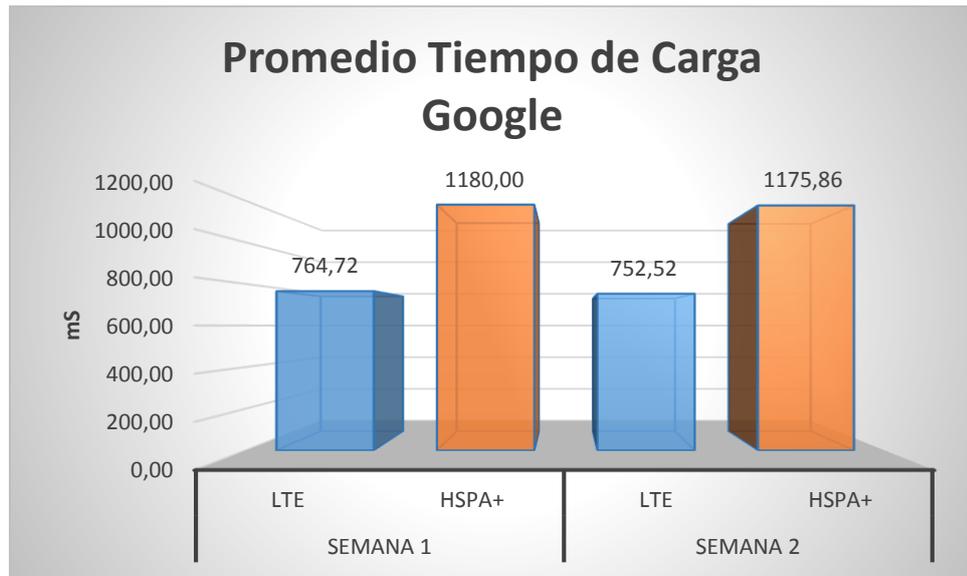
**Figura IV. 57** Tiempo de Carga Google Semana 1 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras



**Figura IV. 58** Tiempo de Carga Google Semana 2 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Según los datos obtenidos en el tiempo de carga al sitio web Google, LTE es superior en tiempo a la nueva tecnología HSPA+ lo que significa que LTE presenta menor tiempo de espera en acceder al servicio.

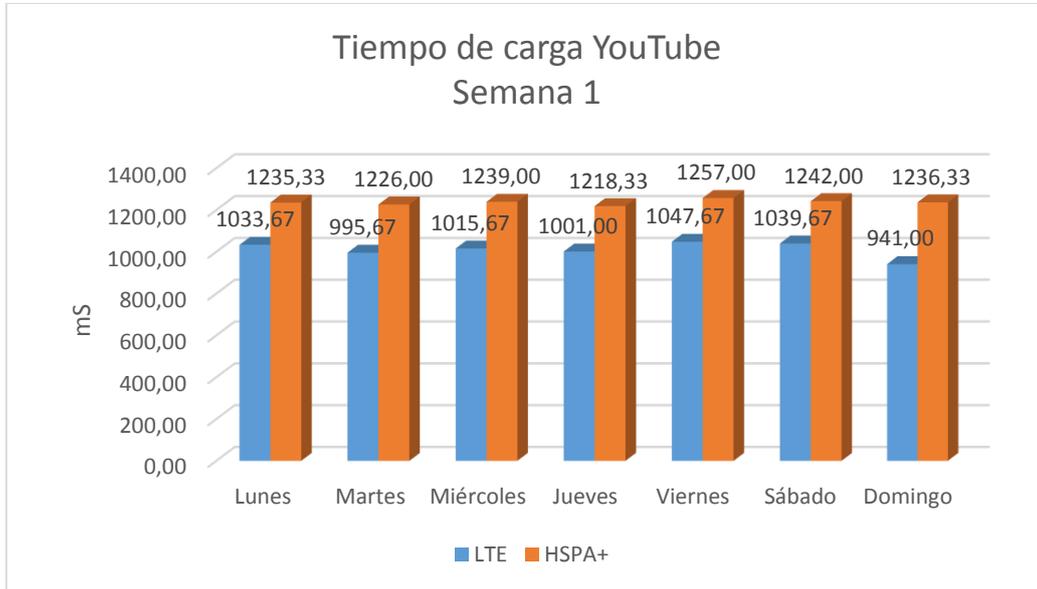


**Figura IV. 59** Promedio Final Tiempo de Carga Google LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

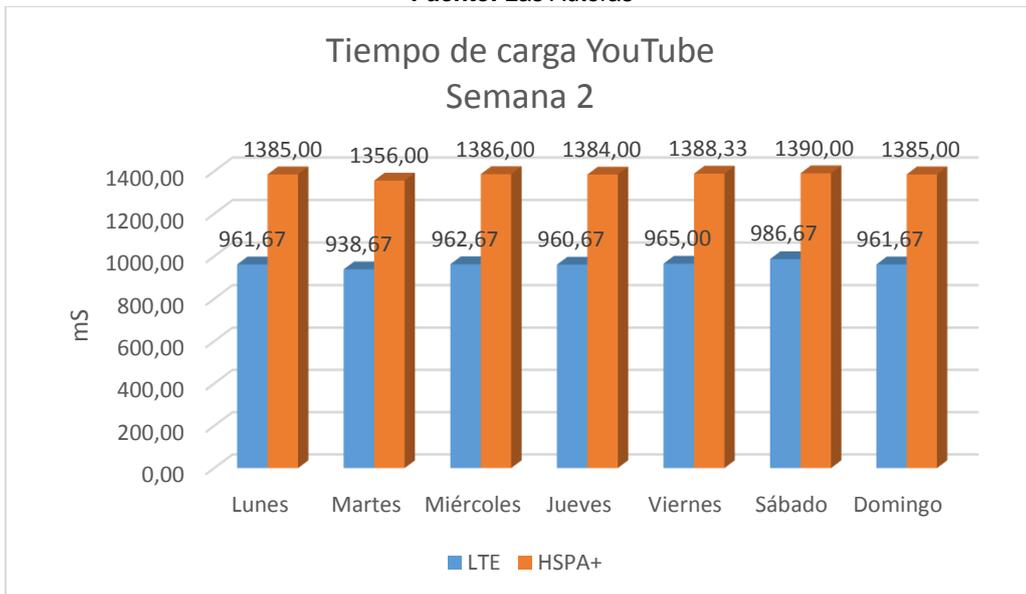
## ANÁLISIS FINAL

Analizado los resultados de ambas tecnologías respecto al tiempo de carga se obtuvo el siguiente dato en que señala que LTE es 55.26% menor que el tiempo de carga en HSPA+. Esto significa que se tarde menos tiempo en acceder a la página web.

### 4.2.2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ACCESO AL SERVICIO YOUTUBE



**Figura IV. 60** Tiempo de Carga YouTube Semana 1 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

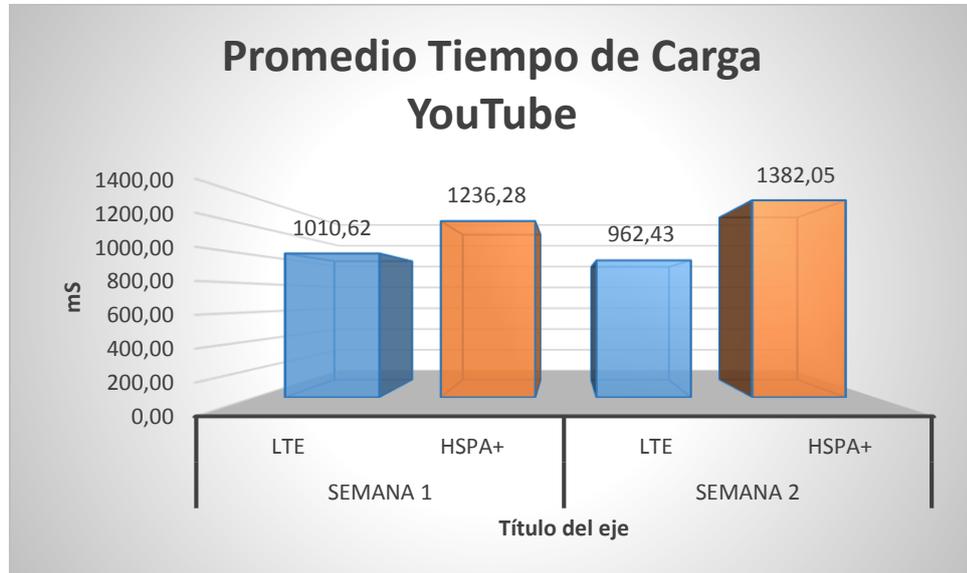


**Figura IV. 61** Tiempo de Carga YouTube Semana 1 LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

### INTERPRETACIÓN

Según los datos obtenidos en el tiempo de carga de la página web de YouTube, LTE es superior en tiempo de carga a la tecnología HSPA+ lo que

significa que la nueva tecnología presenta menor tiempo de espera en acceder al servicio.



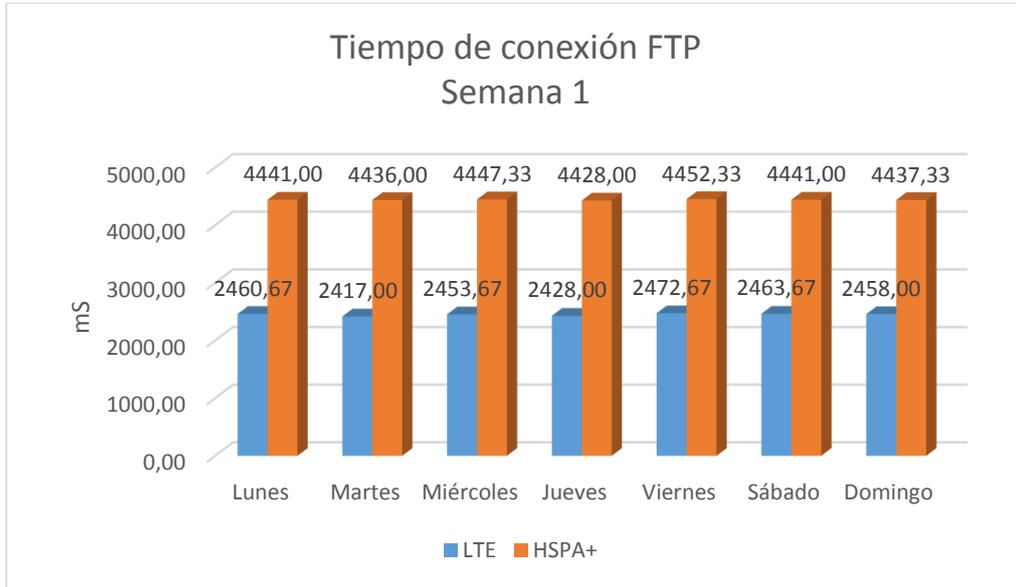
**Figura IV. 62** Promedio Final Tiempo de Carga YouTube LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

## ANÁLISIS FINAL

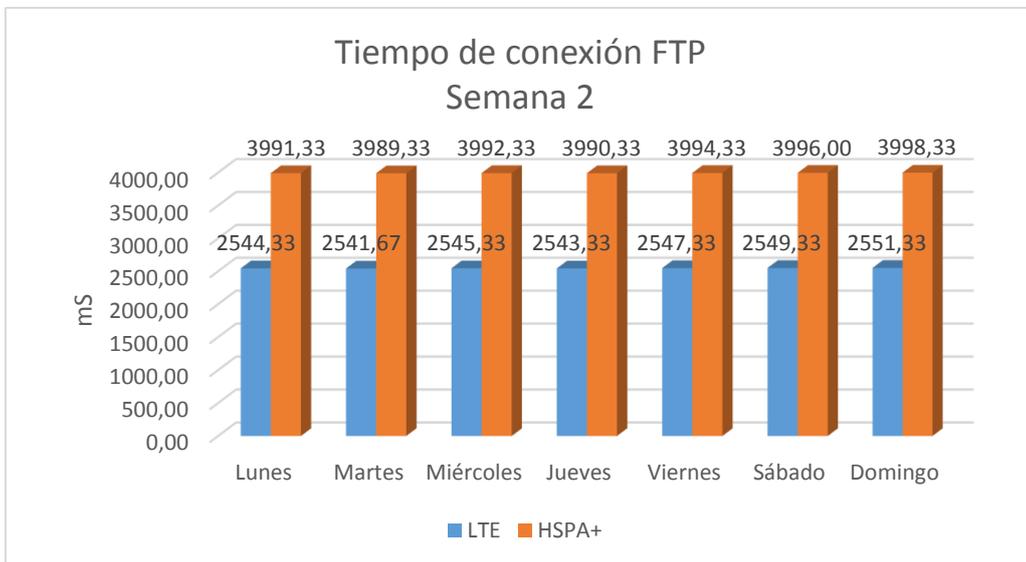
Después de haber obtenido los resultados de las dos tecnologías respecto al tiempo de carga de la página web de YouTube se obtuvo el siguiente dato en que muestra que LTE es 32.70% menor que HSPA+. Lo que significa que es más rápida y muestra una diferencia significativa con respecto a la tecnología antecesora HSPA+.

**4.2.3. TIEMPO DE ACCESO AL SERVICIO EN FTP**

**4.2.3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS TIEMPO DE ACCESOS AL SERVICIO FTP**



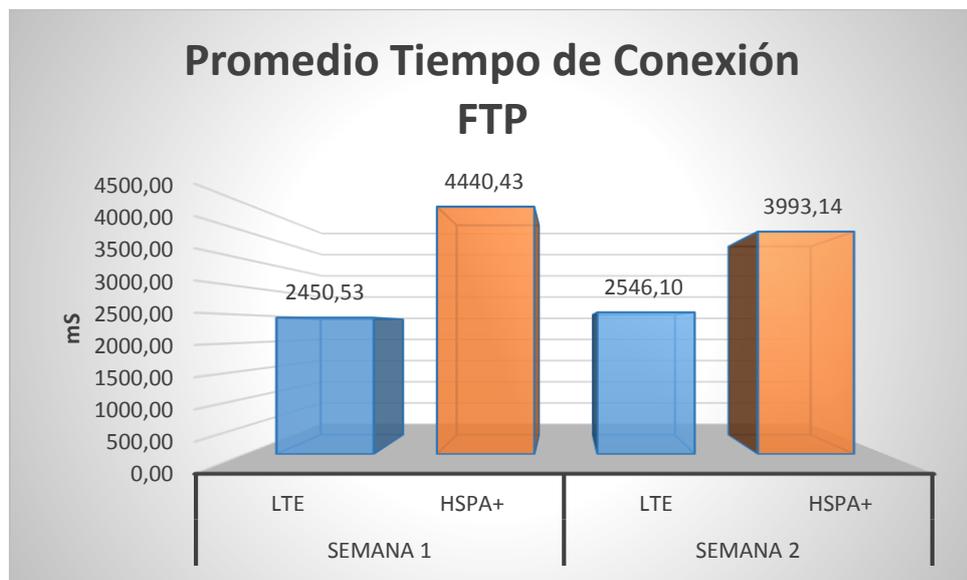
**Figura IV. 63** Tiempo de Conexión Semana 1 FTP LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras



**Figura IV. 64** Tiempo de Conexión Semana 2 FTP LTE- HSPA+  
Fuente: Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Según los datos obtenidos en el tiempo de acceso al servidor por default de FTP, LTE sigue siendo superior en tiempo de carga a la tecnología HSPA+ lo que significa que la nueva tecnología presenta menor tiempo para acceder al servicio.

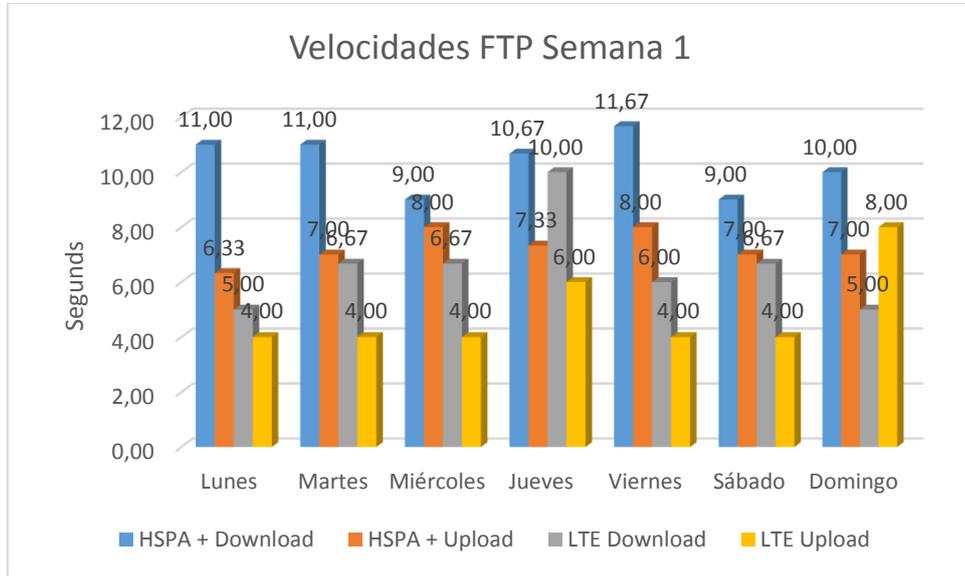


**Figura IV. 65** Promedio Final Tiempo de Conexión FTP LTE- HSPA+  
**Fuente:** Las Autoras

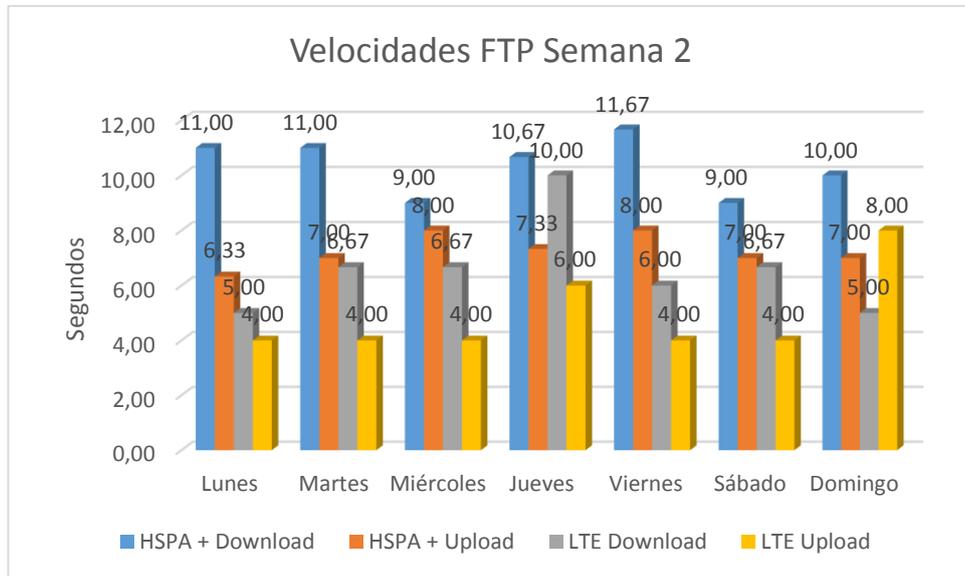
## ANÁLISIS FINAL

Observado el comportamiento de ambas tecnologías respecto al elemento de tiempo de acceso al servidor de FTP se pudo determinar que la tecnología LTE es 69.05% menor que HSPA+. Lo que significa que se tarde menos tiempo en acceder a la servicio, no obstante en horas donde se produce un alto flujo de tráfico de datos pueden presentarse inconvenientes como por ejemplo perdida de paquetes, o también largas horas de espera ya sea al subir o descargas archivos, entre otros factores que puedan hacer que la red se torne insatisfactoria para los usuarios y no cumpla con sus expectativas.

**4.2.3.2. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (UPLOAD Y DOWNLOAD)**



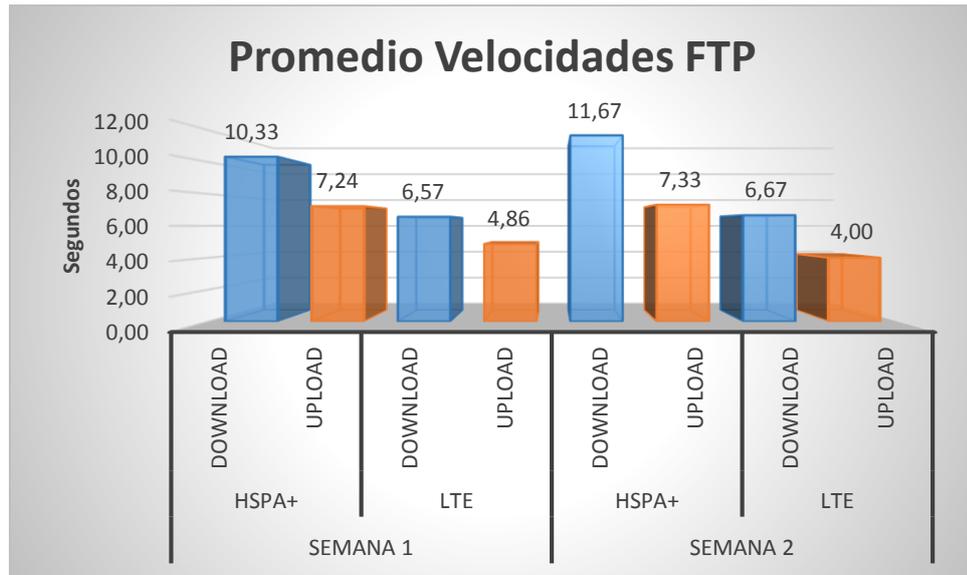
**Figura IV. 66** Velocidad (Upload-Download FTP) Semana 1 en HSPA+ y LTE  
**Fuente:** Las Autoras



**Figura IV. 67** Velocidad (Upload-Download FTP) Semana 2 en HSPA+ y LTE  
**Fuente:** Las Autoras

## INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos reflejan que LTE tarda menos segundos en conectarse al servicio y en realizar la descarga y subida de archivos con respecto a la tecnología HSPA+.



**Figura IV. 68** Velocidad totales Upload-Download FTP  
Fuente: Las Autoras

## ANÁLISIS FINAL

Analizado los comportamientos de las dos tecnologías en las dos semanas pudimos constatar que la tecnología LTE presenta un menor tiempo en las velocidades de descarga de archivos y subida siendo estos valores el 66.16% y el 72.83% respectivamente menor que la tecnología HSPA+.

### **4.3. PARÁMETRO ACCESIBILIDAD DE LA RED**

#### **4.3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS COBERTURA**

Este parámetro consideramos que es el más importante de todos, puesto que para tener una buena calidad de servicio se requiere tener una buena cobertura.

Dentro de nuestro análisis nosotras consideramos este elemento en todas las pruebas que hemos realizado a pesar de que aún no existe una regulación que permita garantizar un servicio de Internet Móvil de calidad, nosotras realizamos las pruebas bajo los criterios obtenidos en las clases y las previas investigaciones realizadas.

En las diferentes pruebas realizadas durante el recorrido pudimos notar que mientras más cerca se encontraba de la radio base nuestros teléfonos móviles tenían una mayor recepción de la señal logrando con ello un mayor acceso a la red, mientras que si se encontraba más lejos había una menor recepción de la señal, por lo cual se producían algunos inconvenientes al momento de ejecutar las pruebas.

Durante el recorrido que realizamos en los tres sectores la aplicación TEMS MOBILEINSIGHT siempre estuvo en ejecución, notamos que LTE presenta grandes ventajas y brinda mayores experiencias a los usuarios móviles con respecto a HSPA+. Se espera a futuro que LTE cubra mayores sitios y brinde así una mejor calidad de servicio a los usuarios móviles.

# CAPÍTULO V

## 5. GUÍA DE MIGRACIÓN

### 5.1. INTRODUCCIÓN

Ecuador al igual que otros países del mundo está siendo testigo de este proceso de migración tecnológica.

En el siguiente mapa podemos observar las redes LTE en servicio por países.



**Figura V. 69** LTE en el mundo

**Fuente:** <http://cnmcblog.es/2014/07/02/4g-las-redes-lte-en-el-mundo-2014/>

La empresa francesa Alcatel Lucent y la china Huawei son los proveedores de la conectividad de banda ancha móvil 4G en el país. Para la implementación de esta tecnología estas dos empresas se han repartido geográficamente el territorio ecuatoriano. Alcatel Lucent se encargará de implementar la nueva infraestructura en las provincias de la Costa, Sierra Sur, y la provincia de Zamora. Mientras que Huawei estará en la Sierra Norte, Galápagos y el Norte de la Amazonia.

Cabe indicar que al momento se priorizará el despliegue de la red en centros financieros, industriales, residenciales, zonas de presencia masiva y acceso público como centros de estudio y esparcimiento en cada una de las provincias mencionadas.

## **5.2. PLAN DE MIGRACIÓN**

Una vez analizado los parámetros de velocidad de transmisión, tiempo de navegación y cobertura pudimos constatar que la tecnología LTE, ofrece una mayor experiencia y calidad de servicio con respecto a la tecnología HSPA+.

Es por ello que la migración se propone de la siguiente manera:

### **5.2.1. SERVICIO ÚNICAMENTE DE DATOS**

El objetivo de esta estrategia comercial es solo ofrecer el servicio de datos, sin considerar el servicio de voz. Prácticamente fue la primera fase con el que inició el despliegue de esta red, y se realizó a través del dispositivo MIFI.

EL dispositivo Mifi es un router portátil de bolsillo que actúa como un Hotspot WiFi.

## **CARACTERÍSTICAS**

- Navega hasta 5 usuarios para óptimo desempeño
- Uso individual/ Ahorro/Movilidad
- Experiencia de usuario multidispositivo
- Versatilidad



**Figura V. 70** Dispositivo Mifi  
Fuente: CNT EP

#### 5.2.1.1. PLAN TARIFARIO MIFI

Está disponible para los clientes de empresas y particulares, que dependiendo de sus necesidades y situación económica escogerán la mejor opción. En ambos casos, está ligado a la contratación de una tarifa de datos de Internet Móvil como se muestra en la Tabla V.X:

|       | TARIFA | MB INCLUIDOS | EQUIPO                    |
|-------|--------|--------------|---------------------------|
| HSPA+ | \$ 10  | 500 MB       | Modem Huawei E 173 o E303 |
| HSPA+ | \$ 15  | 700 MB       | Modem Huawei E 173 o E303 |
| HSPA+ | \$ 19  | 1 GB         | Modem Huawei E 173 o E303 |
| LTE   | \$ 29  | 2 GB         | MIFI Incluido             |
| LTE   | \$ 39  | 3 GB         | MIFI Incluido             |
| LTE   | \$ 49  | 5 GB         | MIFI Incluido             |
| LTE   | \$ 95  | 10 GB        | MIFI Incluido             |
| LTE   | \$ 140 | 15 GB        | MIFI Incluido             |

**Tabla V. XI** Plan Pospago MIFI  
Fuente: CNT EP

### 5.2.2. SERVICIO DE DATOS+ VOZ

La operadora CNT EP., presenta su segunda fase de la red con los dispositivos Smartphone integrando en ella el servicio de voz y datos, lo que supondría una migración efectiva y llamativa para los usuarios que estén dispuestos a renovar o cambiar sus planes de renta junto con sus equipos móviles en busca de una mejor calidad de servicio y experiencia a través de las nuevas plataformas como son: Android, Windows Phone 8, e IOS.

En la siguiente tabla presentamos los terminales con tecnología LTE propuestos por la operadora CNT EP.

| Equipo LTE        | Sistema Operativo        | Tipo de Gama     | Modelos   |
|-------------------|--------------------------|------------------|---|
| Huawei Ascend P7  | Android 4.2.2 Jelly Bean | Gama Media- Alta |  |
| Nokia 820         | Windows Phone 8          | Gama Media- Alta |  |
| Nokia 920         | Windows Phone 8          | Gama Media- Alta |  |
| Samsung Galaxy S5 | Android 4.4.2 KitKat     | Gama Alta        |  |
| LG G2 Mini        | Android 4.4.2 KitKat     | Gama Media- Alta |  |
| LG G2             | Android 4.2.2 KitKat     | Gama Alta        |  |
| LG-D950 (G-Flex)  | Android 4.2.2 Jelly Bean | Gama Media       |  |

|                            |                          |            |   |
|----------------------------|--------------------------|------------|---|
| Huawei G526                | Android 4.1 Jelly Bean   | Gama Media |  |
| Alcatel Idol 2 Mini 6036 S | Android 4.2.2 Jelly Bean | Gama Media |  |
| Huawei M1 LTE              | Android 4.4.2 KitKat     | Gama Alta  |  |
| Huawei Media Pad 10 Link   | Android 4.4.2 Kitkat     | Gama Media |  |
| Samsung Galawy Tab 4       | Android 4.4.2 Kitkat     | Gama Media |  |

**Tabla V. XII** Terminales que soporta LTE  
**Fuente:** Las Autoras

El usuario también puede ser partícipe de esta experiencia tecnológica, adquiriendo solo el chip LTE que dependiendo de las necesidades y alcance económico pueda acogerse a un servicio prepago o pospago.

En caso de no adquirir el equipo en la operadora es importante considerar las siguientes características técnicas que deberían tener el Smartphone a ser adquirido:

| Numero de Banda de Operación | Modo Dúplex | Nombre Común | Banda de Frecuencia en MHz |
|------------------------------|-------------|--------------|----------------------------|
| 4                            | FDD         | AWS-1        | 1700                       |
| 28                           | FDD         | APAC         | 700                        |
| 7-38                         | FDD-TDD     | IMT-E        | 2600                       |

**Tabla V. XIII** Bandas compatibles en el País  
**Fuente:** SENATEL

### 5.2.2.1. PLAN TARIFARIO LTE SMARTPHONE

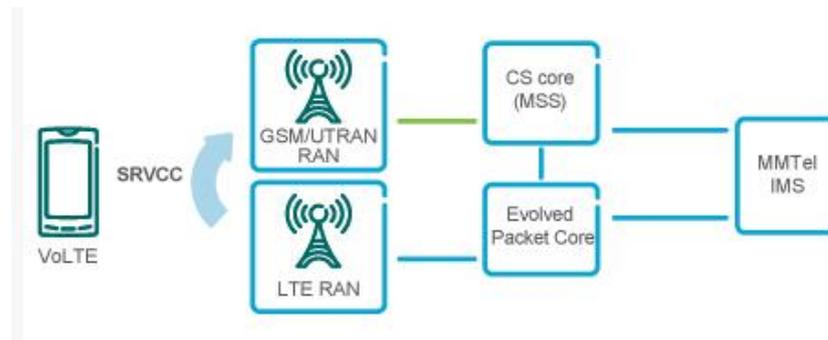
En la siguiente tabla se presenta el plan tarifario de telefonía celular propuesto por la operadora CNT EP.

| TARIFA   | PLAN CON IVA | MEGAS | BONO X 5 MESES | REDES SOCIALES ILIMITADAS   | MINUTOS | SMS       | RED   |
|----------|--------------|-------|----------------|---|---------|-----------|-------|
| \$ 9,99  | 11,19        | 500   | 0              |       | 0       | 0         | 4G/3G |
| \$ 19,99 | 22,39        | 1000  | 2000           |       | 25      | 300       | 4G/3G |
| \$ 29,99 | 33,59        | 2000  | 2000           |       | 100     | Ilimitado | 4G/3G |
| \$ 39,99 | 44,79        | 3000  | 2000           |       | 120     | Ilimitado | 4G/3G |
| \$ 54,99 | 61,59        | 5000  | 2000           |       | 130     | Ilimitado | 4G/3G |
| \$ 99,99 | 111,99       | 9000  | 2000           |   | 160     | Ilimitado | 4G/3G |

**Tabla V. XIV** Plan LTE Smartphone  
Fuente: Las Autoras

### 5.2.3. SERVICIO DE VOZ INTEGRADO EN LTE

La tercera fase es integrar un subsistema de Multimedia IP de red (IMS) para proporcionar el servicio de Voz sobre LTE, lo cual enriquecería la experiencia del suscriptor. Como dijimos anteriormente LTE ofrece en la actualidad solo el servicio de datos. No obstante podemos mencionar que en otros países ya se está implementado VoLTE basándose en la arquitectura IMS.



**Figura V. 71** Arquitectura VoLTE

**Fuente:** [http://www.ericsson.com/ec/news/2014-01-03-handover-es\\_254740125\\_c](http://www.ericsson.com/ec/news/2014-01-03-handover-es_254740125_c)

En nuestro país esta migración se espera tener luego de varios años, ya que es un proceso totalmente gradual que requerirá considerar varias variables antes de su implementación, por ahora el propósito de la CNT es captar más clientes a través de sus dos alternativas propuestas.

## **CONCLUSIONES**

1. El análisis de las Tecnologías LTE y HSPA+ determinó que la tecnología LTE es mucho más rápida que su antecesora teniendo los datos en Downlink 102% y Uplink 171.81% mejor que la tecnología HSPA+.
2. A pesar del enorme éxito de HSPA+, LTE es una de las tecnologías inalámbricas que brinda mejor accesibilidad de servicio en un servidor FTP de 69.05% en páginas como Facebook 196.37%, Google 37.56% y YouTube 40.08% mejor que HSPA+.
3. La cobertura en la red LTE depende de su nivel de potencia que debe estar desde -38dbm a -115dbm para su funcionamiento óptimo en la transmisión de datos.
4. LTE está siendo desplegada en zonas estratégicas y de alto ARPU a nivel nacional (CNT) y la migración hacia esta tecnología nos dará niveles de QoS en datos accesibles al cliente.

## RECOMENDACIONES

1. Es importante resaltar que no todos los equipos pueden acceder a esta tecnología, por ello es necesario tomar en cuenta las especificaciones técnicas de los mismos para poder disfrutar del servicio LTE.
2. Es caso de no adquirir el dispositivo en la operadora se debería considerar los siguientes datos: que sea libre de fábrica, y sobretodo considerar la banda de frecuencia de operación del dispositivo con el fin de verificar si es compatible con los estándares adoptados en nuestro país.
3. Se recomienda al personal de ventas de las operadoras de telefonía móvil estar más capacitados con respecto a los productos que manejan, ya que así podrán proporcionar la información necesaria al cliente.
4. Uno de los inconvenientes que enfrenta el Plan de Datos +Voz LTE 4G ofertado por la operadora CNT EP, es que aún no se ha diseñado un sistema en la nueva plataforma que permita a los usuarios consultar sus saldos de voz y mensajes, se recomienda a la operadora brindar un solución, para que así los usuarios puedan realizar las consultas respectivas sobre el consumo de su saldo.
5. Los precios con los que se está manejando la operadora para ofrecer el servicio 4G LTE son muy elevados en comparación con otros países, se recomienda a la operadora tomar en cuenta esto y proponer precios más accesibles para los usuarios.
6. CNT EP es la operadora que ofrece precios más accesibles en comparación a las operadoras de Claro, y Movistar. No obstante estas

aún no cuenta con la nueva red en su infraestructura, se espera a corto plazo que estas operadoras también realicen las negociaciones para la concesión de la red 4G-LTE, y puedan ofrecer a sus usuarios móviles esta experiencia.

## RESUMEN

La evaluación de las tecnologías móviles HSPA+ (Alta Velocidad de Paquetes de Acceso) y LTE (Evolución a Largo Plazo) con respecto a la calidad de servicio (QoS), tiene como propósito determinar cuál de ellas presenta las mejores ventajas para la migración de usuarios.

La investigación se realizó en la ciudad de Ambato en tres Estaciones Base de telefonía móvil (BTS) ubicadas en zonas de mayor concentración de usuarios; para la recopilación de datos se utilizaron dos Smartphone cuya característica en común es soportar las dos tecnologías (HSPA+ y LTE) y la aplicación móvil TEMS MOBILE INSIGHT que ayudó en el análisis de parámetros de QoS de velocidad de transmisión, de tiempo de acceso y de cobertura. Para la obtención de datos se consideró que uno de los teléfonos móviles operara en la tecnología HSPA+ y el otro móvil en la tecnología LTE. Este proceso se realizó a distintas horas del día, considerándose las horas de baja y alta demanda de tráfico de datos, durante dos semanas.

Analizado los datos se constató que la tecnología LTE alcanza velocidades de transmisión de 18 Mbps mientras que HSPA+ alcanza 9 Mbps, en tiempo de navegación esta fue de 138 ms y 458 ms respectivamente, en cuanto a cobertura LTE aún no presenta un despliegue total como HSPA+.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la nueva tecnología LTE sin duda alguna brinda una mejor calidad de servicio y ofrece a los usuarios móviles mayores experiencias.

Palabras Clave: /TELEFONÍA MÓVIL//CALIDAD DE SERVICIO//TECNOLOGÍA INALÁMBRICA//TRÁFICO DE DATOS/

## **SUMMARY**

The mobile technologies evaluation HSPA+ (High Speed Packet Access) and LTE (Long Term Evolution) regarding the quality of service (QoS). In order to Determine which of them present the best advantages for user's migration.

The research was carried out in Ambato city in three base transceiver station (BTS) located in áreas with high user concentrations; for data collecting two smartphones were used which common characteristic is to support two technologies (HSPA+ and LTE) and the TEMS MOBILEINSIGHT mobile transmission speed, Access time and coverage. For data collecting were considere done of the mobile phones in LTE technology. This process was carried out in different hours of the day, considering the off-peak hours of data traffic, during two weeks.

Analyzing the data was confirmed that the LTE technology reaches transmission speeds of 18 Mbps while the HSPA+ reaches 9 Mbps, in navigation time between 138 ms and 458 ms respectively, about the LTE coverage has not presented a total display yet as the HSPA+.

According to results obtained it is concluded the LTE new technology, without a doubt provides a better quality of service and offers to the mobile users greater expectations.

Clue Words: /MOBILE TELEPHONY//QUALITY OF SERVICE//WIRELES TECHNOLOGY//DATA TRAFFIC/.

## **GLOSARIO**

**Asociación de Proveedores de móvil Global:** Es una organización que tiene como objetivo promover los estándares GSM, 3G, WCDMA, HSPA y LTE de telefonía móvil en todo el mundo

**Banda Ancha:** Es la transmisión de datos simétricos por la cual se envían simultáneamente varias piezas de información, con el objeto de incrementar la velocidad de transmisión efectiva.

**Calidad de Servicio:** Es la capacidad de dar un buen servicio. Especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de vídeo o voz.

**Controlador de la Red Radio:** Es un elemento de red de alta jerarquía de la red de acceso de la tecnología UMTS, responsable del control de los nodos b que se conectan a ella.

**Espectro Radioeléctrico:** El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial.

**FTP:** Es un servidor encargado de realizar transferencias de archivos a través de Internet desde un PC hacia un servidor remoto.

**GGSN:** Es una puerta de enlace la cual interactúa con la red externa de datos a través de la interfaz Gi. Se encarga de realizar funciones de enrutamiento de paquetes entre la red interna y externa que incluyen funciones de autenticación de usuarios móviles con las redes de paquetes externas.

**GTP:** Es un protocolo de túnel, el cual se encuentra en el core de la red móvil GPRS.

**Grupo Carso:** Es uno de los conglomerados más grandes e importantes de México y Latinoamérica que agrupa a varias empresas de distintos rubros.

**Handover:** Tiene el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.

**HTTP:** Es un protocolo de comunicaciones muy sencillo el cual permite intercambiar la información entre los clientes Web y los servidores HTTP.

**Latencia:** Es la suma de retardos temporales dentro de una red donde un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.

**TDMA:** Es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión.

**SMA:** Es un Servicio Final de Telecomunicaciones del servicio móvil terrestre que permite a los usuarios comunicarse mediante voz, mensajes de texto, video llamada, internet, etc. de manera inalámbrica generalmente a través de teléfonos o módem celulares.

**UMTS:** Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM.

**SGSN:** Es responsable de la entrega de paquetes de datos desde y hacia las estaciones móviles dentro de su área de servicio geográfica. Funciona en conjunto con la GGSN para mantener la conexión de un usuario móvil a Internet y aplicaciones móviles basadas en paquetes.

**Smartphone:** Es un teléfono móvil inteligente construido sobre una plataforma informática, con una mayor capacidad de almacenar datos y realizar actividades semejante a la de una minicomputadora.

**TRAU:** Es la unidad encargada de adaptar y hacer la conversión de código y velocidad de las señales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Analuisa, J. (2014). Diseño de un red 4G long term evolution (LTE) en redes móviles. Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Carrera de Ingeniería e Electrónica y Comunicaciones, Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. Pp 1-178.
2. Bolaños, C. (2008). Evolución de la arquitectura UMTS. Colombia. InteractTIC. No. 02. Pp 1-9.
3. Cabrejas, J. (2011). 3GPP LTE: hacia la 4G móvil., 1ª.ed., Barcelona, España., MARCOMBO. Pp 42-46-47-50-52.
4. Orozco, N. (2011). Estudio de factibilidad para la migración del sistema móvil UMTS/HSPA a LTE. Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí- Ecuador. Pp 1-174.
5. Rueda, D. (2011). Calidad de servicio en redes LTE advanced. Colombia. InteractTIC. Pp 5-10.
6. Sandoval, J. (2011), Calidad de Experiencia en el servicio banda ancha móvil., Departamento de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago de Chile. Pp 1-135.
7. SUPERTEL. (2014). Cobertura y calidad de servicio. Quito - Ecuador. Revista Institucional vol.1,Don Bosco., 2014., Pp 4-9.
8. SUPERTEL. (2012). EL ABC de la banda ancha: condiciones de operación. Quito- Ecuador. Revista Institucional vol.1, No. 17. Don Bosco. Pp 10-12.

9. SUPERTEL. (2012). Evolucion de la telefonía móvil en Ecuador: evolución. Quito- Ecuador. Revista Institucional vol.1, No. 16. Don Bosco. Pp 4-6.
10. SUPERTEL.. (2014). Ofrecemos calidad y moderna tecnología: Tecnologías 2G, 3G, y 4G., Quito - Ecuador., Revista Institucional vol.1, No. 20. Don Bosco. Pp 4-9.
11. Tomasi, W. (2003). Sistema de comunicación electrónica., 4ª.ed. Mexico. Pp 853-857, 865-872.

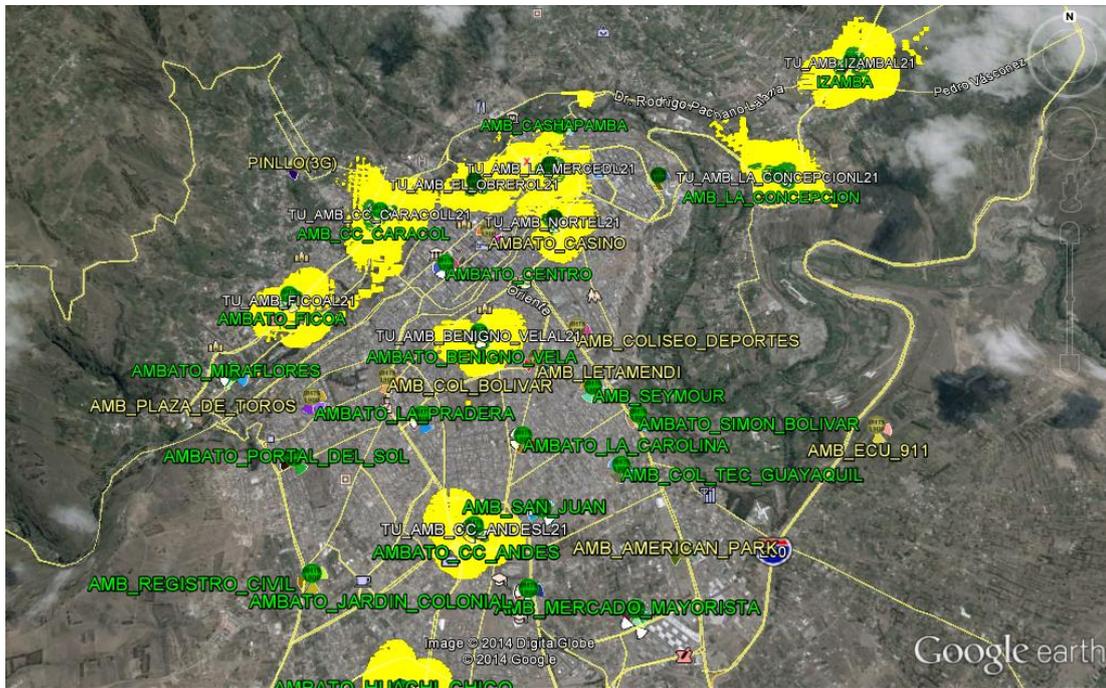
## BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

12. 3G Americas. (10 de 2011). The Evolution of HSPA. Obtenido de [http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20White%20Paper\\_The%20Evolution%20of%20HSPA\\_October%202011x.pdf](http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20White%20Paper_The%20Evolution%20of%20HSPA_October%202011x.pdf)
13. 4G Americas. (10 de 2012). Long Term Evolution. Obtenido de <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=272>
14. Alcatel-Lucent. (s.f.). VoLTE. Obtenido de <http://www.alcatel-lucent.com/solutions/volte>
15. Apple. (s.f.). LTE ultrarapida. Obtenido de <http://www.apple.com/iphone/LTE/>
16. ASCOM . (04 de 2012). TEMS MOBILEINSIGHT. Obtenido de <http://www.ascom.com/de/tems-mobileinsight-1.3-datasheet.pdf>
17. El Universo. (5 de 1 de 2014). Tecnología \. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/01/05/nota/1983221/se-preve-que-tecnologia-4g-llegue-usuarios-este-ano>
18. Ericson. (01 de 03 de 2014). Traspaso de Voz en redes LTE. Obtenido de [http://www.ericsson.com/ec/news/2014-01-03-handover-es\\_254740125\\_c](http://www.ericsson.com/ec/news/2014-01-03-handover-es_254740125_c)
19. Harri Holma, A. T.-a. (20 de 12 de 2009). High-Speed Packet Access Evolution in 3GPP Release 7. Obtenido de [http://hsn.cse.nsysu.edu.tw/papers/download/LTE\\_MBMS.pdf](http://hsn.cse.nsysu.edu.tw/papers/download/LTE_MBMS.pdf)

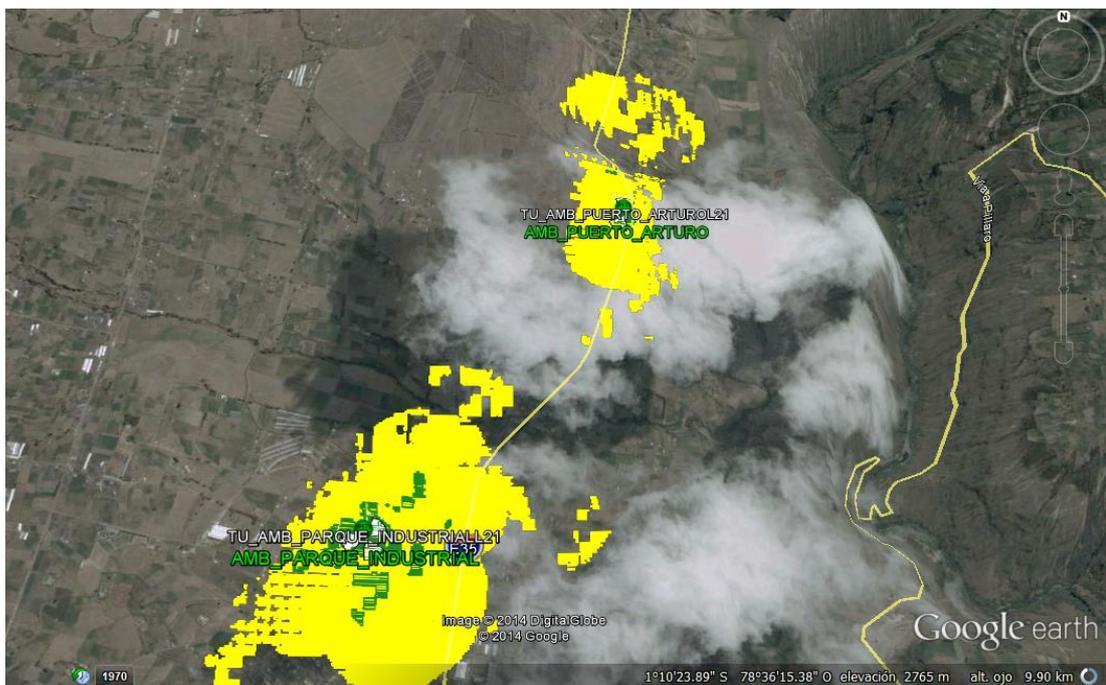
20. ITU. (1 de Enero de 2013). Mobile Network Codes (MNC) for the International Identification Plan for public networks and subscriptions. Obtenido de [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/opb/sp/T-SP-E.212B-2013-PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/sp/T-SP-E.212B-2013-PDF-E.pdf)
21. Mozilla. (2013-2014). CELL RECORDS. Obtenido de <https://mozilla-ichnaea.readthedocs.org/en/latest/cell.html>
22. Nokia. (2014). Voz sobre LTE. Obtenido de <http://networks.nokia.com/portfolio/solutions/voice-over-lte>

# **ANEXOS**

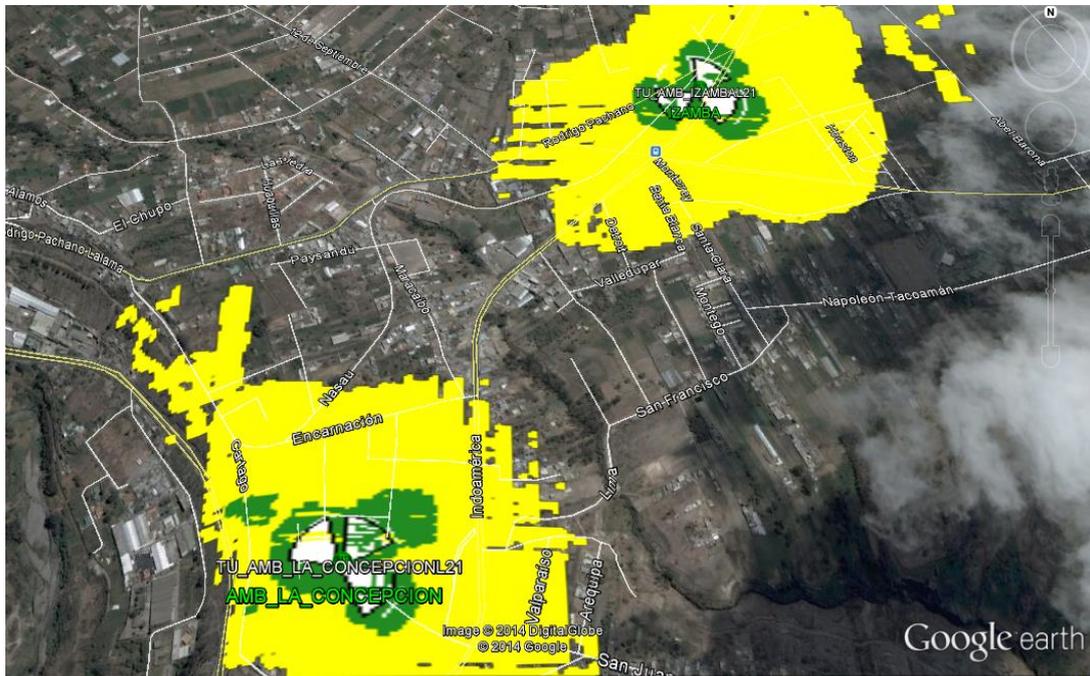
## ANEXO 1. Cobertura LTE Ambato



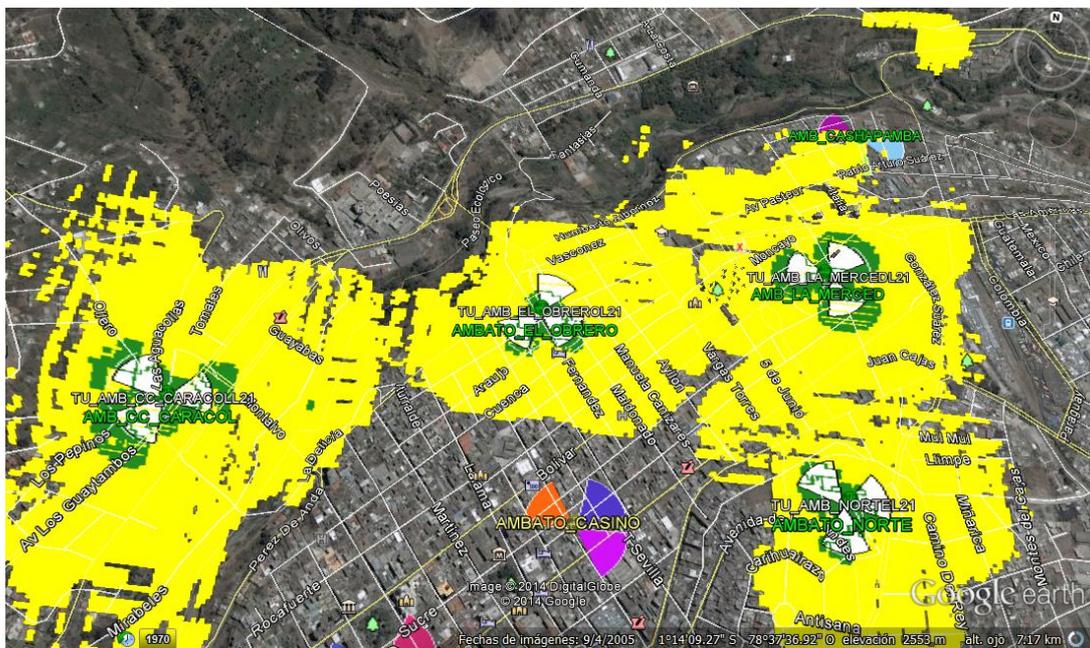
## ANEXO 2. Entrada Ambato



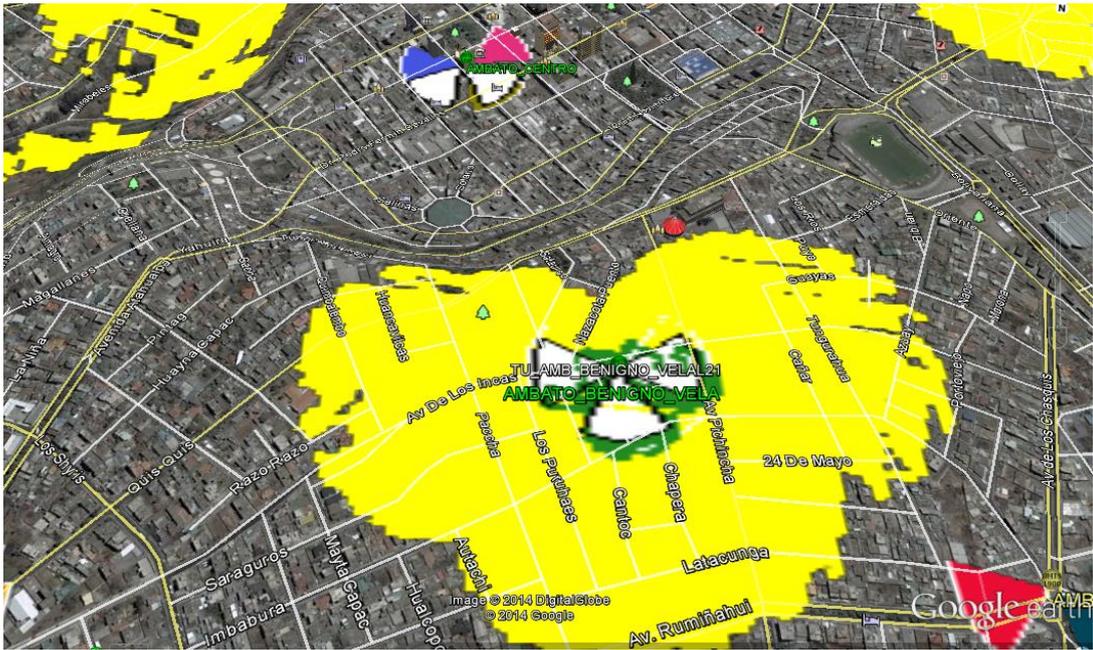
### ANEXO 3. Ambato Norte



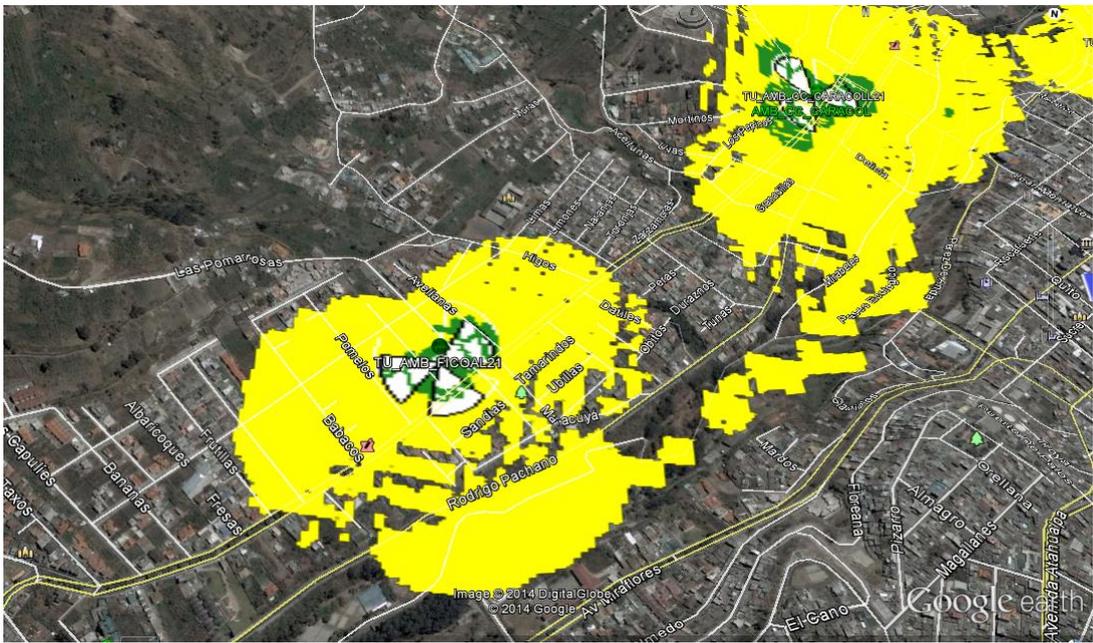
### ANEXO 4. Ambato Norte



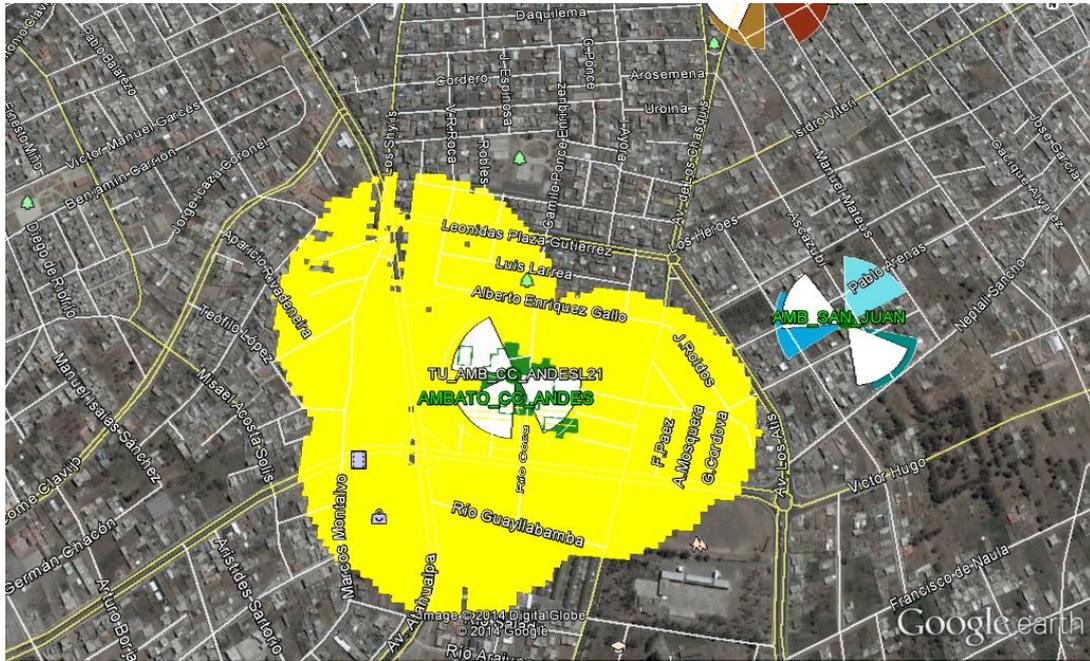
### ANEXO 5. Ambato Centro



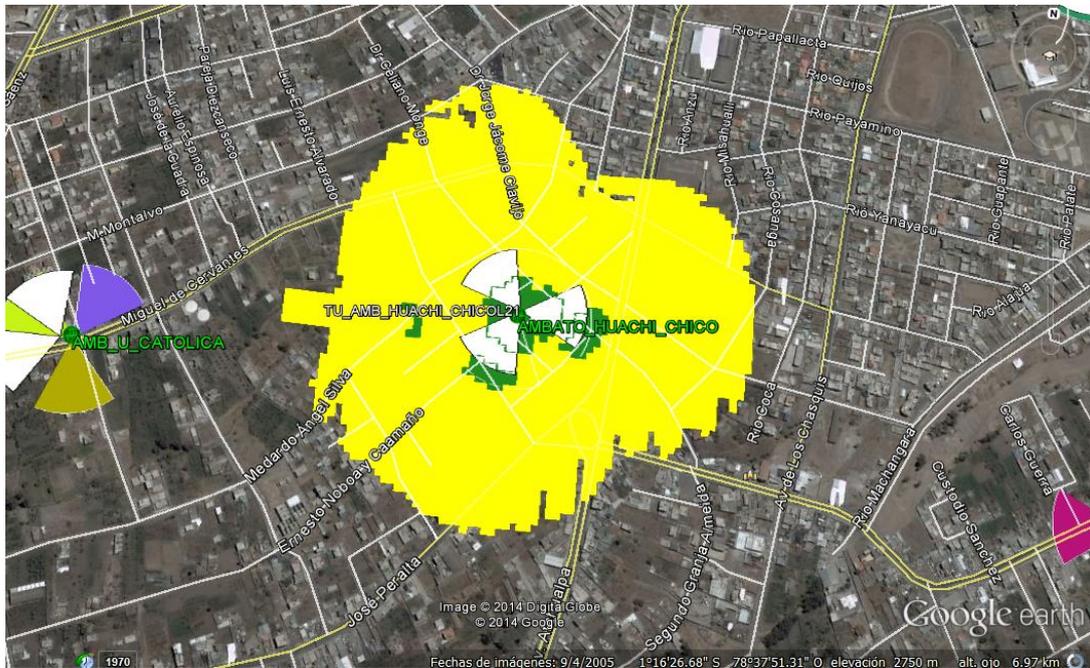
ANEXO 6. Ambato Centro Oeste



## ANEXO 7. Ambato Sur



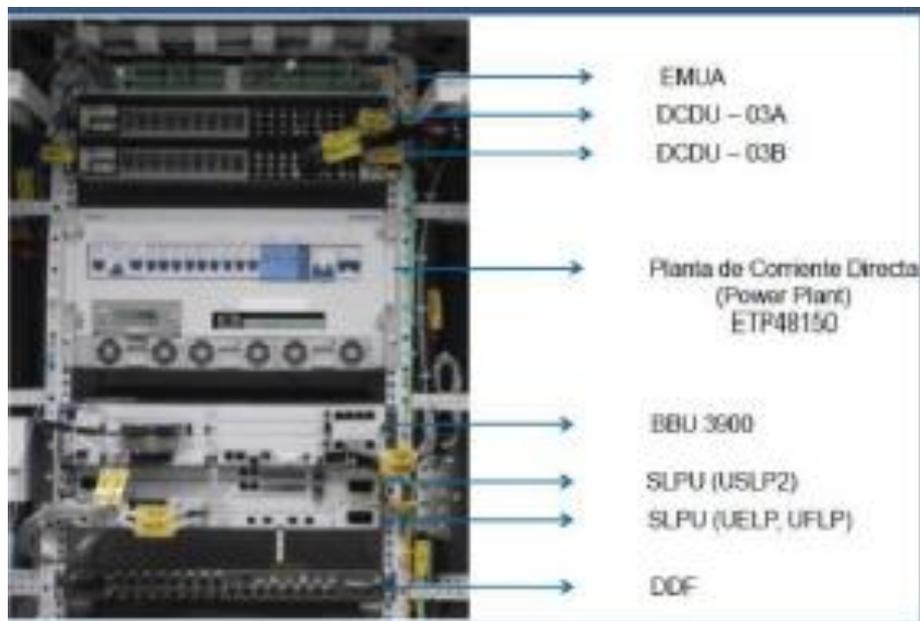
## ANEXO 8. Ambato Sur



## ANEXO 9. Sitios Integrados Ambato LTE

| Site name                   | SITE STATUS | ATP DATE  |
|-----------------------------|-------------|-----------|
| TU_AMB_BENIGNO_VELAL21      | ON AIR      | 7-Jul-14  |
| TU_AMB_PUERTO_ARTUROL21     | ON AIR      | 7-Jul-14  |
| TU_AMB_LA_CONCEPCIONL21     | ON AIR      | 8-Jul-14  |
| TU_AMB_IZAMBAL21            | ON AIR      | 8-Jul-14  |
| TU_AMB_NORTEL21             | ON AIR      | 9-Jul-14  |
| TU_AMB_LA_MERCEDL21         | ON AIR      | 9-Jul-14  |
| TU_AMB_LA_PRADERAL21        | ON AIR      | 10-Jul-14 |
| TU_AMB_PARQUE_INDUSTRIALL21 | ON AIR      | 10-Jul-14 |
| TU_AMB_HUACHI_CHICOL21      | ON AIR      | 17-Jul-14 |
| TU_AMB_CC_CARACOLL21        | ON AIR      | 17-Jul-14 |
| TU_AMB_FICOAL21             | ON AIR      | 18-Jul-14 |
| TU_AMB_EL_OBREROL21         | ON AIR      | 22-Jul-14 |
| TU_AMB_CC_ANDESL21          | ON AIR      | 22-Jul-14 |
| TU_AMB_U_CATOLICAL21        | ON AIR      | 29-Jul-14 |
| TU_AMB_JARDIN_COLONIAL21    | ON AIR      | 29-Jul-14 |
| TU_AMB_LA_CAROLINAL21       | ON AIR      | 30-Jul-14 |
| TU_AMB_MIRAFLORESL21        | ON AIR      | 6-Aug-14  |
| TU_AMB_CENTROL21            | INTEGRATED  | 6-Aug-14  |
| TU_AMB_MERCADO_MAYORISTAL21 | ON GOING    |           |
| TU_AMB_SAN_JUANL21          | ON GOING    |           |
| TU_AMB_REGISTRO_CIVILL21    | PENDING     |           |

## ANEXO 10. Distribución equipo 3G



## ANEXO 11. Etiquetado LTE en RRU



## ANEXO 12. Antena LTE

