



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

IMPLEMENTACIÓN DE UN APLICATIVO PARA SMARTPHONES ANDROID QUE PERMITA
OBTENER Y REGISTRAR LOS NIVELES DE CALIDAD DE SERVICIO QUE OFRECEN LAS
OPERADORAS MÓVILES EN EL ECUADOR SEGÚN LOS NUEVOS ESTÁNDARES DE
CALIDAD ESTABLECIDOS POR LA SUPERINTENDENCIA DE
TELECOMUNICACIONES DEL ECUADOR PARA EL SERVICIO
MÓVIL AVANZADO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingenieros en Electrónica y Redes de Comunicación.

Profesor Guía

Ing. Diego Fabián Paredes Páliz

Autores

Cristhian Andrés Vélez Echeverría

David Efraín Yépez Jijón

Año

2016

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ing. Diego Fabián Paredes Páliz

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

C.C.:0603014143

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Cristhian Andrés Vélez Echeverría

CI.: 0803150267

David Efraín Yépez Jijón

CI.: 1715828966

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, mi madre y mi hijo que han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante y superarme en la vida, y que con su paciencia y apoyo me han ayudado a culminar este trabajo de titulación.

A mi profesor guía, el Ing. Diego Paredes, quien gracias a sus consejos y experiencia nos ha guiado de la mejor manera en este proceso.

A la Universidad de las Américas por designarme a docentes de calidad durante mi carrera universitaria.

Cristhian Vélez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme otorgado la fuerza y convicción necesaria para recorrer y culminar esta gran etapa de mi vida. A mi madre y hermanos que me han enseñado a valorar que el continuo esfuerzo y dedicación es la única forma de alcanzar el éxito. A mi abuela por enseñarme el gran valor de la educación y que sin su apoyo no estaría escribiendo estas palabras. Al Colegio Militar Eloy Alfaro que me enseñó los valores del Honor, Disciplina y la Lealtad son los pilares fundamentales para la formación de hombres de bien. A mí tutor Ing. Diego Paredes por orientarme a la culminación de este trabajo de titulación. Especial agradecimiento a la Universidad de las Américas por haberme permitido formar parte de sus aulas donde pude encontrar la profesión que amo.

David Yépez

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de bendiciones cada día y a mis padres por su dedicación en inculcarme valores y convertirme en un hombre de bien.

Cristhian Vélez

DEDICATORIA

Al infinito esfuerzo de mi madre y abuela que me permitieron culminar esta gran etapa de mi vida.

David Yépez

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la implementación de una aplicación móvil para la medición de los parámetros de calidad de servicio de las redes móviles para las tres operadoras del país (Claro, Movistar y CNT), tomando como referencia las normativas de la entidad reguladora ARCOTEL, con la finalidad de que las operadoras cumplan con los niveles mínimos aceptables y se transparente esta información para el conocimiento público.

Se presenta un fundamento teórico completo y preciso, detallando brevemente los cambios que ha adoptado la telefonía celular desde sus inicios hasta el presente y explicando de manera técnica, puntual y concisa los principales parámetros que influyen en el funcionamiento de las tecnologías 2G, 3G y 4G.

Para el desarrollo de este aplicativo se ha seleccionado a la plataforma Android por ser el sistema operativo de *smartphones* y *tablets* más usado a nivel mundial, el cual mediante su herramienta oficial de desarrollo, *Android Studio*, provee de diferentes clases que permiten acceder a funcionalidades específicas de la red móvil y de los terminales como GPS, acelerómetro, integración con servicios de *Google Maps*, gestión de archivos, entre otras. Se ha realizado una introducción a la plataforma para el mejor entendimiento de los elementos de programación utilizados en este proyecto.

Se realizan pruebas que señala ARCOTEL en su Anexo de Calidad para el análisis de resultados, mismas que son llevadas a cabo en una zona urbana de la ciudad de Quito y que permiten el análisis de parámetros como niveles de cobertura, calidad de señal, retenibilidad y acceso de servicio.

ABSTRACT

This project aims to implement a mobile application for the measurement of parameters of quality of service of mobile networks for the three operators in the country (Claro, Movistar and CNT), taking reference to the regulations of the regulator entity ARCOTEL in order to the operators comply with the minimum acceptable levels and this information be transparent for the public knowledge.

A complete and accurate theoretical basis is presented, briefly detailing the changes that the cellular telephony have taken from its beginnings to the present and explaining technical, timely and concisely the main parameters that influence the operation of the technologies 2G, 3G and 4G .

For the development of this application the Android platform have been selected because is the operating system for smartphones and tablets more used worldwide, which through their official development tool, Android Studio, provides different classes that allow the access to specific functionalities of mobile network and devices such as GPS, accelerometer, integration with Google Maps services, file management, among others. We have been made an introduction to the platform for better understanding of the programming elements used in this project.

Some tests pointed by ARCOTEL in its Quality Annex have been made for analysis of results, which have been developed in an urban area of Quito and which allow the analysis of parameters such as levels of coverage, signal quality, retainability and service access.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Introducción a las redes móviles.....	3
1.2 Fundamentos de la primera generación (1G).....	3
1.2.1 Generalidades	3
1.2.2 Sistemas 1G	4
1.2.3 Arquitectura General.....	5
1.2.4 Principio de Handoff	7
1.2.5 Reutilización de frecuencia.....	8
1.3 Segunda Generación.....	9
1.3.1 Generalidades	9
1.3.2 Mejoras con respecto a Sistemas 1G	11
1.3.3 Sistemas GSM.....	11
1.3.4 Plataforma de datos GSM	18
1.3.5 GPRS	20
1.3.6 EDGE	23
1.4 Estándar de Tercera Generación 3G.....	24
1.4.1 Especificaciones básicas de UMTS.....	25
1.4.2 Mejoras con respecto a la tecnología predecesora	26
1.4.3 Arquitectura la red UMTS	27
1.4.4 Red de acceso UMTS (UTRAN).....	27
1.4.5 <i>Handover</i> en la UTRAN	29
1.4.6 La interfaz de aire UMTS.....	30
1.4.7 Canales físicos en WCDMA	35
1.4.8 Evolución del estándar UMTS	36
1.4.9 HSDPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>)	37
1.4.10 HSUPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>)	38
1.4.11 HSPA+ (<i>High Speed Packet Access Evolved</i>).....	39

1.5	Estándar de Cuarta Generación 4G LTE	41
1.5.1	Especificaciones básicas de LTE	42
1.5.2	Mejoras con respecto a la tecnología predecesora	44
1.5.3	Arquitectura la red LTE	45
1.5.4	Red de acceso E-UTRAN.....	45
1.5.5	Red de Core EPC (<i>Enhanced Packet Core</i>).....	47
1.5.6	Handover en la E-UTRAN.	50
1.5.7	La interfaz de aire LTE	51
1.5.8	Estructura de la capa física en LTE	52
1.5.9	Señales de referencia.....	54
1.5.10	Canales físicos de la E-UTRAN.....	55
1.5.11	Evolución futura del estándar LTE.....	59
2.	INDICADORES DE REFERENCIA PARA REDES DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO	61
2.1	Indicadores de cobertura y calidad de señal.	61
2.1.1	Indicadores del servicio móvil GSM (2G)	62
2.1.2	Indicadores del servicio móvil UMTS/WCDMA (3G).....	67
2.1.3	Indicadores del servicio móvil LTE (4G)	71
2.2	Identificadores de código de país y red.....	75
2.3	Indicadores de localización	76
2.3.1	LAC (<i>Location Area Code</i>).....	76
2.3.2	RAC (<i>Routing Area Code</i>)	77
2.3.3	TAC (<i>Tracking Area Code</i>).....	78
2.3.4	<i>Cell Global Identification</i> (CGI)	79
2.4	Identificación de usuario en la red.....	80
2.5	Relación de adyacencias entre celdas o vecindades	81
2.6	Indicadores de accesibilidad, retenibilidad y delay de servicio.....	83
2.6.1	Porcentaje de llamadas establecidas	83
2.6.2	Tiempo de establecimiento de llamadas.....	84
2.6.3	Porcentaje de llamadas caídas.....	85

2.6.4	Porcentaje de mensajes cortos o SMS con éxito.....	85
2.6.5	Tiempo promedio de entrega de mensajes	86
2.6.6	Ping RTT (<i>Round Trip Time</i>)	87
2.6.7	Tasa de datos media FTP	87
3.	INTRODUCCIÓN A LA PLATAFORMA ANDROID	87
3.1	Generalidades	88
3.2	Arquitectura de Android	88
3.2.1	<i>Kernel</i> de Linux.....	89
3.2.2	<i>Android Runtime</i>	90
3.2.3	Librerías nativas	90
3.2.4	<i>Framework</i> de aplicaciones	90
3.2.5	<i>Aplicaciones</i>	91
3.3	Componentes de una aplicación Android	91
3.3.1	<i>Activity</i>	91
3.3.2	<i>Broadcast Intent Receiver</i>	92
3.3.3	<i>Service</i>	92
3.3.4	<i>Content Provider</i>	92
3.4	Ciclo de vida de una aplicación Android	92
3.5	API de Android para servicios de telefonía	94
3.5.1	<i>Android Telephony</i>	95
3.6	Obtención de parámetros de red móvil	96
3.6.1	Parámetros de señal de la red.....	96
3.6.2	Identificadores de red	98
3.6.3	Obtención de adyacencias entre celdas	99
3.6.4	Obtención de status de dispositivo y de red	100
4.	DISEÑO DEL SOFTWARE PARA MONITOREO DE RED MOVIL.....	108
4.1	Diseño de una interfaz gráfica	109
4.2	Estructura de la interfaz gráfica del aplicativo Network Analyzer	110
4.2.1	Diseño de la pantalla principal.....	114

4.2.2	Diseño de la pantalla de MAP.	124
4.2.3	Diseño de las pantallas <i>Test y Result</i>	131
4.3	Requerimientos de seguridad del aplicativo	138
5.	EVALUACIÓN DE CALIDAD ZONA VIP UIO MEDIANTE EL APLICATIVO NETWORK ANALYZER	139
5.1	Test plan de pruebas.....	139
5.1.1	Recorrido de <i>drive test</i>	140
5.1.2	<i>Test plan drive test</i>	142
5.1.3	Test plan puntos estáticos	143
5.2	Evaluación de <i>drive test</i>	145
5.2.1	Evaluación de cobertura.....	145
5.2.2	Evaluación de calidad de señal.....	150
5.2.3	Análisis de servidores.	155
5.2.4	Evaluación de <i>throughput</i>	157
5.2.5	Evaluación de puntos estáticos.....	161
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	168
6.1	Conclusiones	168
6.2	Recomendaciones	170
	REFERENCIAS	171
	ANEXOS.....	177

INTRODUCCIÓN

La telefonía celular llegó a Ecuador en 1993, cuando el entonces Presidente de la República, Sixto Durán Ballén, realizó la primera llamada oficial desde el Cerro del Carmen, en Guayaquil, a través de un teléfono celular con la señal de la operadora Porta (ahora Claro), la cual en el primer año de servicio contó con 13.620 usuarios. Ahora 11,5 millones de ecuatorianos usan sus servicios. Movistar (en un principio Celular Power y luego BellSouth), ingresó al país en el año 1994 y ahora cuenta con alrededor de 5 millones de usuarios. (El Universo, 2013)

Actualmente, en Ecuador operan tres entidades de telefonía móvil que ofrecen sus servicios a la ciudadanía, con un total de 16.9 millones de líneas activas, siendo Conecel, de nombre comercial Claro, la que mayor cantidad de abonados mantiene con un total del 69% del mercado nacional, en segundo lugar se encuentra Otecel, que opera con la marca Movistar, abarcando el 29% del mercado nacional, y, por último la operadora propiedad del Estado Ecuatoriano, CNT, copando alrededor del 2% del mercado nacional. (El Universo, 2013)

El Ecuador cuenta con una entidad encargada de administrar y regular las Telecomunicaciones que es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), la cual se encarga de velar porque se cumplan los parámetros de calidad de servicio que se encuentran establecidos en el Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones del Ecuador, los mismos que se involucran directamente con las prestaciones que las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones ofrecen a sus abonados.

Estas normas de calidad de servicio reflejan cual es el nivel de compromiso que mantienen las operadoras de servicios de telecomunicaciones a mejorar su servicio día a día. Los principales motivos para hacer seguimiento y regulación del servicio de telefonía móvil, es que las empresas que operan en el país cumplan con niveles aceptables de calidad de servicio y se transparente la información a los abonados y entidades reguladoras, entregando reportes oportunos para su posterior análisis.

Por lo tanto, según estos antecedentes y habiéndose convertido la telefonía móvil en una de las mayores industrias del país, el propósito de este trabajo de titulación es la implementación de un *software* que opere sobre dispositivos *smartphones* con sistema operativo Android que permita medir la calidad de servicio que se encuentran ofreciendo las operadoras móviles en el Ecuador mediante la obtención y procesamiento de indicadores de cobertura, calidad de señal, retenibilidad y acceso de servicio que reporten los dispositivos con el uso de esta aplicación.

Para poder cumplir con lo mencionado anteriormente, se implementa un diseño sobre la plataforma Android con una interfaz dinámica y atractiva donde el usuario final puede obtener indicadores de calidad de servicio que está recibiendo y reportes que pueden ser procesados posteriormente en un equipo final.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción a las redes móviles

Las comunicaciones móviles han presentado un crecimiento enorme a través del desarrollo de diversas tecnologías basadas en estándares que unifican los sistemas de acceso, transporte y core.

La telefonía móvil ha tenido varias etapas de evolución, las cuales se han dividido en generaciones, donde cada una de ellas han presentado una mejora con respecto al sistema predecesor en el procesamiento de los datos y voz, ofreciendo cada vez más capacidades y disponibilidad de servicio para los abonados.

Debido al aumento de abonados en la red telefónica móvil y la importancia que representa el servicio de voz y datos móviles, este sector de las telecomunicaciones se ha convertido un área estratégica para el gobierno nacional, donde cada operadora del servicio móvil avanzado está obligado a garantizar estos servicios sin importar la ubicación en el territorio nacional o estatus de un ciudadano como etnia o estrato social.

Para garantizar el servicio al usuario es un requerimiento que la operadora de servicio móvil cumpla con ciertos estándares de cobertura, calidad de la señal y disponibilidad de servicio. Por esta razón resulta importante el desarrollo de una herramienta disponible para el usuario común que le permita conocer el nivel de calidad de servicio que percibe de su operadora móvil

1.2 Fundamentos de la primera generación (1G)

1.2.1 Generalidades

La comunicación móvil 1G es una de las plataformas para comunicaciones de voz desarrolladas durante las últimas dos décadas más productivas. Con esta generación se identifican ciertos parámetros como:

- Reúso de frecuencia.
- Movilidad del suscriptor.
- Handoffs.

El concepto de telefonía celular se encuentra asociado con AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) o TACS (*Total Access Communications Services*). AMPS opera en la banda de 800 [MHz], para recepción de la estación base el rango de 821 a 849 [MHz] y para transmisión de la estación base el rango de frecuencia de 869 a 894 [MHz]. Para TACS, el rango de frecuencia es de 890 [MHz] a 915 [MHz] para recepción de la estación base y desde 935 [MHz] a 960 [MHz] para transmisión de la estación base. AMPS y TACS son sistemas de comunicación análoga.

El concepto de radio celular fue desarrollado inicialmente por AT&T en sus Laboratorios Bell con la finalidad de proveer capacidad de radio adicional para determinadas áreas de servicio al cliente. Inicialmente, los sistemas móviles fueron llamados *mobile telephone systems* (MTSs). Más tarde llegaron mejoras a estos sistemas, razón por la cual se los llamó *improved mobile telephone systems* (IMTSs). Uno de los problemas principales consistía en que en estos sistemas una llamada no podía ser transferida desde una estación de radio a otra sin perder comunicación, lo cual fue resuelto implementando los conceptos del reuso de las frecuencias del sistema. Los sistemas celulares en Estados Unidos se encuentran divididos en *Metropolitan Statistical Area* (MSA) y *Rural Statistical Areas* (RSAs). Las dos operaciones celulares son referidas como sistemas Banda-A y Banda-B. Los sistemas Banda-A son sistemas no cableados y los Banda-B son sistemas cableados para la MSA o RSA.

Smith y Collins (2001, p. 26)

1.2.2 Sistemas 1G

Dicho anteriormente, los sistemas 1G tienen las características de ser análogos lo cual indica que el contenido de la información es transportada sin codificación alguna. Todos los sistemas 1G utilizan *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) como técnica de acceso al medio.

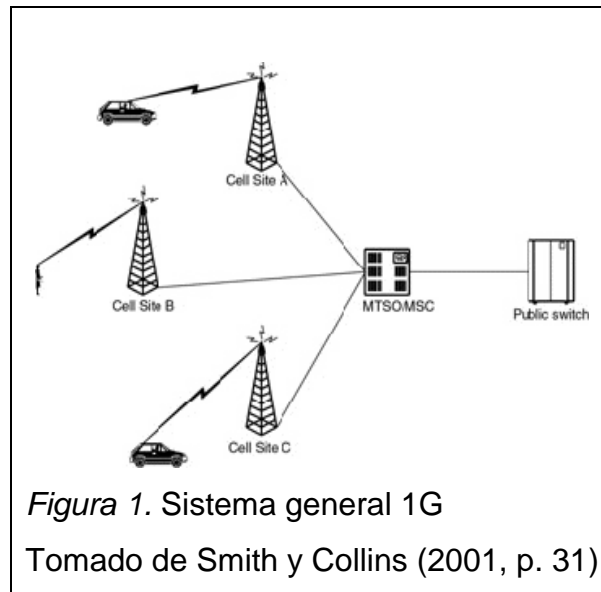
Tabla 1. Plataformas de Tecnología 1G

	AMPS	NAMPS	TACS	NMT450	NMT900	C450
Base Tx [MHz]	869–894	869–894	935–960	463–468	935–960	461–466
Base Rx [MHz]	824–849	824–849	890–915	453–458	890–915	451–456
Método de Acceso Múltiple	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Modulación	FM	FM	FM	FM	FM	FM
Radio Channel Spacing	30 [kHz]	10 [kHz]	25 [kHz]	25 [kHz]	12.5 [kHz]	20 [kHz] (b) 10kHz (m)
Número de Canales	832	2496	1000	200	1999	222(b) 444(m)
CODEC	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Spectrum Allocation	50 [MHz]	50 [MHz]	50 [MHz]	10 [MHz]	50 [MHz]	10 [MHz]

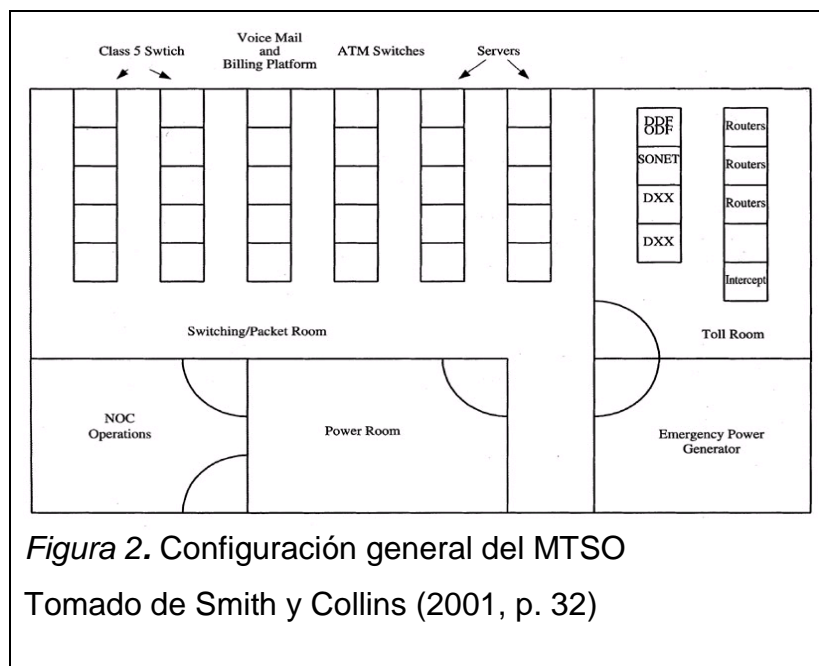
Tomado de Smith y Collins (2001, p. 27)

1.2.3 Arquitectura General

Las transmisiones de radio utilizan una configuración *full-duplex*, lo que implica que se usen frecuencias de transmisión y recepción. La BTS transmite en la frecuencia a la que la unidad móvil está sintonizada, mientras que la unidad móvil transmite a la radio frecuencia a la que el receptor del *cell site* está sintonizada.

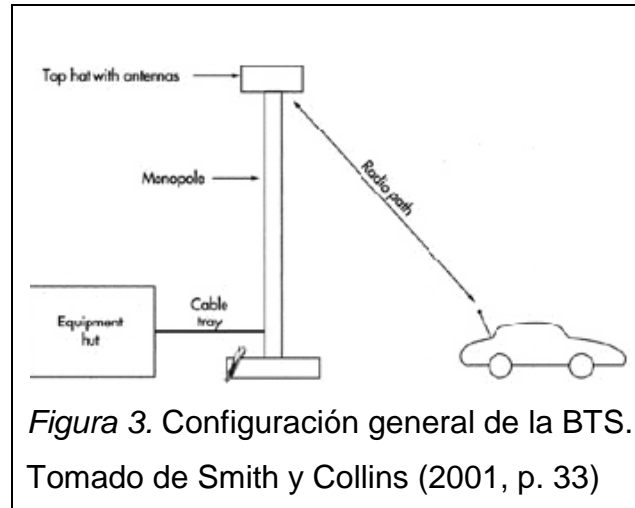


La BTS envía y recibe información desde el móvil y el *mobile telephone system office* (MTSO). El MTSO está conectado al *cell site* por líneas T1 o E1 o a través de sistemas microondas. El MTSO procesa la llamada y conecta el radioenlace del *cell site* a la Red Telefónica Conmutada (PSTN). El MTSO contiene los datos individuales del suscriptor, enrutamiento de llamadas e información de cuentas.

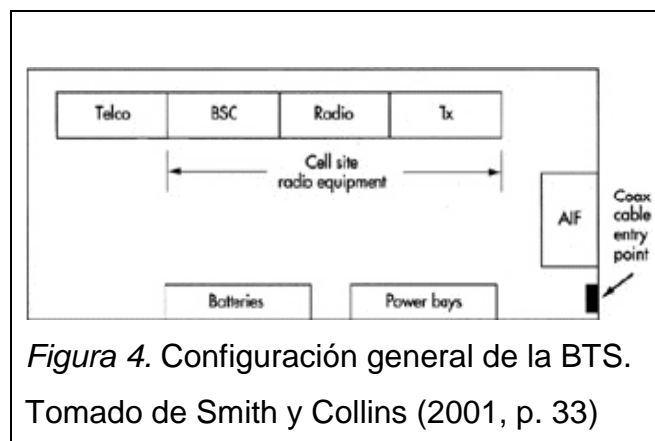


El sitio tiene un cuarto de equipos de radio transmisión. En este caso se ha tomado como ejemplo un monopolo que soporta la antenas usadas por el cell

site ubicadas en el punto más alto del monopolo. La bandeja de cables que se encuentra entre el cuarto de equipos y el monopolo, soporta el cable coaxial que conecta las antenas al equipamiento de radio transmisión.

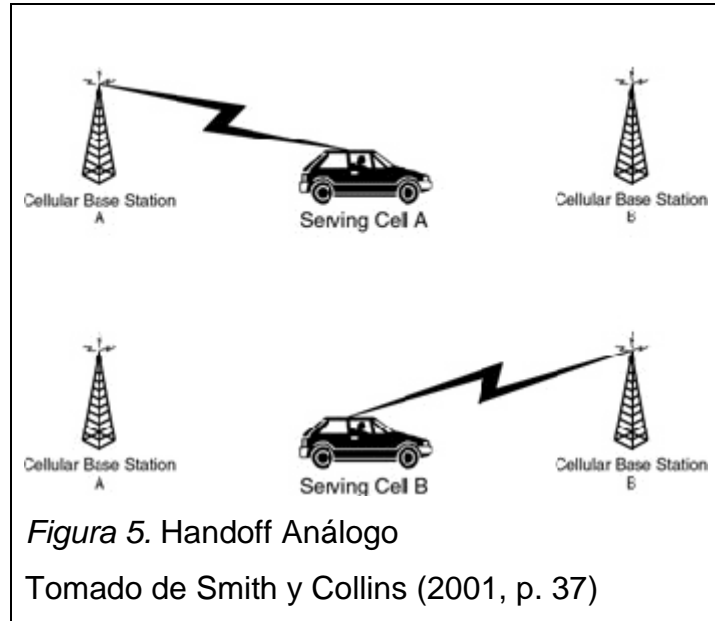


El equipamiento de radio de la BTS consiste en: *Base Site Controller* (BSC), interfaz de radio, amplificador, TX. Este equipamiento se encuentra conectado a la *Antenna Interface Frame* (AIF) que provee filtros de recepción y transmisión. El *cell site* se encuentra conectado al MTSO a través de la interfaz Telco que provee un enlace T1, E1 o microondas. Smith y Collins, (2001, p. 30)



1.2.4 Principio de Handoff

Fundamentalmente, este proceso se encarga de transferir a la unidad móvil que se encuentra en una llamada en progreso de un canal de voz particular a otro canal de voz, sin interrumpir la llamada. El handoff puede ocurrir entre celdas adyacentes o sectores del mismo cell site.



1.2.5 Reutilización de frecuencia

La reutilización de frecuencia es un elemento esencial en la implementación de sistemas celulares con el fin de obtener capacidades más grandes por área geográfica que la que provee un MTS o un IMTS. La capacidad de reutilizar la misma radio frecuencia muchas veces en un sistema, es el resultado de la administración de los niveles de señal C/I para un sistema análogo. Usualmente, el nivel mínimo C/I designado para un sistema celular análogo es 17 [dB] C/I. La distancia entre estaciones base que reutilizan frecuencias está definida por el radio D/R. El radio D/R, es la relación entre la celdas reutilizadas y el radio de la celda.

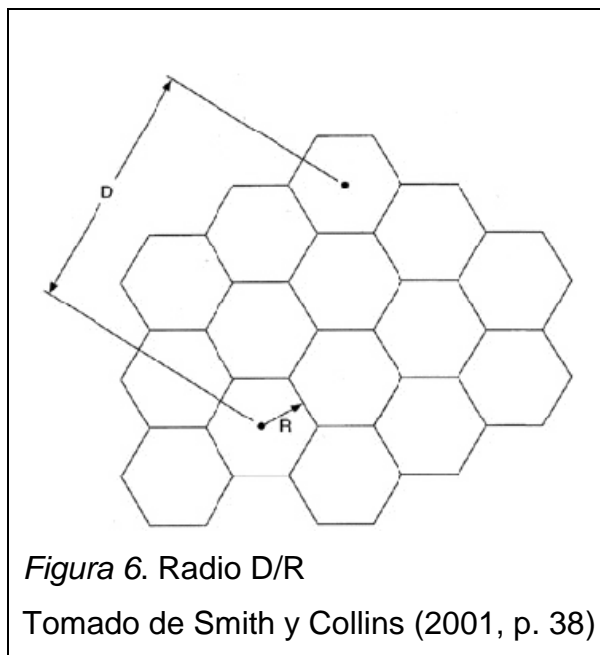


Tabla 2. Relación D/R

D	N (patrón de reuso)
3.46	4
4.6 R	7
6R	12
7.55R	19

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 38)

1.3 Segunda Generación

1.3.1 Generalidades

En esta generación se describe la llegada de las comunicaciones móviles digitales para los sistemas celulares móviles. Durante la implementación de esta tecnología se encontró un conjunto de circunstancias adversas:

- Capacidad
- Utilización del espectro
- Cambios de infraestructura

- Cambios en unidades móviles
- Cambios en tasas de penetración

El problema fundamental con 2G es el uso de tecnología de radio digital para el transporte del contenido de la información. El servicio primario para esta tecnología fue la comunicación de voz. En el tiempo en el que los sistemas 2G eran desarrollados, 9.6 [kbps] resultaban más que suficientes para los servicios de datos existentes en esos momentos. En Estados Unidos, fue desarrollado un sistema de datos móviles denominado *Cellular Data Packet Data* (CDPD), el cual suponía cumplir los requerimientos de datos móviles en esta tecnología. Esencialmente, el sistema 2G fue desarrollado para mejorar el *throughput* del tráfico de voz comparado con el sistema análogo existente. La comunicación de voz es digitalizada dentro del mismo cell site para el transporte a la MTSO.

Las técnicas digitales para la comunicación celular recaen en dos categorías: AMPS y TACS. Para el mercado de TACS, la técnica de modulación preferida es *Global System for Mobile communications* (GSM). Para el mercado AMPS se usan las técnicas de modulación *Time Division Multiple Access* (TDMA) y *Code Division Multiple Access* (CDMA). La siguiente tabla representa varias de las diferentes tecnologías en las bandas celular, SMR (Specialized Mobile Radio) y PCS:

Tabla 3. Plataformas Celulares y SMR 2G

Bandas celulares y SMR	IS-136	IS-136*	IS-95	GSM	IDEN
Base Tx [MHz]	869–894	851–866	869–894	925–960	851–866
Base Rx [MHz]	824–849	806–821	869–894	880–915	806–821
Método de Acceso Múltiple	TDMA/FDMA A	TDMA	CDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDMA
Modulación	Pi/4DPSK	Pi/4DPSK	QPSK	0.3 GMSK	16QAM

Radio Channel Spacing	30 [kHz]	30 [kHz]	1.25 [MHz]	200 [kHz]	25 [kHz]
Usuarios/canal	3	3	64	8	3/6
Número de canales	832	600	9 (A) 10 (B)	124	600
CODEC	ACELP/VCELP	ACELP	CELP	RELTP-LTP/ ACELP	
Spectrum Allocation	50 [MHz]	30 [MHz]	50 [MHz]	50 [MHz]	30 [MHz]

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 46)

1.3.2 Mejoras con respecto a Sistemas 1G

La introducción de los sistemas 2G trajo consigo numerosas mejoras para los operadores móviles y sus clientes. Entre los mayores beneficios se encuentran:

- Aumento de capacidad sobre sistemas análogos
- Costos de infraestructura reducidos
- Reducción de costos por suscriptor
- Fraude celular reducido
- Cifrado

Smith y Collins, (2001, p. 52)

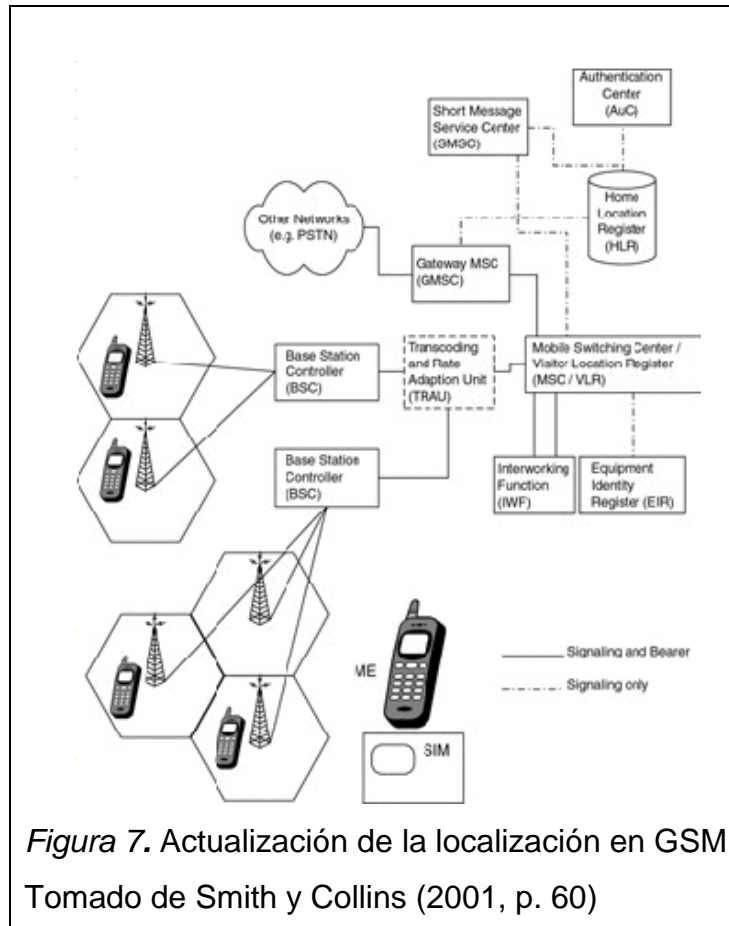
1.3.3 Sistemas GSM

GSM fue diseñado desde cero como un sistema completo, incluyendo la interfaz de aire, arquitectura de red, interfaces y servicios. El diseño de GSM no era compatible con los sistemas análogos existentes.

1.3.3.1 Arquitectura

Dentro de la arquitectura de red de GSM participan varios elementos, entre ellos: la *Mobile Station* (MS), que se comunica a través de la interfaz de aire con una *Base Transceiver Station* (BTS). La MS está compuesta de dos

elementos: el *Mobile Equipment* (ME), que es el equipo móvil propiamente dicho y el *Suscriber Identity Module* (SIM), una pequeña tarjeta que contiene un circuito integrado. La SIM contiene información específica del usuario, incluyendo la identidad del suscriptor, información de autenticación del suscriptor e información de servicio del suscriptor.



La BTS contiene transceptores de radio que proveen la interfaz de radio con las estaciones móviles. Una o más BTS está conectada a una *Base Station Controller* (BSC). LA BSC provee varias funciones relacionadas a la administración del *Radio Resource* (RR) y varias funciones relacionadas a *Mobility Management* (MM) para los suscriptores en el área cubierta por la BTS y además, provee algunas funciones de mantenimiento y operación de la red. Juntas la BTS y la BSC son conocidas como una *Base Station Subsystem* (BSS). Una o más BSCs están conectadas a un *Mobile Switching Center* (MSC). El MSC es el switch, el nodo que controla el establecimiento de

llamadas, enrutamiento de llamadas y muchas de las funciones que son proveídas por un switch estándar de telecomunicaciones.

El concepto de *Visitor Location Register (VLR)* se encuentra implicado en esta arquitectura, este representa a una base de datos que contiene información relacionada con el suscriptor y la duración que este se encuentra en el área de cobertura de un MSC. El MSC y el VLR se encuentran contenidos siempre en la misma plataforma y la interfaz entre ellos es propietaria del fabricante del equipamiento.

Smith y Collins (2001, p. 61)

1.3.3.2 Interfaz de aire GSM

GSM es un sistema TDMA, que usa *Frequency Division Duplex (FDD)*. Usa como sistema de modulación *Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)*. GSM ha sido desarrollado en numerosas bandas de frecuencia, incluyendo: banda de 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz (América del Norte).

Tabla 4. Bandas de Frecuencia GSM

	GSM 900	GSM (E-GSM) extendido	DCS 1800	PCS 1900
Uplink (MS a red)	890 MHz – 915 MHz	880 MHz – 915 MHz	1710 MHz – 1785 MHz	1850 MHz – 1910 MHz
Downlink (red a MS)	935 MHz – 960 MHz	925 MHz – 960 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	1930 MHz – 1990 MHz

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 65)

1.3.3.3 Canales GSM

Existen varios tipos de canales de tráfico, canales de control y otros:

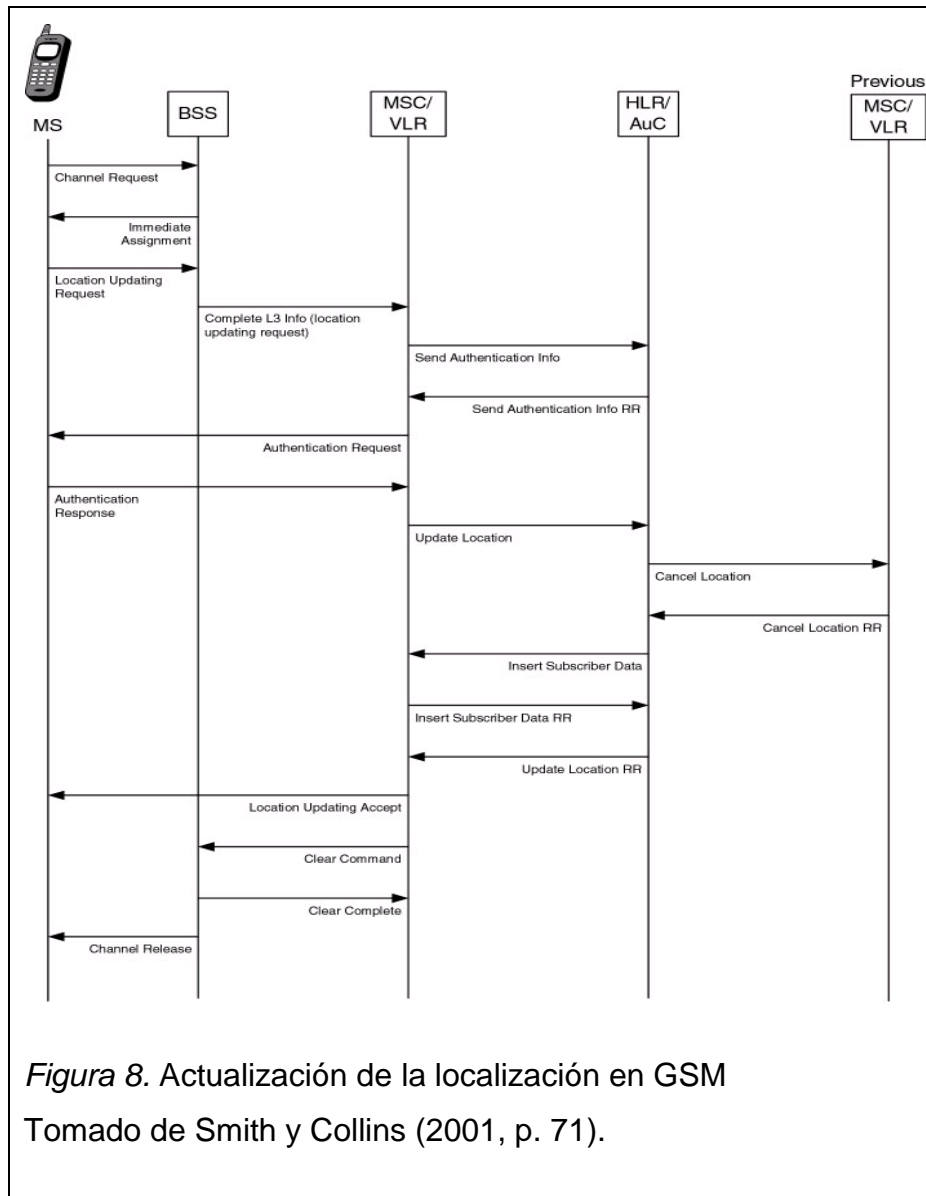
- **Frequency Correction Channel (FCCH):** Es difundido por la BTS y usado por la MS para corrección de frecuencia.

- **Synchronization Channel (SCH):** Es difundido por la BTS y usado por una mobile station para sincronización de tramas. También contiene el *Base Station Identity Code (BSIC)*.
- **Broadcast Control Channel (BCCH):** Es usado para difundir información general entre la BTS y la red. También es usado para indicar la configuración del *Common Control Channel (CCCH)*, el cual es un canal de control bidireccional usado ante todo por funciones relacionadas al acceso inicial de una MS. Este canal tiene varios componentes:
 - **Paging Channel (PCH):** Permite a la BS notificar a la MS que hay una llamada entrante.
 - **Random Access Channel (RACH):** Es un canal usado en el uplink. Esencialmente es usado por la MS para solicitar acceso a la red a la BS.
 - **Access Grant Channel (AGCH):** Este canal es usado en el downlink para dar una respuesta a la petición realizada en el RACH.
 - **Notification Channel (NCH):** Es usado para notificar a las MSs en llamadas grupales de voz y servicios de broadcast de voz.
 - **Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH):** Es un canal bidireccional que proporciona servicios de señalización requeridos por los usuarios. Este canal es puesto en marcha después de la conexión de la MS con la BS y antes de la asignación de un Traffic Channel (TCH).
 - **Slow Associated Control Channel (SACCH):** Este canal proporciona información de control para mantener el enlace. Puede ser unidireccional o bidireccional y se usa cuando la MS está usando un TCH o un SDCCH.
 - **Fast Associated Control Channel (FACCH):** Está asociado a un TCH y se usa para mensajes urgentes cuando la MS está dentro de una llamada en curso.

1.3.3.4 Actualización de la localización

Cuando una MS es encendida por primera vez, esta debe ser ubicada en una celda adecuada. Este proceso tiene que ver con la búsqueda de la interfaz de aire para seleccionar una celda con una intensidad de señal adecuada para luego decodificar la información emitida por la BTS en el BCCH. Generalmente, la MS se ubicará en la celda con la señal más fuerte. Luego de esto, la MS se registrará en la red, lo que genera el proceso de actualización de la localización. La secuencia empieza con un requerimiento de canal manejado por la MS en el RACH. La BSS asigna un SDCCH a la MS, para luego moverse dentro de este SDCCH y enviar el requerimiento de actualización de la localización. Este proceso contiene un conjunto de información incluyendo el identificador del área de localización que puede ser el *Mobile Subscriber Identity* (IMSI) o el *Temporary Mobile Subscriber Identity* (TMSI). Si el suscriptor trata de registrarse con el TMSI y este es desconocido en el MSC/VLR, este último solicitará a la MS el envío del IMSI. Si el MSC/VLR no obtiene la información de autenticación por parte del suscriptor, este solicitará esta información al HLR. EL HLR enviará la información que contiene cinco vectores de autenticación, conocidos como tripletas. Cada tripleta contiene un número aleatorio llamado RAND y una *signed response* (SRES).

Smith y Collins (2001, p. 70)

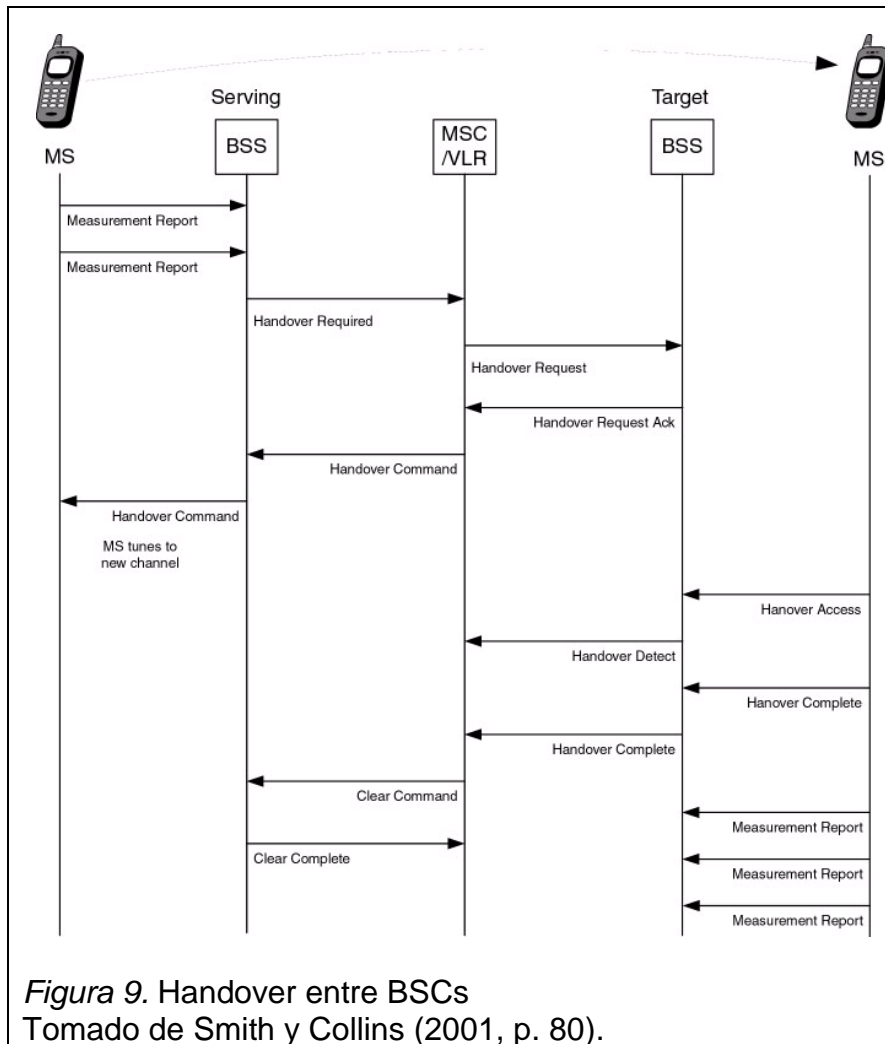


1.3.3.5 Handover

El *handover* (también conocido como *handoff*) es el proceso mediante el cual una llamada en progreso es transferida desde un canal de radio en una celda a otro canal de radio, sea en la misma celda o en una celda diferente. Un handover puede ocurrir dentro de una celda, entre celdas de la misma BTS, entre celdas de diferentes BTSs conectadas a la misma BSC, entre celdas de diferentes BSCs, o entre celdas de diferentes MSCs. La MS envía reportes de mediciones a la BSS por medio del SACCH tan a menudo como le sea posible.

Estos reportes contienen información de qué tan bien la MS puede detectar a la celda, así como información de la intensidad de señal. Específicamente, para la celda de servicio, la MS reporta el RXLEV (una indicación de la intensidad de señal recibida) y el RXQUAL (una indicación de la tasa de error por bit en la señal recibida). Para celdas vecinas, la MS reporta el *Base Station Identity Code* (BSIC), la frecuencia de BCCH y el RXLEV. Para el handover entre BSCs, una vez que esta determina que se debe realizar el handover, inmediatamente envía un mensaje de requerimiento de handover al MSC. Este mensaje contiene información sobre la celda destino, además de información sobre el canal actual que la MS se encuentra utilizando. El MSC analiza la información e identifica el BSC destino asociado con al menos una de las celdas destino identificadas por la BSC de origen. Si el BSC destino puede acomodar el handover, es decir si tiene recursos disponibles, este responderá al MSC con un mensaje que contendrá la información del canal y la celda a la que la MS será transferido, como: identificador de la celda, canal exacto a ser utilizado, información de sincronización, niveles de potencia a ser usados por la MS cuando accederá al nuevo canal y una referencia de handover. El MSC envía un mensaje de Handover Command al BSC en servicio, la cual pasará esta información a la MS a través de la interfaz de aire lo que posteriormente originará el handover.

Smith y Collins (2001, p. 77)



1.3.4 Plataforma de datos GSM

1.3.4.1 Introducción a los sistemas 2.5G

Esta tecnología representa al método de transición mediante el cual las operadoras celulares migraron a la siguiente generación referenciada por *International Mobile Telecommunications-2000* (IMT-2000). Para esto existían algunas plataformas disponibles, las cuales significaron un nexo entre los sistemas 2G existentes y los futuros sistemas 3G, entre ellas:

- General Packet Radio Service (GPRS) / High Speed Circuit Switched Data (HSCSD).
- Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE).
- Code Division Multiple Access (CDMA 2000).

La plataforma usada para la implementación del sistema 2.5G debe contemplar los siguientes aspectos fundamentales:

- La plataforma subyacente existente.
- La superposición del sistema (para operadores existentes).
- La introducción de servicios de paquetes de datos.
- Los nuevos dispositivos de usuario requeridos.
- Nuevas modificaciones a la infraestructura existente.

Smith y Collins (2001, p. 166)

1.3.4.2 Mejoras con respecto a 2G

La introducción de los sistemas 2.5G ofrece muchas mejoras sobre los sistemas 2G. La mejora fundamental se enfoca en las tasas de transmisión del servicio de paquetes de datos excediendo la barrera de 14.4 [kbps] lograda en los sistemas 2G.

La siguiente tabla ilustra las ventajas relativas a cada plataforma 2.5G sobre el sistema 2G:

Tabla 5. Sistemas 2G y 2.5G

Tecnología 2G	Tecnología 2.5G	Mejoras	Migración a plataforma 3G
GSM	GPRS	Alta velocidad del servicio de paquetes de datos (144.4 [kbps]) Usa el espectro de radio existente.	WCDMA
IS-136	EDGE	Alta velocidad del servicio de paquetes de datos (144.4 [kbps]) Usa el espectro de radio existente.	WCDMA

CDMA	CDMA2000 (Fase 1)	Alta velocidad del servicio de paquetes de datos (144.4 [kbps]) Usa el espectro de radio existente. Uso de 1XRTT	CDMA2000 – MC multi carrier
------	-------------------	--	--------------------------------

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 167)

1.3.5 GPRS

A diferencia de los sistemas 2G que proveen servicios de voz y datos por circuitos conmutados a tasas de transmisión de hasta 9.6 [kbps], GPRS implementa mejoras en la tecnología que significa un aumento de esta cifra.

1.3.5.1 Servicios GPRS

Teóricamente GPRS puede proveer velocidades de hasta 171 [Kbps], las cuales no pueden ser alcanzadas en redes reales, dado que no hay la implementación de corrección de errores en la interfaz de aire. De hecho el máximo alcanzado está sobre los 100 [Kbps], con velocidades más realistas que oscilan entre 40 [Kbps] a 53 [Kbps].

Las velocidades más grandes proveídas por GPRS son alcanzadas sobre la misma interfaz de aire básica, que consiste en un canal de 200 [kHz] dividido en ocho time slots. La MS puede tener acceso a más de un time slot. A diferencia de la codificación del canal de GSM, GPRS define varios esquemas de códigos para diferentes canales. El esquema más comúnmente usado para transferencia de datos es el *Coding Scheme 2* (CS-2), el cual provee un time slot para transportar datos a una velocidad de 13.4 [Kbps]. Si un único usuario tiene acceso a múltiples time slots, este podrá alcanzar velocidades entre 40.2 [Kbps] a 53.6 [Kbps]. La siguiente tabla muestra los distintos esquemas de codificación con sus velocidades asociadas a un único time slot.

Tabla 6. Esquemas de codificación GPRS y tasas de velocidad

Esquema de Codificación	Velocidad de transferencia de datos (Kbps)	Velocidad aproximada utilizable (Kbps)
CS-1	9.05	6.8
CS-2	13.4	10.4
CS-3	15.6	11.7
CS-4	21.4	16

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 170)

Como se menciona anteriormente, el sistema de codificación más común es CS-2 ya que provee una corrección de errores razonablemente robusta sobre la interfaz de aire. A pesar de que CS-3 y CS-4 proveen un *throughput* más alto, estos son más susceptibles a los errores sobre la interfaz de aire. La mayor ventaja de GPRS es el hecho de ser una tecnología de conmutación de paquetes, lo que significa que un determinado usuario consume recursos de RF solo en el momento que se encuentra enviando o recibiendo datos. Si un usuario no está enviando datos en un determinado momento, los *timeslots* en la interfaz de aire pueden ser usados por otro usuario. GPRS permite que múltiples usuarios compartan los recursos de la interfaz de aire, ya que en cualquier momento que un usuario necesite transferir datos, la MS debe requerir acceso a esos recursos y la red obligatoriamente debe asignar los recursos antes de que la transferencia se lleve a cabo.

Smith y Collins (2001, p. 169)

1.3.5.2 Interfaz de aire GPRS

La interfaz de aire de GPRS usa los mismos fundamentos que GSM – los mismos 200 [kHz] de portadora y los mismos ocho timeslots por portadora. Esto permite que GSM y GPRS compartan los mismos recursos de RF. A pesar de esto, la introducción de GPRS significa la introducción de varios canales lógicos y un nuevo esquema de codificación de canales a ser aplicado a esos canales lógicos. Cuando un determinado timeslot es usado para el tráfico de datos o señalización de control, esto es conocido como *Packet Data Channel*

Dentro de la arquitectura de GPRS intervienen distintos elementos, entre ellos: *Packet Control Unit (PCU)*, *Serving GPRS Support Node (SGSN)*, *Gateway GPRS Support Node (GGSN)* y *Charging Gateway Function (CGF)*. El PCU es un elemento lógico de la red, responsable de varias funciones como el control del acceso a la interfaz de aire, la programación de paquetes en la interfaz de aire, el ensamblaje y re-ensamblaje de paquetes. El PCU puede ser ubicado en la BTS, en el BSC o en el SGSN.

El SGSN es similar al MSC/VLR en el dominio de circuitos conmutados, incluye funciones como: manejo de la movilidad, seguridad y control de acceso. El área de servicio del SGSN está dividida en *Routing Areas (RA)*. El proceso mediante el cual una MS se mueve de una RA a otra toma el nombre de *routing area update*. Un determinado SGSN puede servir a múltiples BSCs.

Smith y Collins (2001, p. 175)

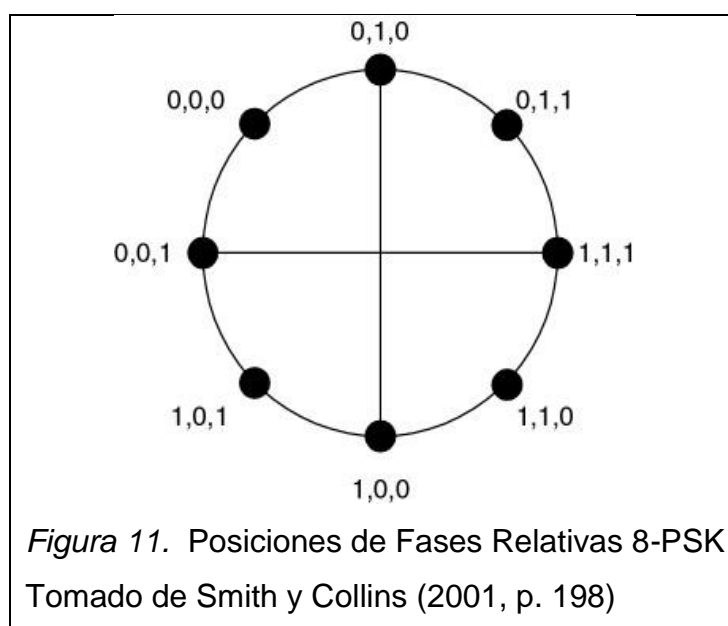
1.3.6 EDGE

La meta principal de este sistema fue mejorar las capacidades de las redes GSM/GPRS. Para ellos se cambió la modulación de la interfaz de aire GMSK usada en GSM a 8 Phase Shift Keying (8-PSK) y se mantuvieron los canales de 200 [kHz] y los ocho timeslots, lo que entre otras cosas permitiría velocidades teóricas de hasta 384 [Kbps]. Consecuencia de esto se catalogó a EDGE como una tecnología 2.75G.

El desarrollo de EDGE y UMTS se dio en la misma época. Para el desarrollo de UMTS era necesaria la adquisición de un nuevo espectro, mientras que EDGE no requería uno nuevo y no requería mayores cambios en la red lo que significaba que podía ser implementado en tiempos menores a UMTS.

1.3.6.1 Arquitectura de EDGE

Con la modulación 8-PSK se tienen cambios de fase de 45° , 90° , 135° , 225° , 270° o 315° . Cada cambio de fase representa el cambio de un conjunto de tres bits a otro. 8-PSK es más sensible al ruido que GMSK.



Si una BTS soporta las modulaciones GMSK y 8-PSK y tiene la misma potencia de salida para ambas, la cobertura de la celda es más pequeña para 8-PSK que para GMSK. Como consecuencia de que un usuario se mueva al borde de una celda, el efecto de baja señal de ruido significará que la red pueda reducir el *throughput* cambiando el esquema de modulación a GMSK o cambiando el esquema de codificación para incluir una detección de errores mayor. Todo lo que el usuario percibirá será una baja en el *throughput*.

Smith y Collins, (2001, p. 198)

1.4 Estándar de Tercera Generación 3G

Las tecnologías celulares especificadas por el organismo 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) son las que han tenido mayor acogida en el mercado la de las telecomunicaciones. El estándar 3G o UMTS (*Universal*

Mobile Telecommunications System) según su denominación técnica es el siguiente paso en la evolución del sistema de segunda generación GSM.

En 1998 el 3GPP junto con el ITU definieron el método de acceso WCDMA (*Wideband CDMA*) como la tecnología de acceso de las redes celulares de tercera generación para canales de multiplexado FDD y TD-CDMA (*Time Division CDMA*) para operadores con multiplexado TDD.

Smith y Collins (2001, p. 213)

1.4.1 Especificaciones básicas de UMTS

Como se mencionó anteriormente, esta tecnología tiene dos tipos de dúplex: FDD (*Frequency Division Duplex*) el cual es usado de forma común en el continente americano y TDD (*Time Division Duplex*) particularmente desplegado en países asiáticos.

UMTS es considerado el primer sistema de comunicaciones móviles en ofrecer banda ancha a través de la interfaz de aire. Según la definición del estándar UMTS, este tiene que cumplir con las siguientes exigencias:

- Basado en un estándar global
- Compatibilidad con sistemas existentes
- Alta calidad
- Banda de frecuencias común
- Terminales más reducidos en tamaño
- Roaming Internacional
- Soportar aplicaciones multimedia
- Mejor eficiencia espectral
- Bit rates de alta velocidad : 2 [Mbps] para un ambiente estático, 384 [kbps] para un peatón y hasta 144 [kbps] para tráfico vehicular

La red de acceso UMTS se define como la UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Technology*). Un acceso basado en CDMA para los modos TDD y FDD. Un factor importante de este estándar es el re uso de la red de core del sistema

GSM para el primer release de UMTS 3GPP R99, de esta forma el core debe soportar dos sistemas de acceso: UMTS y GSM.

Smith y Collins (2001, p. 214)

1.4.2 Mejoras con respecto a la tecnología predecesora

UMTS es la evolución del estándar GSM 2G el cual fue el primer sistema proveer una conexión de datos a través de la especificación de GPRS (*General Packet Radio Service*) con una tasa de transición de hasta 144 [kbps]. Aunque GSM fue el sistema adoptado por más del 80% de redes en el mundo por más de 200 países en el mundo, este poseía varias desventajas que fueron aprovechadas y mejoradas por el sistema UMTS como se menciona a continuación:

- Velocidades de transferencia de hasta 2 [Mbps] en downlink contraste de los 384 [Kbps] del sistema GPRS/EDGE y hasta 384 [Kbps] en uplink
- Asignación de mayor ancho de banda
- Menor tiempo de establecimiento de servicios de voz y datos
- Mayor capacidad de usuarios
- Menor latencia de paquetes en la red de acceso
- Capacidad de ajustar su CODEC dependiendo de las condiciones del canal

Este estándar es considerado el la evolución de los sistemas móviles orientados a una conexión de paquetes el cual define cuatro tipos de servicio básico:

- Conversacional: baja tolerancia al delay y jitter, voz de alta calidad, video conferencia
- Interactivo: Aplicaciones transaccionales con poca tolerancia a los errores
- Streaming : servicios en una sola dirección que requieren de un ancho de banda dependiente de la calidad para la transmisión de datos en tiempo real

- Background: aplicaciones que no tienen un tiempo límite entre la recepción y transmisión de información y que se ejecutan sin que el usuario participe activamente en la comunicación

Para entender todas estas mejoras del sistema UMTS es necesario detallar la arquitectura desde la red acceso hasta el core.

Smith y Collins (2001, p. 215)

1.4.3 Arquitectura la red UMTS

En casi todas las comunicaciones móviles, la arquitectura de una red puede ser dividida en dos partes principales: la red de acceso y la red de core. Esta división se aplica en UMTS donde la red de acceso se la denomina UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) y la red de core del sistema GSM que solo requiere una actualización para soportar la red de acceso UMTS.

Smith y Collins (2001, p. 247)

1.4.4 Red de acceso UMTS (UTRAN)

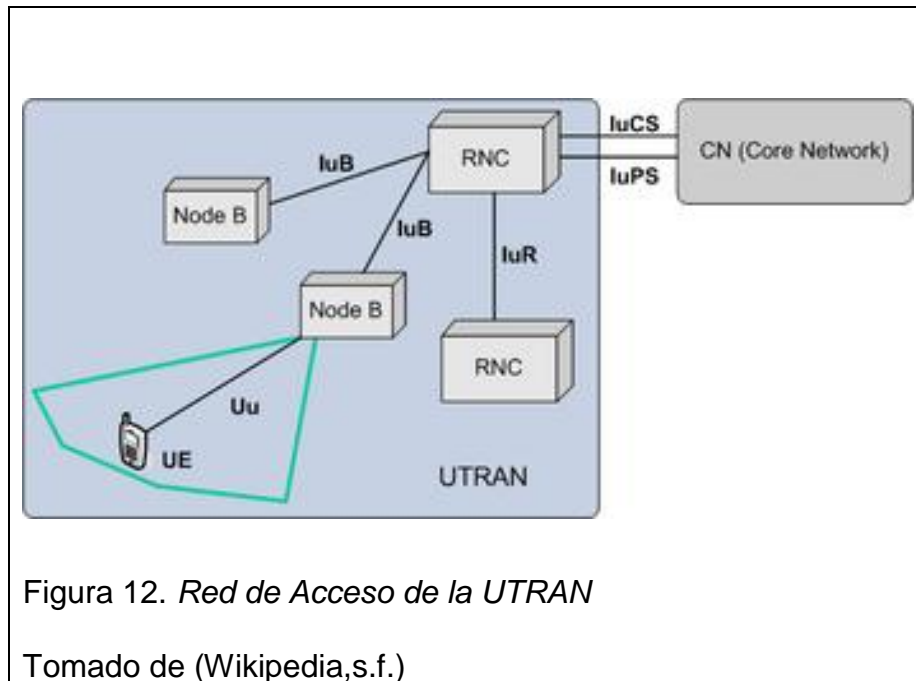
La red de acceso UTRAN comprende de dos partes la RNC (*Radio Network Controller*) que es análoga a la BSC (*Base Station Controller*) de la red de acceso GSM. La RNC es el elemento responsable de la UTRAN en asignar los recursos de radio. La segunda parte fundamental de la red de acceso el Nodo B que viene a reemplazar a la BTS. La Interfaz que comunica el Nodo B y la RNC se llama IuB, esta interfaz es la equivalencia de la interfaz Abis de GSM entre la BTS y BSC.

La interfaz IuB en las primeras versiones de UMTS estaba basada en una red de transporte ATM pero los operadores han actualizado su red de transporte al protocolo MPLS.

La Interfaz de aire entre el NodoB y UE (*User Equipment*) se llama UU y está basada en un medio de acceso WCDMA.

Como se puede apreciar en la siguiente imagen la principal diferencia entre la red de acceso GERAN y la UTRAN es la interconexión entre las controladoras

de las BTS. Las RNC pueden ir interconectadas por una interfaz llamada IuR que permite el SOFT Handover entre Nodos B de diferente controladora.



La comunicación de la UTRAN con la red de core se dividen en dos dominios: una conexión hacia el core de CS con el elemento MSC por la interfaz IuCs y una conexión hacia el core de PS con el elemento SGSN por la interfaz IuPs. Se debe tomar en cuenta que la red de CORE de GSM y UMTS presentan los mismos elementos tanto en el dominio de voz y datos por este motivo estos solo deben ser actualizados para soportar la interfaces con la UTRAN mencionadas anteriormente.

Smith y Collins (2001, p. 248)

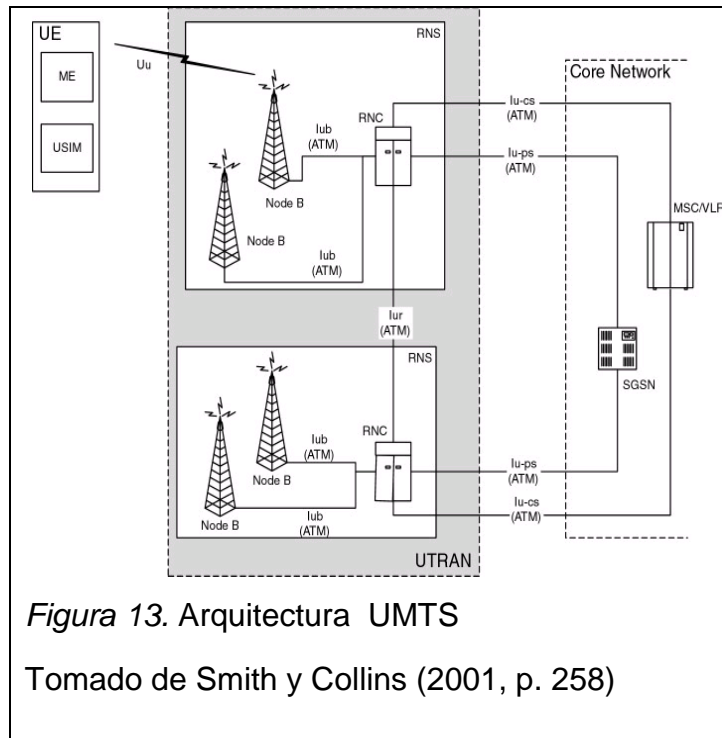


Figura 13. Arquitectura UMTS

Tomado de Smith y Collins (2001, p. 258)

1.4.5 Handover en la UTRAN

La red UMTS soporta dos tipos principales de handover: *soft handovers* y *hard handovers*. En la UTRAN el terminal tiene la capacidad de establecer una conexión de radio con más de una celda de forma simultánea de esta forma, obteniendo una ganancia al combinar la señal de varias celdas. De esta forma se logra un handover sin terminar completamente la conexión de radio y volver a establecerla.

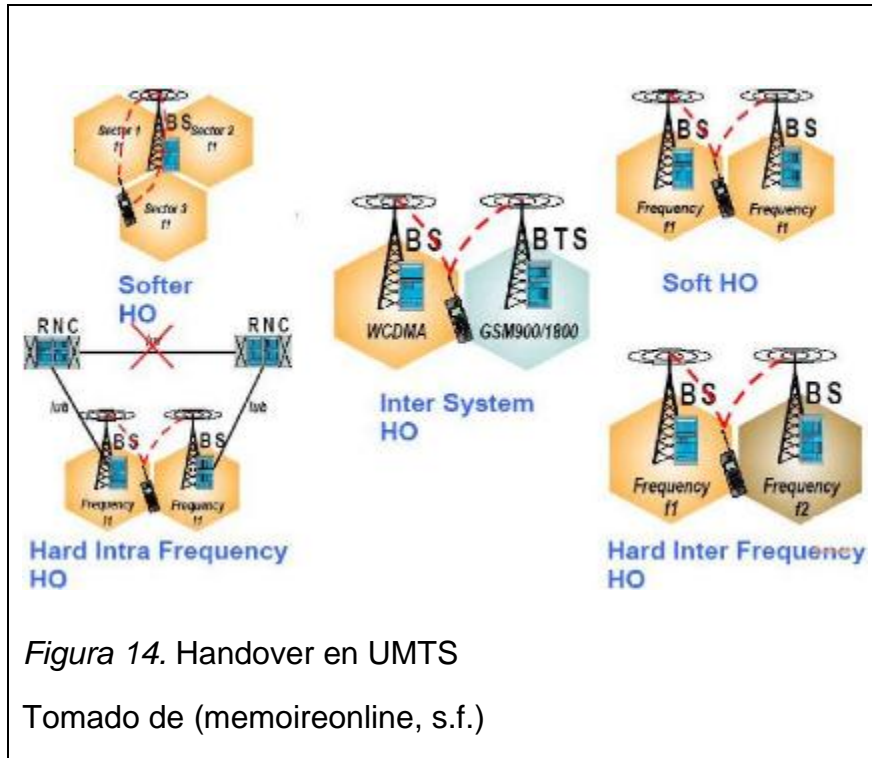
El *hard handover* en UMTS se puede dar en ciertas situaciones, la más común en cuando la red solicita al terminal la conexión a otra portadora de la misma tecnología, este *handover* se lo denomina InterFreq handover y es usado principalmente en el balanceo de carga de la red.

Otra situación donde puede darse el *hard handover* es cuando el terminal requiere la conexión con una celda que pertenece a otra RNC y la interfaz IuR no está presente.

La última situación se da cuando la red solicita la terminal cambiarse a otra tecnología ya sea GSM o LTE. Esto puede ocurrir de acuerdo a políticas de red

establecidas por el operador, estas políticas pueden ser cobertura o tipo de servicio, esta clase de *hard handovers* se los denomina Inter-Rat handover.

Smith y Collins (2001, p. 264)

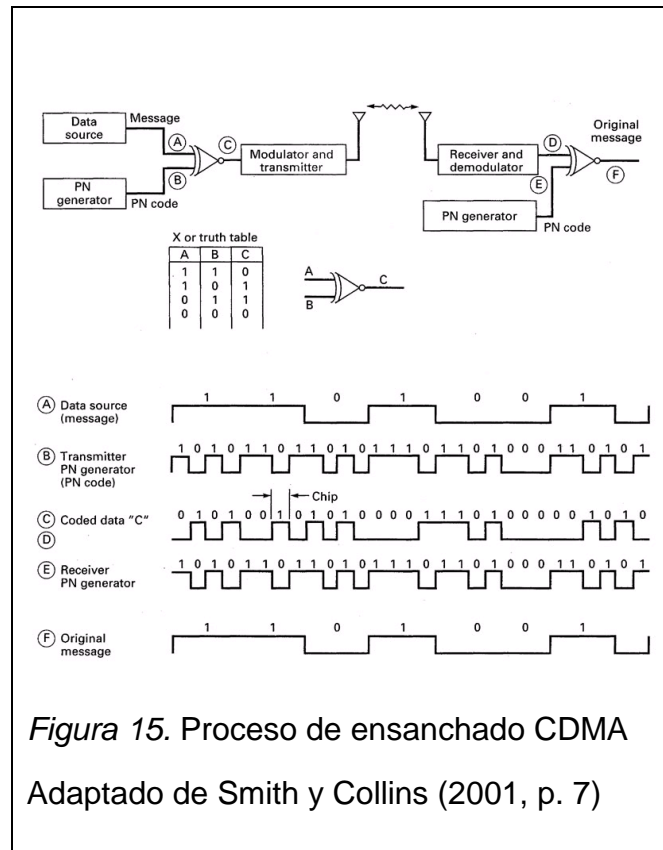


1.4.6 La interfaz de aire UMTS

La interfaz de aire es UMTS es basada en un método de acceso CDMA. En un sistema CDMA el tráfico del abonado es ensanchado sobre todo el ancho de banda del canal. Este procedimiento se realiza multiplicando la señal de tráfico del usuario por una secuencia pseudo-aleatoria de bits que se los denomina chips.

En la gráfica a continuación se puede observar que los datos que vienen de los usuarios poseen un bit rate mucho menor que la pseudo secuencia de ensanchamiento. En el dominio del tiempo la multiplicación de una secuencia de bits con un bit rate menor por una secuencia de bits con un bit rate mayor da como resultado una tercera secuencia de bits con un bit rate igual a la secuencia de mayor bit rate.

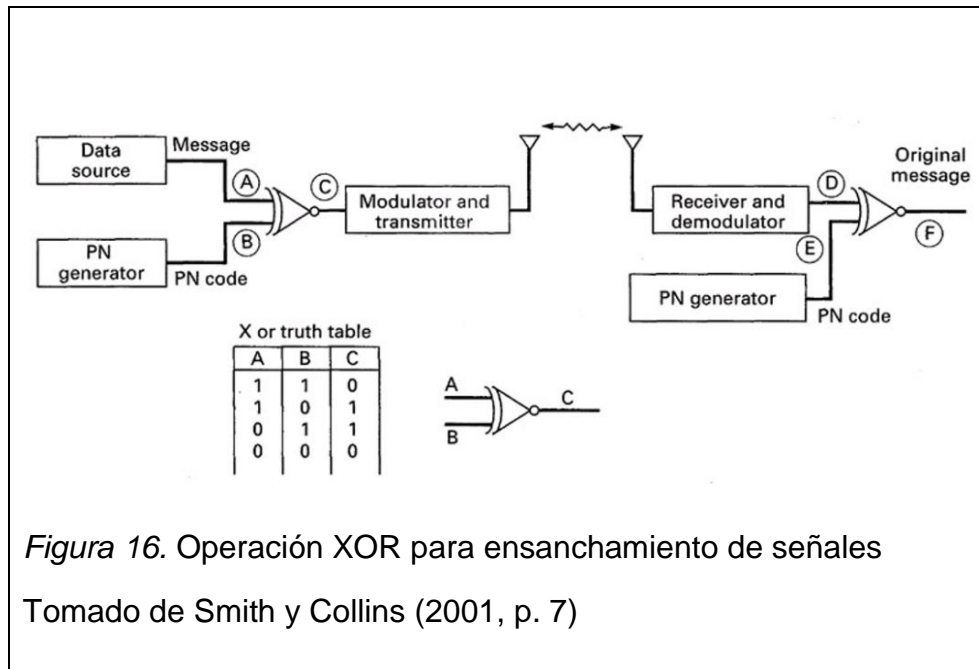
Smith y Collins (2001, p. 224)



Si existen muchos abonados transmitiendo sobre el mismo canal a la misma frecuencia al mismo tiempo, entonces es necesario que la señal de origen de cada usuario tenga que ser ensanchada por una secuencia diferente de chips. De tal forma que el receptor conociendo dicha secuencia pueda aplicar la operación inversa y recuperar la señal original de cada usuario con el menor ruido posible.

El proceso de ensanchado digitalmente se logra combinando la señales digitales del usuario y la secuencia de chips por una compuerta digital XOR. A la salida de esta operación la señal digital ensanchada tiene que ser modulada para que sea transmitida por el medio de radio frecuencia. En el receptor se debe aplicar la misma operación con la misma secuencia de bits generada por el transmisor, de tal forma poder recuperar la señal original del usuario con una componente de ruido generada por la transmisión de otros usuarios.

Smith y Collins, (2001, p. 6)



En un sistema WCDMA o UMTS la relación entre la tasa de ensanchamiento y la tasa de transmisión del usuario se la denomina *spreading factor* o factor de ensanchamiento. Mientras mayor sea esta tasa mayor será la habilidad del receptor de diferenciar los flujos de diferentes usuarios lo que mejorará de forma significativa la capacidad del sistema UMTS pero a su vez esto se traduce en un mayor consumo de espectro que es un recurso limitado de los operadores. A continuación se describe la ecuación del *spreading factor* para el sistema WCDMA.

$$SF = T_c/T_b \quad (\text{Ecuación 1})$$

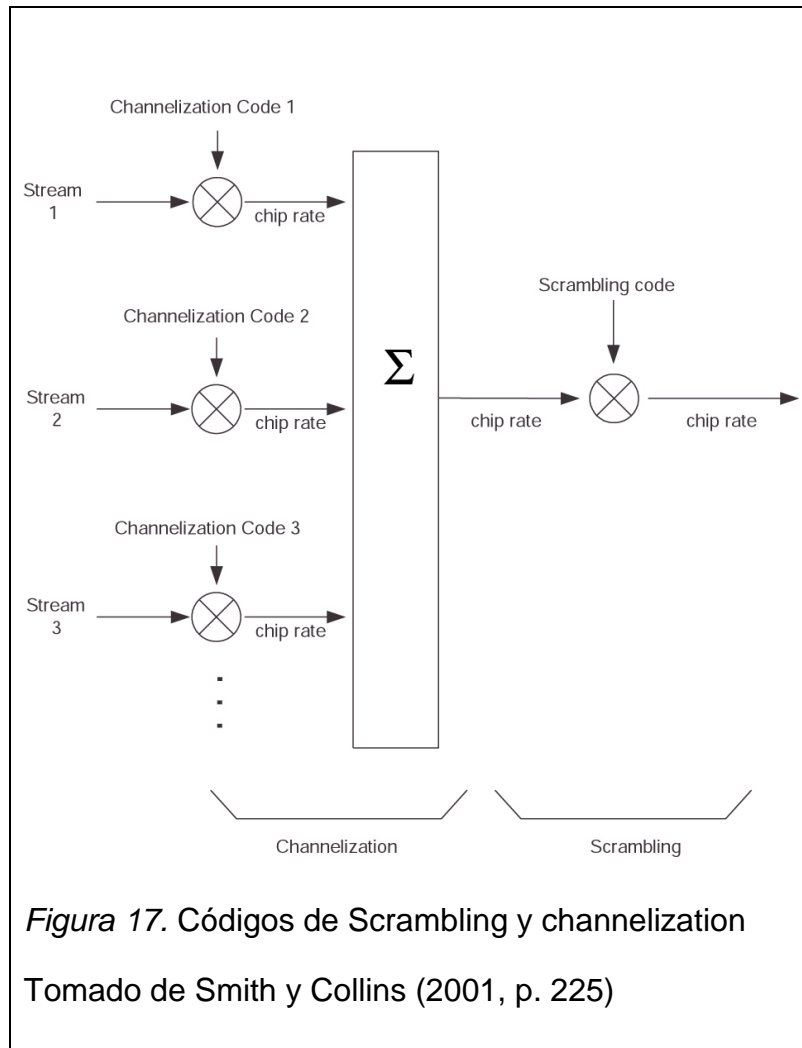
Para el estándar UMTS la tasa de chip T_c es un constante de 3.84 Mcps (Megachips/segundo) lo que da como resultado un ancho de banda de 4.4MHz a 5MHz que los reguladores deben proveer a los operadores para el funcionamiento de UMTS.

$$SF = 3.84 \text{ Mcps}/T_b \quad (\text{Ecuación 2})$$

A través de una secuencia de chips el receptor WCDMA es capaz de distinguir la transmisión de varios usuarios simultáneos, pero se debe considerar que cada usuario también transmite varios flujos de bits con diferentes significados lógicos de forma simultánea y que requieren de la diferenciación del receptor, por ejemplo un abonado siempre transmite sus datos e información de control de forma paralela. Debido a esta razón el sistema WCDMA usa dos tipos de códigos diferentes para la distinción de flujos de transmisión y usuarios denominados códigos de *channelization* (canalización) y códigos de *scrambling* (mezclado). Todos estos códigos operan a una tasa de 3.84 [Mcps].

Para los códigos de canalización se usan secuencias OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) que ayudan a mantener la ortogonalidad entre varios canales de una misma frecuencia. Para los códigos de *scrambling* se utiliza secuencia del tipo *gold* que poseen propiedades de correlación de códigos para la distinción de diversas secuencias. El funcionamiento de estos códigos no forma parte del alcance de este trabajo de titulación.

Smith y Collins, (2001, p. 7)



Un canal físico es contenedor que transporta la información de control o de usuario sobre la interfaz de aire, este canal es la combinación de una frecuencia, código de scrambling y de canalización. Para un usuario de forma general se le asigna un canal de tráfico DPDCH (*Dedicated Physical Data Channel*) y un canal de control DPCCH (*Dedicated Physical Control Channel*). El canal de tráfico DPDCH puede tener un factor de ensanchamiento variable dependiente del tipo de información que contiene, ya sea voz o datos. Este canal puede usar factores de ensanchamiento de 4, 8, 16, 32, 65,128 o 256 con los cuales se podrá obtener diferentes tasas de transmisión dependientes de este factor:

$$SF = 3.84 \frac{M_{cps}}{T_b}$$

$T_b = 3.84 \frac{\text{Mcps}}{\text{SF}} = 3.84 \frac{\text{Mcps}}{256} = 15 \text{ Kbps}$ (Ecuación 3, mínima tasa de transmisión)

$T_b = 3.84 \frac{\text{Mcps}}{\text{SF}} = 3.84 \frac{\text{Mcps}}{4} = 960 \text{ Kbps}$ (Ecuación 4, máxima tasa de transmisión)

Se debe tomar en cuenta que las tasas de transmisión obtenidas no representan el flujo del usuario como tal, sino que cada canal se incluye un overhead de bits para soportar la corrección de bits por lo que la tasa de usuario es por lo general la mitad de la tasa cruda obtenida por cada canal.

Para obtener tasas de transmisión superior a 2Mbps en UMTS es necesario multiplexar cuatro canales DPDCH.

Smith y Collins (2001, p. 226)

1.4.7 Canales físicos en WCDMA

Para el manejo de la información en la interfaz de aire la especificación de UMTS ha dividido el manejo de los flujos en varios canales físicos cuyo contenido varía dependiendo el tipo de información que contenga el canal. A continuación se detalla la lista de canales físicos que usa el estándar UMTS.

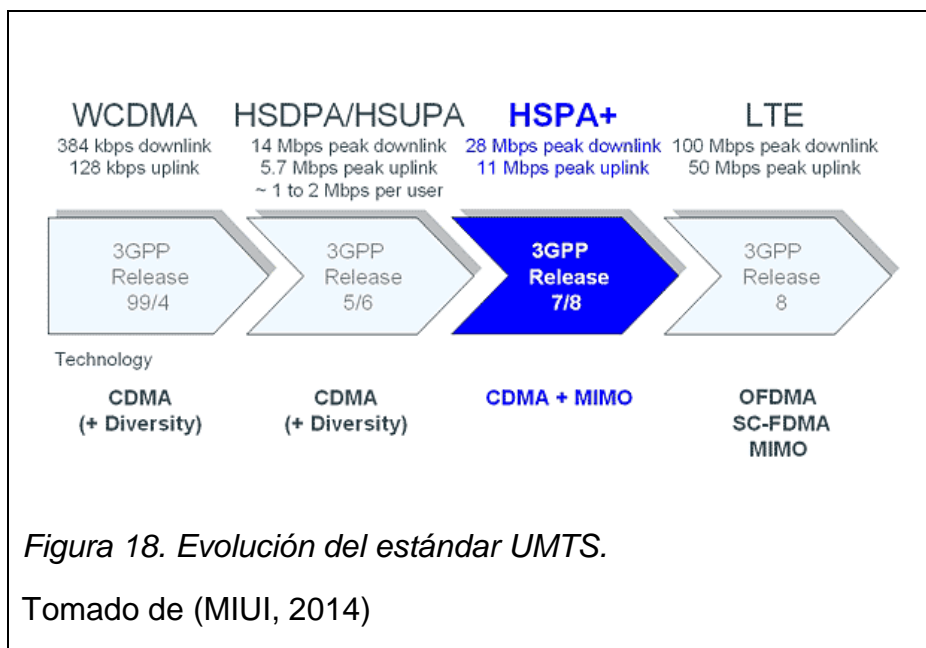
- **The Synchronization Channel (SCH):** Es transmitido en el *downlink* y es usado por el UE durante el proceso de búsqueda y selección una celda. Para la adquisición de servicio es necesario que el terminal se encuentre sincronizado con la estación. A través de las secuencias de sincronización el terminal es capaz de reconocer el *scrambling code* de las celdas.
- **The Common Pilot Channel (CPICH):** Este canal siempre es transmitido por la estación base o Nodo B y es ensanchado por un factor de 256 que equivale a 30 [Kbps] en el medio de radio frecuencia. La función fundamental de este canal consiste en proveer de las mediciones de calidad y cobertura para los procesos de selección y handovers basados en la recepción de potencia de este canal por el UE.

- **The Primary Common Control Physical Channel:** Transmite la información de control de broadcast de la operadora para que el terminal pueda acceder a la red donde se puede registrar. Usa un SF (*Spreading Factor*) de 256.
- **The Secondary Common Control Physical Channel:** Contiene información común de usuarios y mensaje de avisos Paging.
- **The Physical Random Access Channel (PRACH):** Canal de uplink que Permite acceder al usuario a la celda por medio de preámbulos o 5secuencias que permiten a la estación estimar las condiciones de distancia o potencia inicial del terminal para el ajuste de parámetros iniciales.
- **Acquisition Indicator Channel (AICH):** El propósito de estos canales es dar a conocer al usuario el requerimiento de un mensaje de paging con su destino para que este acceda al servicio cuando la aplicación de capa 7 lo requiera.
- **The Physical Downlink Shared Channel:** Canal en el downlink compartido por información de *payload* de varios usuarios para el consumo de servicio.

Smith y Collins, (2001, p. 242)

1.4.8 Evolución del estándar UMTS

El objetivo de la optimización de los estándares de las redes móviles es la mejora de las tasas de descarga y carga ofrecidas a los usuarios haciendo uso del mismo espectro disponible, esto se denomina eficiencia espectral y se mide en bits/Hz. Por esta razón el estándar UMTS evolucionó su plataforma de acceso por paquetes por medio de radio a los estándares HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) y HSPA (*High-Speed Packet Access*).



1.4.9 HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

La idea principal de HSDPA es el incremento de las tasas de transmisión en el *downlink* para datos por métodos ya utilizados previamente por estándar GSM como: adaptación automática del radio enlace, retransmisiones combinadas de capa 1 HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*), mejora de los algoritmos de *scheduling* y reducción del tamaño de tramas. Además este estándar define el uso de tecnologías de arreglos de antenas MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) para mejorar la eficiencia y robustez del canal.

Con HSDPA dos características del estándar WCDMA son inutilizadas: adaptación de la tasa de ensanchamiento (*Spreading Factor*) y control de dinámico de la potencia.

Para balancear la ausencia de estas dos características de WCDMA se introdujo la técnica de AMC (*Adaptive modulation and coding*) donde los el NodoB es capaz de determinar el tipo de modulación y codificación para el *downlink* de acuerdo a reportes generados por los terminales de la condición del canal. Estos reportes se los denomina CQI (*Channel Quality Indicator*) y son basados en los niveles de E_c/I_0 percibidos por los terminales. Este estándar soporta un esquema de modulación de hasta 16 QAM.

Para alcanzar valores óptimos de *throughput* es posible que un usuario utilice hasta 15 códigos de canalización de forma paralela de los 16 códigos disponibles para el uso de este estándar, dejando solamente un código para información de control. A través de una técnica más robusta de retransmisión HARQ, este estándar ya no requiere del uso adaptivo del *Spreading Factor*.

La introducción del canal HS-DSCH (*High speed Downlink Share Channel*) dio un mayor enfoque a la compartición de canales por los usuarios, por este motivo el canal HS-DSCH no soporta el soft handover y adaptación dinámica de potencia.

El estándar HSDPA es capaz de alcanzar velocidades de hasta 14.4 Mbps en condiciones ideales sin considerar carga de usuarios y fluctuaciones del canal de radio frecuencia.

Holma y Toskala (2006, p. 48)

1.4.10 HSUPA (High Speed Downlink Packet Access)

Como se mencionó anteriormente la optimización del canal de *downlink* a través del canal HSDPA tuvo un gran desempeño en la mejora de la experiencia de usuario. Pero el desempeño de *uplink* todavía presentaba las limitaciones del lanzamiento básico de UMTS. La tasa de carga se mantuvo de 384 [Kbps] teniendo una tecnología con una brecha impresionante en cuanto a velocidades de *uplink* y *downlink*.

El desarrollo de la tecnología HSUPA tuvo un gran impacto en la ingeniería del hardware de los terminales ya que estos debían soportar nuevas funciones.

En contraste con el estándar HSDPA que utiliza un canal compartido por los usuarios HSUPA reutiliza los canales dedicados del release inicial de UMTS. La similitud con el estándar HSDPA es el uso de la tecnología de retransmisiones HARQ y la reducción de tramas permitiendo una redistribución de los recursos de radio cada 2 ms.

El canal dedicado de HSUPA se denomina E-DCH (*Enhanced Dedicated Channel*) y posee las siguientes características:

- Soporte del sistema HARQ
- Canal dedicado por usuario
- Soporta *soft handovers*
- Ajuste de spreading factor : 256,128,64,34,16,8,4
- Ajuste rápido de potencia en *uplink*
- No soporta el método de AMC (*Adaptive modulation and coding*) como HSDPA

Como se observó en las características del canal E-DCH para HSUPA, el ajuste de *spreading factor* permite controlar la tasa de subida de los usuarios, en la tabla a continuación se observa los valores de throughput de acuerdo al *spreading factor* utilizado. La tasa máximo de esta tecnología es de 5.7 [Mbps] en condiciones ideales.

Holma y Toskala, (2006, p. 77)

<i>Channel bit rates</i>	<i>DPDCH</i>	<i>E-DPDCH</i>
15–960 kbps	SF256–SF4	SF256–SF4
1.92 Mbps	2 × SF4 ¹	2 × SF4
2880 Mbps	3 × SF4 ¹	—
3840 Mbps	4 × SF4 ¹	2 × SF2
4800 Mbps	5 × SF4 ¹	—
5760 Mbps	6 × SF4 ¹	2 × SF4 + 2 × SF2

Figura 19. Tasas de uplink de acuerdo al SF.
Tomado de Holma y Toskala (2006, p. 69)

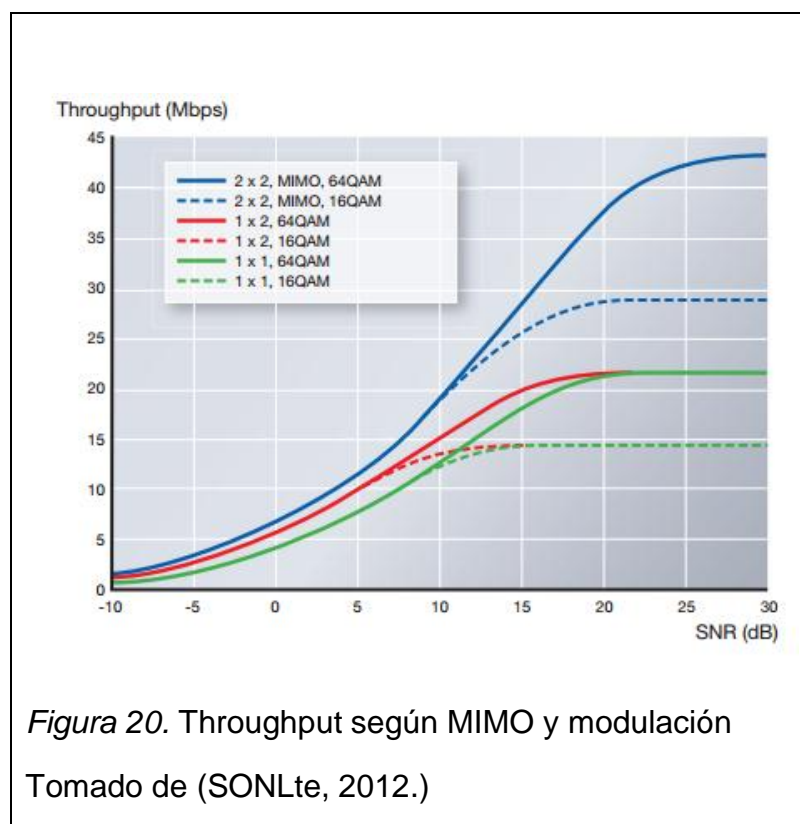
1.4.11 HSPA+ (*High Speed Packet Access Evolved*)

El estándar HSPA+ aumenta la velocidad de HSDPA ya que soporta un esquema modulación 64QAM si la calidad de la señal es lo suficientemente buena, lo que permite transportar más información usando los mismos recursos

radioeléctricos. La tasa de descarga máxima con un esquema SISO es de 28 [Mbps] en un modulación 64 QAM.

La introducción del esquema de MIMO en el estándar UMTS duplica las velocidades de HSDPA y HSUPA obteniendo hasta una tasa de descarga en el downlink de 42 [Mbps] y 11.5 [Mbps] en el *uplink*. Las tasas de transmisión expuestas dependen de forma significativa de la calidad de la señal, como se observa en la gráfica de SNR (*Signal to Noise Ratio*) vs el *throughput* nominal.

Nokia Siemens Networks, (2010, p. 4)



A continuación se presenta un resumen de la evolución del estándar UMTS:

Tabla 7. Evolución de HSPA

Nombre	Release	Velocidad descarga	Velocidad subida
HSDPA	Release 5	14,4 [Mbps]	384 [Kbps]
HSUPA	Release 6	14,4 [Mbps]	5,76 [Mbps]
HSPA+	Release 7	28 [Mbps]	11,5 [Mbps]
HSPA+ MIMO	Release 8	42 [Mbps]	11,5 [Mbps]

1.5 Estándar de Cuarta Generación 4G LTE

LTE (*Long Term Evolution*) es la evolución a largo plazo del sistema UMTS. Este estándar se considera de cuarta generación y su arquitectura es basada en su totalidad en el manejo del protocolo IP.

El sistema LTE fue introducido por el 3GPP en la versión del protocolo 8 (Release 8). Esta tecnología promete una mejor experiencia de usuario y una disminución considerable en la complejidad de la tecnología.

Los targets mínimos del estándar LTE Rel8 (Release 8) considerados son los siguientes:

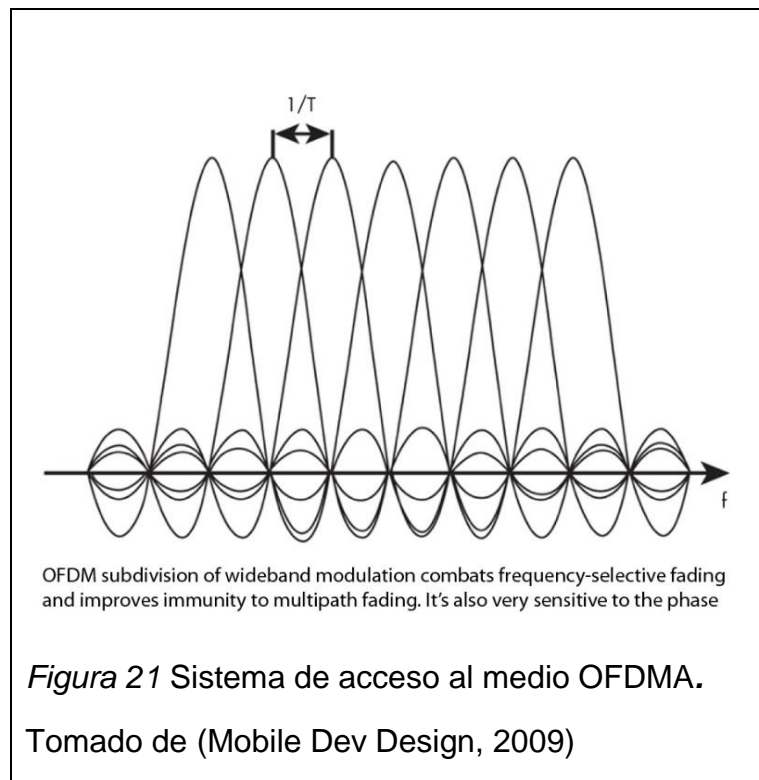
- Taza de descargas de al menos 100 [Mbps] en *downlink* y 50 [Mbps] para el *uplink*. Esta se le considera la tasa básica y se la obtiene con un sistema MIMO 2T2R y un terminal categoría 3.
- Mejora en los tiempos de acceso de servicio comparándolo con UMTS.
- Anchos de banda diversos y flexibles para los operadores: 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 [MHz].
- Mejora en la eficiencia espectral mejorando los costos y calidad de servicio.

Holma y Toskala, (2009, p. 29)

1.5.1 Especificaciones básicas de LTE

El estándar de cuarta generación LTE se considera la evolución a largo plazo de los sistemas actuales GSM y UMTS. No solo el medio de acceso de radio evolucionó de forma considerable sino la red de core evolucionó de tal forma que todos los elementos de red manejan el protocolo IP.

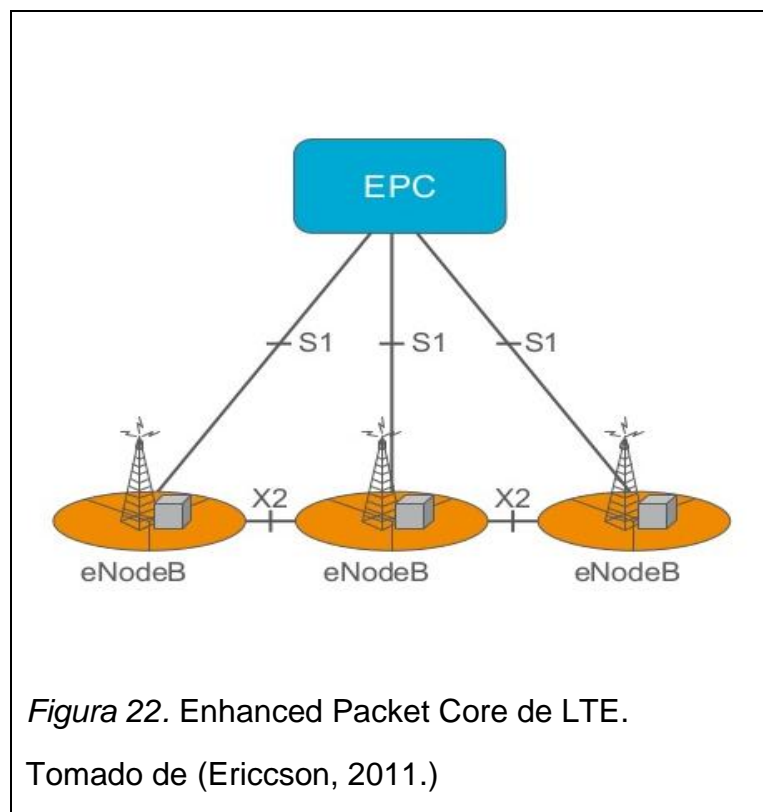
A continuación se detallan los requerimientos en el medio de acceso de radio frecuencia:



- Como se mencionó anteriormente este estándar soporta varios anchos de banda flexibles de diferente capacidad: 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 [MHz].
- Utilización de un sistema avanzado de método de acceso al medio basado en un sistema OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) para downlink y SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) par uplink orientado en un consumo bajo de batería de los terminales LTE.

- Utilización de varios arreglos de antenas transmisoras y receptoras llamado MIMO para mejora en la eficiencia espectral y robustez del sistema.
- Las técnicas de modulación utilizadas son QPSK, 16 QAM, 64QAM para el plano de usuario.
- Sistemas avanzados de codificación digital para el control y recuperación de errores.
- Latencia de transferencias y acceso inferiores a los 30 [ms].
- Mejora en la movilidad, obteniendo servicio para terminales que se mueven a una velocidad de hasta 500 [Km/h]. Este factor es dependiente de la banda de frecuencia en la que se trabaje.
- Tasas de transferencias máximas de hasta 300 [Mbps] en *downlink* y 75 [Mbps] en *uplink* consideran el uso de un sistema MIMO 4T4R y un terminal de categoría 4.

En cuanto a las especificaciones de la red de transporte y de core se tiene las siguientes.



- Elementos de red que manejan el protocolo IPv4 e IPv6 en su totalidad.
- Manejo dinámico en la calidad de servicio.
- Menores latencia entre la transmisión de paquetes desde la red acceso hasta el Gateway de salida al internet.
- Interoperabilidad con sistemas de predecesores como UMTS GSM y CDMA.
- Introducción al estándar VoLTE (*Voice Over LTE*) para el manejo de voz en una arquitectura IP.
- Core de paquetes unificado para la transmisión de voz (VoLTE) y aplicaciones por paquetes llamado EPC (*Enhanced Packet Core*)

Holma y Toskala, (2009, p. 30)

1.5.2 Mejoras con respecto a la tecnología predecesora

Con respecto al sistema predecesor UMTS, LTE trae significativas ventajas en cuanto a la mejora de experiencia de usuario y tasas de transmisión:

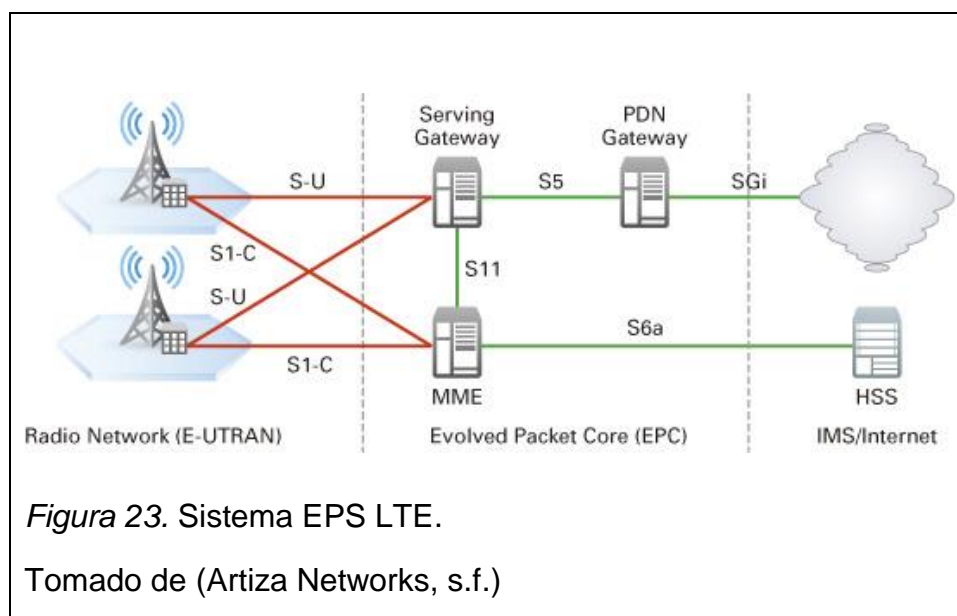
- LTE se basa un core de transmisión de paquetes en su totalidad, mientras que UMTS posee dos dominios de core: uno para la transmisión de voz llamado Core CS y otro para la transmisión de paquetes llamado Core PS. Simplificando de forma significativa la complejidad del sistema Long Term Evolution.
- Alta eficiencia espectral del método de acceso OFDMA con respecto al método de acceso UMTS WCDMA.
- Mejor manejo de la calidad de servicio con respecto a UMTS a través de la distinción de tráfico desde interfaz de aire.
- Mejora en la capacidad debido a la simplificación de recursos de la interfaz de aire. En LTE existen solamente recursos de frecuencia divididos en sub portadores sobre todo el ancho de banda. En WCDMA existe la utilización de recursos en cuanto al manejo de potencia en downlink/uplink y código que limitan la capacidad del sistema.
- LTE posee *schedulers* más eficientes y robustos para lograr un mayor número de usuarios por celda.

- Evolución de los elementos de acceso Nodos B a eNodosB eliminando la necesidad de un controlador en la red de acceso RNC, disminuyendo los retardos de acceso de servicio.

Holma y Toskala, (2009, p. 14)

1.5.3 Arquitectura la red LTE

El sistema general de la red LTE se lo denomina según el estándar de la 3GPP como EPS (*Enhanced Packet System*). El EPS consiste de dos partes fundamentales: El sistema EPC que consta de la red core o núcleo y el sistema E-UTRAN (*Evolved/Enhanced UTRAN*) que se refiere a la red de acceso.



Cabe recalcar que el sistema EPS se basa en su totalidad en el transporte de paquetes IP desde la red acceso hasta la terminación del sistema EPS.

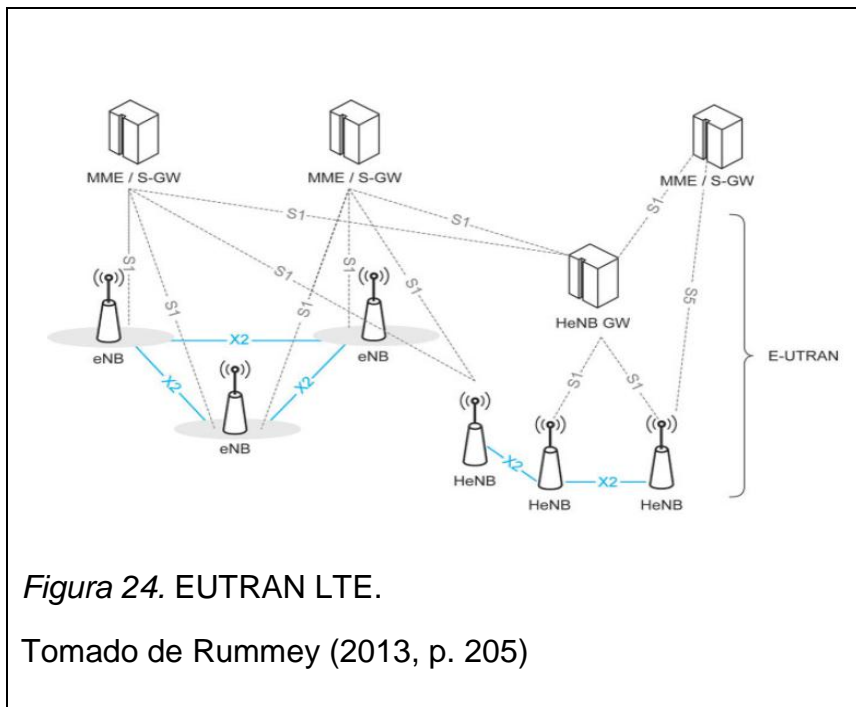
Rummey (2013 p.195)

1.5.4 Red de acceso E-UTRAN.

La red de acceso EUTRAN consiste de los elementos conocidos como e-NodosB que son la evolución del NodoB de UMTS cuya función consiste en proveer la conexión de radio a los UEs (terminales). Estos nodos se

interconectan a través de una interfaz llamada X2 y se conectan a la red core a través de la interfaz S1.

Como se puede observar en la figura 15 la principal diferencia con la red de acceso de UMTS UTRAN es la eliminación del controlador de Nodos B RNC ya que las funcionalidades de este elemento han sido transferidas a los eNodosB. Adicionalmente estos nodos pueden presentar una interconexión entre sí para la transmisión de información de control y de usuarios en eventos de movilidad. Se debe recordar que la UTRAN no posee una interfaz que interconecta los NodosB.



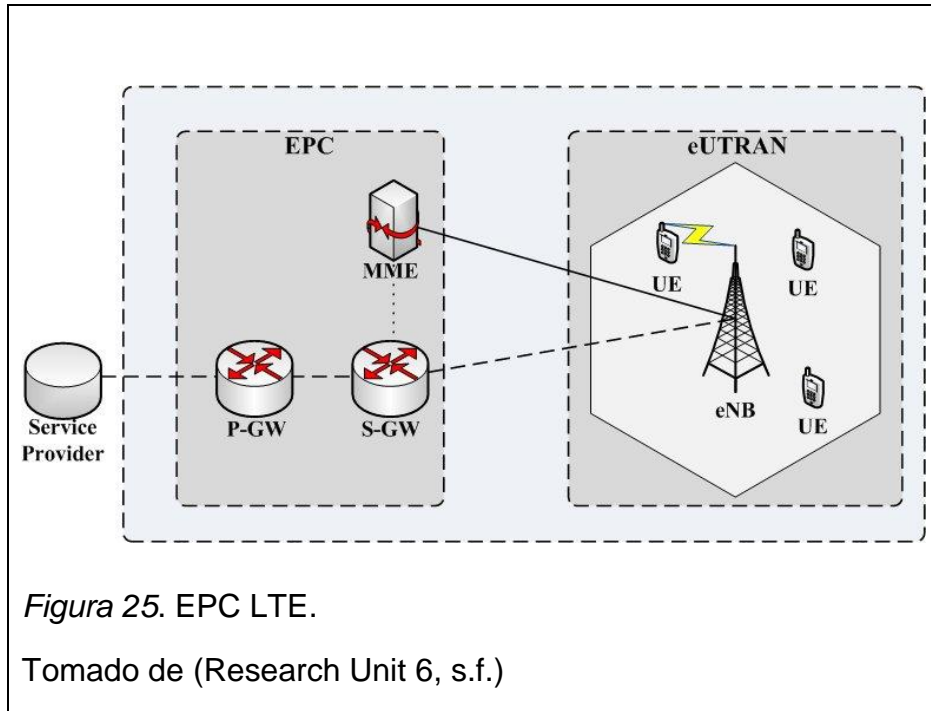
Entre las funcionalidades de la EUTRAN que son manejadas por los eNodos B son las siguientes:

- Funciones RRM (*Radio Resource Management*), manejo de los recursos de radio, conectividad, admisión y control de usuarios.
- Comprensión y encriptación de los datos de los abonados.
- Enrutamiento de los paquetes hacia la red de core.
- Control de la movilidad (*Handovers* y re-selección).

- Estimación del canal de radio frecuencia.

Rummey (2013 p.205)

1.5.5 Red de Core EPC (*Enhanced Packet Core*)



Para una mejor comprensión de los elementos de Core de la EPC es necesario subdividir de acuerdo al tipo de tráfico que maneja cada elemento: tráfico de usuarios y tráfico de control y señalización.

Para la parte de carga de tráfico se tiene el elemento S-GW que se conecta a los eNodosB a través de la interfaz S1-U (User Plane).

El manejo de control en la EPC se encarga el elemento MME (*Mobility Management Entity*) que se conecta a los eNodos a través de la interfaz S1-C o S1-MME (*Control Plane*).

El elemento de salida e ingreso a la EPC se denomina P-GW (*Packet data Network Gateway*) y se interconecta al elemento S-GW a través de la interfaz SGi. Este nodo provee de salida hacia una red de un proveedor de servicio.

Rummey (2013 p.205)

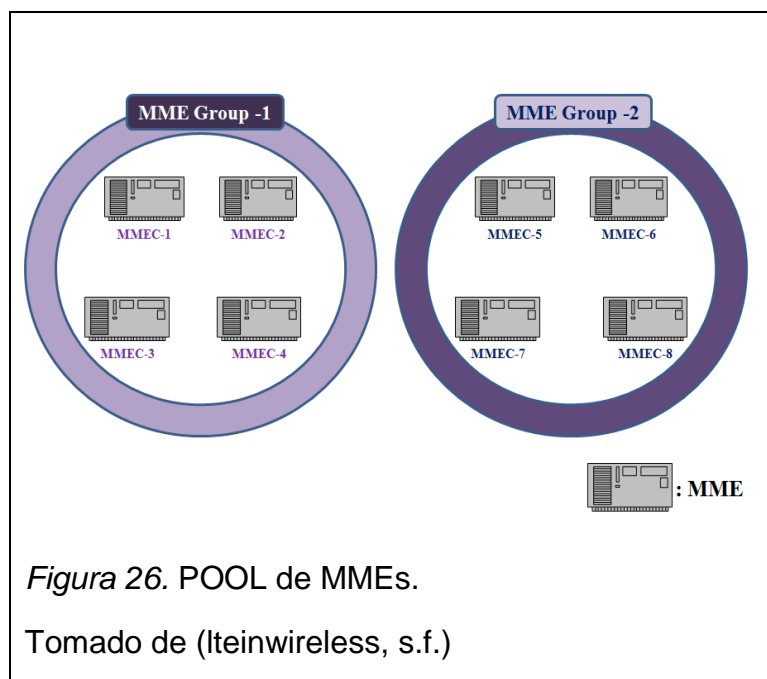
1.5.5.1 *Mobility Management Entity (MME)*

El MME es un elemento de control de la red LTE el cual tiene las siguientes funciones:

- Manejo de la señalización NAS y seguridad de la información
- Manejo de la compatibilidad entre sistemas 3GPP
- Localización de los terminales a través del paging
- Control de localización a través de los TAL (*Tracking Area List*)
- Selección del PDN-GW y S-GW
- Control del roaming
- Selección de S-GW en eventos de handover
- Autenticación y autorización
- Establecimiento del *default bearer*
- Captura de mensajes de señalización

En una red LTE es posible manejar un pool de MMEs para el balanceo de tráfico, redundancia en el plano de control y selección del MME más apropiado de acuerdo la topología de red. Un pool de MMEs es identificado por el identificador de MME-GROUP.

Rummey (2013 p.207)



1.5.5.2 **Serving Gateway S-GW**

S-GW es el elemento que encamina la información de plano de usuario. Se conecta a los eNodosB a través de la interfaz S1-U. Las funciones básicas de este elemento son las siguientes:

- Punto de anclaje de movilidad para un handover inter eNodeB.
- Canalización del tráfico de usuario en un evento de handover INTERRAT hacia los elementos del core de la tecnología de destino.
- Enrutamiento y envío de paquetes.
- Marcado de calidad de servicio de los paquetes de la EPC.

De igual forma este elemento es capaz de trabajar en un pool, lo que posibilita el balanceo de carga y un enlace redundante en caso de falla.

Rummey (2013 p.208)

1.5.5.3 **Packet Data Network Gateway P-GW**

Este elemento es el enlace de salida de la red EPC hacia redes externas como el internet. Se interconecta al S-GW a través de la interfaz SGi. Las funcionalidades básicas de este elemento son las siguientes:

- Filtrado e inspección de paquetes por usuario
- Intercepción legal de tráfico
- Alojamiento de las direcciones IP a los terminales a través de un servidor DHCP
- Marcado de calidad de servicio en el *downlink* y *uplink*
- Negociación de las políticas de *roaming*
- Manejo de las tasas máxima de descarga y carga llamada APN-AMBR (*Access Point Name Aggregate Maximum Bit Rate*)

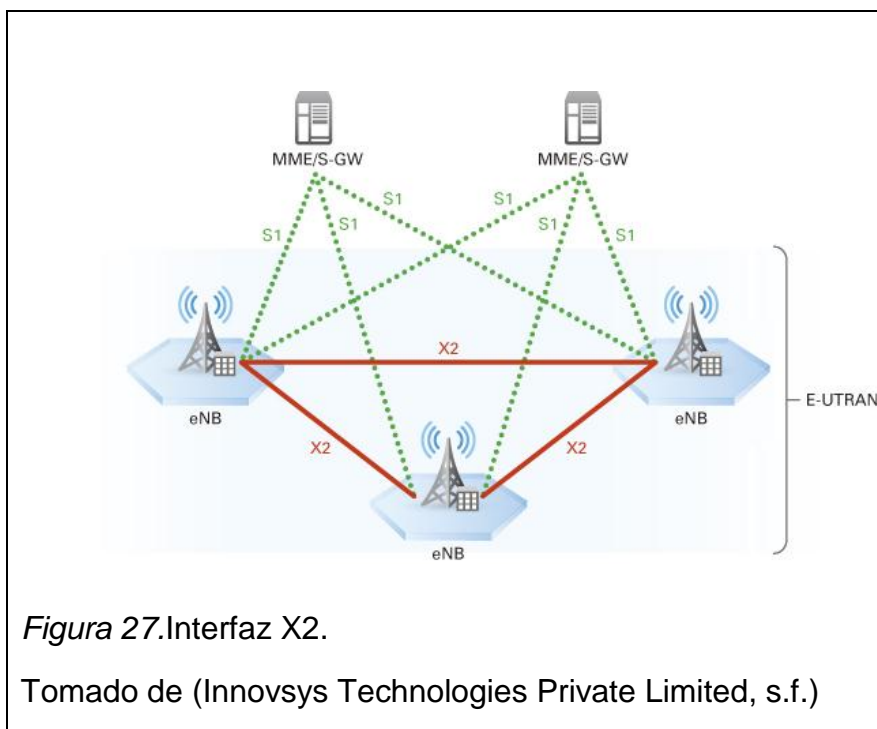
Rummey (2013 p.208)

1.5.6 Handover en la E-UTRAN.

En la tecnología predecesora UMTS gracias al manejo de los códigos, los dispositivos terminales tenían la capacidad de recibir la misma señal de diferentes celdas al mismo tiempo. Debido a esto el proceso de handover se la realizaba de una forma más imperceptible para el usuario. A esto se lo denominaba soft Handover.

En los sistemas de cuarta generación no existe el soft Handover, por lo contrario todos los handovers son hard handovers. Esto quiere decir que los terminales deben desconectarse por completo el radio enlace de una celda para poder establecerlo con otra.

Aunque la ausencia de soft handovers en la red LTE no significa que este proceso no haya sido optimizado, de lo contrario este proceso se lo realiza de forma más rápida y óptima debido a la interfaz X2 que conecta los eNodos entre sí.



La evolución de los eNodos en la E-UTRAN permitió que estos puedan manejar el proceso de *handover* sin la necesidad que un elemento concentrador como

la RNC en el sistema de tercera generación se encargue de controlar los handovers de todos los nodos. De esta manera la interfaz X2 mejoró de forma significativa los tiempos de *handovers*. Pero la función principal de esta interfaz es el reenvío del buffer de paquetes del eNodoB origen al destino sin que los elementos de core se vean involucrados.

En caso de que los eNodos B no presenten la interfaz X2 el handover se lo realizará a través de la interfaz S1-C por el MME y el reenvío del buffer lo tendrá que realizar el elemento S-GW.

Rummey (2013 p.175)

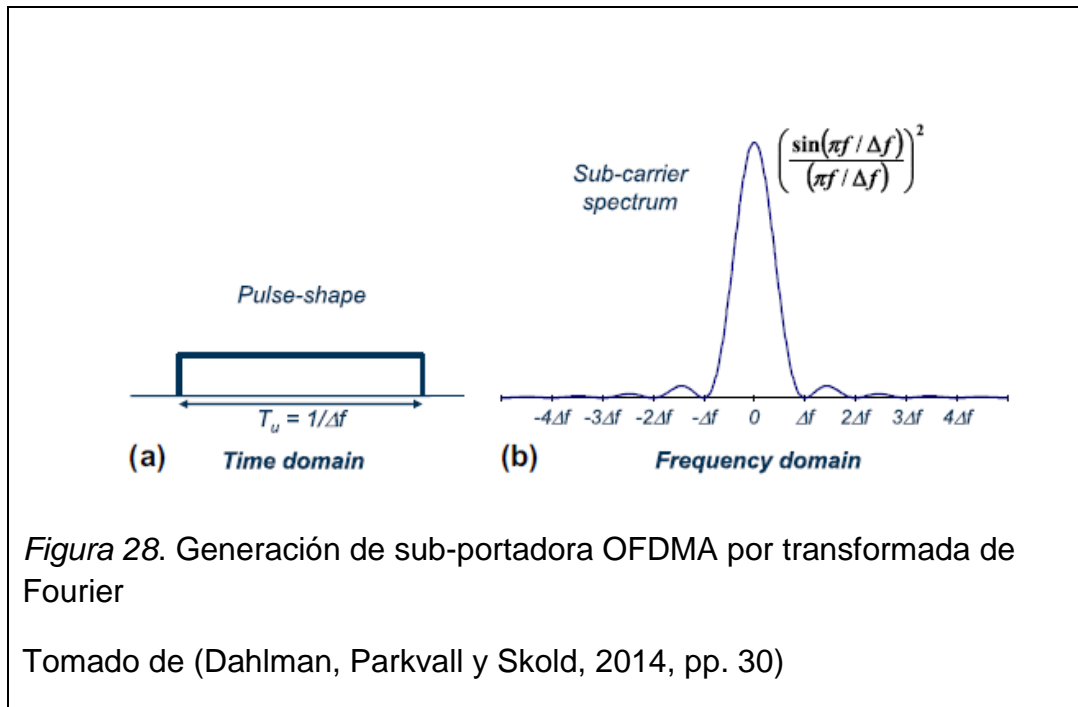
1.5.7 La interfaz de aire LTE

El estándar LTE tiene como principal característica una interfaz de radio o aire más óptima que la tecnología predecesora UMTS. Velocidades superiores a los 100 [Mbps] en *downlink* y 50 [Mbps] en *uplink* son una de las promesas de la tecnología de cuarta generación.

El ancho de banda flexible que maneja LTE de 1.5 [MHz] hasta 20 [MHz] permite el uso de las bandas de esta tecnologías para diferentes escenarios. Todos estos beneficios explicados anteriormente se dan gracias a una técnica avanzada de multiplexación: OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Una señal OFDMA se compone de un número de sub-portadoras contiguas en el dominio de la frecuencia. Cada sub portadora es generada por la operación de la transformada de Fourier de un pulso cuadrado. La multiplexación OFDMA es usada en el *downlink* para eficiencia de la misma mientras que en el lado del terminal se usa la modulación SC-FDMA (variación de OFDMA) por motivos de disminución de energía por tener un bajo PAPR (*Peak to Average Power Ratio*).

Rummey (2013 p.91)



De tal forma que un transmisor OFDMA es capaz de combinar múltiples portadoras con un espacio de separación sumamente corto, gracias a las propiedades de ortogonalidad de señal sinc.

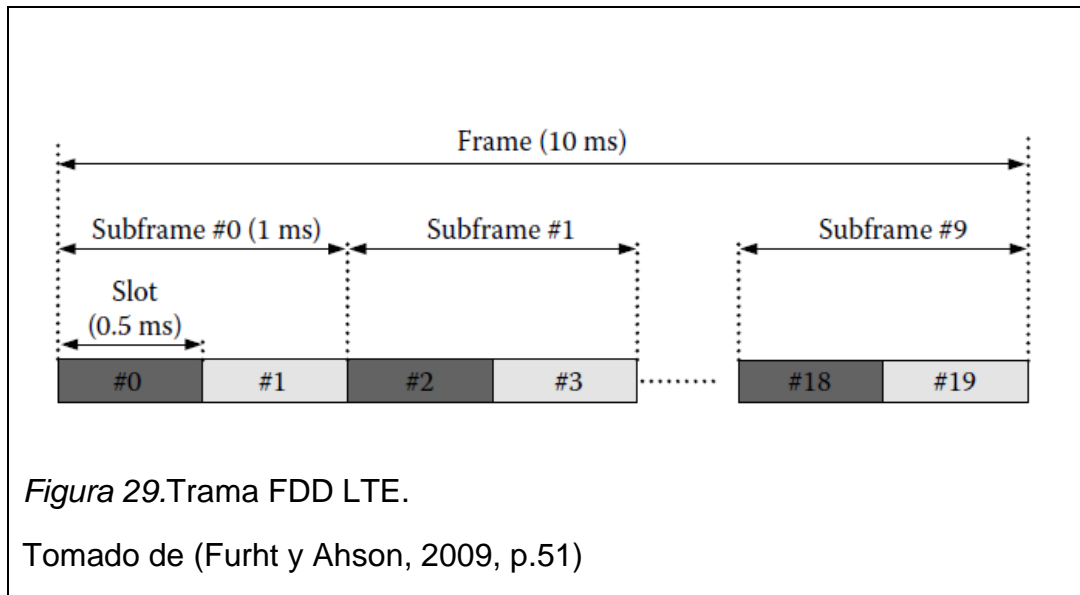
En LTE se dispone de portadoras de un ancho de banda de 12 [KHz] con una separación de 15 [KHz] desde el pico de potencia de una sub-portadora a los picos de las sub-portadoras contiguas. Cada sub-portadora recibe el nombre de *Resource Element* en LTE.

Rummey (2013 p.97)

1.5.8 Estructura de la capa física en LTE

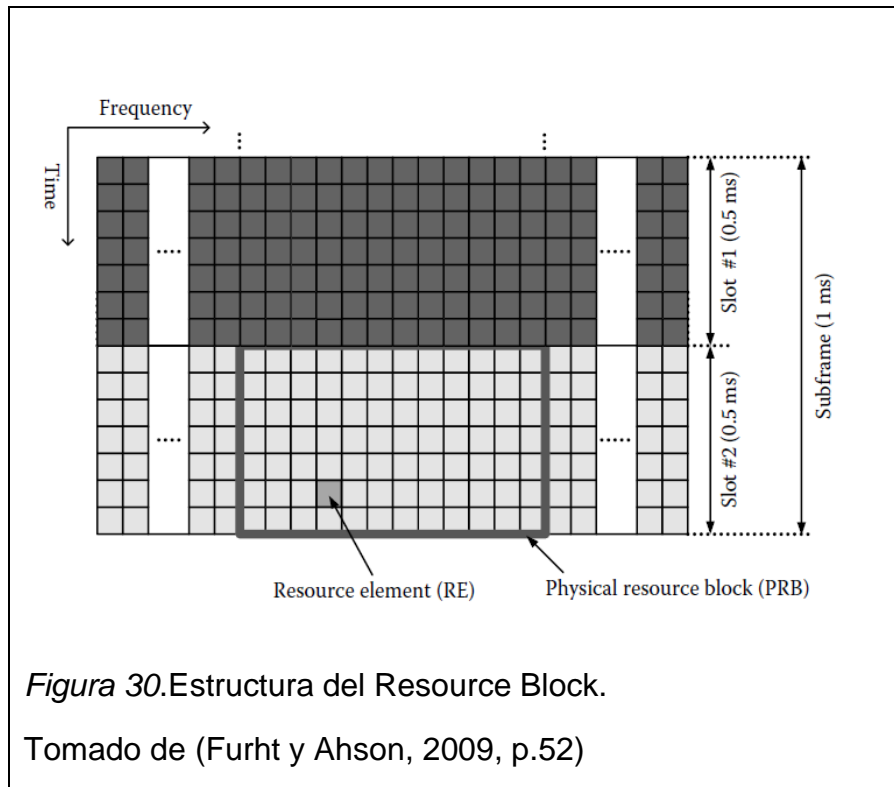
Los recursos de radio en la interfaz de aire son organizados por tramas. Existen dos tipos de tramas: para el modo dúplex TDD y FDD. El tipo de dúplex más usado es el FDD por lo que se describirá de forma detallada.

Una trama en LTE FDD tiene una duración de 10 [ms] y consta 10 sub-frames cada una con una duración de un 1 [ms]. Una sub-trama se compone de dos time-slots cada uno con una duración de 0.5 [ms]



Un slot puede ser representado en el dominio de la frecuencia y tiempo de la siguiente forma: en el dominio del tiempo se compone de hasta 7 símbolos y un ancho de banda de 12 sub-portadoras ortogonales contiguas. Esta representación se la denomina Resource Blocks y es la unidad mínima de asignación de recurso en LTE.

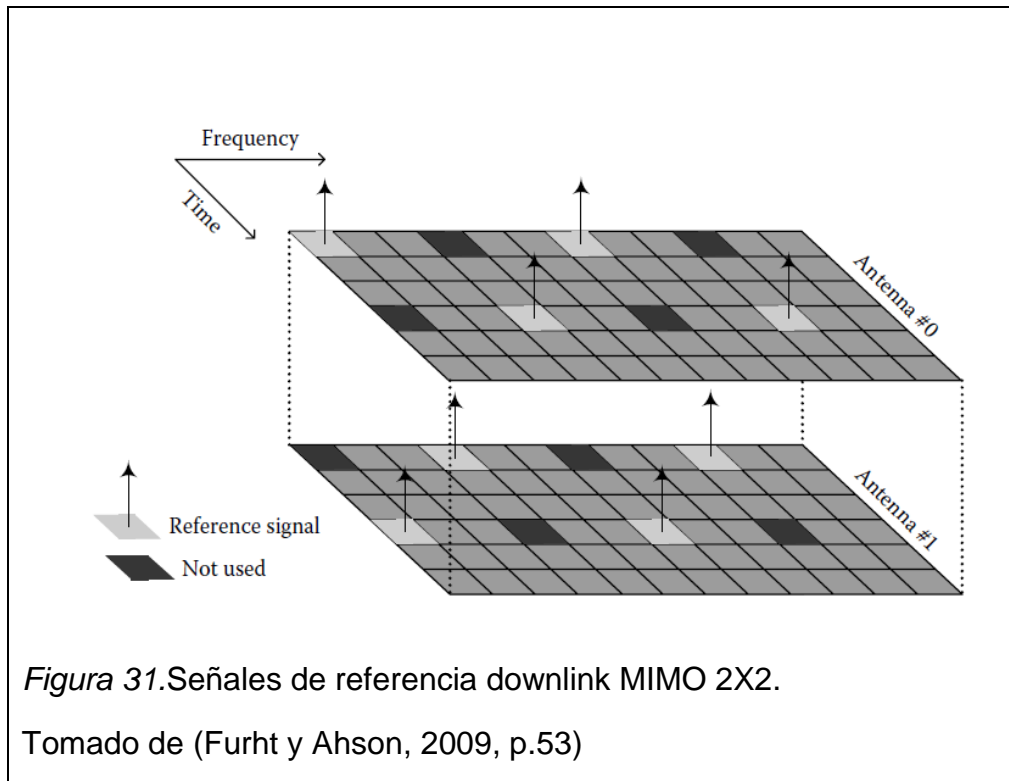
Furht y Ahson (2009, p.51)



1.5.9 Señales de referencia

En el canal de *downlink* de LTE, señales de referencia son usadas para estimar condiciones del canal. En el dominio del tiempo, estas señales son transmitidas en el primero y tercer símbolo OFDMA de cada slot. En el dominio de la frecuencia esta señal usa seis sub-portadoras.

Cuando se usa un esquema de MIMO esta señal es enviada por cada antena, de esta forma el UE tiene la capacidad de medir la calidad por cada arreglo de antena. Para evitar interferencia esta señal tiene que usar diferentes sub-portadoras en el esquema MIMO.



Esta señal de referencia determina la identidad de celda PCI (*Physical Cell Id*). Existen 504 secuencia posibles para la señal de referencia.

En el canal de *uplink* también se usan señales de referencia para proveer información de calidad del canal. Estas señales son: *demodulation signals* y *sounding reference signals*.

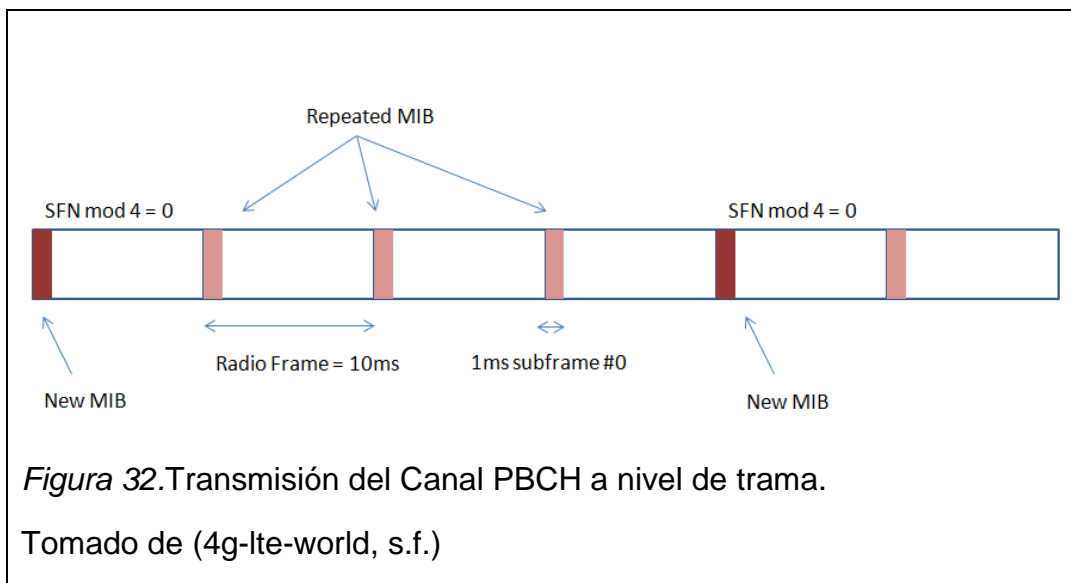
Furht y Ahson (2009.p.52)

1.5.10 Canales físicos de la E-UTRAN

Los canales físicos de una tecnología de radio nos indican el tipo de información que se envía en las tramas, símbolos. En LTE estos canales se distribuyen a lo largo de todas las sub-portadoras que componen un canal LTE y se clasifican en canales de tipo *uplink* y *downlink*. A continuación se detallan todos los canales físicos de la tecnología de cuarta generación.

Canales de *downlink*:

- *Physical Broadcast Channel (PBCH)*: Este canal contiene información del sistema como ancho de banda del operador, configuración del canal PHICH y contiene el número de trama para la sincronización de acceso. Es requerido por los terminales para el acceso inicial a la red. La modulación de este canal siempre es QPSK. Se transmite cada 40 [ms] al inicio con repeticiones de 10 [ms] para asegurar la correcta decodificación del canal. En el dominio de la frecuencia este canal se ubica en las 72 sub-portadoras centrales del canal.

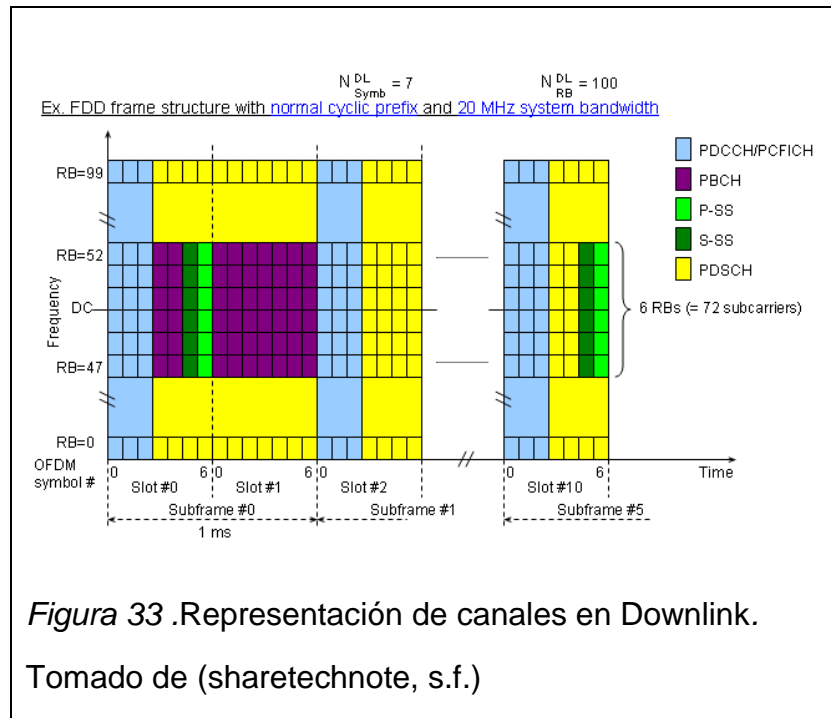


- *Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH)*: Como el nombre lo indica informa al terminal sobre el número de símbolos OFDM usados para el canal de PDCCH. El número de símbolos pueden ser 1, 2 o 3. Este canal se transmite en el primer símbolo de cada sub-trama y contiene el indicador CFI (Control Format Indicator) el cual se encuentra codificado en una palabra de 32 bits con una codificación de código de 1/16 y tipo de modulado QPSK.
- *Physical Downlink Control Channel (PDCCH)*: Este canal tiene cuatro funciones fundamentales: asignación de *scheduling* en el *downlink*, instrucciones de control de potencia para el *uplink*, asignación de recursos en *uplink* y finalmente el indicador de paging para el terminal.

Los mensajes de control contenidos en el canal se denominan DCI (*Downlink Control Information*).

- *Physical Hybrid ARQ Indicator Channel* (PHICH): La función principal de este canal es la transmisión de los reportes de HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*) que contiene los acuses de recibo en los mensajes de ACK (*Acknowledge*) y NACK (*Not Acknowledge*) para la información de errores en la transmisión de los bloques de transportes para que el eNodeB solicite al terminal la retransmisión del bloque errado que no pasó la prueba de CRC (*Cyclic Redundancy Check*).
- *Physical Downlink Shared Channel* (PDSCH): Este canal contiene la información del usuario y mensajes de información de sistema (SIBS). Es alojado de forma dinámica por el eNodeB de acuerdo a las políticas de asignación como FIFO, Round Robin, etc. La unidad de transmisión de este canal se denomina *transport blocks* que son transportados por la capa MAC a la capa física con una frecuencia de 1 [ms] lo que demuestra que la unidad mínima de asignación en LTE son dos resource blocks.

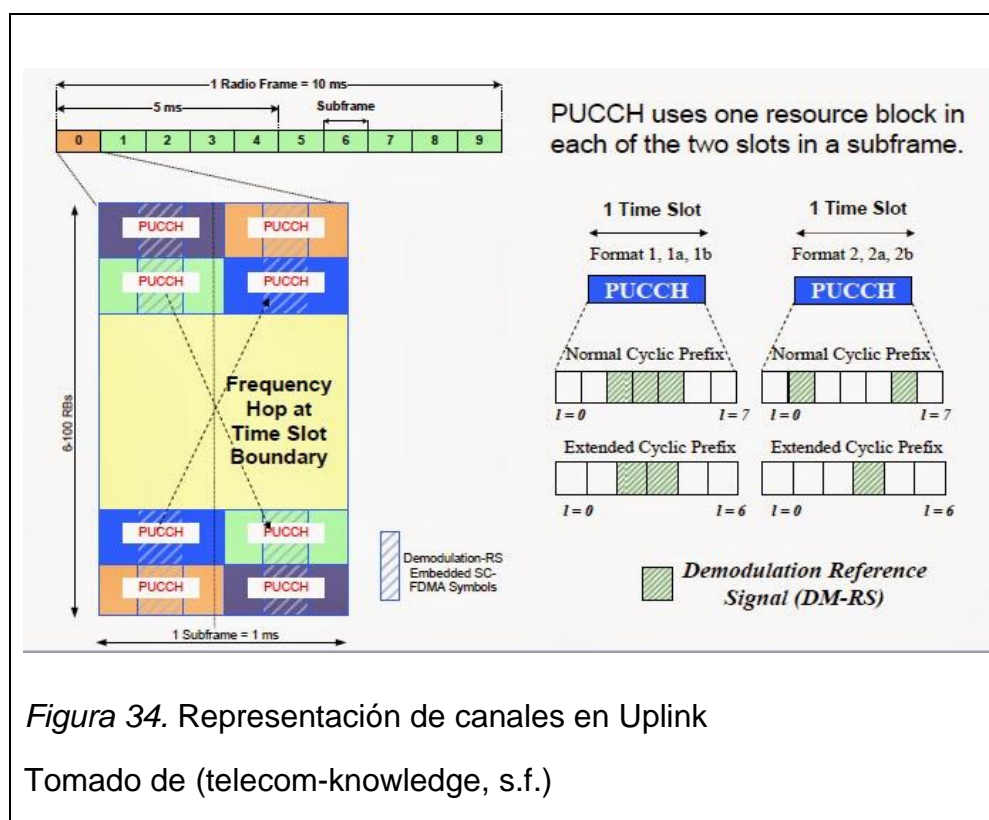
La modulación y codificación de esta canal se la ajusta dependiendo los reportes de CQI (*Channel Quality Indicator*) del terminal para asegura la correcta decodificación del mismo con el menor número de errores posibles.



Canales de *uplink*:

- **Physical Uplink Shared Channel (PUSCH):** Este canal contiene la información del usuario como principal función. Soporta modulaciones de QPSK, 16QAM y 64QAM (opcional). Los bits de información son codificados con un codificador de turbo coding. El *scheduling* de *uplink* es de 1 [ms] similar al *downlink*. Adicionalmente a la información de *payload* del usuario este canal provee información de control para la selección de los parámetros de MIMO por medio de los mensajes de UCI (*Uplink Control Information*).
- **Physical Uplink Control Channel (PUCCH):** Contiene información de control en el *uplink* a través de los formatos del canal. Permite al terminal acceder a recursos a través del SRI (*Scheduling request indicator*). Adicionalmente contiene parámetros de configuración del MIMO y reportes de HARQ en el *uplink*.
- **Physical Random Access Channel (PRACH):** El canal de acceso inicial es usado cuando el terminal requiere entrar en modo de servicio. Se envía un

preámbulo de bits donde el eNodeB estima la potencia inicial del UE y distancia del terminal.



Furht y Ahson (2009, p.54)

1.5.11 Evolución futura del estándar LTE

Aunque el estándar LTE REL 8 sea considerado un sistema de cuarta generación, de acuerdo a los requerimientos de la IMT este no cumple las características necesarias de una tecnología de cuarta generación. Por lo que el release inicial de LTE se puede denominar un sistema 3.9G.

La estandarización de tecnologías móviles considera los siguientes puntos para tecnologías de cuarta generación:

- Tasas de descarga de hasta 1 [Gbps] para usuarios con movilidad baja y 100 [Mbps] para usuarios con velocidades altas
- Mejora del desempeño en los bordes de celda
- Rápida transición de estados de potencia en *uplink*

El release de LTE que cumple con los requerimientos mencionados anteriormente, es el release 10 denominado LTE Advanced.

LTE Advanced hace uso de las siguientes características para el logro de una tasa de transmisión de 1 [Gbps] en *downlink* y 500 [Mbps] en *uplink*:

- Compatibilidad con sistemas LTE y 3GPP predecesores
- Anchos de banda de hasta 100 [MHz] en *downlink* y 40 [MHz] en *uplink*
- Agregación de portadoras contiguas y no contiguas.
- Sistemas avanzados de MIMO de hasta 8T8R.
- Mejora en la tecnología SC-FDMA para el *uplink*
- Latencia en el plano de control inferior a los 50 [ms] y para el plano de usuario inferior a los 5 [ms]
- Duplicar velocidades de transmisión en bordes de celda
- Tres veces más eficiente espectralmente que los sistemas LTE actuales.

Hontzas (2009 p.38).

2. INDICADORES DE REFERENCIA PARA REDES DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO.

Cada generación de tecnología del servicio móvil avanzado posee una red de acceso la cual determina sus indicadores de calidad y cobertura. De ahí la importancia de conocer la red de acceso de cada generación de tecnología del servicio móvil.

Dentro del marco regulatorio del Ecuador se encuentra la entidad ARCOTEL encargada de supervisar y ejercer las leyes del campo regulatorio de las telecomunicaciones para un uso eficiente y equitativo del espectro radio eléctrico. Dicha entidad determina los parámetros de calidad que tiene que cumplir la red móvil mediante el cumplimiento del Anexo D, el cual es un conjunto de regulaciones de cobertura, calidad y experiencia de usuario cuyo cumplimiento es necesario para la comercialización del servicio móvil avanzado. A continuación se detalla los parámetros de las redes GSM evaluados por el Anexo D.

2.1 Indicadores de cobertura y calidad de señal.

La cobertura dentro de cualquier servicio de telecomunicaciones se define como la extensión geográfica donde el servicio es garantizado al abonado. Los indicadores de cobertura se miden en unidades de potencia los cuales dependerán en su mayor parte al tipo de servicio requerido, ya sea voz, datos o video. Los servicios definen los requerimientos mínimos de la señal para que esta sea transmitida y procesada sin retrasos o distorsiones de la información.

Según el Anexo de Título Habilitante para las operadoras móviles la cobertura se define como: Es el nivel mínimo de señal que permite la prestación del servicio en la zona de medición y/o carretera, establecida por la ARCOTEL, dentro de la cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario sobre la disponibilidad del mismo, de conformidad con los valores objetivos establecidos.

El valor objetivo de medición de la Arcotel se basa en 95% de cobertura garantizada para una zona, tecnología, servicios y/o carretera.

(Arcotel, 2014, p. 5)

Si bien el “Anexo D” para obtener el título habilitante en la sección de cobertura se incluye la calidad. Estos conceptos son totalmente diferentes e independientes. Por lo tanto debe considerarse de forma separada en las mediciones.

La calidad de señal se define como la relación entre los niveles de potencia de señal del operador con respecto a la interferencia generada por el mismo sistema adicionando factores como interferencia externa y ruido. Estos indicadores se los mide en decibelios.

Todos estos parámetros fueron definidos en cada protocolo GSM, UMTS y LTE por el grupo de la 3GPP (*The 3rd Generation Partnership Project*) el cual es un grupo de organizaciones que se rige en las normas de la ITU para definir los estándares de los protocolos y procesos de la tecnología móvil GSM.

2.1.1 Indicadores del servicio móvil GSM (2G)

2.1.1.1 GSM RSSI (Received Signal Strength Indicator)

RSSI es un indicador de radio frecuencia que mide la fuerza de la señal recibida sobre todo el ancho de banda de una portadora GSM (200 [KHz]). Este indicador solamente debe ser usado como una percepción de potencia sobre el ancho de banda de la portadora ya que este contiene componentes de frecuencia de celdas adyacentes que utilizan el mismo canal. (3GPP, 1999)

Idealmente este indicador se lo obtiene de la siguiente ecuación:

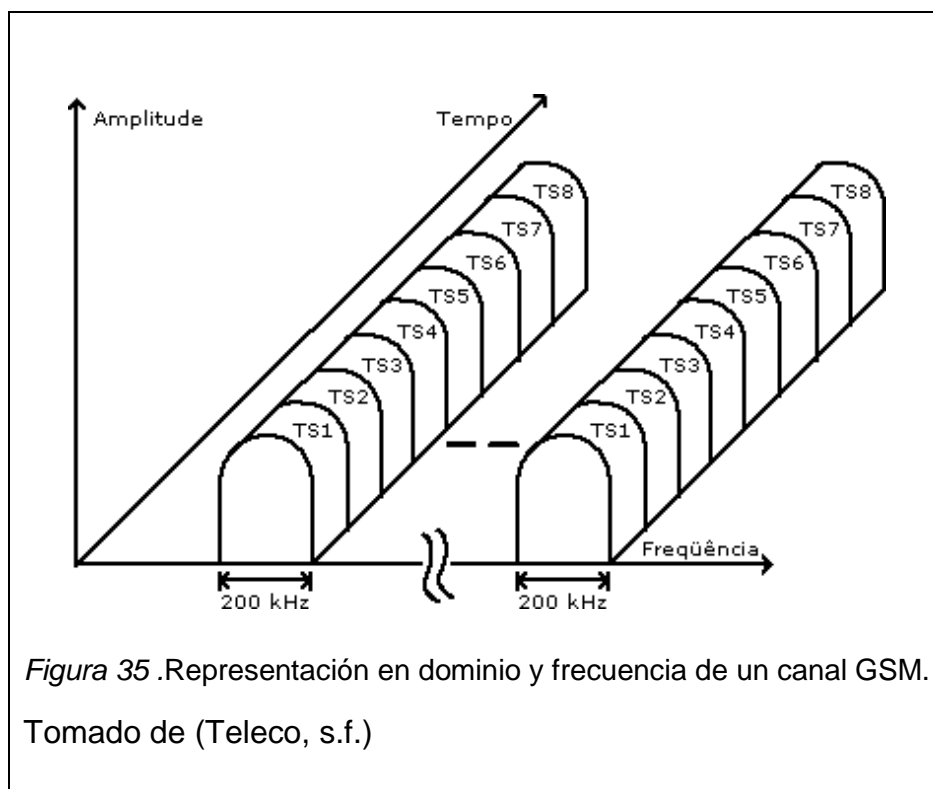
$$RSSI = TxPower([dBm]) + Go([dBi]) - PathLoss([dB]) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

TxPower: potencia en dBm de salida del puerto de transmisión de la antena.

Go: ganancia en decibelios isotrópicos de la antena transmisora.

Pathloss: pérdidas de propagación de la onda en el medio hasta la localización del terminal móvil UE.

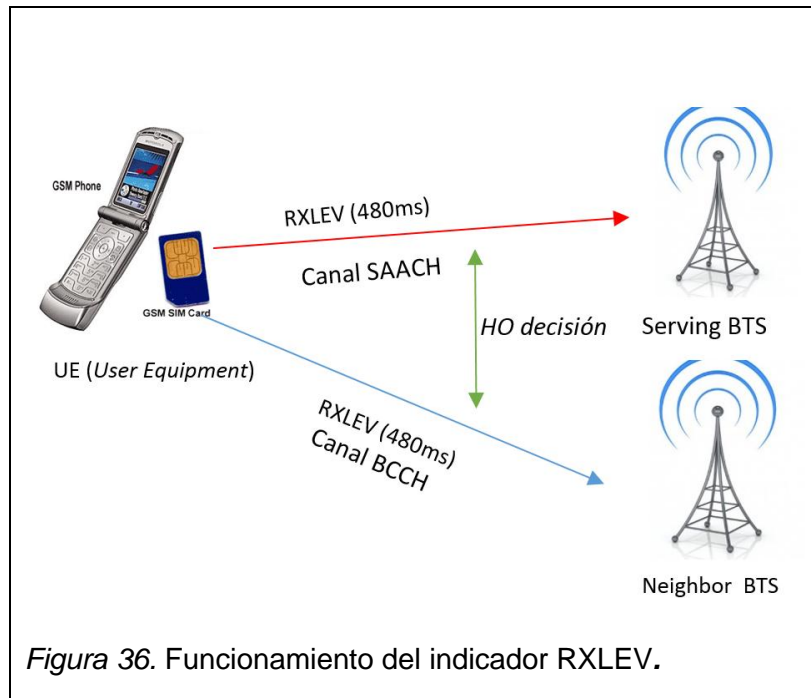


2.1.1.2 GSM RXLEV (*Received Downlink Signal Level*)

El parámetro RXLEV mide la potencia promedio en [dBm] del canal de tráfico TCH (*Traffic Channel*) de la celda servidora o la potencia promedio sobre el canal BCCH (*Broadcast Control Channel*) en caso de que el dispositivo realice mediciones sobre celdas vecinas. Para estimar la potencia de la señal del medio de radio frecuencia el terminal reporta este valor a la estación base (BSS) cada 480 ms sobre el canal de subida SACCH (*Slow Associated Control Channel*).

Este parámetro es un indicador clave de cobertura GSM con el cual el UE estima la potencia de la señal que recibe de la BTS (*Base Station System*). Este parámetro es determinante en decisiones de handover, selección y re-selección en un conjunto de celdas que conforman parte un sistema GSM.

(Agilent Technologies, 2000)



El rango de este indicador varía de 0 a 63 [dB] o de -110 a -48 [dBm] como se muestra en la tabla a continuación. (ETSI 1996).

Tabla 8. Rango de Valores de RXLEV.

Valor reportado	Valor en potencia	Unidad
RXLEV_0	$RXLEV < -110$	[dBm]
RXLEV_1	$-110 \leq RXLEV < -109$	[dBm]
RXLEV_2	$-109 \leq RXLEV < -108$	[dBm]
.....
RXLEV_62	$-49 \leq RXLEV < -48$	[dBm]
RXLEV_63	$-25 \leq RXLEV$	[dBm]

Tomado de (ETSI, 1996, p. 21)

Según el Anexo D de la ARCOTEL se recomienda los siguientes niveles de RXLEV para el 95% de muestras obtenidas con una herramienta de medición:

A continuación el valor objetivo de cobertura GSM dependiendo el tipo de servicio.

Tabla 9. Valores RXLEV sugeridos por el Anexo D por tipo de zona.

Servicio	2G
RXLEV	
Datos	≥ -80 [dBm]
Voz	≥ -85 [dBm]

Tomado de (ARCOTEL, 2014, p. 4)

2.1.1.3 GSM RXQUAL (*Received Downlink Quality Level*)

RXQUAL es un parámetro de estimación de calidad del medio de radio frecuencia. Esta estimación se la realiza a través de la tasa de BER (*Bit Error Rate*) del canal antes de la codificación. Existen ocho valores de RXQUAL (0 a 7 dB) los cuales corresponden a una tasa de BER medido sobre en el canal de BCCH durante un *burst de bits* los cuales determinan el porcentaje de BER el cual es crucial mantener en valores mínimos en los sistemas digitales.

(ETSI, 1996, p. 22).

Tabla 10. Rango de Valores RXQUAL.

Rangos RXQUAL	Channel BER %
RXQUAL_0	BER < 0.2
RXQUAL_1	0.2% < BER < 0.4%
RXQUAL_2	0.4% < BER < 0.8%
RXQUAL_3	0.8% < BER < 1.6%

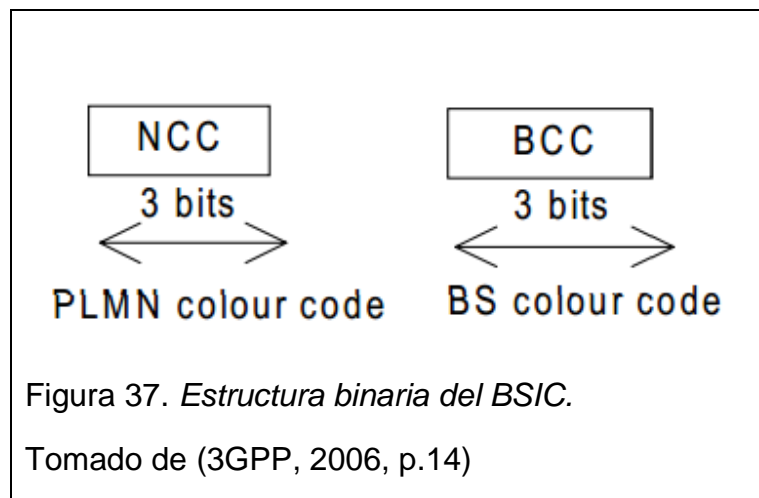
RXQUAL_4	1.6% < BER < 3.2%
RXQUAL_5	3.2% < BER < 6.4%
RXQUAL_6	6.4% < BER < 12.8%
RXQUAL_7	12.8% < BER

Tomado de (ETSI, 1996, p. 22)

El Anexo D no especifica requerimientos técnicos para este parámetro.

2.1.1.4 GSM BSIC (*Base Station Identity Code*)

El código que permite a un dispositivo móvil distinguir entre diferentes celdas en una red GSM es el BSIC. Se transmite en el canal SCH (*Synchronous Channel*). Este código tiene una longitud de seis bits el cual se compone de la siguiente forma:



- NCC corresponde al PLMN que sirve para identificar a un operador en el mundo.

- BCC (*Base Station Color Code*) es el código que permite identificar a una celda con el mismo BCCH (*Broadcast Control Channel*) dentro de un dominio GSM.

(3GPP, 2006).

2.1.2 Indicadores del servicio móvil UMTS/WCDMA (3G).

2.1.2.1 UMTS RSCP (*Received Signal Code Power*)

Tomando en cuenta el método de acceso de la red WCDMA (*Wide Spread Code Division Multiple Access*) se tiene como principal procedimiento a nivel de banda base el proceso llamado *chipping*, el cual consiste en multiplicar una señal con determinado bit rate por un pseudo-código (*chip*) cuyo bit rate es mucho mayor a la señal original. De este proceso surge el *spreading factor* el cual relaciona la tasa del chip con el bit rate de la señal que puede ser voz o datos cuyo objetivo principal es incrementar el ancho de banda de la señal.

(3GPP, 2000, p. 8)

El *spreading factor* se define por la siguiente relación matemática:

$$\text{Spreading Factor} = \frac{\text{Chip Rate}}{\text{Bit Rate}} = \frac{3.84\text{Mbps}}{\text{Bit Rate}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

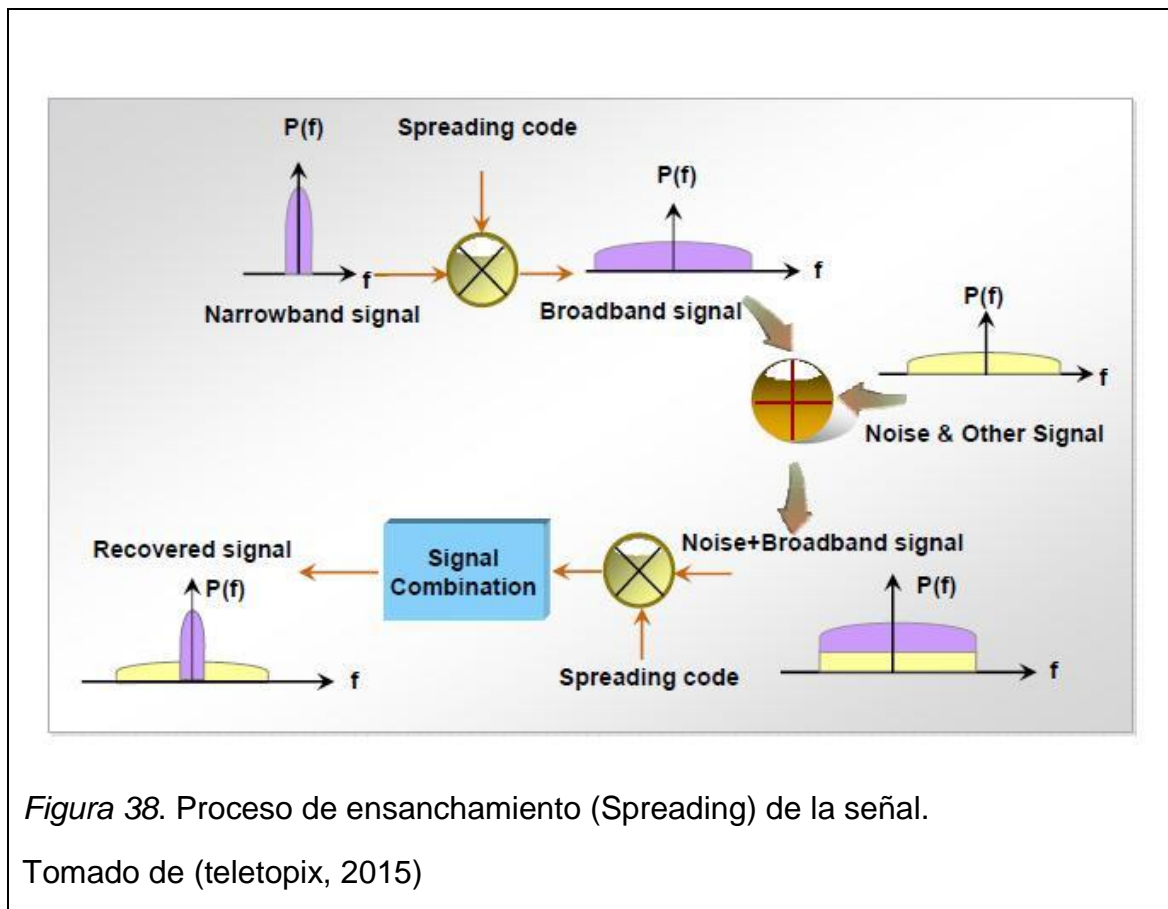


Figura 38. Proceso de ensanchamiento (Spreading) de la señal.

Tomado de (teletopix, 2015)

En la red WCDMA se mide la potencia del chip o código obtenido en el canal físico CPICH una vez realizado el proceso inverso al ensanchamiento de la señal. Este canal es transmitido con potencia constante por la estación (BTS o NodoB). Este canal es usado por los terminales (UE) para estimar la potencia del enlace de radio y realizar una estimación el path loss.

(SIEMENS, 1996)

Tabla 11. Rango de Valores RSCP.

Valor reportado	Valor en potencia	Unidad
CPICH_RSCP_5	CPICH RSCP < -120	[dBm]
CPICH_RSCP_4	-120 <= CPICH RSCP <-119	[dBm]
CPICH_RSCP_3	-119 <= CPICH RSCP <-118	[dBm]

CPICH_RSCP_2	$-22.5 \leq \text{CPICH RSCP} < -22$	[dBm]
.....
CPICH_RSCP_90	$-26 \leq \text{CPICH RCSP} < -25$	[dBm]
CPICH_RSCP_91	$-25 \leq \text{CPICH RSCP}$	[dBm]

Tomado de (3GPP, 2000, p. 8)

Según el Anexo D de la ARCOTEL se recomienda los siguientes niveles de E_c/I_0 para el 95% de muestras obtenidas con una herramienta de medición:

A continuación el valor objetivo de cobertura 3G dependiendo el tipo de servicio.

Tabla 12. Valores RXLEV sugeridos por el Anexo D por tipo de servicio.

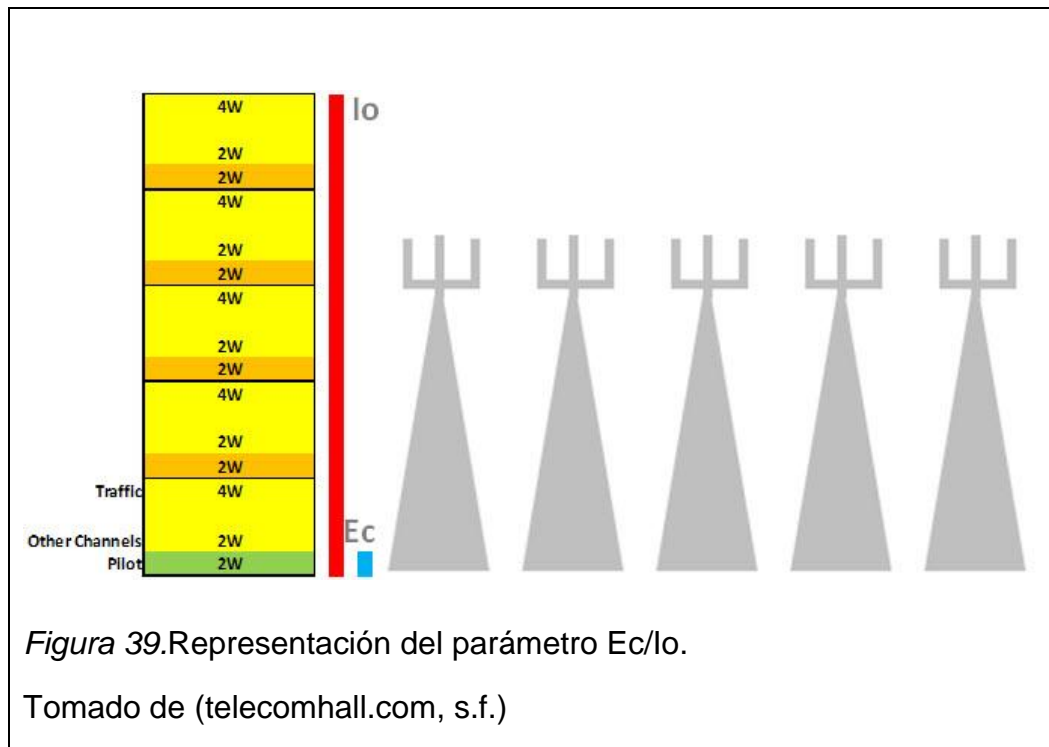
Servicio	3G
RSCP	
Datos	≥ -80 [dBm]
Voz	≥ -85 [dBm]

Tomado de (ARCOTEL, 2014, p. 4)

2.1.2.2 UMTS E_c/I_0 (Energía de Chip sobre Interferencia)

El parámetro de calidad de las redes WCDMA se denomina E_c/I_0 el cual relaciona la energía de chip recibida de la celda servidora y el nivel de interferencia (interna y externa) presente en el sistema. En el método de acceso UMTS el terminal tiene un radio enlace con varias estaciones base simultáneamente las cuales operan a la misma frecuencia (frecuencia de re-
uso $N=1$). Por lo tanto mientras mayor sea la presencia de celdas adyacentes a la servidora, menor será el valor de E_c/I_0 el cual se representa en unidades de [dB].

(SIEMENS, 1996)

Tabla 13. Rango de Valores E_c/I_0 .

Valor reportado	Valor en dB	Unidad
CPICH_Ec/I0_00	CPICH Ec/I0 < -24	[dB]
CPICH_Ec/I0_01	-24 ≤ CPICH Ec/I0 < -23.5	[dB]
CPICH_Ec/I0_02	-23.5 ≤ CPICH Ec/I0 < -22.5	[dB]
CPICH_Ec/I0_03	-22.5 ≤ CPICH Ec/I0 < -22	[dB]
CPICH_Ec/I0_48	-0.5 ≤ CPICH Ec/I0 < 0	[dB]
CPICH_Ec/I0_49	0 ≤ CPICH Ec/I0	[dB]

Tomado de (3GPP, 2000, p. 9)

Tabla 14. Valores E_c/I_0 sugeridos por el Anexo D por tipo de servicio.

Servicio	3G
E_c/I_0	
Datos	≥ -12 [dBm]
Voz	≥ -14 [dBm]

Tomado (ARCOTEL, 2014, p. 4)

2.1.2.3 UMTS PSC (*Primary Scrambling Code*)

En un sistema celular WCDMA el canal CPICH es un canal en *downlink* el cual es transmitido por el NodoB con una potencia constante. Este canal contiene un código el cual es ensanchado con la señal el cual se lo denomina *scrambling code*. Este código permite a los UEs identificar a las celdas dentro de la red 3G en una misma frecuencia o portadora. Existen 512 posibles códigos los cuales deben ser distribuidos por el operador de tal forma que dos celdas de la misma frecuencia geográficamente cercanas no pueden poseer el mismo código ya que esto generaría confusión al acceso y sincronización de los terminales a la red.

(Umtsworld, s.f)

2.1.3 Indicadores del servicio móvil LTE (4G)

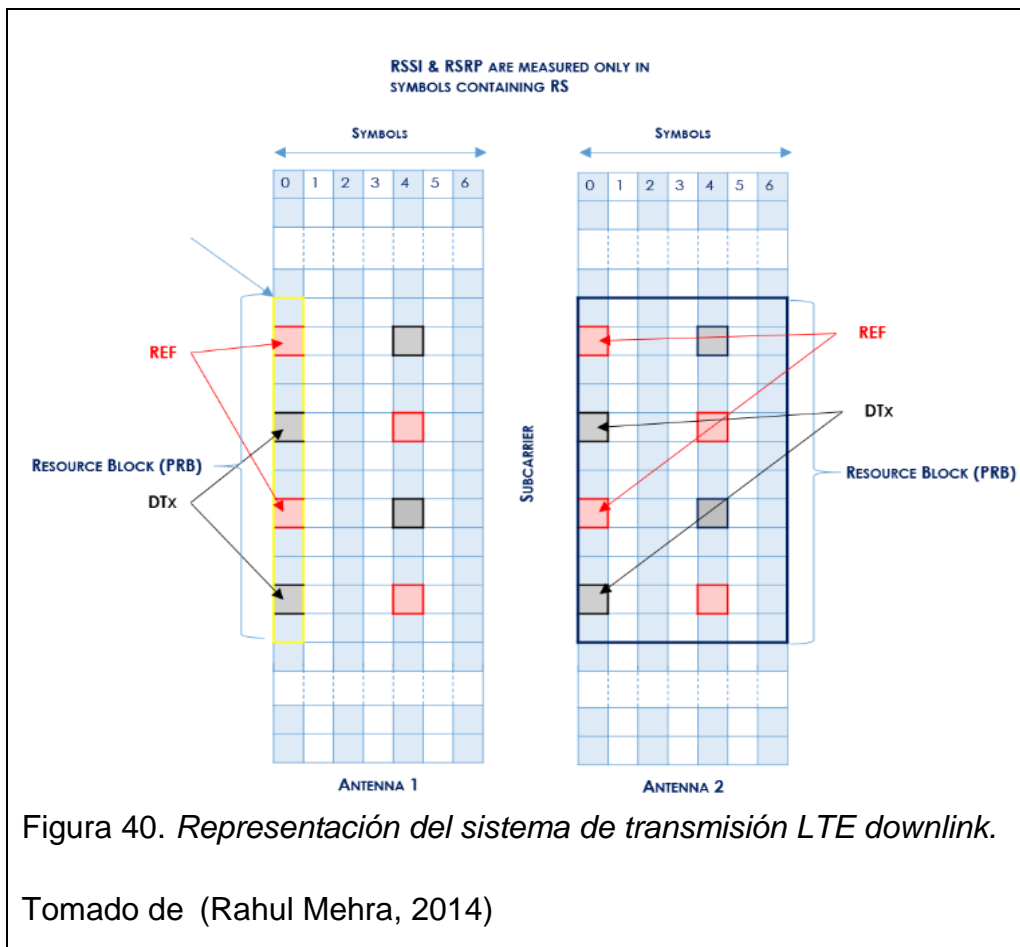
2.1.3.1 LTE RSSI (*Reference Signal Strength Indicator*)

El RSSI es la potencia total recibida del canal o portadora que incluye la interferencia y ruido del sistema. Esta medición se la realiza a través de todo el ancho de banda disponible. Este indicador permite estimar la potencia recibida de la portadora.

(Maurizio La Rocca, 2015)

2.1.3.2 LTE RSRP (*Reference Signal Received Power*)

El estándar *Long Term Evolution* establece un método de acceso OFDMA en el cual el ancho de banda es dividido en un número de sub portadoras ortogonales cuyo número depende del ancho de banda asignado al operador. Estas sub portadoras pueden contener información de *payload* de usuarios o información de control y sincronización.



RSRP se define como el promedio lineal de la potencia de las sub-portadoras (*resource element*) que contienen la señal de referencia la cual es usada para propósitos de selección y sincronización de una celda. Esta señal de referencia es un identificador de capa física en el dominio del tiempo y frecuencia cuya posición depende del identificador físico de cada celda PCI (*Physical Cell Identifier*).

(Maurizio La Rocca, 2015)

El rango de potencia en [dBm] de este indicador de cobertura es de -144[dBm] a 44[dBm]. Por medio de esta indicador el terminal estima la potencia en downlink que recibe de la estación base ya que similar al canal CPICH en UMTS la señal de referencia se transmite con una potencia constante todo el tiempo.

Tabla 15. Rango de valores de RSRP. (Maurizio La Rocca, 2015).

Valor reportado	Valor en potencia	Unidad
RSRP_00	RSRP < -140	[dBm]
RSRP_01	-140 <= RSRP <-139	[dBm]
RSRP_02	-139 <= RSRP <-138	[dBm]
RSRP_03	-138 <= RSRP <-137	[dBm]
.....
RSRP_96	-47 <= RSRP <-46	[dBm]
RSRP_97	-44 <= RSRP	[dBm]

Tomado de (Maurizio La Rocca, 2015).

El Anexo D todavía no especifica requerimientos técnicos para las redes de cuarta generación. Sin embargo en redes 4G desplegadas actualmente en el Ecuador se recomienda un target de cobertura mayor o igual a -110 [dBm] en RSRP para garantizar un servicio de datos continuo.

2.1.3.3 LTE RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ es un indicador que permite estimar las condiciones de calidad de la señal de referencia recibida (RSRP) de una estación o un *eNodeB* como define el estándar de *Long Term Evolution*. El RSRQ se calcula a partir de los niveles

de RSRP, RSSI y N que representa el número de Resource Blocks disponibles en ancho de banda asignado.

(Maurizio La Rocca, 2015).

El RSRQ se calcula a partir de la siguiente relación:

$$\text{RSRQ} = N \times \text{RSRP} / \text{RSSI} \quad (\text{Ecuación 7}).$$

Tabla 16. Rango de valores RSRQ.

Valor reportado	Valor en dB	Unidad
RSRQ_00	RSRQ < -19.5	[dB]
RSRQ_01	-19.5 <= RSRQ < -19	[dB]
RSRQ_02	-19 <= RSRQ < -18.5	[dB]
RSRQ_03	-18.5 <= RSRQ < -18	[dB]
.....
RSRQ_33	-3.5 <= RSRQ < -4	[dB]
RSRQ_34	-3 <= RSRQ	[dB]

Tomado de (Maurizio La Rocca, 2015).

Como se mencionó anteriormente el título habilitante de servicio de la Arcotel todavía no contiene especificaciones de los parámetros de calidad de la red LTE. En redes desplegadas en la actualidad el parámetro RSRQ no es muy usado en las mediciones de calidad de red, ya que ha sido reemplazado por el término SINR que permite una medición más exacta de las condiciones de calidad del canal.

2.1.3.4 LTE SINR (*Signal to Interference Plus Noise Ratio*)

El parámetro SINR no se encuentra especificado en el estándar 3GPP de la red LTE pero es comúnmente el más usado para la estimación de la calidad del canal de radio frecuencia LTE. Este valor no es reportado por el terminal hacia

la red pero es usado para el cálculo del CQI (*Channel Quality Indicator*) el cual determina el tipo de modulación y codificación para la transmisión de datos por la estación. A partir de la siguiente fórmula es factible determinar el SINR. (Maurizio La Rocca, 2015).

S: potencia de la celda servidora.

I: La potencia de celdas aledañas que operan en la misma frecuencias

N: Ruido espectral que se relaciona con el ancho de banda y el coeficiente de ruido de los terminales.

$$\text{SINR} = S / (I+N) \quad (\text{Ecuación 8})$$

El valor de SINR se mide en [dB]. Mientras mayor sea este valor, mejor será la calidad de la señal.

(Maurizio La Rocca, 2015).

Se sugiere valores de SINR superiores a los 10[dB] para poder garantizar buenas tasas de descarga en downlink al abonado.

2.1.3.5 LTE PCI (*Physical Cell Id*)

Este indicador es un identificador de celdas en la red de acceso LTE que se incluye en las señales de sincronización primaria y secundaria. Existen 504 códigos de PCI. Este código determina la secuencia del PSS donde define la posición en el dominio de la frecuencia de la señal de referencia. Es importante que celdas vecinas de una red LTE se configuren con diferentes *PCIs* para evitar problemas de confusión e interferencia.

(Sharetechnote, s.f)

2.2 Identificadores de código de país y red

Los códigos MCC y MNC corresponden a *Mobile Country Code* y *Mobile Network Code*. Estos dos códigos son usados para identificar al país y a una operadora de telefonía móvil. Estos códigos son definidos por la ITU E.212 *Land Mobiling Number*. (3GPP, 2006).

La unión de estos dos códigos forma el PLMN (*Public Land Mobile Network*)

PLMN = MCC+MNC (Ecuación 9)

2.3 Indicadores de localización

El control de la movilidad es el factor más determinante de una red móvil. De tal forma es importante que la red pueda localizar a un abonado en cualquier dominio de su red pública.

Para determinar la localización de un abonado en un PLMN el terminal debe informar a la red su ubicación geográfica de forma constante. Cada celda de una estación pertenece a una ubicación geográfica única en la red de un operador del servicio móvil. Esta ubicación geográfica es determinada por un código el cual es compartido por las mismas celdas dentro un área determinada.

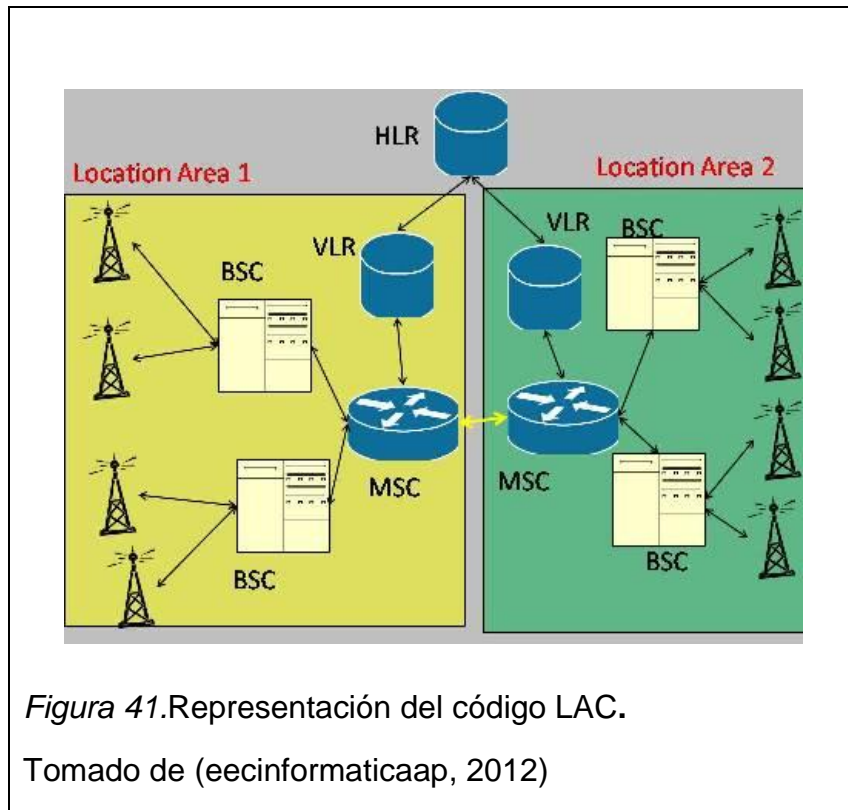
La estación móvil es la responsable de informar a la red de core su localización a través de estos códigos de ubicación geográfica cada vez que esta pase de un dominio de celdas con un código de localización distinto.

Dependiendo la necesidad de la tecnología y el servicio ofrecido. La agrupación lógica de celdas en áreas geográficas es definida por el estándar 3GPP para redes GSM, UMTS y LTE.

2.3.1 LAC (*Location Area Code*)

Un área de localización se define como el conjunto de BTS las cuales son agrupadas con el objetivo de optimizar la localización de un terminal móvil en una red pública. A esta agrupación de *BTSs* se la asigna un código llamado LAC el cual es transmitido por la estación base a todos los terminales. Estos deben informar el cambio o actualización del mismo cada vez que el terminal se conecta a una BTS con diferente LAC. A este proceso se lo denomina *Location Area Update* en el dominio conmutado por circuitos de las redes GSM y UMTS. Este código es usado para el proceso de *paging* en el servicio de voz por CS (*Circuit Switched*).

(3GPP, 2006).

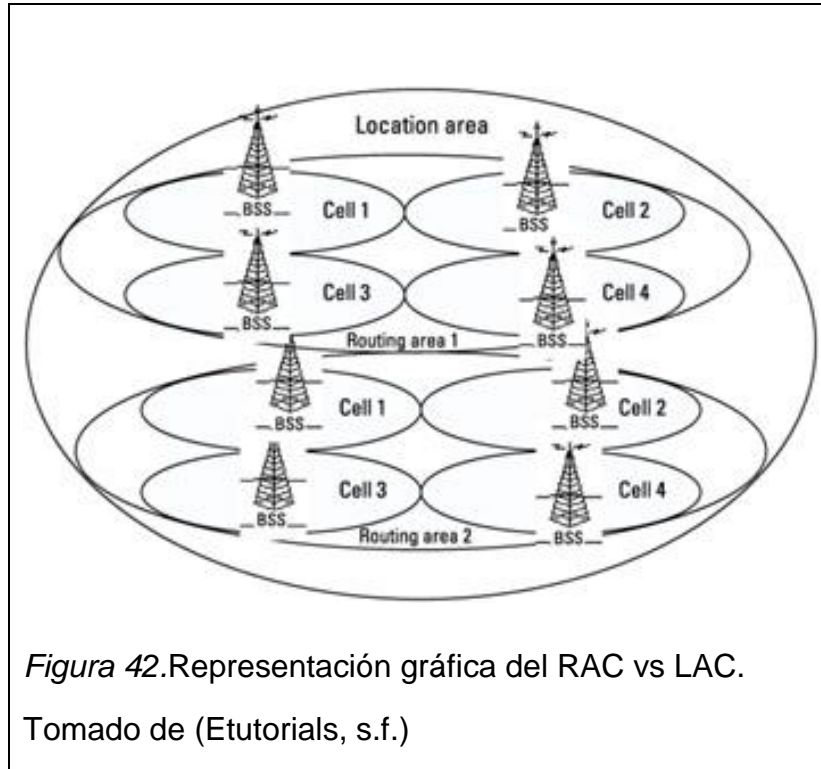


2.3.2 RAC (Routing Area Code)

El identificador de RAC es análogo al LAC pero usado en el dominio conmutado por paquetes de las redes GSM y UMTS. Este código tiene como objetivo informar la localización del abonado dentro del dominio PS (*Packet Switched*).

Debido a las características de las redes conmutadas por paquetes es necesario que la dimensión de este código sea menor al LAC mencionado anteriormente de tal forma disminuir de forma considerable el número de mensajes de *paging*.

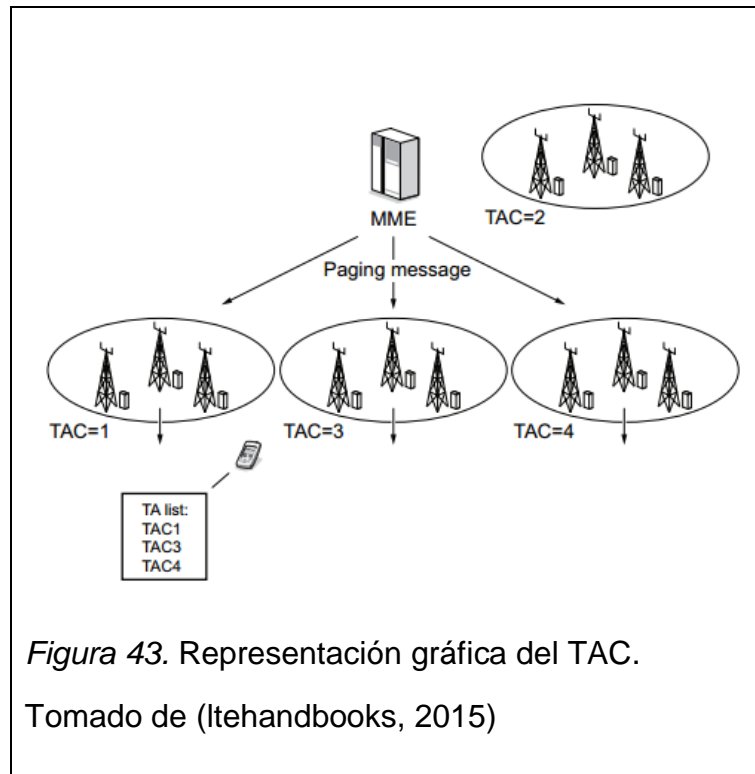
(Etutorials, s.f.)



2.3.3 TAC (*Tracking Area Code*)

En el estándar LTE el TAC es el identificador de área análogo al LAC y RAC que agrupa a un número de estaciones base llamadas eNodeBs. Mediante este código es posible el rastreo y localización de un terminal en un PLMN en una red de cuarta generación.

(ltehandbooks, 2015)



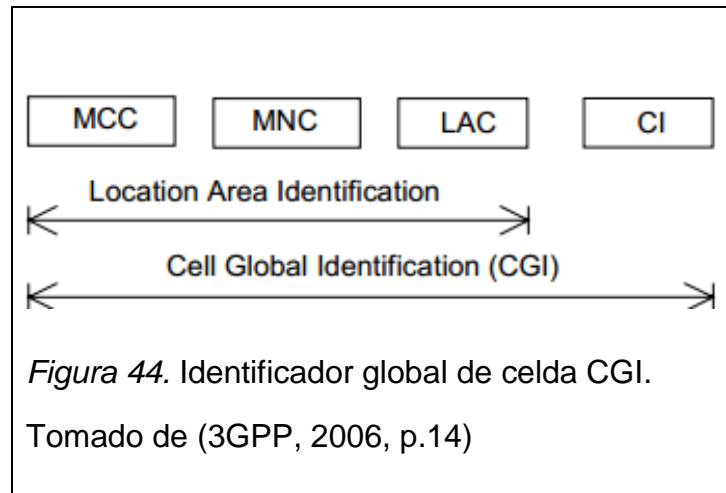
2.3.4 Cell Global Identification (CGI)

Una estación base BTS y una celda pueden ser identificada a nivel de red incluyendo en los códigos de localización (RAC, LAC, TAC) un identificador de celda. Este identificador está compuesto por dos octetos binarios los cuales pueden ser representados en notación hexadecimal.

A través de la combinación de los códigos de MCC, MNC, LAC más el Cell Id es posible reconocer a una celda en todo el mundo. A este código se lo conoce como

CGI (*Cell Global Identification*).

(3GPP, 2006, p. 14).



2.4 Identificación de usuario en la red

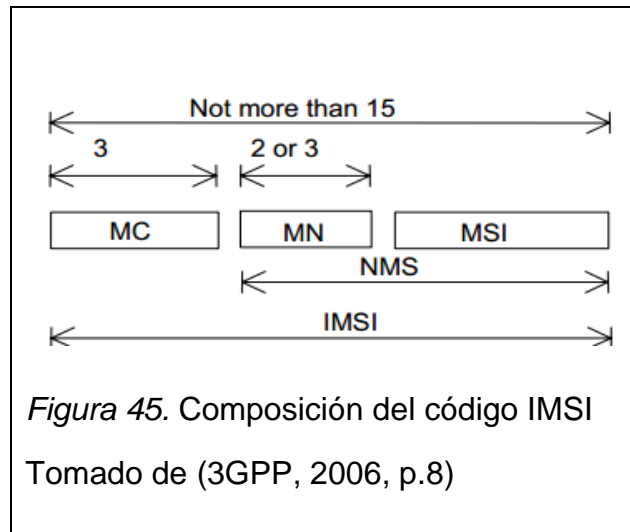
Un código único internacional de identificación de suscriptor IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) es alojado a cada suscriptor en un sistema GSM. Este código se encuentra grabado en la SIM del abonado. La IMSI sirve para identificar a los suscriptores en la red pero debido a razones de seguridad la IMSI debe ser transmitida por el medio de radio frecuencia lo menos frecuente posible.

(3GPP, 2006, p.8)

La IMSI se compone de las siguientes tres partes:

- *Mobile Country Code (MCC)*
- *Mobile Network Code (MNC)*
- *Mobile Subscriber Identification Number (MSIN)*

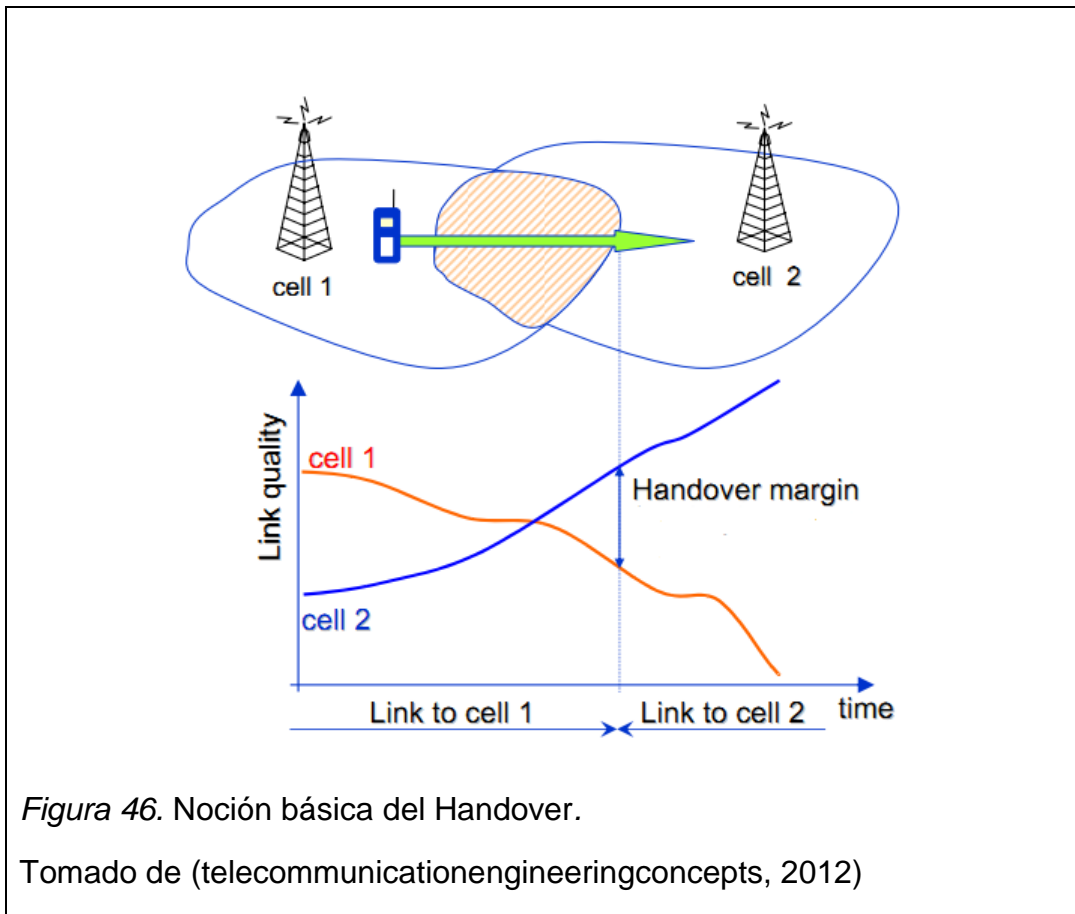
(3GPP, 2006, p.8)



2.5 Relación de adyacencias entre celdas o vecindades

El proceso de Handover es la funcionalidad fundamental de las redes móviles ya que permite la movilidad del abonado a través de la red manteniendo de forma continua el servicio.

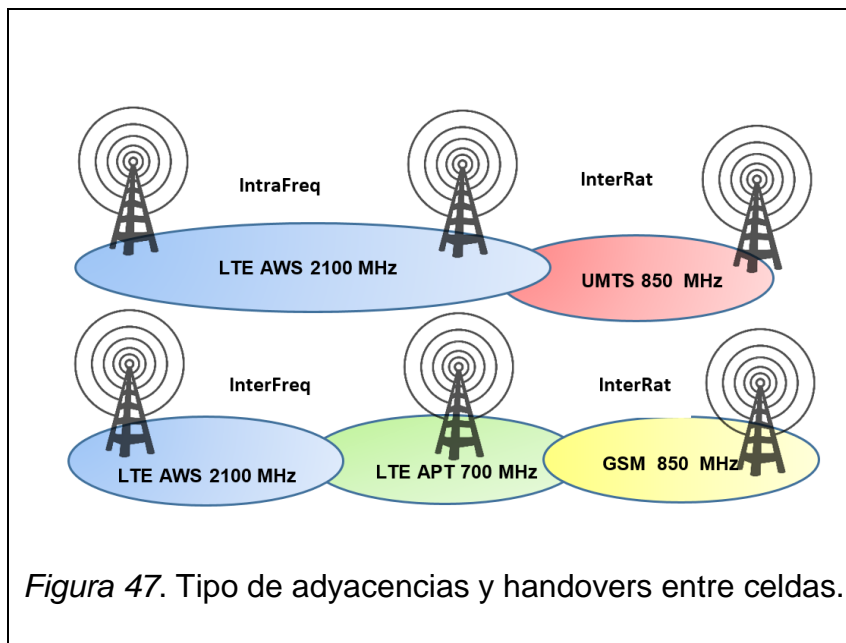
El handover es el proceso en cual una estación (BTS) de origen transfiere el servicio a otra estación destino de tal forma que el servicio no se vea interrumpido. Previo a este proceso es necesario que la estación móvil estime la cobertura y/o calidad de las celda adyacentes a través de mediciones de los parámetros de cobertura y calidad detallados anteriormente.



El operador es el responsable de definir las condiciones de las celdas idóneas que participaran en este proceso. A estas celdas se las conoce como celdas vecinas o adyacentes. Cada BTS mantiene una lista de celdas vecinas con las cuales se realiza el proceso de handover. Si una celda no se encuentra configurada en esta lista el handover no podrá ser realizado sin importar las condiciones del medio de radio frecuencia.

Existen tres tipos de adyacencias o vecindades:

- *Intra-Frequency* : Celdas de una misma portadora y tecnología
- *Inter-Frequency*: Celdas de diferente portadora pero de la misma tecnología.



- *Inter-Rat*. Celdas de diferente tecnología.

2.6 Indicadores de accesibilidad, retenibilidad y delay de servicio

El Anexo D o título habilitante especifica ciertas KPIs (Key Performance Indicators) que las operadoras del servicio móvil avanzado deben cumplir para evitar sanciones por parte de las entidades reguladoras del estado. Estos KPIs miden la calidad de establecimiento del servicio de voz y datos. Se dará a conocer los requerimientos de las llamadas de voz y establecimiento de datos que las operadoras como CONECEL, OTECEL y CNT deben acatar.

2.6.1 Porcentaje de llamadas establecidas

Este KPI define el número de llamadas establecidas exitosamente respecto al número total de intentos de llamada.

Se considera llamadas establecidas exitosas aquellas que se encuentran en los siguientes casos:

- El terminal llamado no contesta.
- El terminal llamado está ocupado.
- El terminal llamado está ocupado o se encuentra fuera de servicio.

- d) El terminal llamado se encuentra en servicio restringido por falta de pago.
- e) El usuario ha marcado un número que no existe.
- f) El terminal llamado timbra, no contesta la llamada y desconecta.

El valor objetivo de este KPI es mayor a igual al 96% y se lo calcula de la siguiente manera:

$$\%llcom = \frac{llcom}{ill} * 100\% \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\%llcom \geq 96\%$$

Donde:

- *%llcom* representa el porcentaje de llamadas establecidas en la red.
- *llcom* representa el número de llamadas establecidas exitosamente en la red.
- *ill* representa el número total de intentos de llamadas.

(ARCOTEL, 2014, p. 14)

2.6.2 Tiempo de establecimiento de llamadas

Es el intervalo de tiempo medido en segundos entre el instante que el usuario acciona el pulsador de envío de llamada de marcar y la recepción de tono de llamada. Se mide como el porcentaje de llamadas que se establecen dentro de un intervalo de tiempo definido.

El valor objetivo de este indicador depende del tipo de transmisión de la BTS:

- Transmisión en Nodos sin enlaces satelitales, tiempo de establecimiento menor o igual 12 segundos para al menos 96% de las muestras.
- Transmisión en Nodos con enlaces satelitales, tiempo de establecimiento menor o igual 14 segundos para al menos 96% de las muestras.

$$\%C = \frac{lle}{tlle} * 100\% \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$\%C \geq 96\%$$

Donde:

- $\%C$: Porcentaje de cumplimiento.
- lle : Total de llamadas establecidas antes de 12 o 14 segundos dependiendo transmisión del nodo.
- $tlle$: Total de llamadas establecidas.

(ARCOTEL, 2014, p. 11)

2.6.3 Porcentaje de llamadas caídas

Porcentaje de llamadas caídas respecto al número total de llamada establecida. Se considera una llamada como caída luego que establecida esta no puede mantenerse par causas atribuibles a la red de evaluación.

El valor objetivo debe de ser menor o igual al 2% para redes 2G y 3G:

$$\%llc = \frac{llc}{lle} * 100\% \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\%llc \leq 2\%$$

Donde:

- $\%llc$ representa el porcentaje de llamadas caídas en la red.
- llc representa el número de llamadas caídas en la red.
- lll representa el número total de intentos de llamadas.

(ARCOTEL, 2014, p. 39)

2.6.4 Porcentaje de mensajes cortos o SMS con éxito

Este KPI mide el número de mensajes cortos recibidos exitosamente por el usuario destino, con respecto al número total de mensajes cortos enviados por el usuario origen dentro de la misma red del operado.

El KPI debe cumplir un target del 98% y se define de la siguiente forma:

$$\%Mr = \frac{Mr}{Me} * 100\% \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$\%M \geq 98$$

Donde:

- %Mr representa el porcentaje de mensajes cortos recibidos exitosamente.
- Mr representa el número de mensajes cortos recibidos exitosamente.
- Me representa el número total de mensajes cortos enviados.

(ARCOTEL, 2014, p. 17)

2.6.5 Tiempo promedio de entrega de mensajes

Tiempo promedio medido en segundos, transcurrido entre el envío de una mensaje corto por parte del usuario origen y la recepción del mensaje por parte del usuario destino.

El tiempo medio de recepción de SMS debe ser menor o igual a 20s.

$$Tm \leq 20s$$

$$Tm = \frac{\sum_{i=1}^{Me} Tti}{Me} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

- Tm representa el tiempo medio de recepción de mensajes cortos.
- Tti representa el tiempo de recepción de un mensaje corto en segundos.
- Me representa el número total de mensajes cortos enviados.

(ARCOTEL, 2014, p. 14)

2.6.6 Ping RTT (*Round Trip Time*)

“Tiempo requerido para que un paquete de prueba viaje desde una fuente hasta un destino y regrese, medido por zona de medición para cada tecnología (2G y 3G). Se utiliza para medir el retardo en una red en un momento dado, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-2.”

(ARCOTEL, 2014, p. 23)

El valor objetivo para este indicador es el siguiente:

Tabla 17. Valores RTT sugeridos por el Anexo D por tecnología.

Servicio	Datos
PING RTT	
3G	RTT ≤ 150 [ms]
2G	RTT ≤ 500 [ms]

Tomado de (ARCOTEL, 2014, p. 23)

2.6.7 Tasa de datos media FTP

Tasa promedio de transmisión de datos medida durante todo el tiempo de conexión del servicio después de que el acceso de datos se ha establecido exitosamente. La conexión no debe interrumpirse. Se utiliza para medir el *throughput* de la red, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-2.

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador)

Tabla 18. Valores throughput sugeridos por el Anexo D por tecnología.

Servicio	Datos
Throughput Kbps	
3G	FFTPd ≥ 700 [Kbps]
	FFTPu ≥ 200 [Kbps]
2G	FFTPd ≥ 200 [Kbps]
	FFTPu ≥ 32 [Kbps]

Tomado de (ARCOTEL, 2014, p. 32)

3. INTRODUCCIÓN A LA PLATAFORMA ANDROID

3.1 Generalidades

Se puede definir a Android como un entorno operativo basado en Linux pensado especialmente para dispositivos móviles. Debido a que este sistema operativo es de código abierto y cualquier desarrollador puede tener acceso a dicho código y modificarlo según los estándares especificados por Google lo hace un entorno de más fácil acceso a sus funcionalidades.

Android, producto del desarrollo de la *Open Handset Alliance*, que es un grupo de 47 organizaciones lideradas por Google unidas para innovar la tecnología móvil y que juntas han desarrollado Android, la primera plataforma móvil completa, gratuita y abierta.

(Ableson, 2013)

El entorno de Android se encuentra dividido en capas que usan el núcleo de Linux como base e incluyen numerosas funciones.

Android integra a su sistema operativo servicios de telefonía, ubicación (GPS) y acelerómetros que están disponibles en su pila de software lo que permite unirse con Google Maps y mostrar una dirección dentro de una aplicación, los cuales serán utilizados para el desarrollo y despliegue de esta aplicación.

3.2 Arquitectura de Android

La plataforma Android está formada por cuatro capas, que son: Aplicaciones, *Application Framework*, Librerías, Núcleo de Linux, mismas que se encuentran detalladas en la siguiente figura:



3.2.1 Kernel de Linux

Esta capa administra la compatibilidad entre los elementos de *hardware* del terminal con el lenguaje de programación del sistema operativo. El *kernel* de Linux se encuentra formado por el sistema operativo Linux 2.6. En esta capa de la arquitectura de Android se desarrollan servicios como: seguridad, manejo de memoria, multiprocesos, pila de protocolos y soporte de drivers para diversos dispositivos. Siempre que un fabricante incluya un elemento nuevo de hardware, primero debe crear librerías de control o los drivers necesarios dentro de este kernel de Linux para asegurar la compatibilidad y pueda ser usado en el propio Android.

(Androidcurso, s.f.)

3.2.2 *Android Runtime*

El *Android Runtime* engloba el concepto de una máquina virtual utilizada en Java. Dadas las limitaciones en memoria y procesador de los dispositivos donde se ejecuta Android, no es posible utilizar una máquina virtual Java estándar, para lo que Google ha creado la máquina virtual Dalvik la cual optimiza ciertos recursos y permite que el sistema operativo responda de mejor manera a estas limitaciones.

Cada aplicación en Android se ejecuta en una instancia de la Máquina Virtual Dalvik, y esta a su vez se encuentra dentro de un proceso que es gestionado por el núcleo de Linux. A partir de la última versión de Android (5.0) Dalvik es reemplazado por ART. Entre otras funciones, esta máquina virtual permite reducir el tiempo de ejecución del código Java en un 33%.

Además de Dalvik, en esta capa se incluyen las *Core Libraries*, donde se encuentran la mayoría de librerías disponibles en el lenguaje Java.

3.2.3 *Librerías nativas*

Las librerías nativas de Android constituyen un conjunto de librerías usadas en varios componentes de Android, proporcionándole la mayor parte de sus capacidades fundamentales, tales como: ejecución de contenido multimedia, elementos de navegación en pantalla, compatibilidad de gráficos 2D y 3D, motor de base de datos, cifrado de datos, entre otros.

3.2.4 *Framework de aplicaciones*

Esta capa representa el conjunto de herramientas disponibles para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación, tales como: gestión del ciclo de vida de los procesos, gestión de ventanas, acceso a contenidos propios de servicios y estados del equipo terminal (IMEI, número de serie, llamadas, mensajes, etc.), interacción entre aplicaciones, componentes para la elaboración de interfaz de usuario, obtención de datos de ubicación y posicionamiento, emisión de alertas en la barra de estado del terminal móvil, intercambio de mensajes XML, entre otros.

3.2.5 Aplicaciones

Esta capa es de suma importancia en el desarrollo de esta aplicación ya que nos permitirá el almacenamiento de la misma en el terminal.

Este es el último nivel de la arquitectura de Android, contiene todas las aplicaciones instaladas en un dispositivo Android. Este nivel incluye las aplicaciones precargadas en Android y aplicaciones desarrolladas por terceros que el usuario puede añadir en un dispositivo móvil. Estas aplicaciones utilizan todos los servicios, API y librerías de los niveles anteriores a este.

3.3 Componentes de una aplicación Android

Una aplicación Android contiene cuatro componentes principales, que posteriormente serán declarados en un fichero XML denominado "AndroidManifest.xml" que incluye nombres de clases, tipos de eventos y permisos requeridos por la aplicación.

Los cuatro componentes de una aplicación son: *Activity*, *Broadcast Intent Receiver*, *Service*, *Content Provider*.

3.3.1 Activity

En Android, una *Activity* representa a un conjunto de acciones que signifiquen que exista una interacción directa entre el usuario y la aplicación. Una *Activity* está conformada por una parte lógica y una parte gráfica. La parte lógica está representada por un archivo .java en el cual se crea el código de la actividad. La parte gráfica es un archivo XML que contiene todos los elementos visuales que se muestran en la pantalla, los cuales se declaran en etiquetas parecidas a las usadas en código HTML.

Una aplicación permite la ejecución de varias acciones a través de varias pantallas. La clase *Activity* permite administrar los procesos para que cada pantalla se ejecute o se cierre, en este caso una pantalla representa un objeto *Activity*.

3.3.2 Broadcast Intent Receiver

Este componente es el responsable de que en Android sea posible lanzar una aplicación mientras se está ejecutando otra con el fin de monitorear y responder eventos. Un ejemplo de esto es la recepción de un mensaje de texto mientras se está usando otra aplicación, por medio del API *Notification Manager* se puede alertar de este evento al usuario que lo podrá monitorear en la barra de estado.

3.3.3 Service

Un *service* es una aplicación que se ejecuta constantemente y en segundo plano. El tiempo de vida de un *service* debe ser muy alto, por ejemplo una aplicación que haga monitoreo de red o el servicio de comprobación de actualizaciones.

3.3.4 Content Provider

Un *Content Provider* se encarga de administrar el acceso y los datos en un aplicativo.

3.4 Ciclo de vida de una aplicación Android

En Android, este proceso es controlado por el sistema. Cada aplicación se ejecuta en su propio proceso Linux, el cual es creado y continuará ejecutándose hasta que ya no sea necesario y el sistema necesite ese espacio de memoria para asignarlo a otra aplicación que así lo requiera. La destrucción de un proceso no es controlada directamente por la aplicación, este proceso lo realiza el sistema el cual determina, basándose en el conocimiento que tiene, cuán importantes son las actividades y servicios para el usuario y cuanta memoria hay disponible en el dispositivo en determinado momento.

Evidentemente, en Android es de suma importancia el manejo del ciclo de vida de una actividad y para ello define cuatro estados:

- Activa (*Running*): En este estado, la actividad se encuentra en la parte superior de la pila, es decir que es visible y tiene el foco.

- Visible (*Paused*): La actividad se encuentra en un estado visible pero no tiene el foco. Este estado es alcanzado al momento que otra actividad pasa a estado activa que puede estarse ejecutando de manera transparente o en una parte de la pantalla.
- Parada (*Stopped*): La actividad no es visible, está cubierta por completo.
- Destruída (*Destroyed*): Este estado se alcanza cuando dentro de la actividad es invocado el método *finish()*, o simplemente es destruida por el sistema operativo Android, quitándola de la pila de actividades.

(Ableson, 2013)

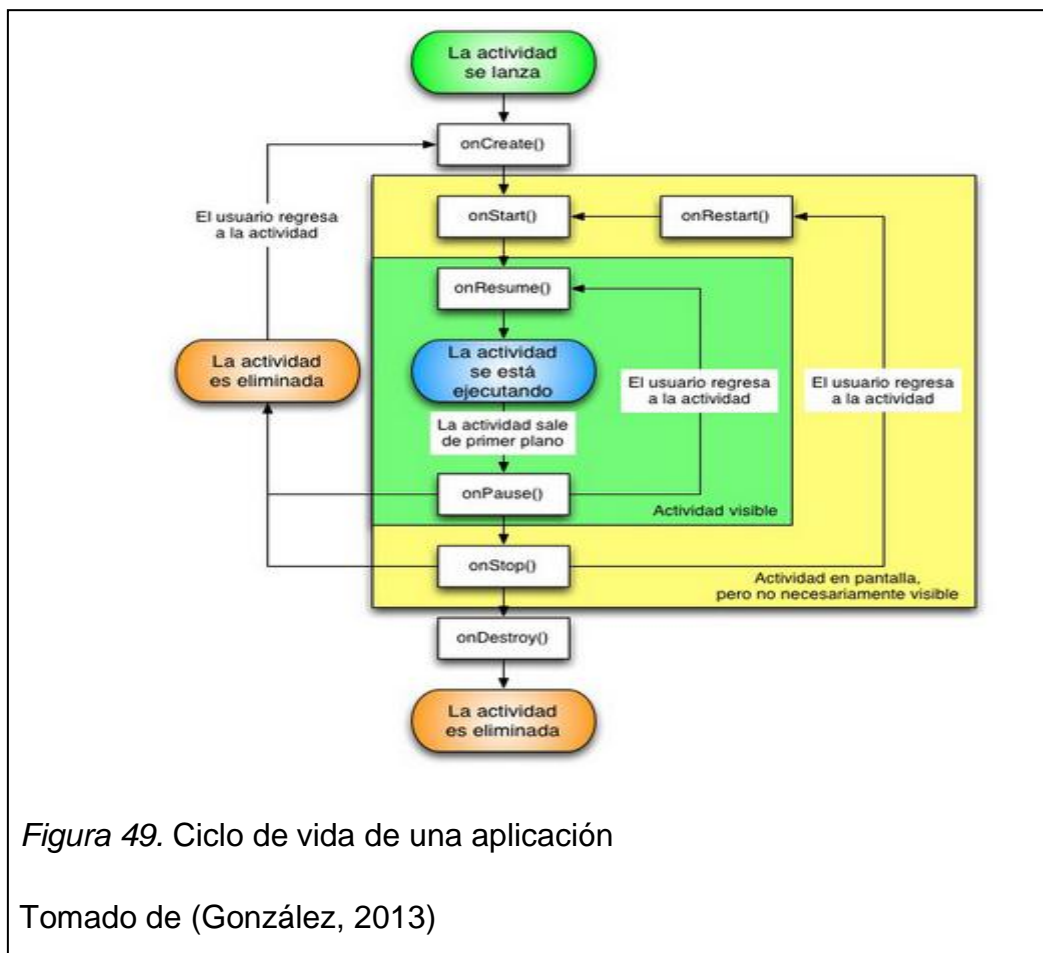


Figura 49. Ciclo de vida de una aplicación

Tomado de (González, 2013)

Cuando una actividad cambia de estado, se producen eventos que ejecutados por métodos usados por la actividad, que son:

- ***onCreate()***: Este método aparece al momento que la actividad es creada. Es utilizado para realizar todas las inicializaciones, como la creación de la interfaz de usuario.
- ***onStart()***: La actividad será mostrada al usuario en pantalla. Si venimos de una aplicación en estado *Stopped*, esta pasará primero por un método *onRestart()*.
- ***onPause()***: Con este método la actividad está próxima a ser puesta en segundo plano, generalmente se da esto porque otra aplicación es lanzada.
- ***onStop()***: La actividad no será visible para el usuario. Cabe señalar que, en caso de haber memoria insuficiente en el dispositivo, es probable que no se llame a este método y la aplicación sea destruida instantáneamente.
- ***onRestart()***: Indica que la actividad va a ser iniciada nuevamente con un *onStart()* luego de haber pasado por *onStop()*.
- ***onDestroy()***: Se llama para destruir una actividad totalmente. Físicamente este evento puede suceder cuando el usuario, estando dentro de la aplicación, pulsa el botón volver o cuando el método *finish()* es llamado. De la misma manera que en el método *onStop()*, existe la probabilidad de que, si hay memoria insuficiente, la actividad se destruya automáticamente sin llamar a este método.

3.5 API de Android para servicios de telefonía

Los teléfonos que operan con sistema operativo Android, poseen de una capa que maneja la interfaz entre el modem de los dispositivos y el sistema operativo de Android. Esta capa se la denomina RIL (*Radio Network Interface Layer*) y es la responsable de iniciar los servicios de telefonía a través de protocolos de comunicación entre la RIL y el modem el cual es propietario de cada fabricante de telefonía.

En la siguiente figura se puede apreciar la comunicación que parte desde el modem GSM hasta llegar a los servicios de telefonía como son las llamadas o los mensajes de SMS. En la capa de aplicación tenemos la API encargada de

traducir todas las peticiones desde o hacia el modem. Esta capa se la denomina el API de telefonía de “*Android Telephony El ciclo de vida de una aplicación de Android*” y será detallada a lo largo de este capítulo para dar a conocer al lector del desarrollo de este proyecto.

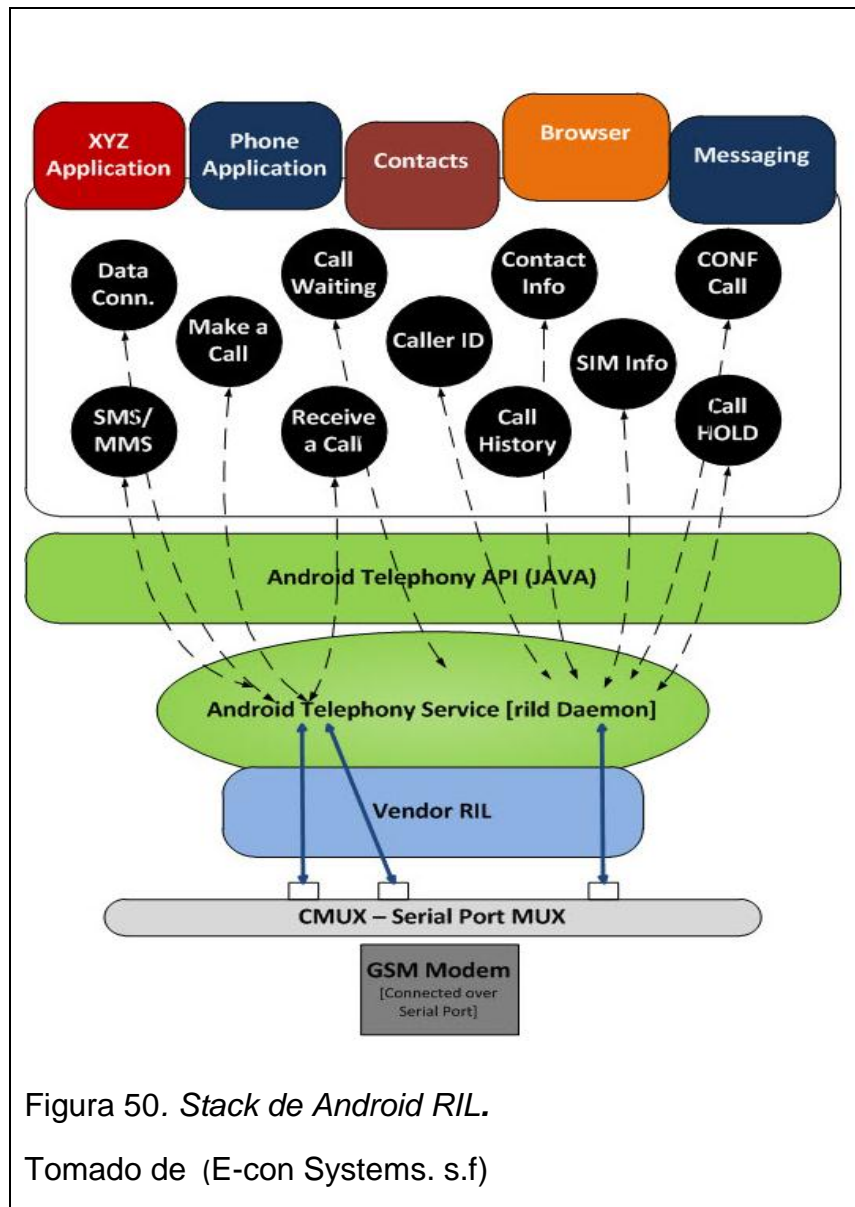


Figura 50. *Stack de Android RIL.*

Tomado de (E-con Systems. s.f)

3.5.1 *Android Telephony*

Como se mencionó anteriormente este API permite a las aplicaciones del sistema operativo acceder a las funcionalidades del modem del terminal. Permitiendo al desarrollador obtener el estatus de servicio como status servicio, tipo de red, cobertura de red, calidad e incluso información de la SIM del usuario.

En el desarrollo de este capítulo se detallan las clases y funciones necesarias para implementar la lógica de negocio de nuestra aplicación.

3.5.1.1 Descripción del ambiente de desarrollo *Android Telephony*

Android Telephony provee una interfaz de comunicación entre las aplicaciones y las funcionalidades básicas del modem del dispositivo tales como:

- Status de conectividad
- Tipo de red
- Utilidades para manipular las funcionalidades propias del teléfono
- Control de llamadas y SMS

El núcleo del API de *Android Telephony* contiene un conjunto de clases las cuales pueden ser usadas para obtener información del modem del dispositivo.

Mediante estas clases que son un conjunto de funciones y variables podemos obtener los parámetros de cobertura, calidad y status de servicio detallados en el segundo capítulo de este proyecto.

3.6 Obtención de parámetros de red móvil

A continuación se explicará cómo obtener los indicadores explicados en el capítulo II. Para la obtención de parámetros de la red del operador se utilizan las siguientes clases dependiendo del tipo de tecnología que maneje el terminal.

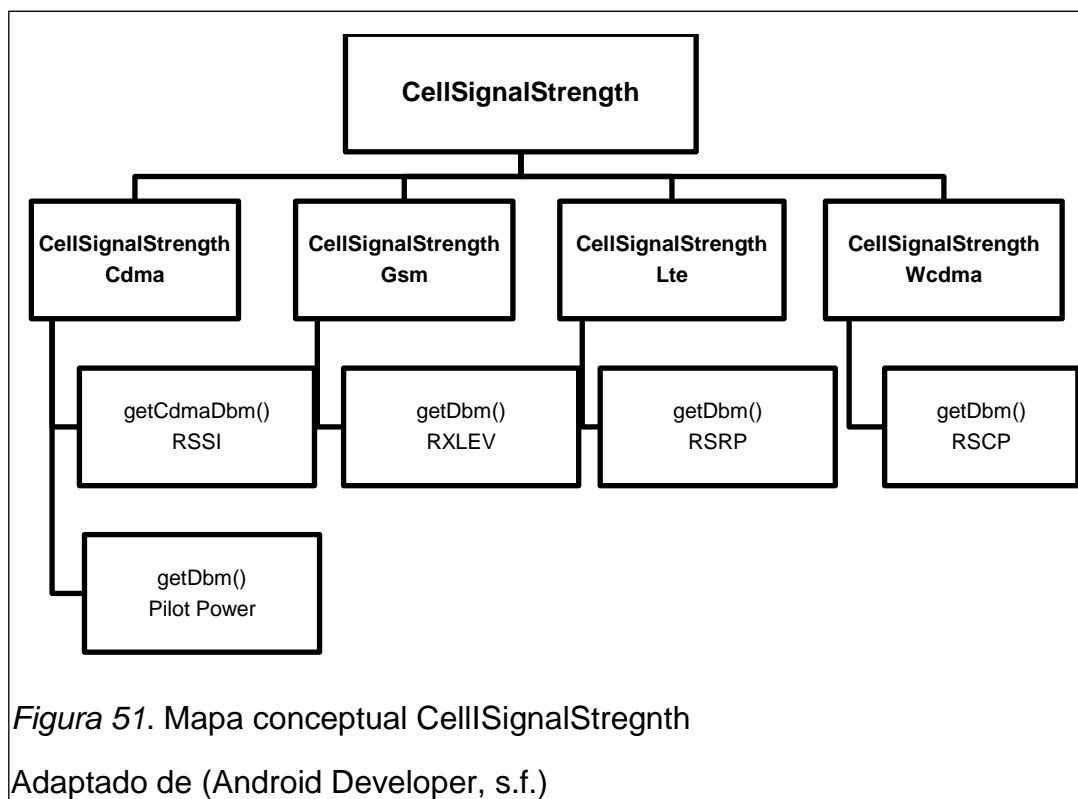
3.6.1 Parámetros de señal de la red

En las siguientes clases podemos encontrar parámetros relacionados con la señal recibida de la red del operador, especialmente cobertura y calidad:

- `CellSignalStrengthCdma`: obtiene la potencia de recepción en [dBm] del canal piloto o *pilot power* de sistemas CDMA.
- `CellSignalStrengthGsm`: permite obtener los niveles de RXLEV de un sistema GSM.
- `CellSignalStrengthLte`: permite obtener los niveles de RSRP en [dBm] de la señal de referencia en LTE.

- `CellSignalStrengthWcdma`: obtiene los niveles de recepción de potencia del canal piloto *CPICH* para un sistema WCDMA
- `SignalStrength`: clase genérica que define funciones para medir parámetros de señal para estándares GSM y CDMA.

Como se puede observar en el siguiente mapa conceptual cada clase define las funciones propias de cada tecnología para la obtención de niveles de cobertura. Debido a que la potencia de la señal se mide en [dBm] solamente nos enfocaremos en las funciones que obtienen los parámetros de cobertura en unidades de decibelio por milivatio.



Cabe recalcar que también se pueden obtener estos parámetros a través de la clase `CellSignalStrength`.

La clase `Signal Strength` posee funciones generales para la obtención de parámetros de calidad y cobertura de la red CDMA y su estándar de datos el EVDO. Cabe recalcar que esta tecnología en el país no es tan usada como el estándar GSM.

Para las redes GSM (Incluye WCDMA y LTE) esta clase ofrece tres métodos importantes para la obtención de cobertura, bit error rate y una bandera que permitirá reconocer si el dispositivo se encuentra operando en una red GSM.

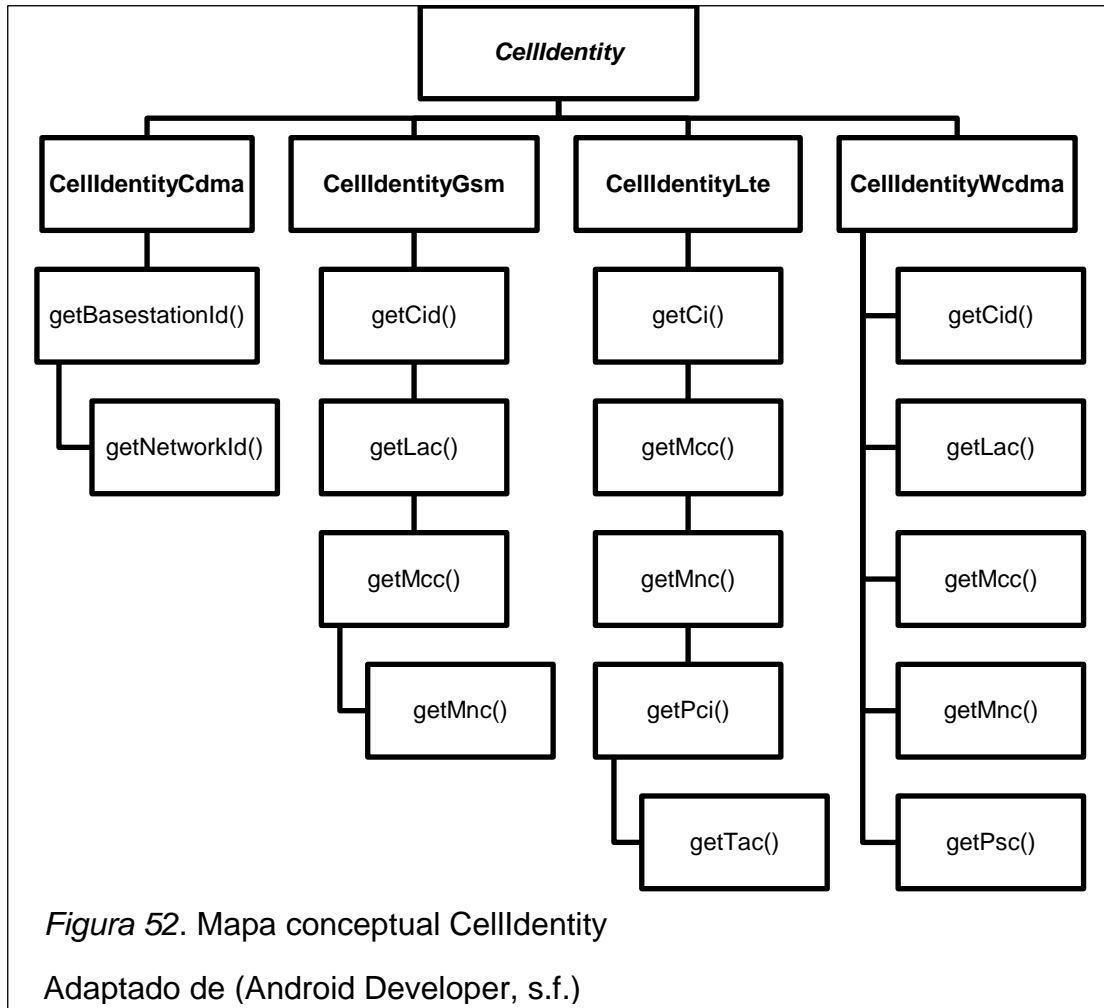
Una vez realizado el análisis se puede concluir que la clase más útil para la medición de cobertura es la clase `CellSignalStrength` y todas sus clases derivadas, por lo que serán más utilizadas en desarrollo de la aplicación.

3.6.2 Identificadores de red

La API de Android Telephony provee de clases y métodos para la obtención de identificadores de red tales como: *MCC Mobile Network Code*, *MNC Mobile Network Code*, *Cell Identity* y *LAC/TAC*. Se debe considerar que algunos de estos parámetros son propios de cada tecnología por lo que la API define 4 tipos de clases una para cada tecnología de radio celular:

- `CellIdentityCdma`: representa una única celda en la red CDMA.
- `CellIdentityGsm`: representa una única celda en la red 2G.
- `CellIdentityLte`: representa una única celda en la red 4G.
- `CellIdentityWcdma` : representa una única celda en la red 3G.

En el siguiente mapa conceptual se presenta un resumen de las clases y funciones para la obtención de identificadores de red, se debe tomar en cuenta que los métodos cambian de acuerdo a la tecnología, exceptuando los parámetros comunes de las redes GSM como MNC y MCC.



Las funciones de estas clases son muy similares entre las redes GSM (GSM/WCDMA/LTE), la única variación son los métodos de identificación de capa 1 como el método `getPci()` que permite obtener el *Physical Cell Id* de la celda LTE, para WCDMA se tiene el método `getPsc()` que extrae el *Primary Scrambling Code* de la celda. Estos parámetros son únicos de cada tecnología.

3.6.3 Obtención de adyacencias entre celdas

En la API de telefonía de Android, existe una clase que permite la obtención de las adyacencias o vecindades entre celdas del operador: la clase es `NeighboringCellInfo`. Esta clase aplica para todo tipo de tecnología ya sea GSM, UMTS, LTE o CDMA.

A través de sus objetos instanciados se puede obtener una celda adyacente con los siguientes parámetros, representados por métodos:

- Obtención de cell id: getCid().
- Obtención de LAC: getLac().
- Tipo de red : getNetworkType()
- Scrambling code: getPsc()
- RSSI: getRssi().

La función `getNetworkType()` permite obtener el tipo de red móvil en la cual los usuarios se han registrado. Por medio de la clase `TelephonyManager` se podrá obtener el tipo de red sin la necesidad de instanciar un objeto de esta clase. Esto permitirá obtener el parámetro correcto para la celda adyacente.

Por ejemplo si un abonado se ha registrado en una red UMTS y desea saber los PSCs *Primary Scrambling Codes* de sus celdas vecinas, será necesario aplicar un operador lógico con la clase `TelephonyManager` para asegurarse que la red pertenece al estándar UMTS, debido a que este parámetro de PSC (*Primary Scrambling Code*) no está definido para las redes GSM, LTE y CDMA.

La verificación en pseudocódigo se la haría de la siguiente forma:

```

If (TelephonyManager.NETWORK_TYPE_UMTS or
    TelephonyManager.NETWORK_TYPE_HSDPA or
    TelephonyManager.NETWORK_TYPE_HSUPA)

Then: getPsc ()

```

3.6.4 Obtención de status de dispositivo y de red

La API de Android ofrece tres clases fundamentales para reconocer cambios en el status del dispositivo, servicio o de red. Estas permitirán registrar cualquier cambio o actualización para que la aplicación proceda a hacer un *update* de los parámetros desplegados en la interfaz gráfica.

Un ejemplo claro sería cuando un móvil cambie la tecnología de radio de LTE a 3G, los parámetros de cobertura, calidad e identificadores de red deberán actualizarse a penas se detecte esta modificación.

Las tres clases que permitirán reconocer estos cambios del dispositivo son:

Tabla 19. Clases fundamentales de estatus de dispositivo.

PhoneStateListener	Esta clase permite monitorear cambios en el estado del dispositivo como: estado de servicio ,cambios en potencia de la señal, indicadores de llamadas , buzón de mensajes , etc.
ServiceState	Esta clase contiene información relacionada con el estado de servicio del dispositivo móvil.
TelephonyManager	Esta clase provee de acceso a los servicio de telefonía de Android.

Tomado de (Android Developer, s.f.)

3.6.4.1 Phone State Listener

Esta clase contiene información relacionada con el servicio del teléfono, contiene información específica del estatus de llamada del dispositivo como progreso de la llamada, indicador de direccionamiento de llamadas, un indicador de cambio de celda, de localización así como también indicadores de cambio de cobertura y estado del servicio de datos.

Todos estos cambios se los puede monitorear a través de constantes enteras *int* de la misma clase:

Tabla 20. Constantes de la clase *PhoneStateListener*.

int	LISTEN_CALL_FORWARDING_INDICATOR	Indicador de re-direccionamiento de llamadas
int	LISTEN_CALL_STATE	Indicador de estatus de llamada

int	LISTEN_CELL_INFO	Bandera de cambio de información de celda
int	LISTEN_CELL_LOCATION	Bandera de cambio de información de celda
int	LISTEN_DATA_ACTIVITY	Indicador de actividad de datos
int	LISTEN_DATA_CONNECTION_STATE	Indicador de actividad de conexión de datos
int	LISTEN_MESSAGE_WAITING_INDICATOR	Bandera de indicador de espera de mensaje
int	LISTEN_SERVICE_STATE	Indicador de cambio de servicio del teléfono
int	LISTEN_SIGNAL_STRENGTHS	Indicador de cambio de niveles de cobertura

Tomado de (Android Developer, s.f.)

Una vez que la aplicación detectó que existe algún cambio en el servicio, esta clase nos permite tomar acciones a través de métodos *listener* los cuales se ejecutan al momento de registrarse un cambio en los estados detallados en la tabla anterior. Los métodos son los siguientes:

- void onCallForwardingIndicatorChanged(boolean cfi)
- void onCallStateChanged(int state, String incomingNumber)
- void onCellInfoChanged(List<CellInfo> cellInfo)
- void onCellLocationChanged(CellLocation location)
- void onDataActivity (int direction).
- void onDataConnectionStateChanged(int state)

- void onDataConnectionStateChanged(int state, int networkType)
- void onMessageWaitingIndicatorChanged(boolean mwi)
- void onServiceStateChanged(ServiceState serviceState)
- void onSignalStrengthsChanged (SignalStrength signalStrength).

3.6.4.2 Service State

Esta clase permite conocer el estatus del servicio general de telefonía del dispositivo móvil. Mediante constantes es posible obtener la siguiente información:

Tabla 21. Constantes de la clase Service State.

int	STATE_EMERGENCY_ONLY	Bandera para determinar si el dispositivo se encuentra en estado de emergencia
int	STATE_IN_SERVICE	Indicador de registro de servicio
int	STATE_OUT_OF_SERVICE	Bandera de fuera de servicio
int	STATE_POWER_OFF	Permite conocer si el radio del teléfono ha sido desactivado

Tomado de (Android Developer, s.f.)

A demás de conocer el estado de servicio, también permite obtener cierta información del operador así como poder controlar el estado de servicio mediante los siguientes métodos.

Tabla 22. Métodos de la clase Service State.

Boolean	getIsManualSelection() Tipo de selección de red (Automático/Manual).
String	getOperatorAlphaLong() Obtener nombre del operador registrado de formato largo.
String	getOperatorAlphaShort() Obtener nombre del operador registrado de formato corto.
String	getOperatorNumeric() Obtener el id del operador.
Boolean	getRoaming() Obtención del estatus de roaming
Int	getState() Obtención de estatus de servicio de voz.
Void	setIsManualSelection(boolean isManual) Configurar el tipo de selección de red
Void	setOperatorName(String longName, String shortName, String numeric) Configurar el nombre del operador
Void	setRoaming(boolean roaming) Configurar el roaming del dispositivo.
Void	setState(int state) Configurar el estado de servicio

Void	setStateOff() Deshabilitar el radio del dispositivo
Void	setStateOutOfService() Deshabilitar el servicio telefónico del dispositivo.

Tomado de (Android Developer, s.f.)

3.6.4.3 *Telephony Manager*

Dentro de la API de Android Telephony esta clase es la que posee mayor relevancia en cuanto a la descripción del estatus del servicio del dispositivo, ya que posee una granularidad mayor a las anteriores clases descritas. Esta clase define constantes para determinar el estado del servicio de voz, datos, tipo de red, tipo de terminal e incluso posee información básica de la SIM card del usuario. Debido a la extensión de la clase se dará a conocer las constantes y métodos más importantes:

Tabla 23. Constantes de la clase Telephony Manager.

int	CALL_STATE_IDLE	Estado de llamada sin actividad
int	CALL_STATE_RINGING	Teléfono en estado de tono
int	DATA_CONNECTED	Datos conectado
int	DATA_CONNECTING	Datos en proceso de conexión.
int	NETWORK_TYPE_HSUPA	Conexión de tipo HSUPA
int	NETWORK_TYPE_LTE	Conexión de tipo LTE
int	NETWORK_TYPE_UMTS	Conexión de tipo UMTS

int	PHONE_TYPE_CDMA	Dispositivo de tipo CDMA.
int	PHONE_TYPE_GSM	Radio de teléfono GSM.
int	SIM_STATE_READY	Estado de la SIMCARD

Tomado de (Android Developer, s.f.)

A continuación se dan a conocer los métodos más relevantes de esta clase, como se puede apreciar existe una gran cantidad de información que puede ser recuperada por estos métodos, desde información de radio hasta versiones de software del dispositivo.

Tabla 24. Métodos de la clase Telephony Manager.

List<CellInfo>	getAllCellInfo() Retorna información de la celda servidora y sus vecinas en un objeto Lista.
Int	getCallState() Obtiene el estado de una llamada
Int	getDataActivity() Obtiene el estado de los datos.
String	getDeviceSoftwareVersion() Obtiene la versión de software del teléfono como: IMEI/SV para teléfonos GSM.
String	getLine1Number() Retorna el MSISDN para un teléfono GSM.

String	<code>getNetworkOperator()</code> Obtiene el MCC+MNC del operador registrado.
String	<code>getNetworkOperatorName()</code> Obtiene el nombre del operador registrado.
Int	<code>getNetworkType()</code> Obtiene el tipo de red.
Boolean	<code>isNetworkRoaming()</code> Retorna el estado de roaming de servicio.
Void	<code>listen(PhoneStateListener listener, int events)</code> Recibe cambios de la clase PhoneStateListener y permite definir las acciones a ejecutarse.

Tomado de (Android Developer, s.f.)

4. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA MONITOREO DE RED MOVIL

En este capítulo se explica a detalle el desarrollo e implementación de la interfaz gráfica y funcionalidades del programa. Se describen elementos como funciones para obtención de datos, estructura de cada pantalla, elementos visuales de la plataforma, cálculos para obtener los parámetros de la red móvil, tales como: cobertura, calidad de servicio e identificadores de red, y por último se explica el procedimiento para generar reportes de los resultados que se obtienen en las pruebas realizadas.

Mediante el uso de diagramas de flujo, se describen los algoritmos correspondientes a las funciones de la aplicación y de manera breve y concisa se detallan las características de las funciones del lenguaje de programación *Java* usadas para la implementación del código que posteriormente es procesado por los dispositivos móviles una vez la aplicación es ejecutada en estos.

Para el diseño de interfaces y programación de la lógica de la aplicación se utiliza el *IDE (Integrated Development Environment)* oficial de desarrollo en Android: *Android Studio*. Un *IDE* se define como un conjunto de herramientas de programación integradas para el desarrollo de aplicaciones y software.

(Pcmag, s.f.)

La versión utilizada para el desarrollo de este proyecto titulación es *Android Studio 1.1.0* como se aprecia en la siguiente imagen.



4.1 Diseño de una interfaz gráfica

Para el diseño de una interfaz gráfica en Android, se tienen los componentes de diseño llamados *Views*, los cuales representan a las etiquetas, botones, cuadros de texto y un gran número de elementos visuales en general que se despliegan en la pantalla del dispositivo.

A través del *IDE* de *Android Studio* se pueden desplegar los *Views* de una forma *Drag and Drop* para una implementación amigable al desarrollador. En la siguiente figura se muestran los *Views* principales de la herramienta de diseño de interfaces.

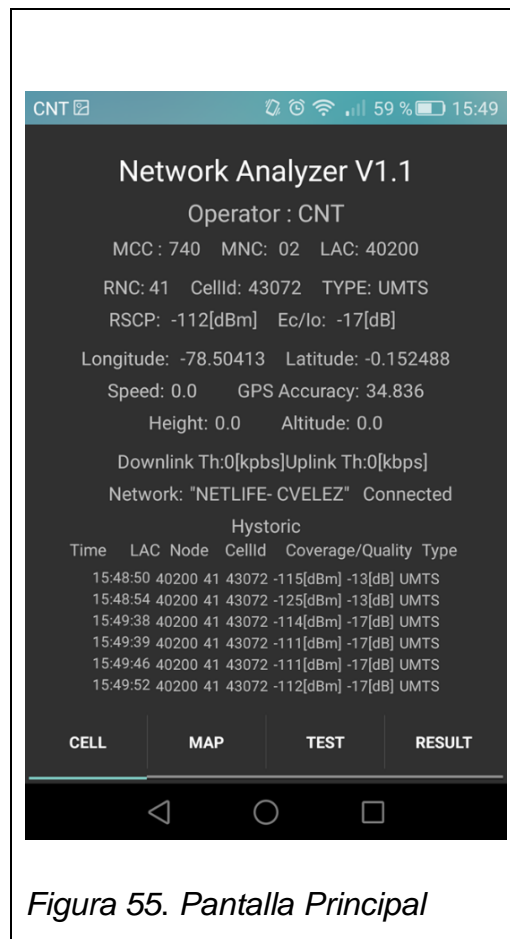


Figura 54. Views del IDE de Android Studio

(Android Developer, s.f.)

4.2 Estructura de la interfaz gráfica del aplicativo Network Analyzer

En la siguiente figura se puede apreciar la pantalla principal del aplicativo denominado *Network Analyzer*, donde se muestran los parámetros de cobertura y calidad de las redes móviles que son evaluados y registrados en el terminal del usuario para un posterior análisis.



Esta pantalla contiene cuatro pestañas, las cuales permiten acceder de una manera interactiva a las demás funcionalidades del aplicativo, que son: la pestaña de *Map* donde se tiene acceso a la interfaz alimentada por *Google Maps* para la realización de *Drive Test* y mediciones geográficas, la pestaña de *Test* en la cual se despliegan las funcionalidades de pruebas de llamadas, mensajes SMS y una tarea de datos PING, mismas que son requeridas por el organismo regulador ARCOTEL en su Anexo de Calidad para las mediciones de calidad de red móvil y que se mencionan en el capítulo dos de este trabajo de titulación, y por último la pestaña de *Result*, la cual muestra los resultados de las pruebas realizadas en la pestaña de *Test*.

La pestaña de *Map* tiene como principal elemento el contenedor de *Google Maps*, donde se despliega la ubicación del usuario y las muestras de señal obtenidas a lo largo del movimiento del terminal. Como se muestra en la siguiente imagen, esta pantalla permite visualizar de forma amigable la obtención de los datos de radio frecuencia con sus respectivas leyendas.

Adicionalmente el usuario puede escoger la forma de visualización de las muestras, ya sea cobertura, calidad, servidores o tasas de carga o descarga de servicio.

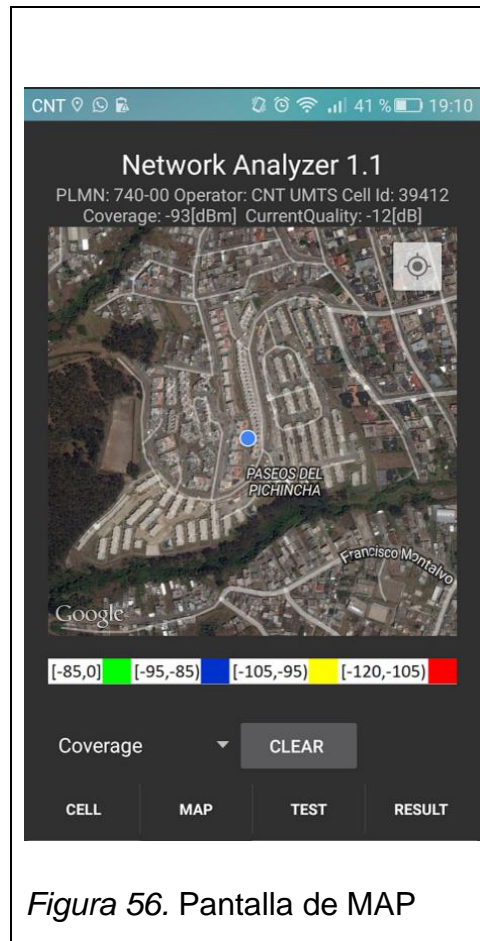
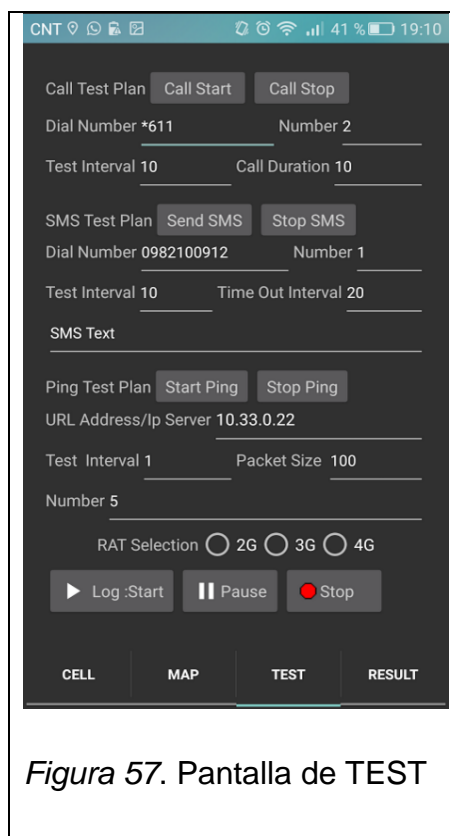


Figura 56. Pantalla de MAP

La tercera pestaña del aplicativo corresponde a la configuración de las tareas automáticas de llamadas, mensajes de texto *SMS* y pruebas de datos *ping*. En cada tarea el usuario puede configurar de forma automática las siguientes características:

- Número de pruebas consecutivas.
- Intervalo de pruebas consecutivas.
- Tiempo de duración de llamadas.
- Configuraciones de comandos *PING* como IP destino, tamaño de paquetes de *PING*.
- Intervalos de *Time Out* de tareas.

Adicionalmente esta pantalla contiene los botones para empezar a registrar la información de pruebas en un archivo, una vez se presione el botón *Start* automáticamente toda información que se genere desde ese momento es almacenada de forma permanente en un directorio localizado en la memoria interna del terminal hasta que se cambie el estado presionando los botones *Pause*, para Pausar el *log* momentáneamente hasta reanudarlo nuevamente con el botón *Start*, o el botón *Stop* para finalizar el *log* y guardarlo. Este archivo puede ser exportado y visualizado en los programas *Microsoft Excel* o *MapInfo*. En la siguiente imagen se puede apreciar la pantalla de *Test* con sus componentes respectivos.



La cuarta pestaña, denominada *RESULT*, permite observar el resultado de las pruebas de llamadas, *SMS* y *Ping*. Por ejemplo, para el test plan de llamadas la información desplegada es: tiempos de establecimientos de llamadas, número de llamadas y el estado de liberación de recursos que puede ser normal (cerrado por el aplicativo) o anormal (*Call Drop*). Finalmente se presenta un

resumen de las pruebas realizadas para que el usuario pueda determinar la calidad de servicio de una zona específica como se observa en la siguiente figura.

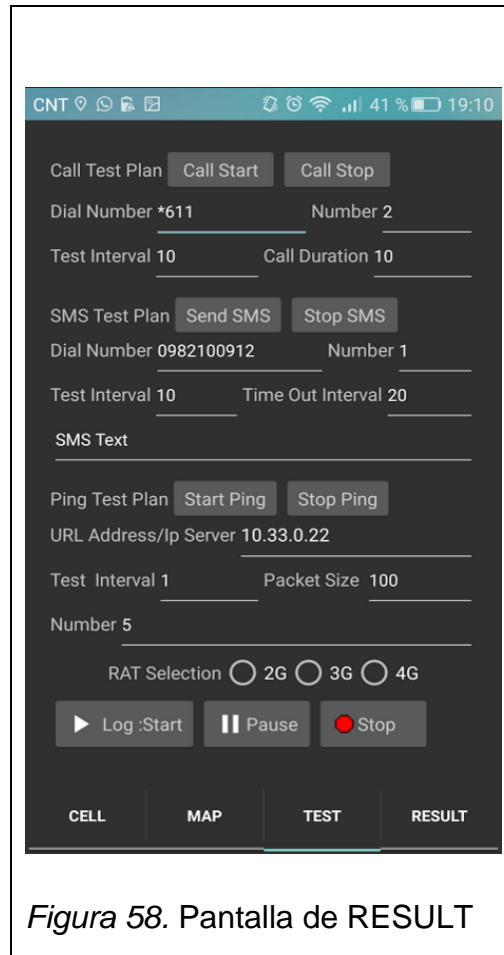


Figura 58. Pantalla de RESULT

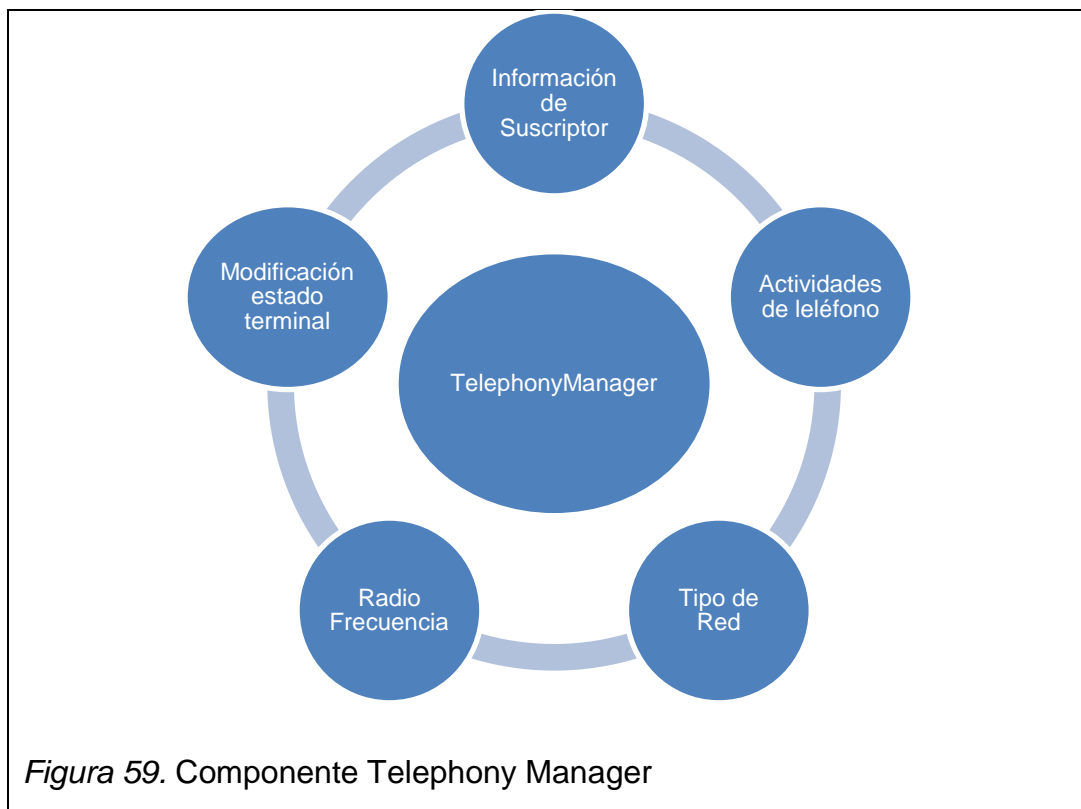
A continuación se detalla el diseño de las pantallas mencionadas anteriormente tomando en cuenta diagramas de flujo y las funciones respectivas del *API Android Telephony* usadas para la obtención de los parámetros de radio frecuencia.

4.2.1 Diseño de la pantalla principal

La pantalla principal denominada *CELL* contiene la información detallada de radio frecuencia medida por el terminal. La información es desplegada de acuerdo al tipo de tecnología a la que el dispositivo se conecte y los registros son almacenados y registrados cada vez que el terminal detecte un cambio significativo en la señal del dispositivo.

El componente clave para el acceso a los servicios de telefonía del dispositivo se llama *TelephonyManager* el cual provee de un conjunto de funciones para obtener la información del teléfono.

En la siguiente figura se resumen las funcionalidades del componente.



La siguiente línea de código Java es usada para instanciar las funcionalidades de *TelephonyManager*:

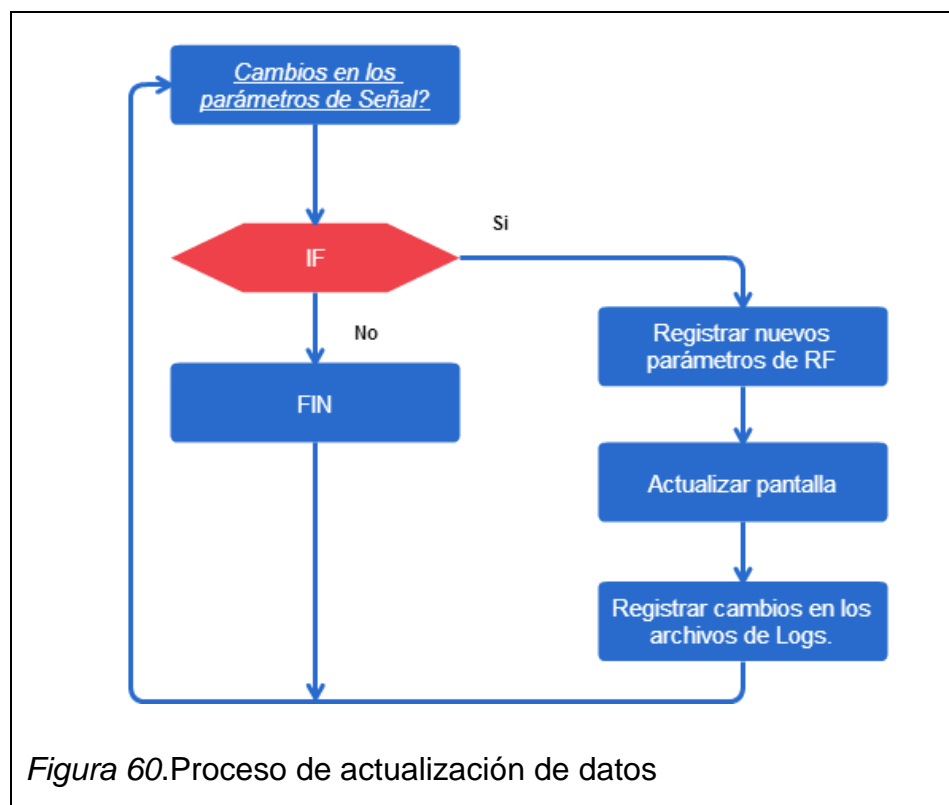
```
TelephonyManager = (TelephonyManager) getSystemService  
(Context.TELEPHONY_SERVICE);
```

(Android Developer, s.f.)

Para la detección de cambios en el ambiente de radio frecuencia es necesario implementar un proceso que monitoree estos. Implementando la función de *Listen* en el componente de *TelephonyManager* podemos registrar los cambios del ambiente de RF y tomar decisiones cuando ocurra este evento.

```
TelephonyManager: LISTEN_SIGNAL_STRENGTHS.
```


En el siguiente diagrama de flujo se determina el proceso para detectar los cambios en la cobertura de la señal en el terminal y registrarlos para el análisis posterior. Generalmente el terminal siempre se encuentra midiendo y detectando las variaciones en el medio de radio frecuencia ya sean de cobertura, calidad, servidoras, etc., por esta razón la aplicación debe actualizar sus datos cada vez que este evento sea reportado.



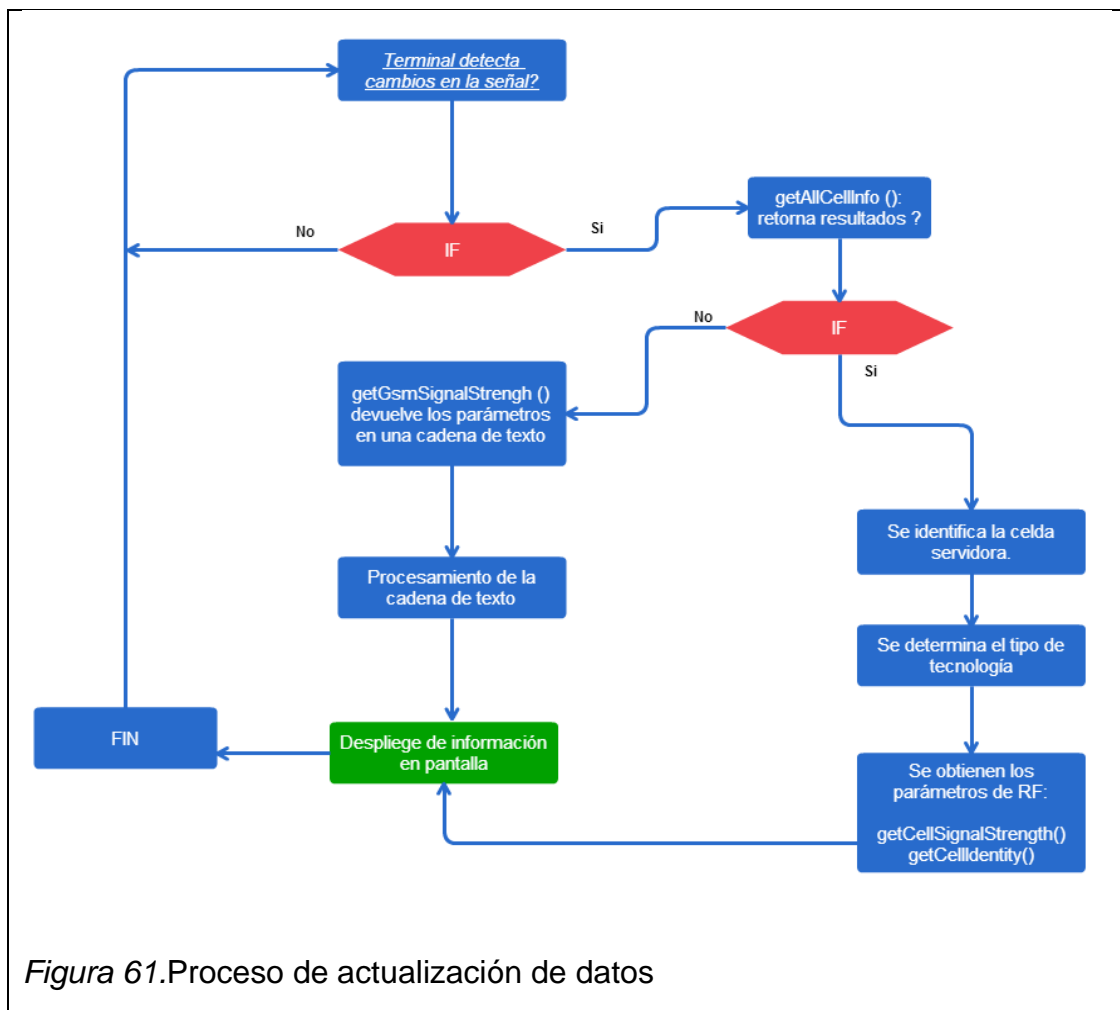
Existen varias funciones para la obtención de parámetros de radio frecuencias utilizadas por el componente de *TelephonyManager*. La aplicación debe detectar la función más adecuada para la colección de los parámetros de las celdas.

En el desarrollo de la aplicación se usan dos funciones principales:

- `getAllCellInfo ()`: devuelve la información del ambiente de RF de forma estructurada en librerías y funciones.

- `getGsmSignalStrength ()`: retorna los parámetros de RF en una cadena de texto la cual debe ser procesada por el aplicativo para separar cada parámetro.

El uso de las funciones depende estrictamente de como el fabricante del dispositivo desea comunicar los eventos del modem al sistema operativo *Android*, por este motivo se utiliza el siguiente diagrama de flujo para la selección de la función adecuada.



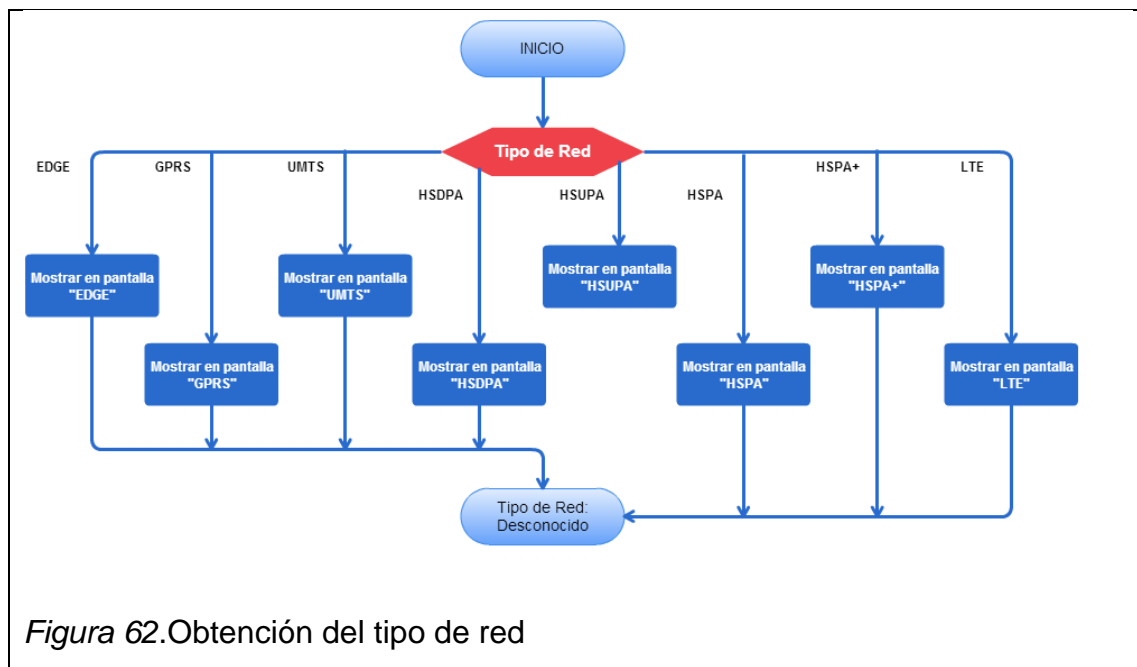
4.2.1.1 Obtención de parámetros de RF por tecnología

Para el procesamiento correcto de los parámetros de RF, es necesario reconocer la tecnología a la cual el terminal se ha registrado. En el Ecuador

principalmente operan las tecnologías *GSM (2G)*, *UMTS (3G)* y *LTE (4G)*, por lo tanto el terminal debe ser capaz de distinguir cada una de los parámetros de acuerdo a la tecnología. Para lograr este objetivo el *API* de telefonía de Android ha implementado la función de `getNetworkType()`, conjuntamente con el componente de *TelephonyManager*:

```
telephonyManager.getNetworkType().
```

En el siguiente diagrama de flujo se describe el procedimiento para obtener el tipo de red del terminal, implementando un condicional para mostrar un resultado en pantalla.



(JavaTPoint, s.f)

Una vez determinado el tipo de red, se procede a obtener los parámetros de cobertura, calidad, identificadores de celda, etc.

El parámetro de cobertura que mide la potencia de recepción del dispositivo es obtenido por las siguientes funciones:

- GSM RXQUAL (dBm): `CellSignalStrengthGsm. getCellSignalStrength ()`: obtiene el valor en decibelios de potencia.

- UMTS RSCP (dBm): `CellSignalStrengthWcdma.getCellSignalStrengt ()`: obtiene el valor de RSCP en decibelios de potencia.
- LTE RSRP (dBm): `CellSignalStrengthLte.GetCellSignalStrength ()`: obtiene el valor de RSRP en decibelios de potencia.

Los parámetros de calidad que miden la tasa de señal sobre interferencia para UMTS y LTE son obtenidos por las siguientes funciones:

- UMTS E_c/I_o (dB): `CellSignalStrengthWcdma [4]`, el número 4 indica la posición del carácter en el arreglo correspondiente al resultado de la función. Obtiene el valor de E_c/I_o en decibelios.
- LTE RSRQ (dBm): `CellSignalStrengthLte [12]`, el número 12 indica la posición del carácter del arreglo del resultado de la función. Obtiene el valor de RSRQ en decibelios.
- LTE SINR (dBm): `CellSignalStrengthLte [13]`, el número 13 indica la posición del carácter del arreglo del resultado de la función. Obtiene el valor de SINR en dB.

(Android Developer, s.f.)

Los parámetros de *Cell ID* son obtenidos por la función `getCellIdentity ().getCid ()` tanto para GSM, UMTS, LTE, pero deben ser diferenciados de acuerdo a la especificación del protocolo *3GPP*.

- GSM *Cell ID*: Para el parámetro de GSM no es necesario aplicar ningún procedimiento adicional, solo basta con llamar a la función `getCid`.
- UMTS *Cell ID*: Para el parámetro de UMTS se deberá aplicar las especificaciones del documento TS 4.01 donde se detalla que el *Cell ID* deberá obtenerse de la siguiente fórmula.

$$UMTS_{CID} = RNC_{ID} + C_{ID} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$$RNC_{ID} = UMTS_{CID}/65536 \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$C_{ID} = \text{Mod} (UMTS_{CID}, 65536) \quad (\text{Ecuación 17})$$

(ETSI TS 125 401, 2001, p.14)

- *LTE Cell ID*: la función `getCellIdentity().getCi()`, permite obtener el *Long_CellId* del cual se obtendrá el parámetro objetivo que identifica una celda LTE en toda la red. Se lo calcula de la siguiente forma:

$$eUTRAN_{CELLID} = eNodeB_{ID} + LocalCell_{ID} \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$eNodeB_{ID} = Long_{cid} / 256 \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$LocalCell_{ID} = \text{Mod}(Long_{cid}, 256) \quad (\text{Ecuación 20})$$

(Telecomsource, s.f.)

Los códigos de localización *LAC* (*Location Area Code*) para las redes *GSM/UMTS* y *TAC* (*Tracking Area Code*) para *LTE* se obtienen con la siguiente función:

- *GSM/UMTS LAC*: la función `getCellIdentity().getLac()`, permite obtener el código de *LAC*, el cual permite ubicar y diferenciar una zona geográfica con cobertura *GSM* o *UMTS*.
- *LTE TAC*: la función `getCellIdentity().getTac()`, permite obtener el código de *TAC*, el cual permite ubicar y diferenciar una zona geográfica con cobertura *LTE*.

Para obtener el nombre, el código de país (*MCC*) y el código de la operadora (*MNC*) en la que se encuentra registrado el terminal de prueba se usan las siguientes funciones:

- Nombre de la operadora: se obtiene de la función `telephonymanager.getNetworkOperatorName()`
- *MCC/MNC*: se obtienen de la función `telephonyManager.getNetworkOperator()`, para ello se debe separar la cadena de caracteres que retorna esta.

(Android Developer, s.f.)

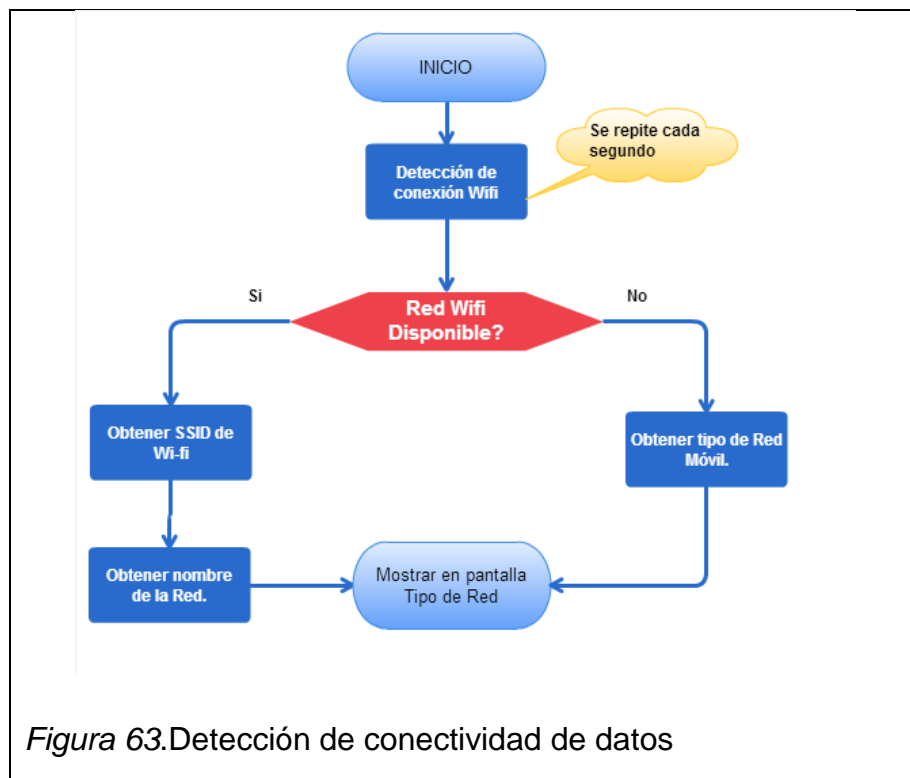
4.2.1.2 Obtención de parámetros de localización

Los parámetros de localización obtenidos con las funciones detalladas a continuación son de suma importancia en el desarrollo de esta aplicación, ya que estos permiten llevar un control acertado del terminal con respecto a su posicionamiento geográfico por medio del uso del *GPS*, el acelerómetro del equipo y la conexión a la red telefónica móvil o *Wi-Fi*.

- Latitud: para la obtención de este parámetro se usa la función `gpsTracker.getLatitude ()`.
- Longitud: para la obtención de este parámetro se usa la función `gpsTracker.getLongitude ()`.
- Velocidad: para la obtención de este parámetro se usa la función `gpsTracker.getSpeed ()`.
- Altitud: para la obtención de este parámetro se usa la función `gpsTracker.getAltitude()`.

4.2.1.3 Obtención de parámetros de conexión a red Wifi

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el procedimiento para determinar los datos de una conexión inalámbrica de tipo 802.11x, además de los pasos a emplear para obtener el tipo de conectividad, discriminando si esta corresponde a datos móviles o redes *Wifi*.



Para obtener información correspondiente a la red *Wifi* a la que se encuentra conectado el equipo se utiliza la función `wifiManager.getConnectionInfo ()`, la cual especifica información como nombre de la red y estado de la conexión y finalmente para registrar el nombre del SSID se utiliza la función `wifiManager.getConnectionInfo ().getSSID ()`.

(Android Developer, s.f.)

4.2.1.4 Obtención de valores de tasas de carga y descarga

En las librerías provistas por el *SDK de Android* se encuentra *TrafficStats*, la cual contiene funciones relacionadas con la medición del tráfico de datos a nivel de sistema operativo que consume el terminal ya sea por red móvil o *Wi-fi*.

Con lo mencionado anteriormente es posible medir el *throughput* en *kbps* en *uplink* y *downlink* de la siguiente forma:

Las funciones `getTotalTxBytes ()` y `getTotalRxBytes()` obtienen el volumen de bytes en *downlink* y *uplink* desde que el terminal fue encendido por última vez.

(Android Developer, s.f.)

Por lo tanto es necesario obtener el volumen de tráfico de *downlink* y *uplink* al inicio de la aplicación a través de las funciones detalladas anteriormente y almacenar su valor en variables para bits transmitidos y recibidos como se observa a continuación:

```
actualTxBits = TrafficStats.getTotalTxBytes() * 8;
```

```
actualRxBits = TrafficStats.getTotalRxBytes() * 8;
```

Una vez obtenido el volumen de tráfico inicial, se debe crear una tarea que obtenga los nuevos valores de tráfico en ambos canales con una frecuencia de muestreo de 1 segundo.

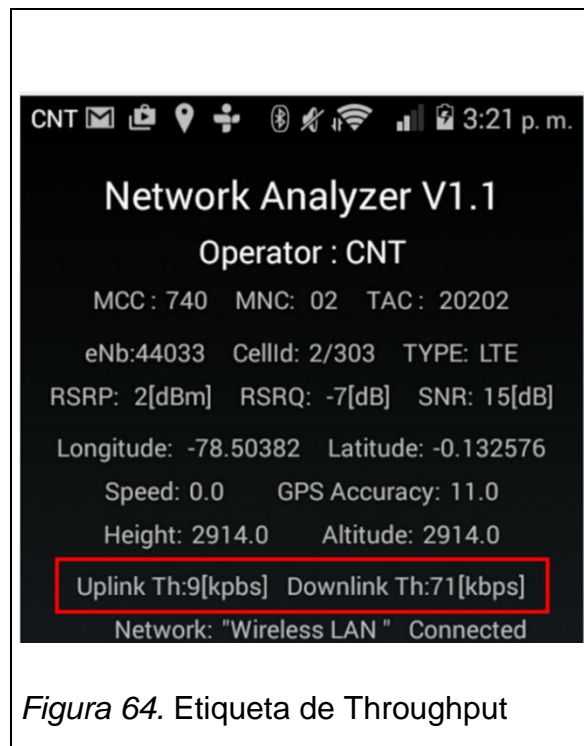
Cada vez que la tarea sea ejecutada, se calcula el nuevo valor de volumen de tráfico actual de la aplicación y se lo almacena en un espacio de memoria.

Finalmente para calcular el *throughput* en bits por segundo se debe restar los últimos valores de tráfico almacenados en memoria con los valores almacenados actuales.

$$\text{speedTx}[\text{bps}] = \text{VolumenTx}(n) - \text{VolumenTx}(n - 1) \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$\text{speedRx}[\text{bps}] = \text{VolumenRx}(n) - \text{VolumenRx}(n - 1) \quad (\text{Ecuación 22})$$

Una vez calculado las tasas de descarga, los resultados deberán ser convertidos a Kbps realizando la respectiva conversión. La aplicación será capaz de medir el *throughput* en kbps a nivel de terminal. Como se observa en la imagen a continuación la aplicación mide los valores tanto de downlink como uplink en un momento de envío y recepción de datos.



4.2.2 Diseño de la pantalla de MAP.

A continuación se detalla el diseño y desarrollo de la pantalla de *MAP* del aplicativo en la cual el usuario puede visualizar los cambios a nivel de radio frecuencia a medida que varía su ubicación geográfica.

Para el desarrollo de esta actividad se utilizó el *API V2* de *Google Maps*, el cual permite adaptar las herramientas de geolocalización de *Google* de acuerdo a la necesidad de la aplicación.

La base fundamental para la integración del *API* de *Google Maps* es la utilización del componente *googleMap*, el componente permite la visualización del mapa en el aplicativo.

```
mapView.getMap ( );
```

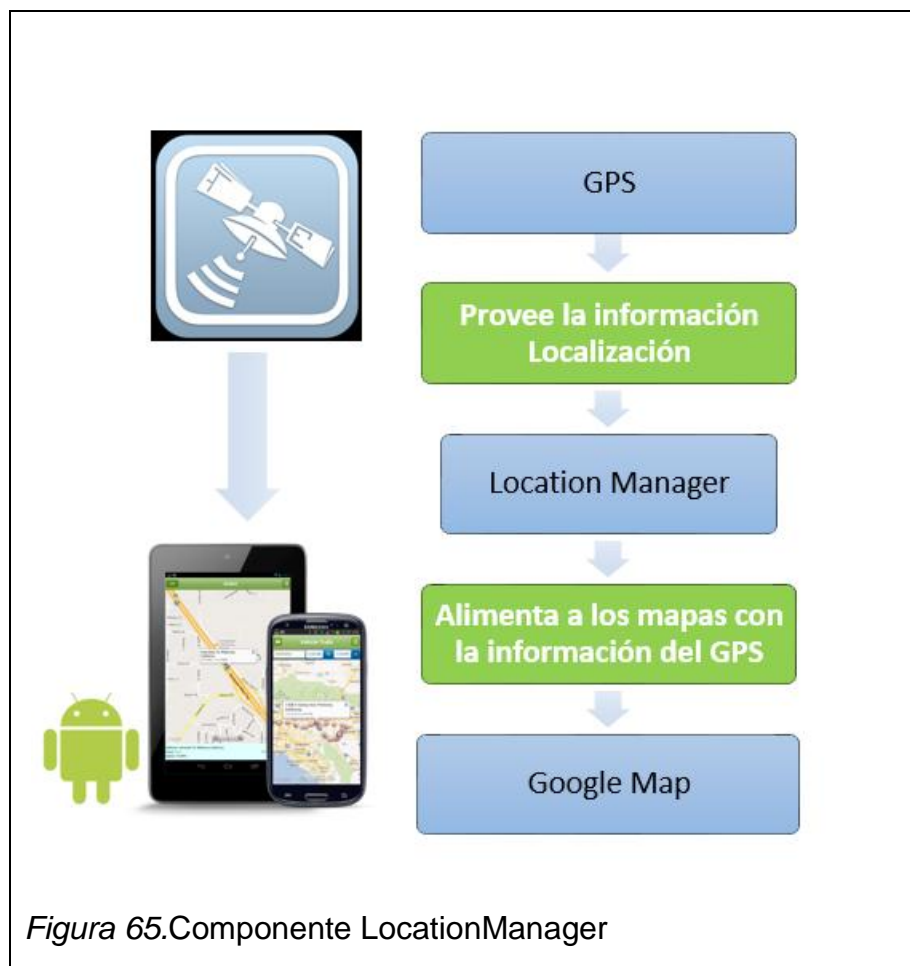
Es necesario adicionalmente usar los servicios de localización del terminal, para esto se llama al componente de *LocationManager* de *Android* el cual se transforma en la interfaz entre la aplicación y el dispositivo *GPS* del terminal.

Este componente determina la última ubicación del usuario ya sea por GPS, redes Wifi o celulares.

Las siguientes funciones son necesarias para proveer la localización del usuario:

```
locationManager.getLastKnownLocation
locationManager.getBestProvider
```

En la siguiente figura se describe un esquema que muestra la comunicación y los componentes para proveer de información de localización a los mapas de *Google*.



Para habilitar la actualización de las coordenadas geográficas es necesario llamar a las siguientes funciones:

- Actualización por un proveedor de GPS cuando la señal satelital pueda ser decodificada y recibida por el terminal. Se requiere especificar los tiempos y distancias mínimas para actualizar los mapas y ubicación actual.

```
locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.  
GPS_PROVIDER, minTime, minDistance);
```

- Actualización por un proveedor de red cuando la señal satelital no sea aceptable y se requiera usar una localización aproximada por redes celulares y Wi-fi.

```
locationManager.requestLocationUpdates(  
LocationManager.NETWORK_PROVIDER, minTime, minDistance);
```

- Para proveer de una localización más exacta el sistema operativo puede usar los dos proveedores de posicionamiento mencionados anteriormente (GPS y redes celulares/Wi-fi) al mismo tiempo.

Una vez descritos los parámetros principales para la alimentación de los mapas de Google, se detalla a continuación el muestreo de niveles de radiofrecuencia de manera conjunta con el posicionamiento del usuario, para lo cual es necesario que la pantalla de *Map* mantenga una comunicación con la pantalla principal, con la finalidad de extraer la información de los parámetros más importantes y así poder mostrar sus resultados.

En la siguiente figura se muestra el proceso de comunicación entre las dos pantallas.

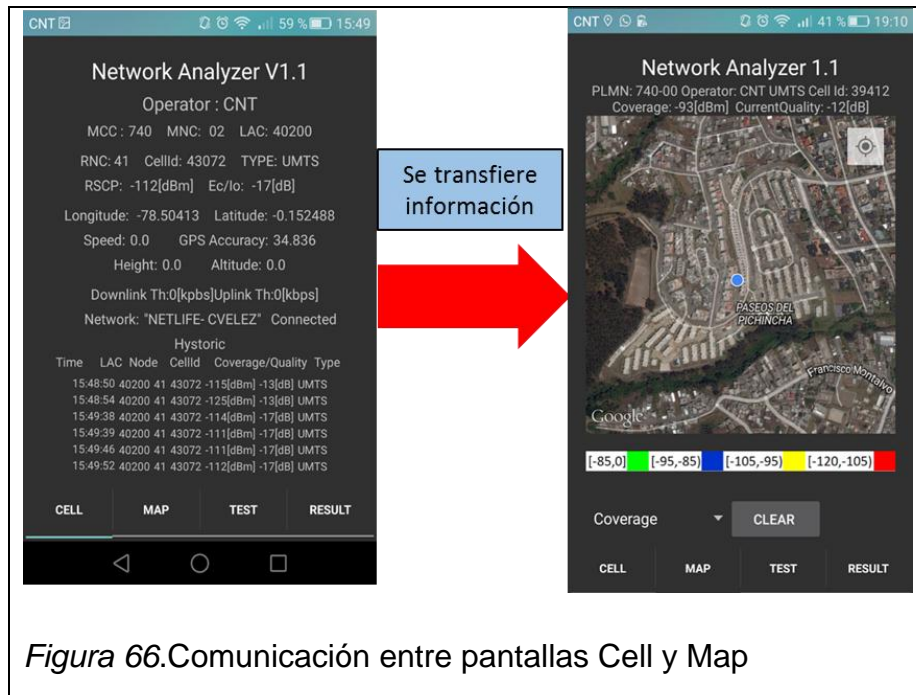
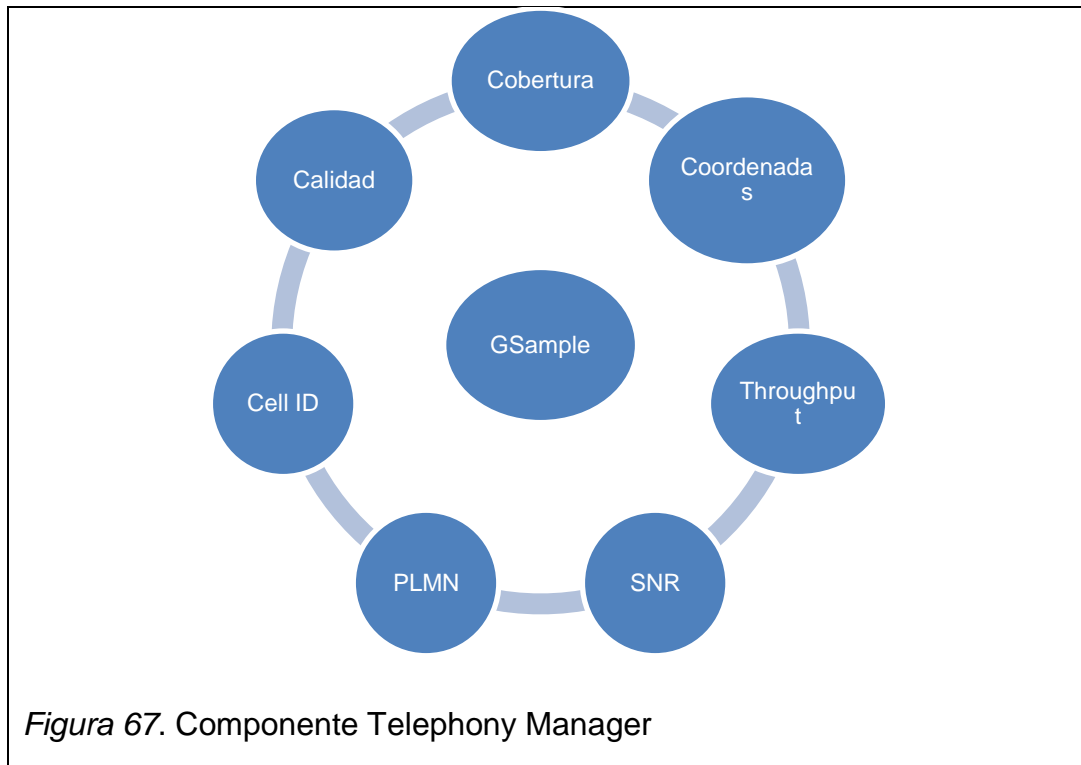


Figura 66. Comunicación entre pantallas Cell y Map

4.2.2.1 Detalle de algoritmo de muestreo

Para llevar a cabo el proceso de muestreo se define una entidad en el lenguaje de programación *Java* llamada *GSample*, la cual representa a cada muestra obtenida, misma que contiene: posición, cobertura, calidad, entre otros parámetros de red en un determinado instante de tiempo. Tal como se muestra en el siguiente diagrama de flujo, la muestra *GSample* se encuentra rodeada de todos los parámetros que contiene.



4.2.2.2 Obtención de las muestras geográficas

A través de la comunicación entre la interfaz *Cell* y la interfaz *Map*, es posible obtener y registrar los valores en el mapa de *Google*. Para lograr esto se implementa un algoritmo geográfico, el cual es ejecutado cada vez que la localización del usuario cambia. Debido a que la señal de RF se encuentra en variación constante, no es posible registrar cada cambio de la señal de acuerdo a cada cambio de ubicación del abonado.

Por este motivo se debe implementar el *binning* de las muestras que se refiere al proceso de convertir una muestra de señal continua en una señal discreta especificado por una variable de tiempo o distancia. El *binning* por distancia que se recomienda para *drive test* en la zona urbana es de 10 metros y la velocidad del vehículo no puede sobrepasar los 60 [Km/h] debido a que las muestras se verían afectadas, y para un *walk test* se ha tomado como referencia de *binning* una distancia de 2 [m].

Para obtener las muestras de acuerdo al *binning*, se debe realizar un cálculo que incluya todas las variaciones desde un instante de tiempo o distancia inicial

hasta un tiempo o distancia final definido por la configuración recomendada. La recomendación de los proveedores de equipos de red y de la ARCOTEL para la realización de *drive test* con un *binning* de distancia de 10[m] es aplicar un promedio de todas las muestras tomadas durante este intervalo de distancia, razón por la cual se ha implementado este procedimiento en la realización de esta aplicación.

(Huawei Technologies, 2010)

A continuación se detalla el algoritmo para la implementación de *binning* por distancia y el despliegue de las muestras en la pantalla de *Google Maps*.

Las muestras que entrarán en el *binning* son cobertura, calidad, SINR y tasas de *throughput*. La siguiente fórmula corresponde al cálculo de *binning* por distancia.

$$Avg_{sample} = \sum_{s=1}^{sf} \frac{(Coverage_{sn} [dBm])}{f} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

Sf: muestra final al cumplirse la condición del *binning*

Sn: muestra en un instante de tiempo

f: número de muestras totales en el *binning*.

En el código *Java* para la detección de cambios de la ubicación de usuario, se utiliza la función *onLocationChanged(Location location)* la cual monitorea cualquier cambio en las coordenadas geográficas del terminal de pruebas. Cada vez que la condición de *binning* se cumple se crea una entidad *GSample*, proceso explicado anteriormente.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso de obtención y despliegue de una muestra en el mapa de *Google Maps*, tomando como referencia que la velocidad promedio para un peatón es de 6 km/h.

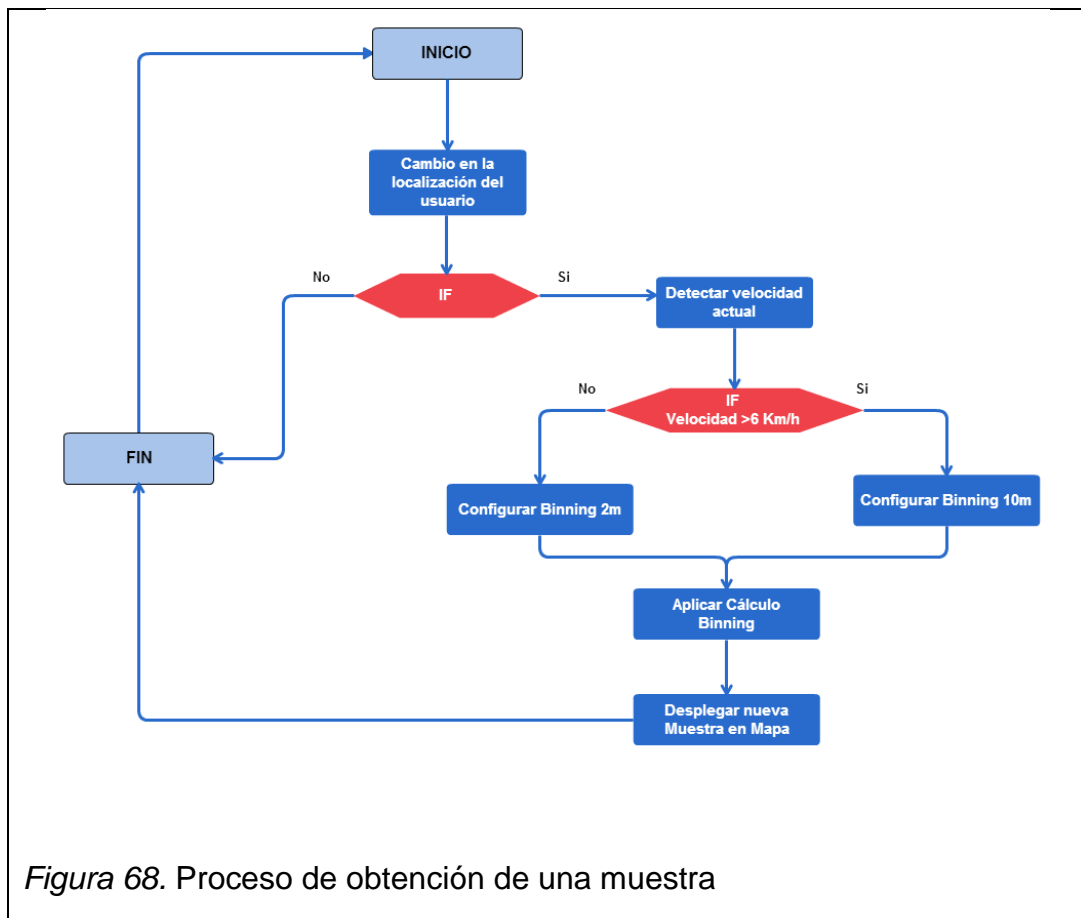
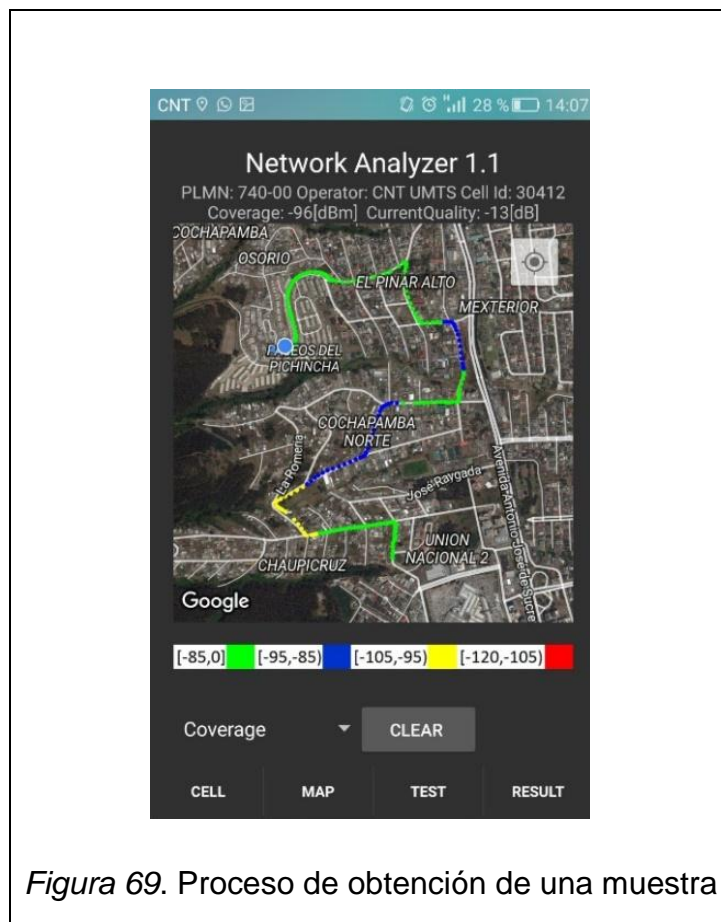


Figura 68. Proceso de obtención de una muestra

En la siguiente figura se observa el resultado de la implementación del algoritmo en la pantalla de *Google Maps* con su respectiva muestra y leyenda de acuerdo a las mediciones.



4.2.3 Diseño de las pantallas *Test* y *Result*

La pantalla *Test* implementa tres tipos de pruebas de medición de calidad de servicio, que son: prueba de llamadas, prueba de mensajes de texto y prueba de *ping*, las cuales permiten verificar estos servicios a la par del proceso de obtención de parámetros de red.

Además de estos tres tipos de *test plan* mencionados, se tiene la opción de seleccionar mediante *radiobutton* el tipo de tecnología móvil que se quiere usar para llevar a cabo las pruebas, es decir: 2G, 3G o 4G. Para complementar este proceso, se tiene la opción de grabar *logs*, la cual genera dos archivos distintos con extensión *.csv*, uno correspondiente a las muestras obtenidas en la pantalla principal y el segundo corresponde a las muestras tomadas en la pantalla *Map* de acuerdo al binning que se tiene programado, tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 70. Proceso de obtención de una muestra

A continuación se describe el funcionamiento de cada *test plan* y los resultados que se obtienen para cada uno.

4.2.3.1 Funcionamiento de *test* de llamadas y generación de resultados

Para la realización de pruebas de llamadas se dispone de varios parámetros configurables por el usuario, que son:

- **Dial Number:** Este parámetro corresponde al número de prueba que se usará para llevar a cabo el *test plan* de llamadas, generalmente para esta prueba se usa una central telefónica fija con la finalidad de descartar eventos de RF del destinatario.

- **Number:** Este parámetro indica el número de llamadas que se van a realizar en una prueba determinada.
- **Test Interval:** Esta opción permite configurar un intervalo de tiempo en un *test plan*, el cual es considerado a partir de la finalización de la última llamada hasta el inicio de la siguiente llamada.
- **Call Duration:** El tiempo de duración de la llamada se considera desde que inicia una llamada hasta que esta termina.

El proceso de llamadas requiere llamar a la función de *Android* de *Intent* la cual permite abrir procesos externos a la aplicación. Tomando en cuenta que el proceso de llamadas es externo, se requiere usar la siguiente línea de código para iniciarlo:

```
Intent i = new Intent (Intent.ACTION_CALL);
```

Existen tres estados en la plataforma de *Android* para detectar el estado de llamada del terminal, los cuales son necesarios para la implementación del proceso de este *test plan* y servirán para determinar el comienzo o fin de una nueva llamada. El cambio de estos estados permitirá detectar los *KPI* en el servicio de voz:

- **CALL_STATE_OFFHOOK:** terminal se encuentra en una llamada activa.
- **CALL_STATE_RINGING:** llamada en proceso de establecimiento o en estado timbrando.
- **CALL_STATE_IDLE:** dispositivo sin ningún proceso de servicio de voz.

Para finalizar la llamada por medio del *test plan* se usa la siguiente función:

```
methodEndCall.invoke (telephonyInterface);
```

En la siguiente figura se detalla el proceso de generación de llamadas donde se detectan fallas, tiempos de establecimiento, llamadas exitosas y llamadas caídas. Los resultados de este *test plan* se guardan en la pantalla de *Result*

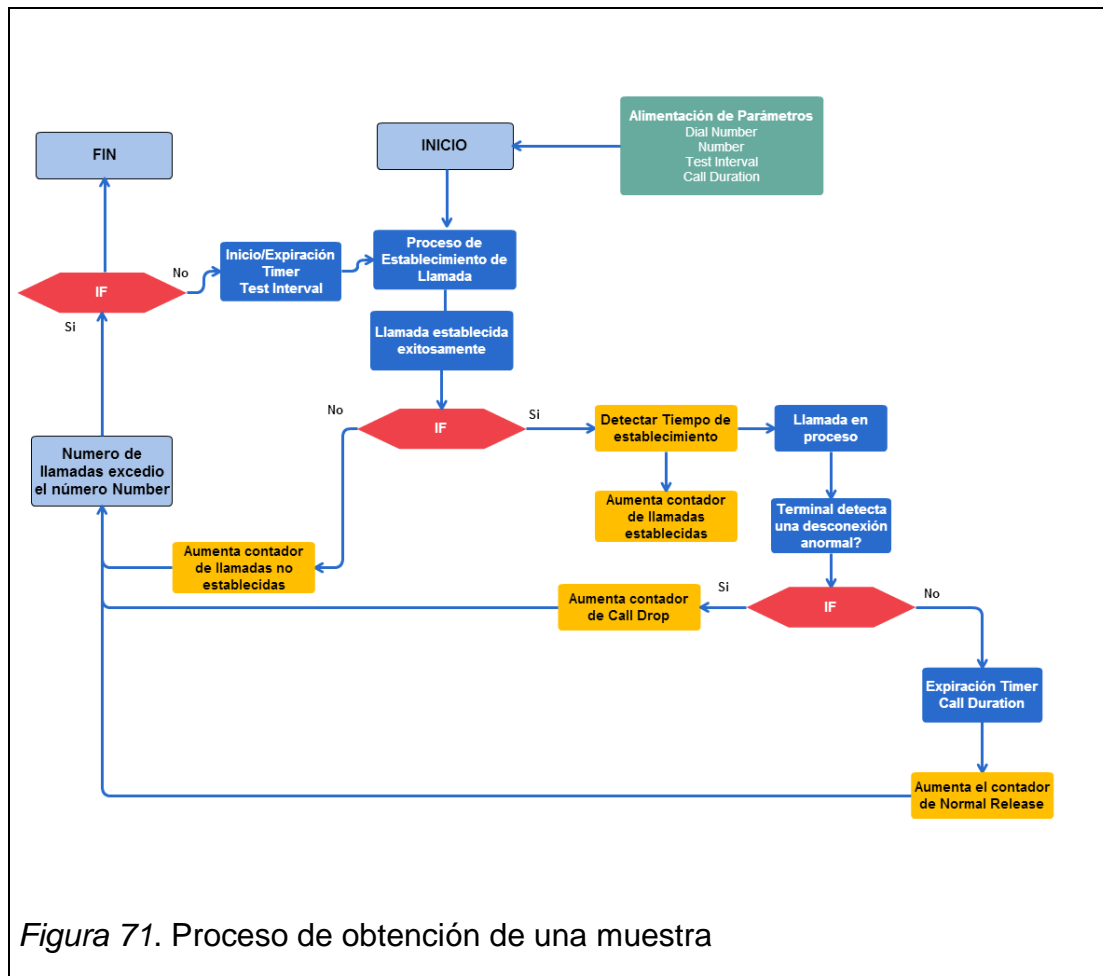


Figura 71. Proceso de obtención de una muestra

4.2.3.2 Funcionamiento de test de mensajes de texto y generación de resultados

Los parámetros a configurar para llevar a cabo una prueba de mensajes de texto se detallan a continuación:

- **Dial Number:** Este parámetro corresponde al número de prueba que se usará para llevar a cabo el *test plan* de mensajes de texto que necesariamente debe ser un número celular.
- **Number:** Este parámetro indica el número de mensajes de texto que se van a realizar en una prueba determinada.

- **Test Interval:** Esta opción permite configurar un intervalo de tiempo en una *test plan* de mensaje de texto, mismo que es tomado en cuenta a partir del momento que se envía el mensaje anterior.
- **Time Out Interval:** Este parámetro permite configurar un tiempo de espera aceptable para el envío de un mensaje de texto, si el tiempo sobrepasa este parámetro se define como un SMS fallido.

Para la implementación de envío de mensajes de texto de forma automática de acuerdo a las necesidades del *test plan* es necesario utilizar el componente de *SMSManager* el cual permitirá controlar la funcionalidad de SMS del dispositivo. El proceso de envío de mensajes de texto se implementa con la siguiente función:

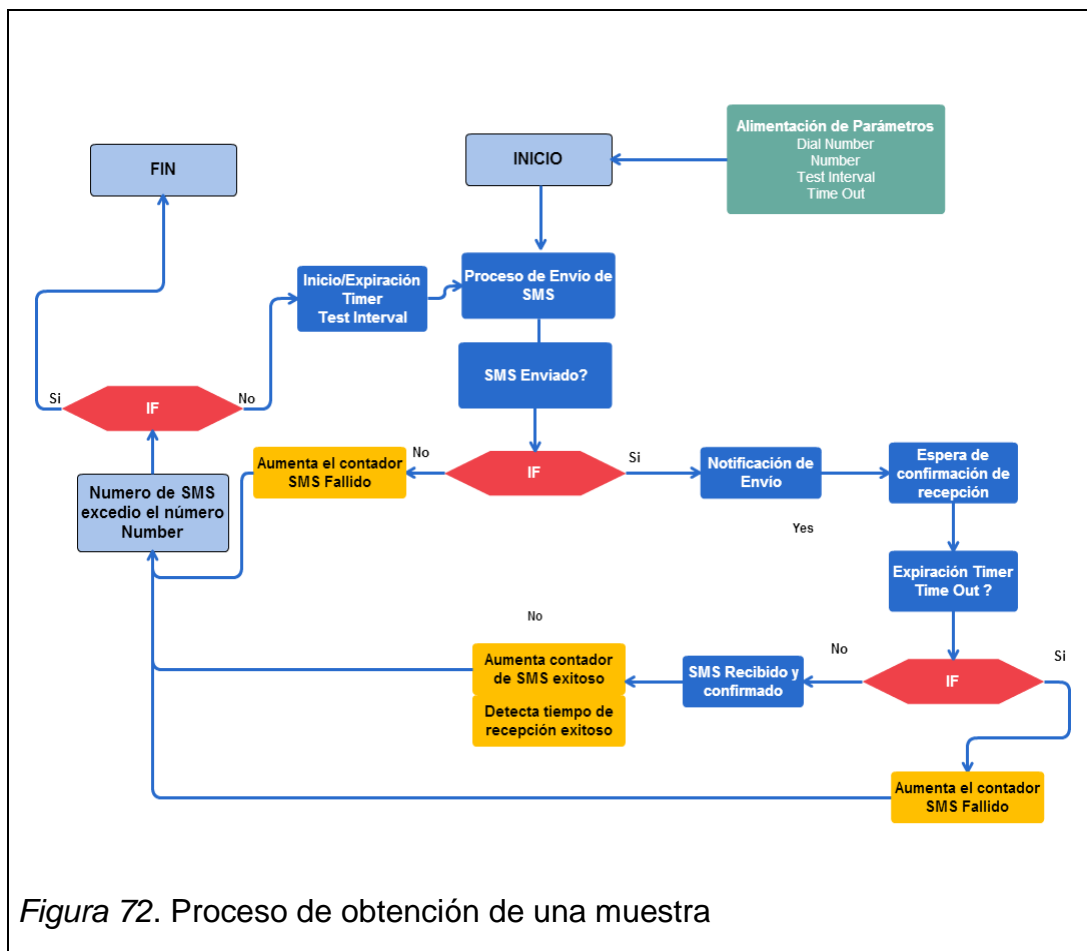
```
smsManager.sendMessage (Number, Contenido, SENT,
DELIVERED) ;
```

Como se aprecia en la implementación del código, esta función requiere de los procesos *SENT* y *DELIVERED* los cuales monitorean los procesos de envío y confirmación de los mensajes de texto.

En el proceso se puede detectar las siguientes fallas y eventos de SMS por las siguientes causas, llamando a la función de *getResultCode ()* la cual retorna un estado del proceso y puede ser comparada con las constantes de retorno del componente de *SMSManager*

- *Activity.RESULT_OK*: mensaje SMS enviado
- *SmsManager.RESULT_ERROR_GENERIC_FAILURE*: falla genérica
- *SmsManager.RESULT_ERROR_NO_SERVICE*: falla terminal sin servicio
- *SmsManager.RESULT_ERROR_NULL_PDU*: falla debido a error en el contenido del SMS.
- *SmsManager.RESULT_ERROR_RADIO_OFF*: falla debido a fallas de RF, desconexión de *radio link*.

En la siguiente figura se detalla el proceso de envío y recepción de SMS.



4.2.3.3 Funcionamiento de test de ping y generación de resultados

- **URL Address / Ip Server:** Este parámetro permite configurar una dirección URL o ip destino para realizar una prueba de *ping*.
- **Packet Size:** Permite configurar el tamaño del paquete a ser enviado en cada *ping*.
- **Test Interval:** Esta opción permite configurar un intervalo de tiempo entre cada *ping* enviado.
- **Number:** Corresponde al número de *pings* a enviar en un *test plan*.

Para la implementación de esta función se necesitan utilizar las funciones del *kernel* de Linux sobre el sistema operativo *Android*.

El proceso de *ping* se crea a partir de la siguiente función:

```
Runtime.getRuntime().exec(cmd)
```

Donde la variable *cmd* es el comando que se ingresa al sistema operativo de Linux como se detalla a continuación.

```
Ping [-c count] [-i interval] [-s packetsize] [-W timeout]
destination
```

Este comando retorna la información de *PING* como tiempos de RTT o estatus de éxito. Para obtener esta información, se usa la siguiente función:

```
process.getInputStream ();
```

En la siguiente figura se especifica el flujo del proceso de *PING* implementado en la aplicación.

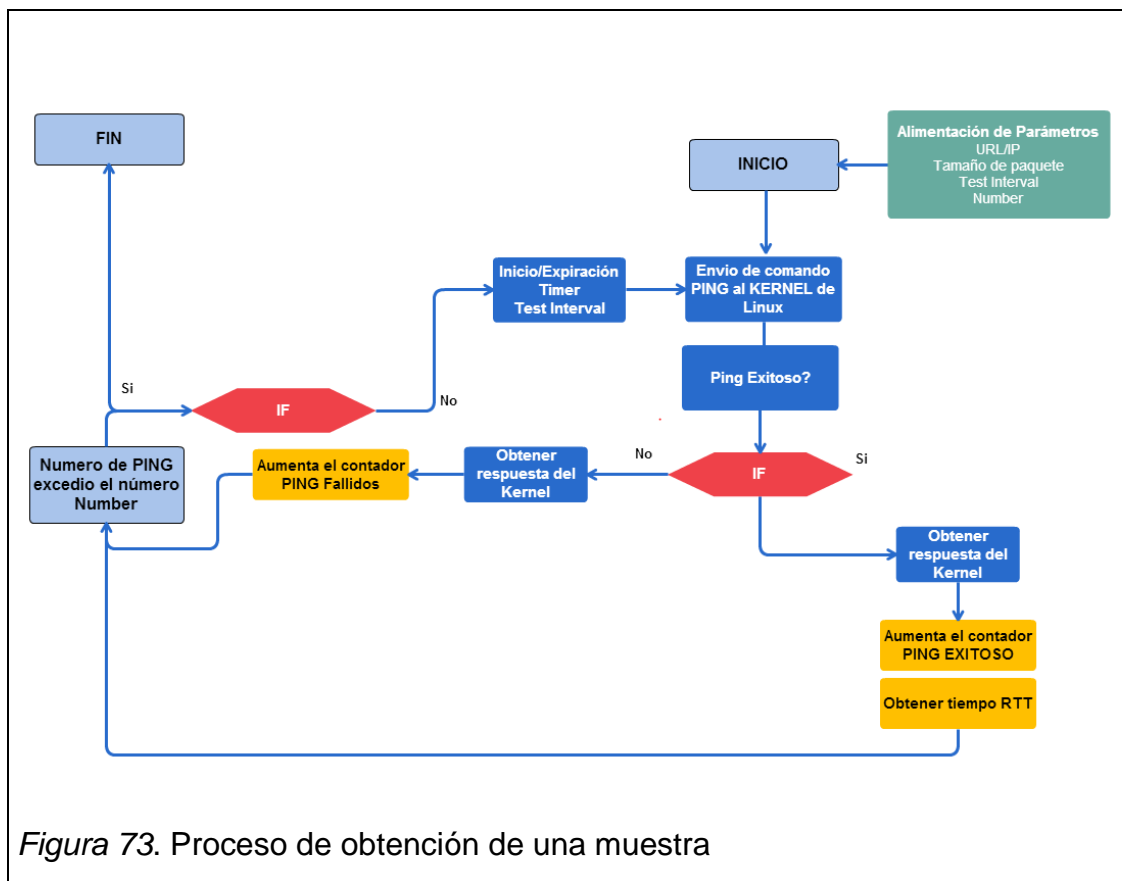


Figura 73. Proceso de obtención de una muestra

4.3 Requerimientos de seguridad del aplicativo

La estructura de archivos de la aplicación se encuentra alojada en la raíz el archivo *AndroidManifest.xml*, en el cual se encuentra además toda la configuración de la aplicación.

Una parte fundamental para el correcto funcionamiento de la aplicación es la definición explícita de las políticas de seguridad que rigen sobre las funcionalidades de esta, tales como: accesos a información de radio frecuencia, permisos de lectura, escritura de directorios, entre otras.

A continuación se describen brevemente los permisos de seguridad del archivo *AndroidManifest.xml*:

- **MAPS_RECEIVE:** Acceso a servicios de mapas de Google.
- **READ_GSERVICES:** Modificación de servicio de mapas de Google.
- **READ_PHONE_STATE:** Acceso de lectura al estado del terminal.
- **ACCESS_COARSE_LOCATION:** Acceso a una localización aproximada usando las redes celulares o Wifi.
- **ACCESS_FINE_LOCATION:** Acceso a una localización exacta usando GPS conjuntamente con las redes celulares o Wifi.
- **ACCESS_COARSE_UPDATES:** Actualizaciones de ubicación por redes celulares o Wifi.
- **ACCESS_NETWORK_STATE:** Permiso de lectura del estado de la red móvil o Wifi.
- **CHANGE_NETWORK_STATE:** Permiso de escritura del estado de la red móvil o Wifi.
- **INTERNET:** Acceso a servicios de internet por parte de la aplicación.
- **ACCESS_WIFI_STATE:** Acceso de lectura de Wifi.
- **WRITE_EXTERNAL_STORAGE:** Permiso para que la aplicación almacene información temporal o permanente en el dispositivo de almacenamiento externo del terminal. (Mednieks, Dornin, Meike y Nakamura, 2012, p.84)

5. EVALUACIÓN DE CALIDAD ZONA VIP UIO MEDIANTE EL APLICATIVO NETWORK ANALYZER

En este capítulo se detallan las pruebas de control de calidad del servicio móvil avanzado SMA realizadas en la ciudad de Quito con el aplicativo *Network Analyzer*. La zona de Quito, donde se realizan las mediciones de calidad de servicio es la zona centro norte de la ciudad que comprende desde la avenida Naciones Unidas hasta la avenida Rio Coca. Por medio de *Drive Test* y puntos estáticos seleccionados se tiene como objetivo principal evaluar la calidad de servicio de la red de CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) tanto LTE como WCDMA.

5.1 Test plan de pruebas

En la evaluación de calidad se utilizó el siguiente terminal *smartphone* el cual posee un sistema operativo *Android* compatible con la aplicación implementada y trabaja con las bandas de CNT WCDMA (1900 [MHz]) y LTE (2100 [MHz]). Sus características se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 25. Especificación del UE

Terminal-UE: Huawei P8	
Sistema Operativo	Android™ 5.0
Redes	LTE: B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B12/B17/B18/B19/B20/B25/B26/B28 UMTS: 800(B6,Japan)/800(B19,Japan)/850/900/1700/1900/2100MHz GSM 850/900/1800/1900MHz
GPS	GPS/A-GPS/Glonass/BDS
Conectividad	Wi-Fi 2.4GHz b/g/n with Wi-Fi Direct support BT 4.1+LE MicroUSB (USB de alta velocidad)

Tomado de Huawei Technologies Co., Ltd., sf

Para el acceso a la red móvil es necesario el uso de una SIM CARD *USIM* de pruebas con perfil ilimitado y acceso a los servicios LTE y WCDMA.

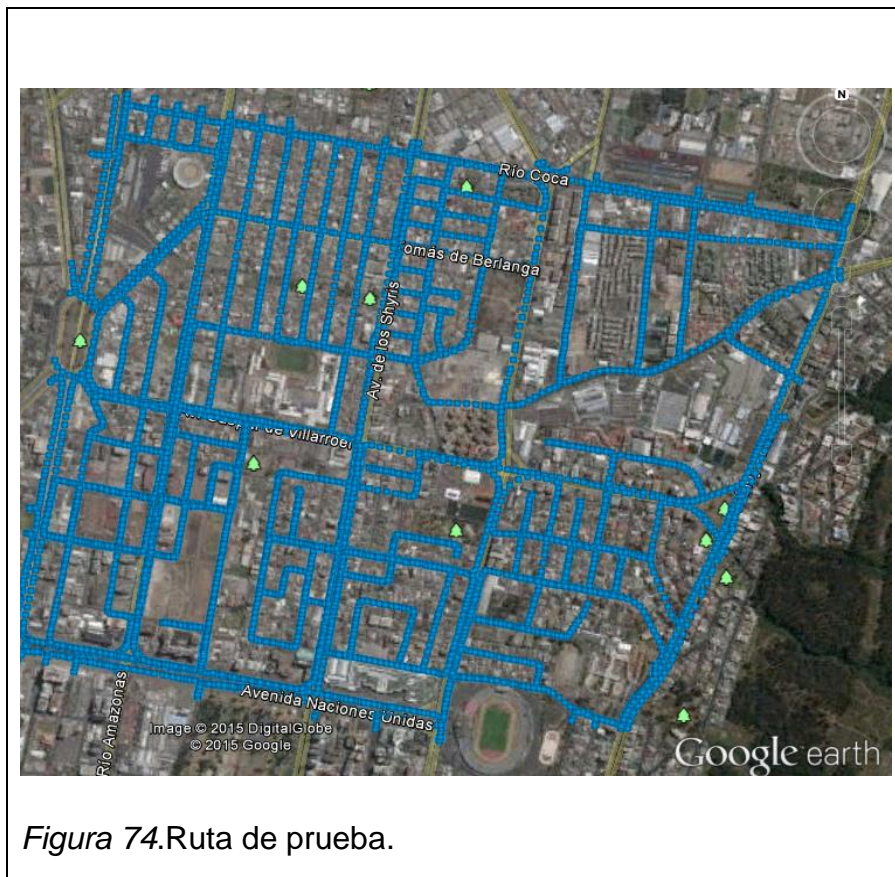
Tabla 26. Especificación de la USIM

USIM CNT: Perfil de pruebas abierto LTE-WCDMA	
IMSI	7400201406922xx
MSIDN	996463366
Perfil DL	Limitado a las condiciones de radio LTE-UMTS. Hasta 150 [Mbps] Categoría IV
Perfil UL	Limitado a las condiciones de radio LTE-UMTS. Hasta 50 [Mbps] Categoría IV

En los siguientes puntos se detallan la configuración de las tareas tanto para los puntos estáticos como *drive test*.

5.1.1 Recorrido de *drive test*.

Para evaluar la calidad de servicio de un operador móvil, es necesario realizar rutas dentro de zonas comerciales de alto tráfico de voz y datos con el objetivo de evaluar las condiciones de radio más reales para el usuario final. Por este motivo se presenta la siguiente ruta como piloto dentro de la ciudad de Quito.



Como se aprecia en la figura 72 la ruta piloto contiene las calles accesibles comprendidas en los siguientes límites:

NORTE: Avenida Río Coca

SUR: Avenida Naciones Unidas

ESTE: Avenida Eloy Alfaro

OESTE: Avenida 10 de Agosto.

Se debe considerar que para la obtención de resultados confiables, es recomendable que el vehículo no exceda una velocidad de 60 [Km/h].

5.1.2 Test plan drive test.

La ruta de prueba expuesta anteriormente se la realizó dos recorridos cada uno comprende las tecnologías LTE y WCDMA. En la siguiente tabla se detallan las fechas de realización de las siguientes rutas.

Tabla 27. Fecha y tiempos de drive test.

Rutas de Prueba	
Ruta 4G	27 de Octubre 2015 (00:00-01:00)
Ruta 3G	27 de Octubre 2015 (10:00-18:00)

En las pruebas para evaluar el ambiente de RF (cobertura, calidad y servidores) se utilizó una tarea continua de datos *downlink* FTP para las tecnologías LTE y WCDMA a lo largo del recorrido, tomando en cuenta la siguiente configuración de dicho protocolo y considerando que dicho servidor es dedicado para las pruebas de calidad de la red móvil de la empresa CNT.

Tabla 28. Configuración del protocolo FTP.

Test Plan FTP	
IP del Servidor	10.33.0.22
Archivos Simultáneos	10
Tamaño de Archivo para prueba LTE	1 [GB]
Tamaño de Archivo para prueba WCDMA	100 [MB]
Tipo de descarga	Continua

5.1.3 Test plan puntos estáticos.

Para evaluar los indicadores de servicios de voz, SMS y latencia PING se realizaron cinco puntos estáticos distribuidos a lo largo de la ruta de *drive test*.



Figura 75. Puntos estáticos dentro de la ruta.

En la siguiente tabla se detalla los puntos estáticos con sus respectivas coordenadas.

Tabla 29. Lista de puntos estáticos.

No.	PUNTO ESTATICO	COORDENADAS	
		LON	LAT
P1	UDLA GRANADOS	-78.472906°	-0.167806°
P2	UDLA QUERI	-78.472631°	-0.170095°

P3	QUICENTRO SHOPPING	-78.478241°	-0.176757°
P4	CENTRO COMERCIAL CCI	-78.485750°	-0.175522°
P5	PLAZA DE TOROS	-78.484199°	-0.163283°

En cada punto estático se ejecutó los siguientes servicios con la configuración correspondiente para realizar la evaluación de los indicadores detallados en el capítulo II.

Para la prueba de SMS se realizó 20 pruebas por cada punto con un intervalo de 30[s] cada prueba hacia un número de destino móvil.

Tabla 30. Configuración test plan SMS.

Servicio	Pruebas por Punto	Intervalos Por Prueba	Intervalo de Timeout	Número destino
SMS	20	30[s]	15[s]	0969062573 CNT

Las pruebas de llamadas se realizan 20 intentos de establecimiento por punto con un intervalo de 30[s] y duración de 60[s] para validar la retenibilidad de la llamada. Se considera un número de destino fijo una central telefónica para descartar eventos anormales de RF que se generen con un destinatario móvil.

Tabla 31. Configuración test plan llamadas.

Servicio	Pruebas por Punto	Intervalos Por Prueba	Intervalo de Timeout	Duración De Llamada	Número destino
Llamada CS	20	30[s]	15[s]	60[s]	022999999

Las pruebas de PING se realizaran hacia un servidor interno a la red móvil de CNT donde se evalúa la latencia del servicio de datos. Se realizan 50 pruebas con un intervalo de 1[s] y un tamaño de paquete ICMP de 56 [bytes].

Tabla 32. Configuración test plan PING.

Servicio	Pruebas por Punto	Intervalos Por Prueba	Servidor Destino	Tamaño Paquete
PING 3G/4G	50	1[s]	10.33.0.22	56 [bytes]

5.2 Evaluación de *drive test*

El siguiente análisis muestra los resultados de las pruebas de *drive test* donde se evaluó los parámetros de la red en movimiento como cobertura, calidad, servidores y *throughput downlink*.

5.2.1 Evaluación de cobertura.

El siguiente análisis muestra el resultado de la colección de información de la herramienta de medición para el parámetro de cobertura RSCP durante todo el recorrido.

5.2.1.1 Cobertura RSCP WCDMA.

El resultado de las pruebas de cobertura RSCP se tiene el siguiente resultado.

Tabla 33. Resumen cobertura RSCP

Servicio	RSCP Promedio [dBm]	RSCP Máximo [dBm]	RSCP Mínimo [dBm]
Datos FTP WCDMA	-65.51	-36	-98.09
% Muestras > -85 [dBm] Cumplimiento ARCOTEL Voz	98% Comentario: Cumple		
% Muestras > -80 [dBm] Cumplimiento ARCOTEL Datos	92% Comentario: No Cumple		

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador)

En el siguiente gráfico se presenta los resultados de colección de cobertura 3G durante todo el recorrido de drive test.

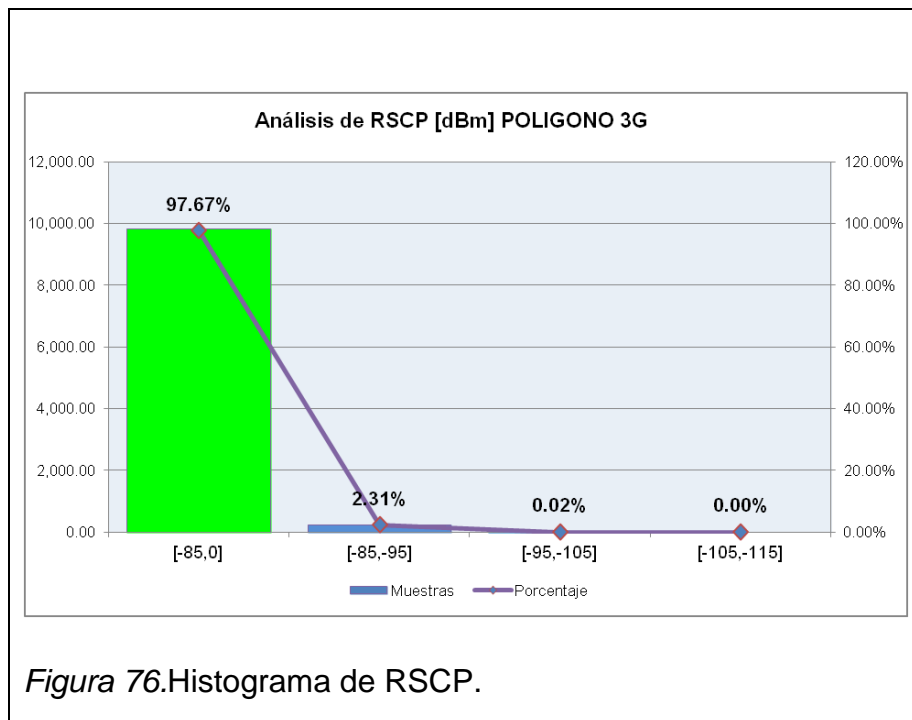


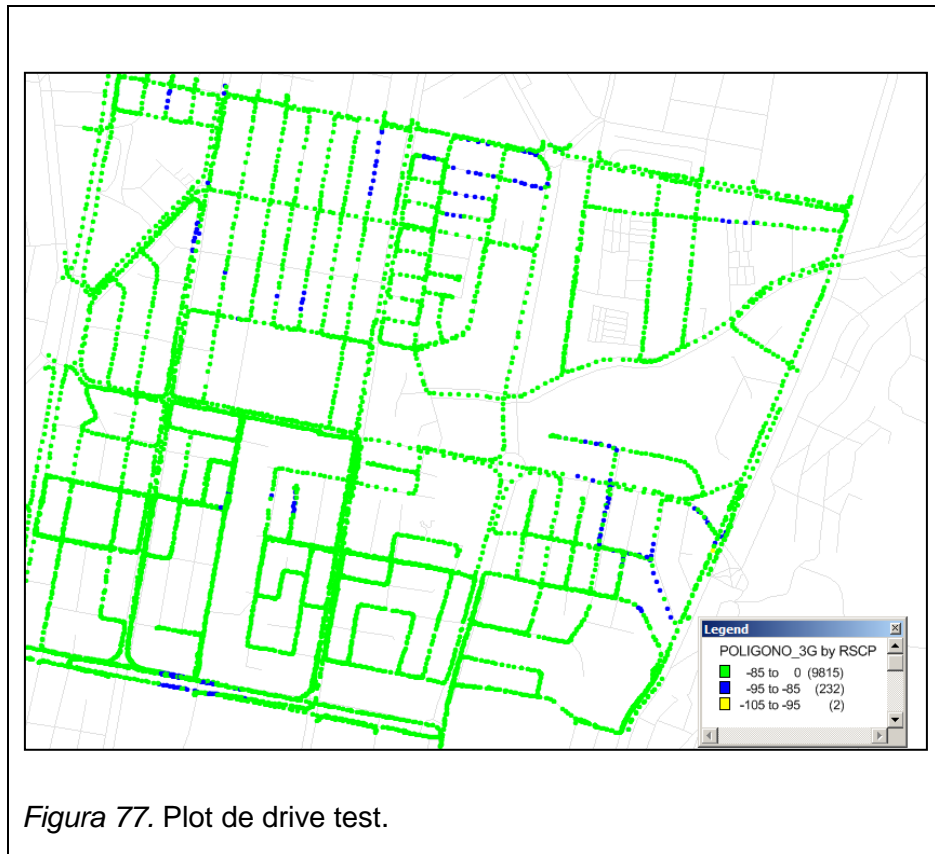
Tabla 34. Número de muestras RSCP

Rango RSCP [dBm]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq -85$	9815	97.67%	Verde
$-85 > x \geq -95$	232	2.31%	Azul
$-95 > x \geq -105$	2	0.02%	Amarillo
$x < -105$	0	0.00%	Rojo

En la siguiente figura se observa el plot de drive test, se observa en su totalidad que las muestras se encuentran dentro de una cobertura óptima, es decir hasta los -85 [dBm] de RSCP. Se concluye que a nivel de cobertura WCDMA se cumple que más 95% de las muestras garantizan un excelente servicio para voz. Sin embargo el requerimiento de la ARCOTEL especifica una cobertura mayor a -80 [dBm] en el 95% de la ruta para un servicio de datos, sin embargo

el valor determinante en el *throughput* de datos es el parámetro de calidad Ec/Io.

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador



5.2.1.2 Cobertura RSRP LTE.

Con respecto a la cobertura RSRP se tienen valores buenos hasta el 99.65% de muestras del polígono. Evidenciando la disponibilidad del servicio LTE.

Tabla 35. Resumen cobertura RSRP

Servicio	RSRP Promedio [dBm]	RSRP Máximo [dBm]	RSRP Mínimo [dBm]
Datos FTP LTE	-86.96	-60	-98
% Muestras > -110[dBm] Sugerencia propuesta	99.65% Comentario: Cumple		

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador)

Los niveles de RSRP obtenidos del recorrido se detallan a continuación.

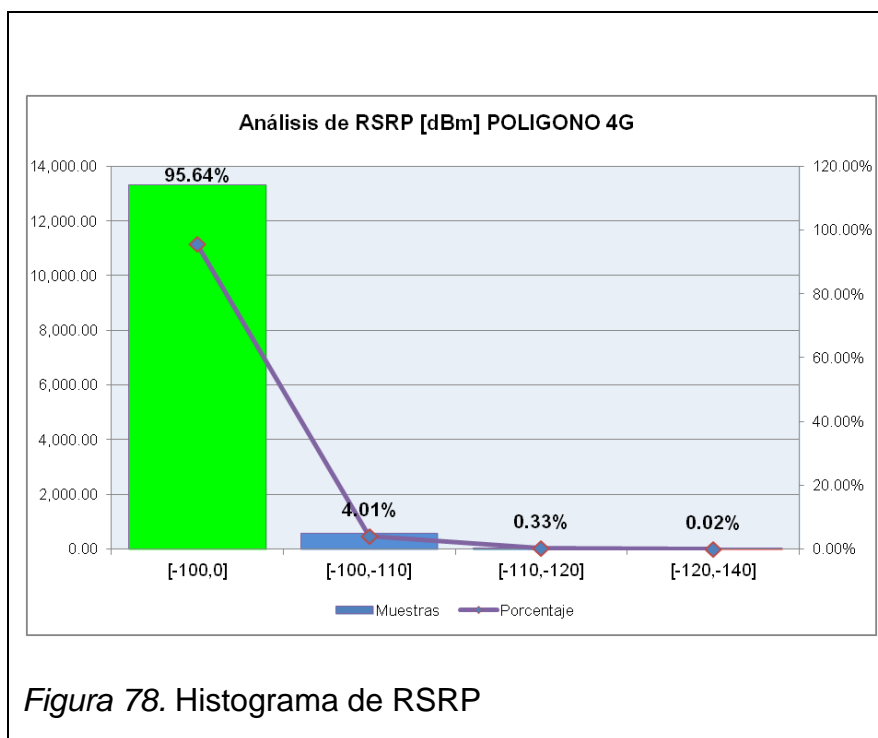
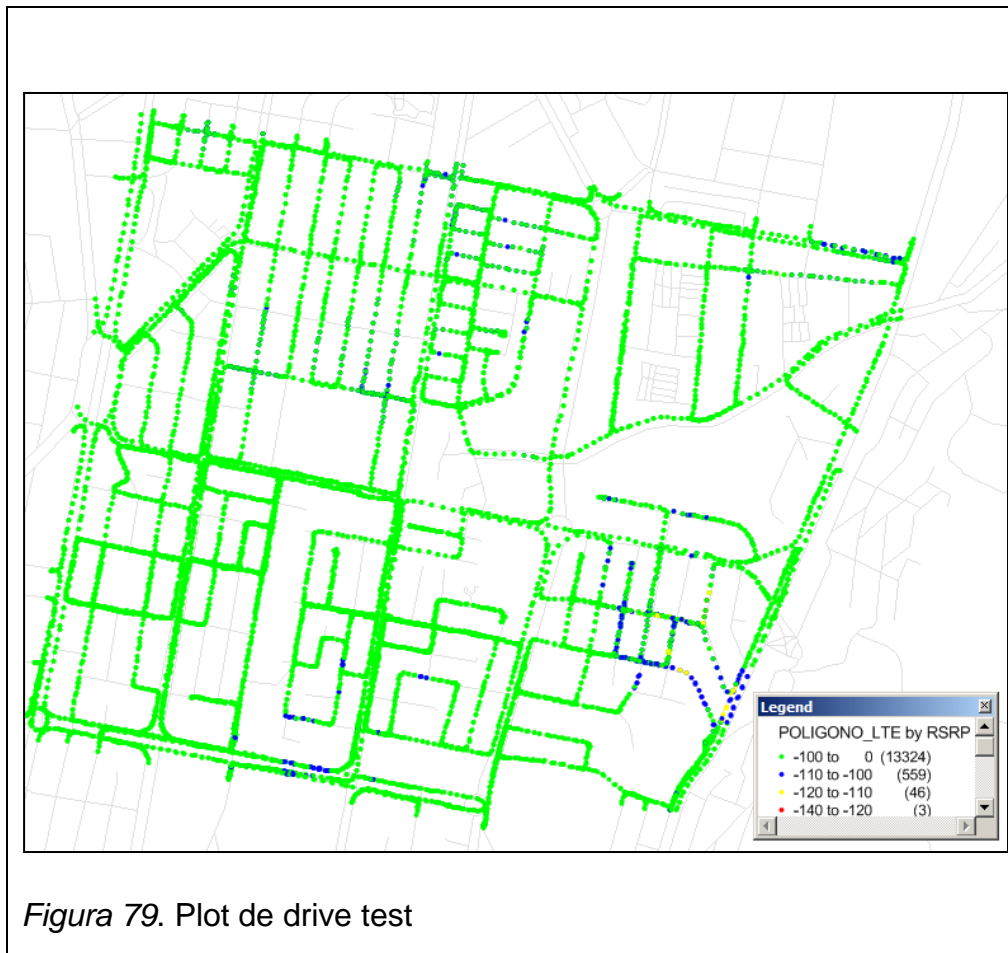


Tabla 36. Número de muestras RSRP

Rango RSRP [dBm]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq -100$	13324	95.64%	Verde
$-100 > x \geq -110$	559	4.01%	Azul
$-110 > x \geq -120$	46	0.33%	Amarillo
$x < -120$	3	0.02%	Rojo

El análisis de cobertura RSRP se observa una cobertura LTE aceptable, por lo que se puede asegurar la permanencia de los terminales en la red de datos 4G en casi la totalidad del recorrido. El número de muestras RSRP superiores a los -110 dBm es de 99.65%. Aunque el valor target de RSRP de hasta -110 dBm no se encuentra definido en el Anexo D de la ARCOTEL, varios *vendors* a nivel mundial utilizan esta recomendación de cobertura límite LTE.

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador)



5.2.2 Evaluación de calidad de señal.

El siguiente análisis se enfoca en las mediciones de los parámetros de calidad de las redes WCDMA y LTE respectivamente.

5.2.2.1 Evaluación calidad WCDMA.

La evaluación de calidad E_c/I_0 de la ruta presenta valores aceptables logrando obtener un promedio de -8.86 [dB], los resultados garantizan el servicio de voz y datos.

Tabla 37. Resumen calidad Ec/lo

Servicio	Ec/lo Promedio [dB]	Ec/lo Máximo [dB]	Ec/lo Mínimo [dB]
Datos FTP WCDMA	-8.86	-4	-23.53
% Muestras > -14 [dB] Cumplimiento ARCOTEL Voz	98% Comentario: Cumple		
% Muestras > -12 [dBm] Cumplimiento ARCOTEL Datos	94% Comentario: No Cumple		

La siguiente figura muestra la distribución de las muestras de Ec/lo en [dB].

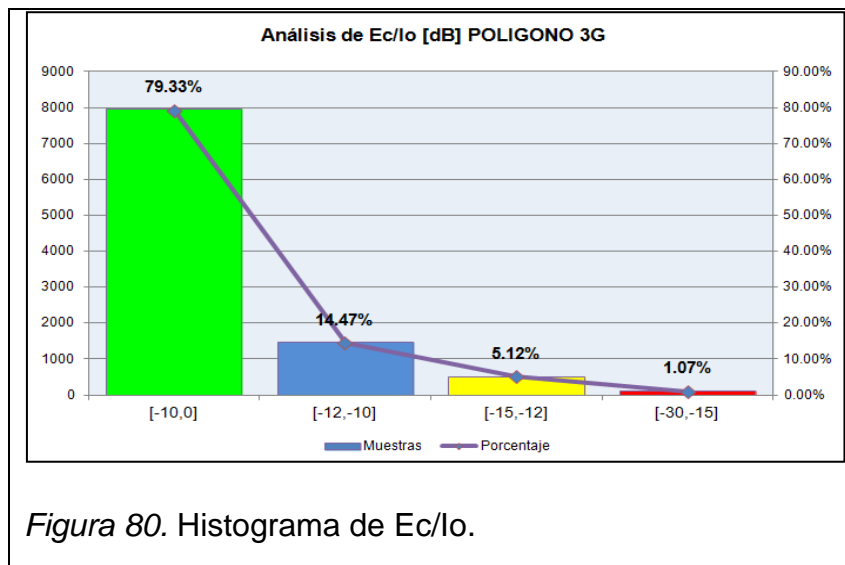
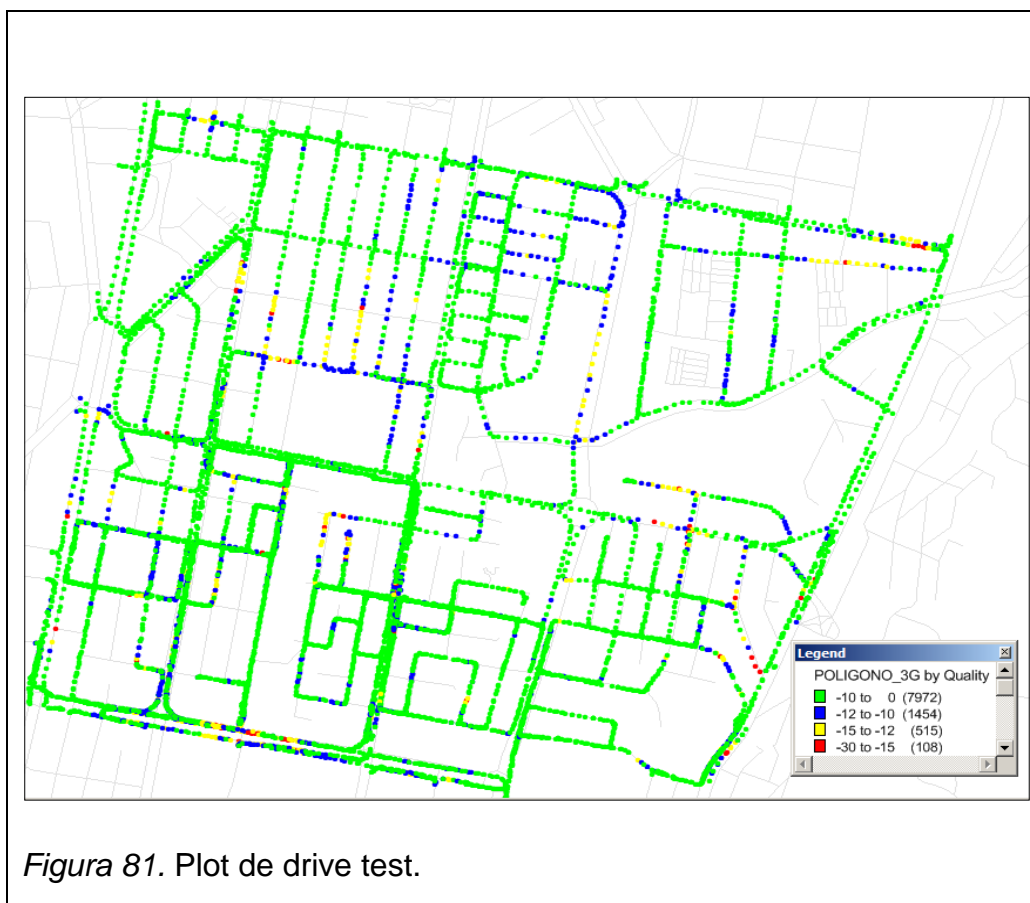


Tabla 38. Número de muestras Ec/Io

Rango Ec/Io [dB]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq -10$	7972	79.33%	Verde
$-12 > x \geq -10$	1454	14.47%	Azul
$-15 > x \geq -12$	515	5.12%	Amarillo
$x < -15$	108	1.07%	Rojo



En el análisis de las muestras de calidad se observa que existe un porcentaje 6.19% fuera de los valores recomendados por la ARCOTEL para el servicio de datos. Estos niveles degradados de Ec/Io se deben a la interferencia co-canal entre celdas de la misma red, por este motivo es necesario el control de la interferencia por parte de la operadora.

5.2.2.2 Evaluación de calidad LTE.

RSRQ es un parámetro análogo al E_c/I_0 que se mide sobre las celdas LTE para estimar la calidad de RF.

Tabla 39. Resumen calidad RSRQ

Servicio	RSRQ Promedio [dB]	RSRQ Máximo [dB]	RSRQ Mínimo [dB]
Datos FTP LTE	-8.77	-1	-25
% Muestras > -12 [dB] Sugerencia propuesta	98% Comentario: Cumple		

A continuación el análisis del parámetro RSRQ de las muestras obtenidas. En el histograma se observa que un porcentaje superior al 99% corresponden a valores mayores a -12 [dBm] de RSRQ, evidenciando una tasa baja de polución piloto en la zona evaluada.

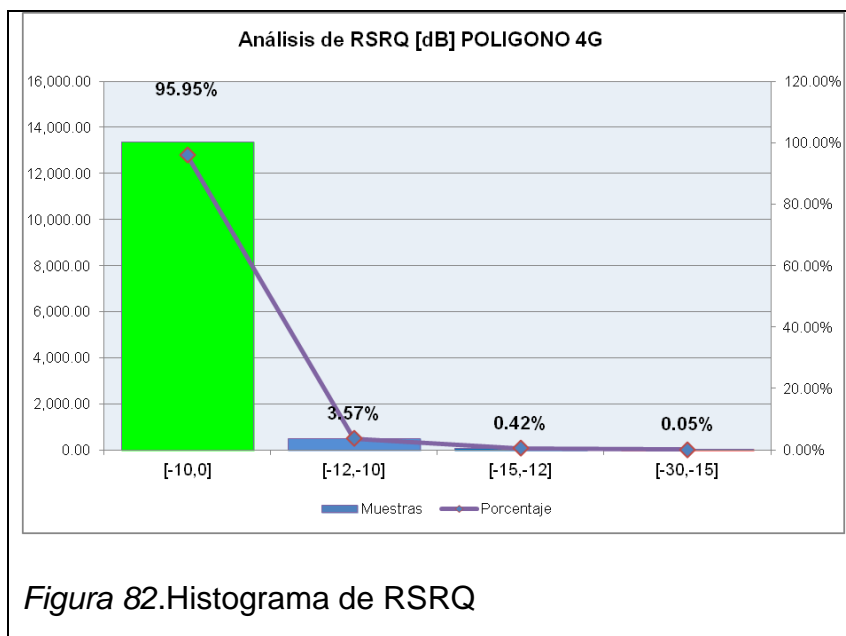


Tabla 40. Número de muestras RSRQ

Rango RSRQ [dB]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq -10$	7972	95.95%	Green
$-12 > x \geq -10$	1454	2.57%	Blue
$-15 > x \geq -12$	515	0.42%	Yellow
$x < -15$	108	0.05%	Red

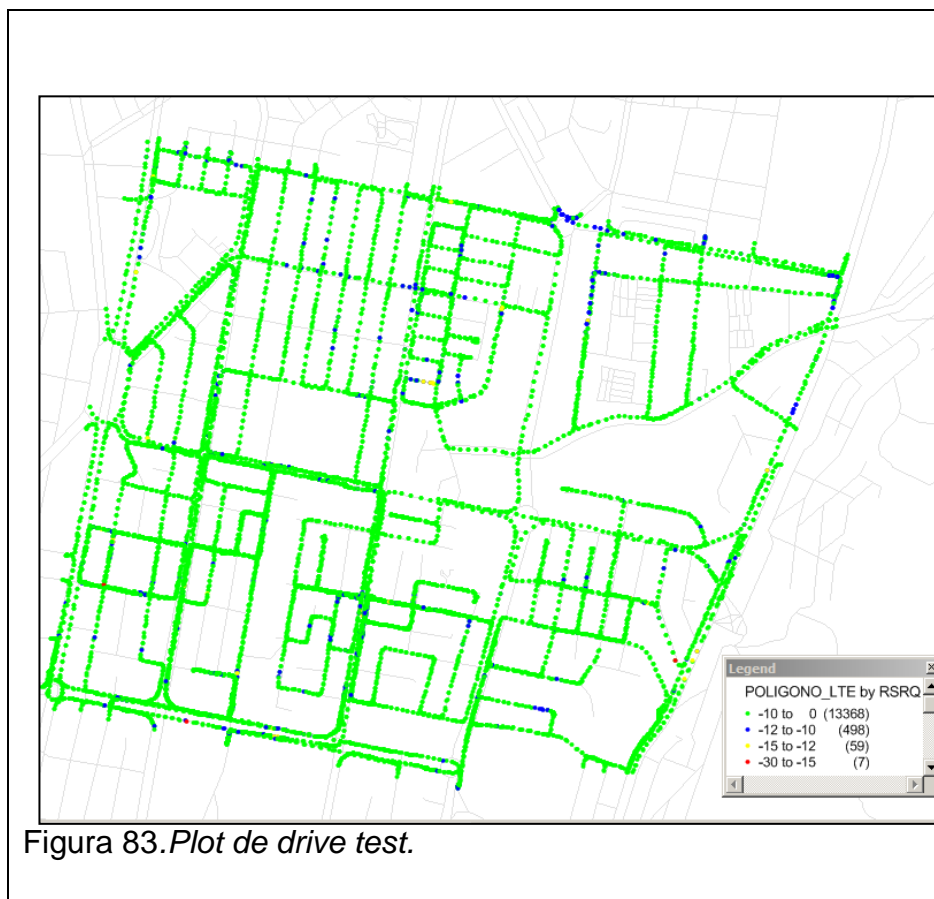


Figura 83. Plot de drive test.

5.2.3 Análisis de servidores.

El análisis de celdas servidoras permite identificar la distribución de cobertura de acuerdo a un identificador de celda *cell id* o un identificador de capa física de acuerdo a cada tecnología en este caso *scrambling code* y *physical cell id* para WCDMA y LTE respectivamente. Este análisis permite verificar el número de conexiones por celda del terminal, adicionalmente se puede validar si la cobertura de un operador se encuentra definido o identificar casos de polución piloto por servidores lejanos.

5.2.3.1 Servidores WCDMA.

En el análisis de servidores por PSC se puede apreciar que en casi la totalidad de la ruta se tiene servidores definidos a excepción de casos particulares. Por lo que los problemas de calidad se pueden deber al *overlapping* de cobertura entre celdas. Se recomienda a la operadora realizar una optimización del sistema radiante para evitar este fenómeno y mejorar el parámetro de E_c/I_0 de forma significativa.

Tabla 41. Número de celdas servidoras

Servicio	Identificador	Número
WCDMA	PSC	47

En la siguiente figura se aprecia la distribución del PSC a lo largo del recorrido de drive test.

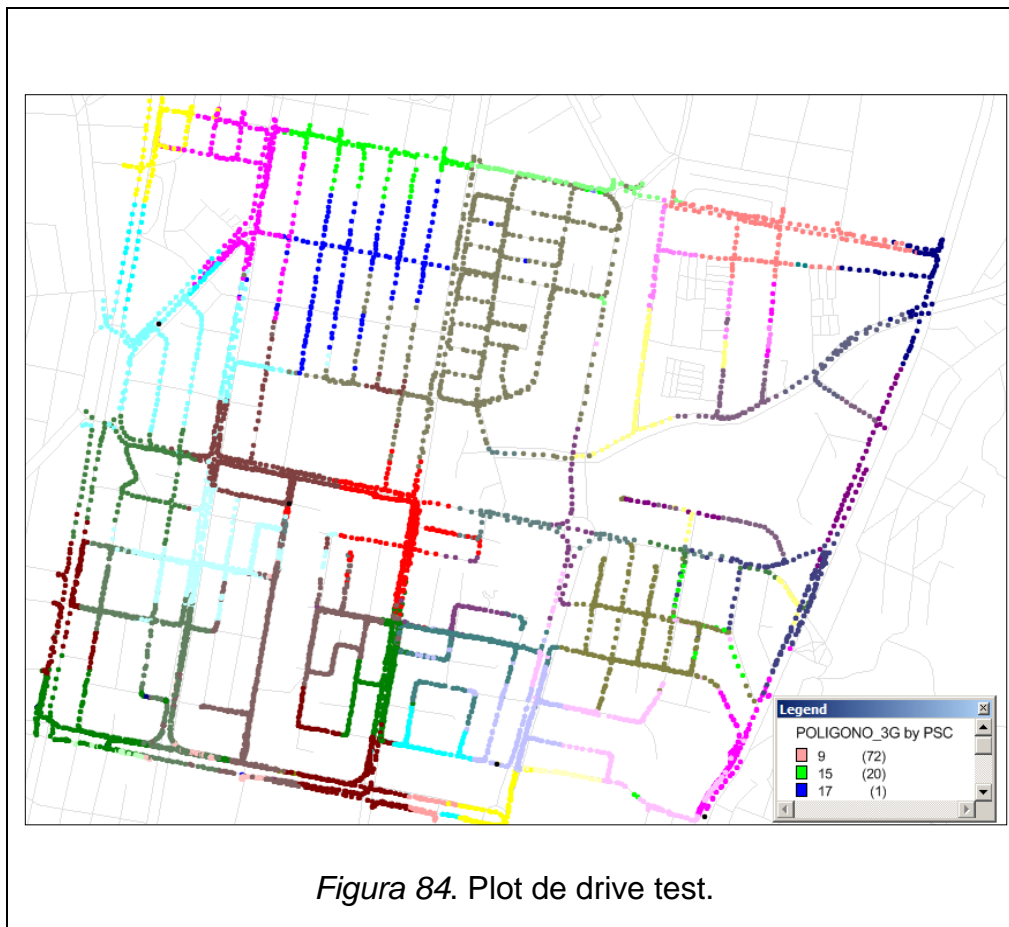


Figura 84. Plot de drive test.

5.2.3.2 Servidores LTE.

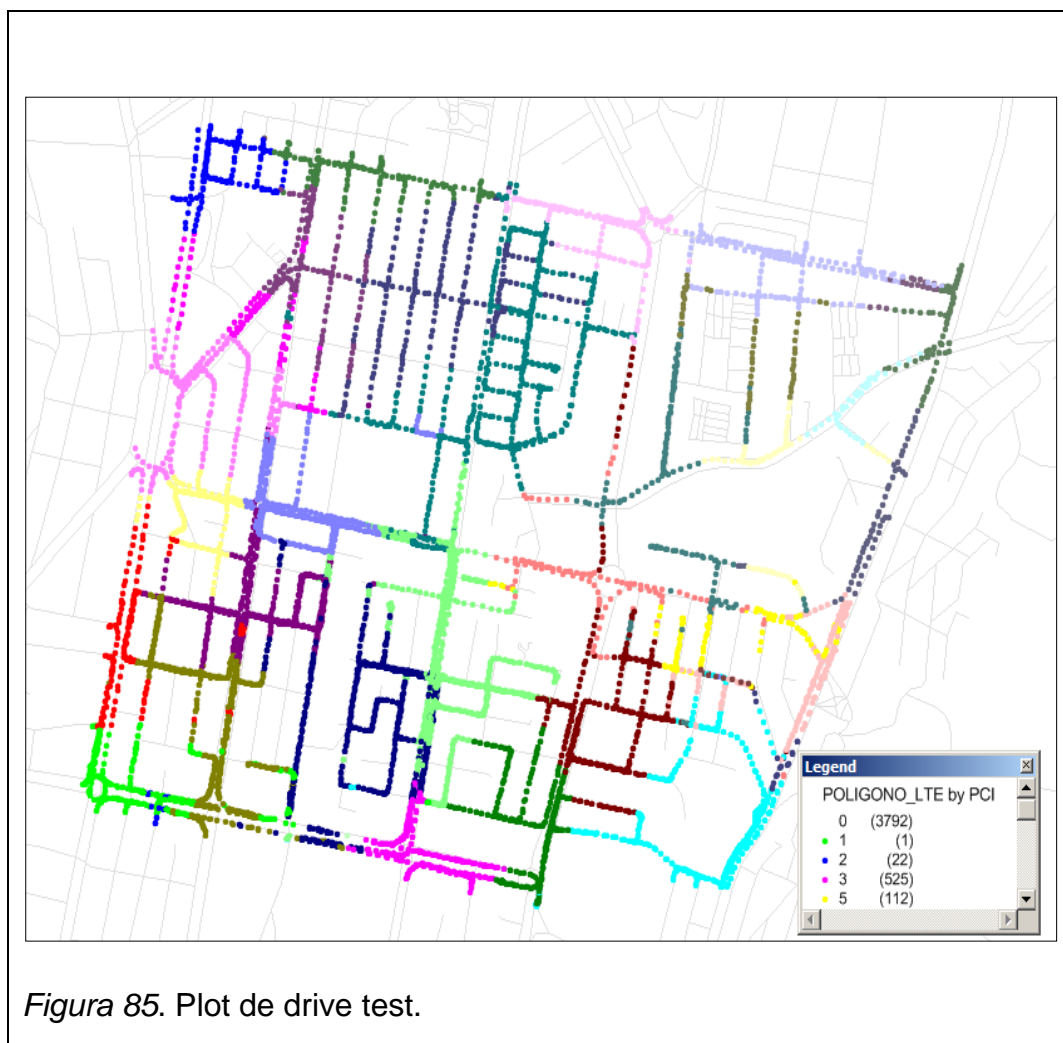
En el análisis de PCI se determina que existe una distribución uniforme a lo largo del recorrido. No se observa altos niveles de polución por lo tanto los niveles de calidad RSRQ no se vieron afectados. Se tiene un total de 40 PCIs en todo el recorrido, teniendo un número menor que la red WCDMA y con una distribución similar.

La presencia de muchos PCI en un punto de medición puede relacionarse con polución piloto. Lo que ocasiona que los niveles de RSRQ y SINR disminuyan y por ende el throughput en downlink. Por ese motivo es de mayor importancia el debido control de propagación para librar a la red de interferencia y mejorar el desempeño del sistema en sí.

Tabla 42. Número de celdas servidoras

Servicio	Identificador	Número
LTE	PCI	40

En la siguiente figura se aprecia la distribución del PSC a lo largo del recorrido de drive test.



5.2.4 Evaluación de throughput.

A continuación se detalla los resultados de las pruebas de throughput en downlink obtenidos para las tecnologías WCDMA y LTE.

5.2.4.1 Evaluación de *throughput* WCDMA.

El throughput de la tecnología WCDMA en la zona de evaluación se logró obtener un promedio de 5.59 [Mbps].

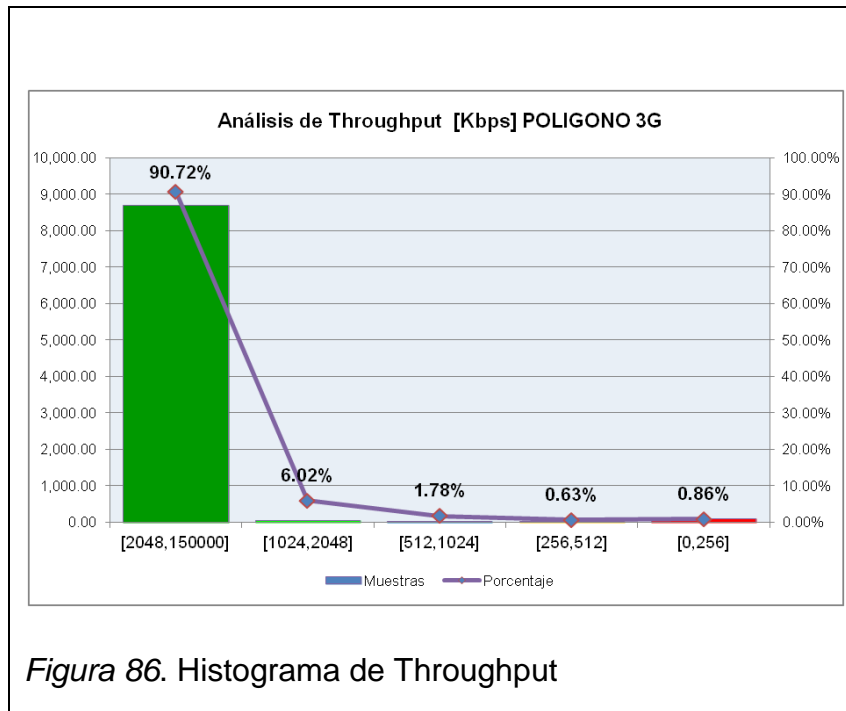


Tabla 43. Número de muestras Throughput DL

Rango Throughput DL[Kbps]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq 2048$	9116	90.72%	Verde
$1024 > x \geq 2048$	605	6.02%	Amarillo
$512 > x \geq 1024$	179	1.78%	Naranja
$256 > x \geq 512$	63	0.63%	Verde
$x < 256$	86	0.86%	Naranja

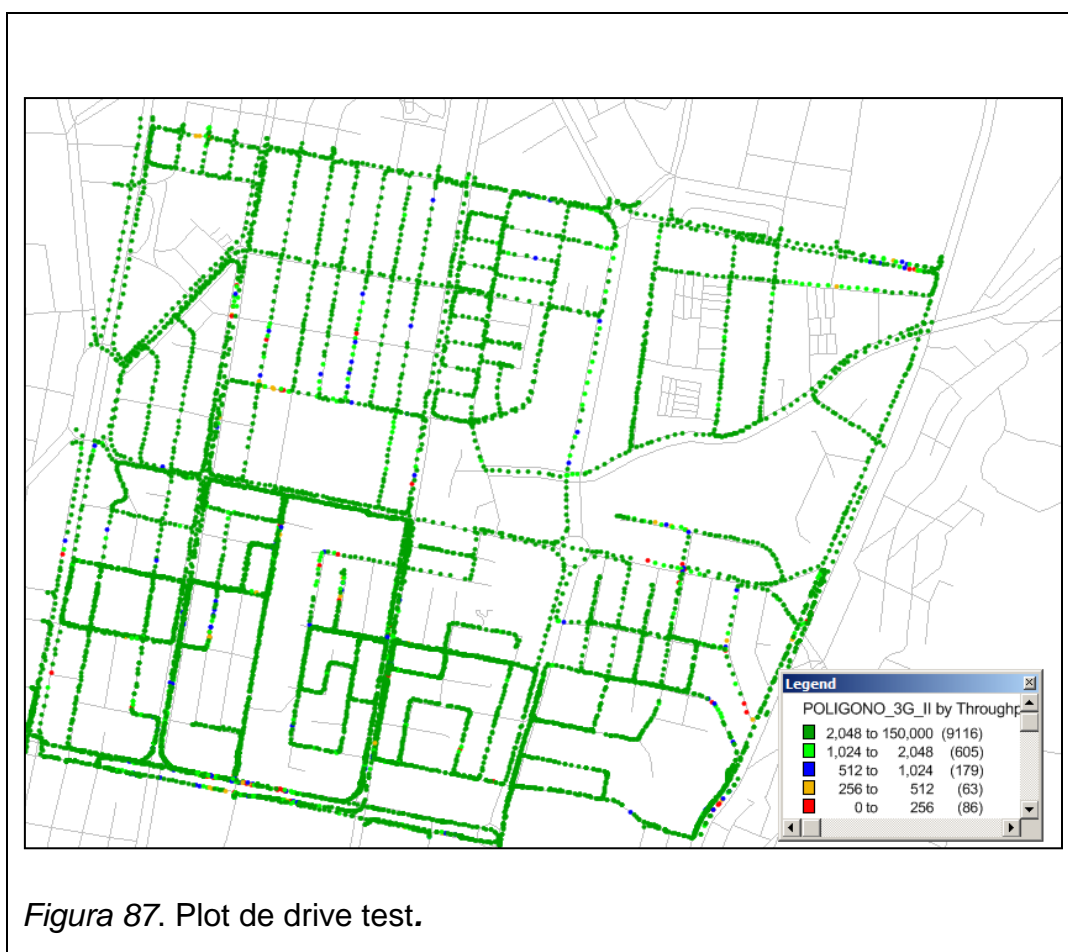


Tabla 44. Resultado throughput ARCOTEL

Servicio	Throughput Promedio [Kbps]	Throughput Máximo [Kbps]
Datos FTP WCDMA	5598.65	7299
Promedio > 700 [Kbps] Sugerencia ARCOTEL	98% Comentario: Cumple	

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador)

5.2.4.2 Evaluación de *throughput* LTE.

El throughput de la tecnología LTE en la zona de evaluación se logró obtener un promedio de 35.70 [Mbps]. Evidenciando un buen servicio de la red LTE para esta zona VIP de la ciudad de Quito.

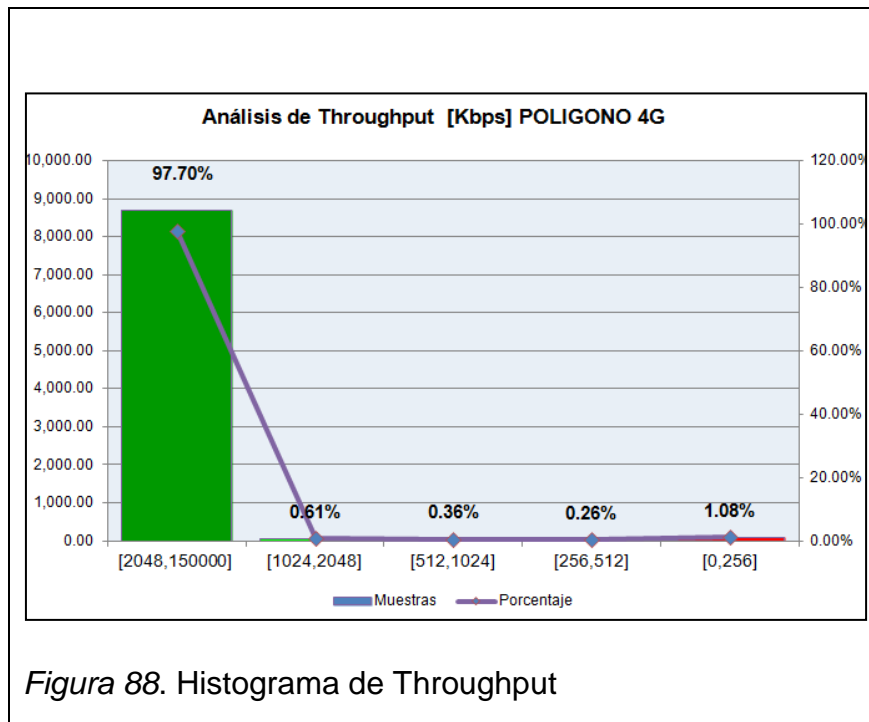


Tabla 45. Número de muestras Throughput DL

Rango Throughput DL[Kbps]	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color
$x \geq 2048$	8700	97.70%	Verde
$1024 > x \geq 2048$	54	0.61%	Verde claro
$512 > x \geq 1024$	32	0.36%	Azul
$256 > x \geq 512$	23	0.26%	Amarillo
$x < 256$	96	1.08%	Rojo

En la siguiente figura se puede apreciar que en la totalidad del recorrido se pueden alcanzar velocidades superiores a los 2 [Mbps], valor que garantiza una buena experiencia de usuario.

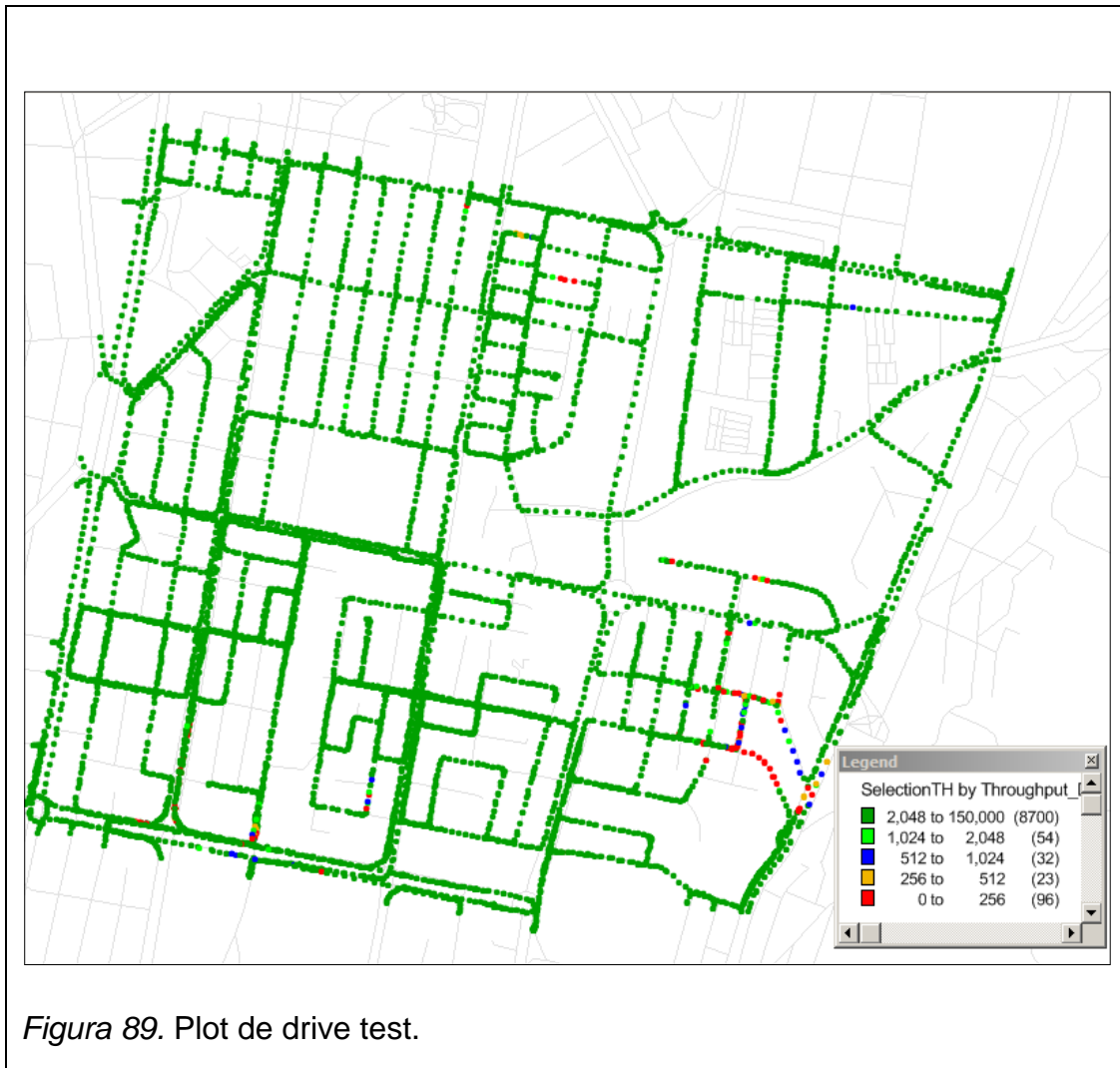


Figura 89. Plot de drive test.

5.2.5 Evaluación de puntos estáticos.

A continuación se presenta el análisis y resultados de las pruebas estáticas realizadas a lo largo del *drive test* dentro del polígono de pruebas.

5.2.5.1 Pruebas de llamadas MO.

Como se mencionó en el detalle de las pruebas de llamadas por cada punto estático se realizan 20 pruebas de llamadas cortas con una duración de 60s por llamada. El universo total para evaluar el desempeño del polígono en total es 100 llamadas cortas obteniéndose los siguientes resultados en las siguientes tablas:

Tabla 46. Resumen de establecimiento y finalización de llamadas

Punto Estático	Nombre	Intento de llamadas	Establecimiento de llamadas	Llamadas Finalizadas exitosamente
1	Udla Granados	20	20	20
2	Udla Queri	20	20	20
3	Quicentro	20	20	20
4	CCI	20	20	20
5	Plaza de Toros	20	20	20
Total		100	100	100

Tabla 47. Resumen de tiempos de establecimiento

Punto Estático	Nombre	Intento de llamadas	Tiempo Máximo [s]	Tiempo Mínimo [s]	Tiempo Promedio [s]
1	Udla Granados	20	6.25	1.93	2.42
2	Udla Queri	20	6.09	1.92	2.24
3	Quicentro	20	4.77	1.93	2.17
4	CCI	20	4.5	1.98	2.63
5	Plaza de Toros	20	5.69	1.98	3.19
Promedio		100	5.46	1.94	2.53

En la siguiente figura se aprecia los tiempos de establecimiento de las llamadas por punto.

(Arcotel, Anexo de Calidad. (2014), Quito Ecuador

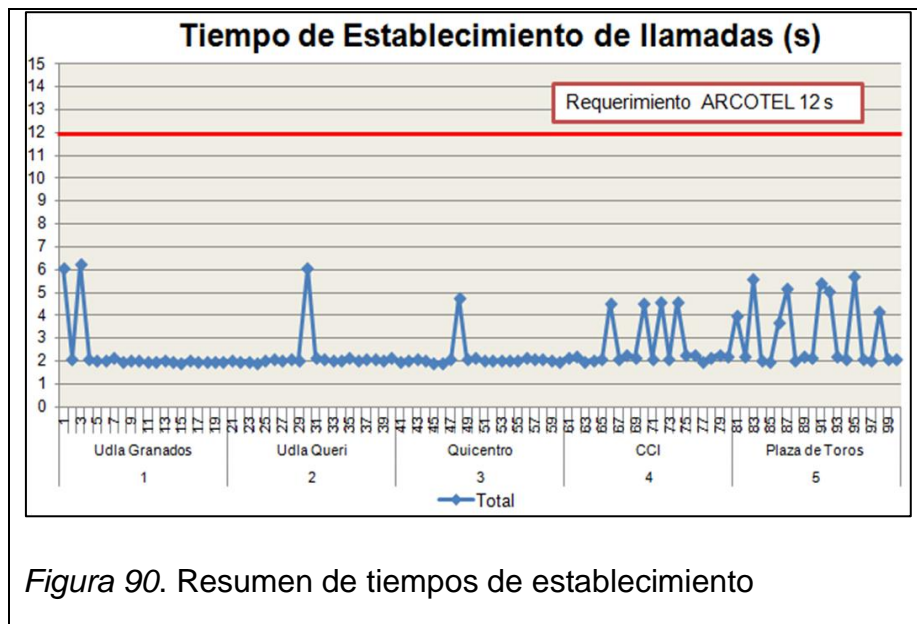


Figura 90. Resumen de tiempos de establecimiento

El resultado de las pruebas determinan que todos los puntos estáticos cumplen con los valores requerido por la ARCOTEL según el documento de Anexo D. Como se aprecia en el siguiente cuadro resumen:

Tabla 48. Resultado de las pruebas

Indicado	Valor ARCOTEL	Valor registrado en pruebas
PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS	95%	100%
%PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS Inferior (12[s])	95%	100%
PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS	2%	0%
Comentario	Cumple	

El éxito de las pruebas estáticas se debe a que la cobertura y calidad en el momento de las pruebas presentaban valores buenos como se evidenció en la pruebas de *drive test*.

5.2.5.2 Pruebas de SMS MO.

El resultado de las pruebas de SMS se tiene en el siguiente análisis: tomando en cuenta que los mensajes SMS tienen una prioridad baja en el plano de señalización, es posible esperar tiempos de respuesta de recepción altos, especialmente en horas pico de tráfico.

Tabla 49. Resumen de prueba de SMS

Punto Estático	Nombre	SMS Enviados	SMS Confirmados	Taza de éxito
1	Udla Granados	20	20	100%
2	Udla Queri	20	20	100%
3	Quicentro	20	20	100%
4	CCI	20	20	100%
5	Plaza de Toros	20	20	100%
Total		100	100	100

Tabla 50. Resumen de tiempos de envío SMS.

Punto Estático	Nombre	Intento de SMS	Tiempo Máximo [s]	Tiempo Mínimo [s]	Tiempo Promedio [s]
1	Adra Granados	20	7.272	1.93	1.96
2	Udla Queri	20	7.792	1.92	2.24
3	Quicentro	20	8.022	1.93	2.22
4	CCI	20	8.04	1.98	3.03
5	Plaza de Toros	20	8.101	1.98	2.31
Promedio		100	7.84	8.101	2.53

Se observa que los tiempos de todos los SMS en las pruebas estáticas presentan tiempos inferiores a los 20 [s]. Por lo se determina que las pruebas cumplen los requerimientos de la ARCOTEL.

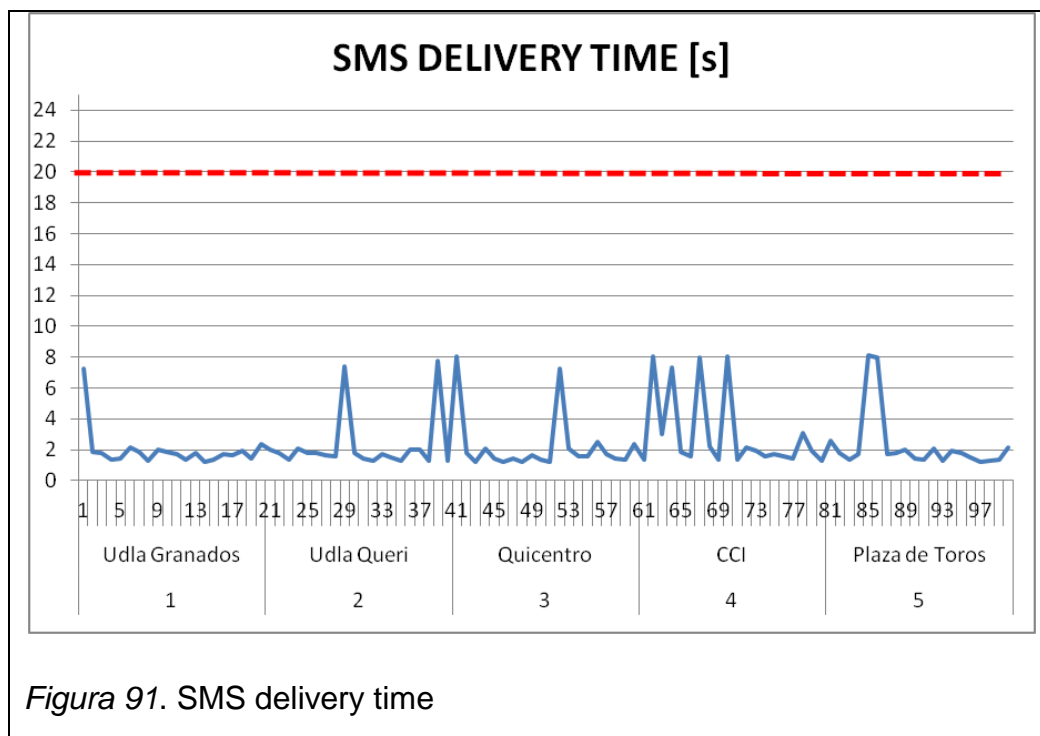


Tabla 51. Resultado de las pruebas

Indicado	Valor ARCOTEL	Valor registrado en pruebas
PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS O SMS CON ÉXITO	98%	100%
TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES	20 [s]	2.53[s]
Comentario	Cumple	

5.2.5.3 Prueba de ping LTE/WCDMA.

A continuación se presenta el resultado de las pruebas de ping realizadas en las tecnologías LTE y WCDMA. Se realizaron pruebas separadas por cada tecnología obteniendo un resultado individual para cada radio.

En la tabla a continuación se resume el resultado de las pruebas:

Tabla 52. Resumen de prueba de PING

Punto Estático	Nombre	Enviados 4G	Confirmados 4G	Enviados 3G	Confirmados 3G	Taza de éxito
1	Udla Granados	50	50	50	50	100%
2	Udla Queri	50	50	50	50	100%
3	Quicentro	50	50	50	50	100%
4	CCI	50	50	50	50	100%
5	Plaza de Toros	50	50	50	50	100%
Total		250	250	250	250	100%

El resultado de las pruebas evidencia un desempeño óptimo en los tiempos de respuesta *ping*. Con estos resultados es posible proveer una buena calidad de servicio a cualquier tipo de aplicación con la red 4G. El anexo D de la ARCOTEL no especifica valores RTT para la tecnología LTE, sin embargo se recomienda un delay inferior a los 100 [ms] para garantizar la integridad del servicio *VoLTE* de tal forma que la calidad de la conversación no se vea afectada.

(Huawei Technologies, 2014)

Tabla 53. Resumen de tiempos RTT 4G

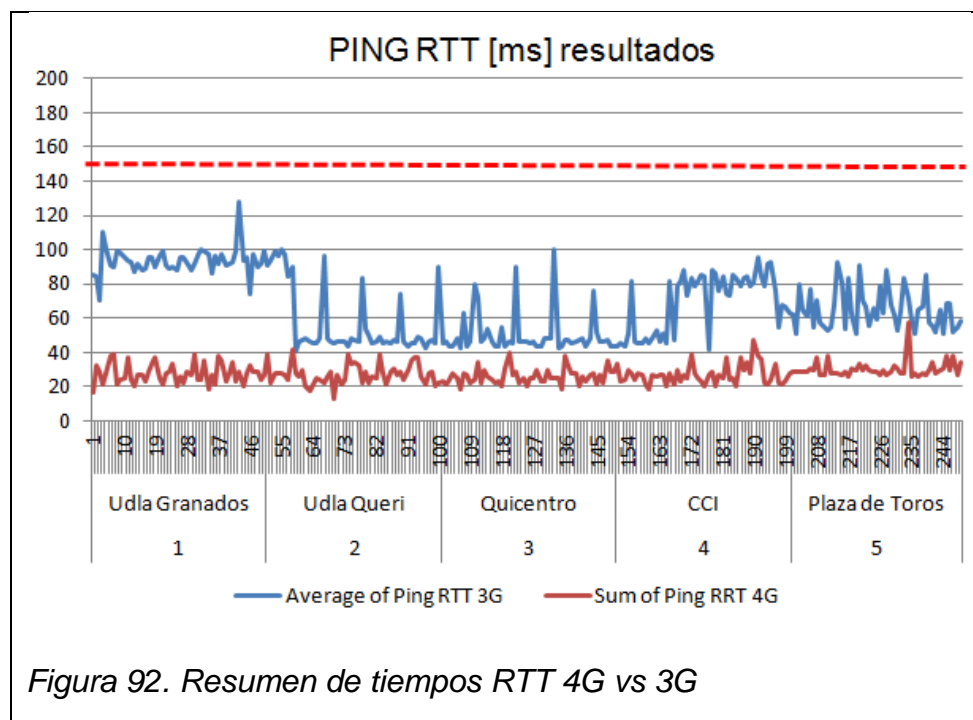
Punto Estático	Nombre	Tiempo Máximo [s]	Tiempo Mínimo [s]	Tiempo Promedio [s]
1	Udla Granados	39	17	27.58
2	Udla Queri	42	13	27.34
3	Quicentro	40	19	25.98
4	CCI	47	19	27.02
5	Plaza de Toros	38	26	29.78
Promedio		41.2	18.8	27.54

Tabla 54. Resumen de tiempos RTT 3G

El anexo D de la ARCOTEL especifica valores PINGs inferiores a los 150 [ms], valor adoptado según la recomendación de le ETSI 102 250-2.

Punto Estático	Nombre	Tiempo Máximo [s]	Tiempo Mínimo [s]	Tiempo Promedio [s]	Comentario
1	Udla Granados	128	70	93.38	Cumple
2	Udla Queri	100	41	57.06	Cumple
3	Quicentro	100	43	50.24	Cumple
4	CCI	95	42	69.42	Cumple
5	Plaza de Toros	93	51	65.08	Cumple
Promedio		103.2	49.4	67.03	Cumple

Los valores de RTT para cada tecnología cumplen con la recomendación de la ARCOTEL para valores promedios y máximos.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La aplicación móvil implementada en el proyecto de titulación permite al usuario de un terminal *Android*, estimar la calidad de servicio de las redes móviles LTE, UMTS y GSM del Ecuador de forma rápida y amigable gracias al diseño óptimo de interfaces y procesos que permitieron cumplir los objetivos del proyecto.

El sistema Network Analyzer no solo permite la visualización de los parámetros de RF de las redes móviles en tiempo real, si no también permite registrar logs de actividad con detalle de tiempo y coordenadas. Estos logs son guardados en el terminal del usuario de forma imperceptible y podrán ser usados con cualquier herramienta de PC como Microsoft Excel o Map Info.

La aplicación integra módulos de prueba de llamadas salientes, SMS y pruebas PING. Estos módulos de prueba pueden ser configurados de acuerdo a la necesidad del usuario y su ejecución es automática.

Como referencia de calidad para las pruebas del aplicativo, se utilizó el título habilitante de la ARCOTEL o Anexo D para definir los requisitos mínimos de cobertura y calidad de los servicios móviles de esta forma se tiene un *baseline* para realizar la respectiva evaluación.

El ingreso al mercado de la aplicación es una opción viable ya que en el campo de las telecomunicaciones es complicado encontrar una herramienta de bajo costo que implemente todas las funcionalidades necesarias para la

evaluación del servicio móvil, por lo que sería una gran oportunidad de negocio subir la aplicación al mercado de Google.

Las operadoras móviles en el país tienen la obligación de ofrecer un servicio de telefonía de calidad por este motivo la aplicación permite al usuario común conocer la calidad de servicio que está recibiendo y realizar los respectivos reclamos a la operadora como primera instancia y a la ARCOTEL en caso de no existir respuesta. Con la evidencia que permite ser obtenida por la aplicación.

Gracias a la gran penetración que tiene el sistema operativo Android en el mercado de teléfonos inteligentes un gran porcentaje de estos puede beneficiarse del uso del aplicativo Network Analyzer.

Con respecto a los estándares de calidad de redes móviles estos tienden a variar por tecnología, país y proveedor de equipos de telecomunicaciones. Por este motivo es necesario validar los requerimientos de QoS antes de realizar la evaluación del servicio móvil.

Las pruebas realizadas con la aplicación garantizan un buen funcionamiento y desempeño, pero como todo software se ve limitado a los recursos de CPU, RAM, entre otros, por lo que la experiencia de usuarios puede verse afectada.

En la evaluación del polígono piloto en la ciudad de Quito, se valida que la aplicación cumple con todos los parámetros que especifica la ARCOTEL en el ANEXO D. En el capítulo 5 se valida cada parámetro en el polígono de pruebas y se compara con el requerimiento de la ARCOTEL.

6.2 Recomendaciones

Debido a que los parámetros de RF pueden variar dependiendo el tipo de terminal, es necesario realizar una revisión con varios teléfonos y de esta forma asegurarnos que no exista mucha diferencia en las mediciones de RF previo a la presentación de resultados.

Tomando en cuenta que el aplicativo integra la funcionalidad de GPS sin la necesidad de conexión de un dispositivo externo, es recomendado verificar la configuración del GPS en el sistema Android y habilitar cualquier configuración que permita la obtención más exacta de la localización y de esta forma aumentar la confiabilidad de nuestras mediciones.

Al momento de realizar las mediciones asegurarse que no existan objetos haciendo sombra o *shadow* al terminal, verificar que no existan superficies metálicas cerca o sistemas externos interferentes que puedan afectar de forma significativa las mediciones.

Para la realización de drive test en ciudad es recomendable no exceder los 60 [Km/h] para no afectar las mediciones de RF y evitar fallos en la actualización del GPS del dispositivo.

Es necesario realizar una capacitación a usuarios que no se encuentren familiarizados con el uso, ya que de igual forma podría generar un mal uso del aplicativo y por lo tanto las mediciones no pueden tener una buena confiabilidad.

REFERENCIAS

- 3GPP (s.f.). LTE. Recuperado el 20 de enero 2015 de <http://www.3GPP.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.
- 3GPP 3rd Generation Partnership Project.(2000) Técnico Specification Group Radio Access Network. Recuperado el 24 de enero 2015 de http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9_60/5_Appendix/Rel4/23/23003-490.pdf"
- 3GPP 3rd Generation Partnership Project.(2006)Numbering, addressing and identification .Recuperado el 24 de enero 2015 de http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9_60/5_Appendix/Rel4/23/23003-490.pdf"
- 4g-lte-world. (s.f.). Master Information Block (MIB) in LTE. Recuperado de <http://4g-lte-world.blogspot.com/2012/06/master-information-block-mib-in-lte.html>
- Ableson F. (2013). Introducción al Desarrollo en Android. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/os-android-devel/>
- Agilent Technologies. (2000). GSM Fundamentals .Recuperado el 24 de enero 2015 de http://mars.tekkom.dk/mediawiki/images/8/88/GSM_praesentation_noter.pdf
- Albeniz I. (s.f.). Archivos DEX (Dalvik Executable): Introducción. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.iker-albeniz.net/2011/01/26/archivos-dex-dalvik-executable-introduccion/>
- Android (s.f). android.telephony. Recuperado el 15 de febrero 2015 de <http://developer.android.com/reference/android/telephony/package-summary.html>
- Android Curso (s.f.). Sistema Interno de Ficheros. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/42-unidad-9-almacenamiento-de-datos/304-sistema-interno-de-ficheros>
- Android Developer (s.f.). Android Studio Overview. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/tools/studio/index.html>
- Android Developer (s.f.). Telephony Manager. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de

<http://developer.android.com/intl/es/reference/android/telephony/TelephonyManager.html>

Android Developer (s.f.). Traffic Stats. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/reference/android/net/TrafficStats.html>

Android Developer (s.f.). Wifi Manager. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/reference/android/net/wifi/WifiManager.html>

Android Developer. (s.f.). PhoneStateListener. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/reference/android/telephony/PhoneStateListener.html>

Android Developer. (s.f.). ServiceState. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/reference/android/telephony/ServiceState.html>

Android Developer. (s.f.). TelephonyManager. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://developer.android.com/intl/es/reference/android/telephony/TelephonyManager.html>

Android Tutorial for Beginners (2012). Using Telephony Manager with Example. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.learn-android-easily.com/2012/11/using-telephony-manager-in-android.html>

Android Tutorial for Beginners (2012). Using Telephony Manager with Example. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.learn-android-easily.com/2012/11/using-telephony-manager-in-android.html>

Androidcurso. (s.f.). Arquitectura de Android. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/99-arquitectura-de-android>

Androidcurso. (s.f.). Preferencias. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/42-unidad-9-almacenamiento-de-datos/299-preferencias>

Antonis Hontzeas. (2009). Long Term Evolution. Recuperado el 20 de Enero del 2015 de: <http://considerations.wordpress.com>.

ARCOTEL.(2014). Propuesta de Parámetros de Calidad para el Servicio Móvil Avanzado, Ecuador.

- Artiza.(s.f.). The Turnkey Solutions for LTE Testing. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de http://www.artiza.co.jp/lte/enb_testers/sol_concept.html
- Banda Ancha (s.f.). HSPA. Recuperado el 20 de enero 2015 de <http://wiki.bandaancho.st/HSPA>
- Dahlman E, Parkvall S y Skold Johan. (2014). 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. (2. da Edición). Oxford, Inglaterra. Elsevier.
- David Marques. (2010) Smart Phones Are Still Phones. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de <https://dpsm.wordpress.com/tag/telephony/>
- David Marques. (2010).Android Telephony Stack. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de <http://www.slideshare.net/dpsmarques/android-telephony-stack>
- Dimas,J. (2014). ¿Qué es una Activity?. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.desarrolloweb.com/articulos/android-que-es-una-activity-o-actividad.html>
- Dimas,J. (2014). Introducción a Android. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://www.desarrolloweb.com/articulos/introduccion-android.html>
- E-con Systems. (s.f). Android RIL Architecture. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de <http://www.e-consystems.com/blog/linux-android/?p=498>
- EecinformatiCAP. (2012). Red de Telefonía Móvil. .Recuperado el 24 de enero 2015 de <http://2ecinformatiCAP.blogspot.com/2012/02/red-de-telefoniamovil.html>.
- Ericsson. (2011). LTE Workshop. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://www.slideshare.net/tbodog/lte-workshop-frisco>
- ETSI TS 125 401 (2001), UMTS; UTRAN Overall Description. France, Sophia Antipolis Cedex, France; ETSI http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125400_125499/125401/04.02.00_60/ts_125401v040200p.pdf
- ETSI. (1996). Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) .Radio subsystem link control .Recuperado el 24 de enero 2015 de http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/05/0508/05.01.00_60/gsmmts_0508v050100p.pdf
- Etutorials (s.f.). GPRS for mobile internet. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://etutorials.org/Mobile+devices/gprs+mobile+internet/Chapter+3+Overview+of+GPRS/Mobility/>
- Furht B y Ahson S. (2009). 3GPP LTE Radio and Cellular Technology. (1.^a Edición). Boca Ratón, Florida. Auerbach Publications Taylor & Francis Group

- Gironés, J. (2013). El Gran Libro de Android. Recuperado el 15 de marzo 2015 de https://books.google.com.ec/books?id=K9hnCJ_NGq4C&pg=PT283&dq=ciclo+de+vida+de+una+aplicacion+android&hl=es&sa=X&ei=eyYGVeWQFYfAggS0o4OACA&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=ciclo%20de%20vida%20de%20una%20aplicacion%20android&f=false
- Gonzales A. (2013). El ciclo de vida de una aplicación de Android. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.androidsis.com/el-ciclo-de-vida-de-una-aplicacion-de-android/>
- Hola H y Toskala. (2009). LTE for UMTS –OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. (1.ª Edición). Sussex, Inglaterra. John Wiley & Sons.
- Holma H. y Toskala A. (2006). HSDPA&HSUPA For UMTS. (1.ª Edición). West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons.
- Huawei Technologies (2010). Genex Assistant Product Description. China, Shenzhen.
- Huidrobo J., Conesa R. (2006). Sistemas de Telefonía. Recuperado el 20 de enero 2015 de https://books.google.com.ec/books?id=nW2_bHCC0noC&pg=PA208&dq=generacion+3g&hl=es-419&sa=X&ei=M0fIVNC8NIq1ggTo9YDgAw&ved=0CckQ6AEwAw#v=onepage&q=generacion%203g&f=false
- Innovsys Technologies Private Limited. (s.f.). The Turnkey Solutions for eNB Performance Evaluation. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://www.istpl.com/artiza.html>
- JavaTPoint (s.f.). Android TelephonyManager Tutorial. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.javatpoint.com/android-telephony-manager-tutorial>
- La Rocca, M. (2015). RSRP and RSRQ Measurement in LTE .Recuperado el 24 de enero 2015 de <http://www.larocasolutions.com/training/78-rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte>
- Lifu Zhang. (2011). Android RIL- Radio Interface Layer. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de http://www.slideshare.net/leafjohn/ril-and-android-telephony?next_slideshow=1
- Lteinwireless. (s.f.). GUTI in LTE. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://lteinwireless.blogspot.com/2012/05/guti-in-lte.html>
- Mednieks, Z., Dornin, L., Meike, G. y Nakamura, M. (2012). Programming Android. Sebastopol, California, Sebastopol: OReilly.

- Memoireonline. (s.f.). Los Conceptos Clave en una red móvil 3g. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.memoireonline.com/02/12/5284/tude-de-dimensionnement-et-planification-dun-reseau-dacces-WCDMA-3G.html>
- Mikoluk K. (2014). Tutorial de Android SQLite para principiantes. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <https://blog.udemy.com/tutorial-de-android-sqlite-para-principiantes/>
- MIUI. (2014). Guide to GSM, GPRS, EDGE, 3G, HSDPA, HSPA+ and LTE Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://en.miui.com/thread-20004-1-1.html>
- Nokia Siemens Networks. (2010). Long Term HSPA Evolution. ESPOO, Finland.
- Pcmag (s.f.). Definition of: IDE. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/44707/ide>
- Research Unit 6. (s.f.). LTE in general. Recuperado de http://ru6.cti.gr/ru6-old/lte_general.php
- Rummey M. (2013). LTE and the Evolution to 4G Wireless. (1.ª Edición).Sussex Inglaterra. John Wiley & Sons.
- sharetechnote(s.f). Physical Cell ID .Recuperado el 25 de enero 2015 de http://www.sharetechnote.com/html/Handbook_LTE_PCI.html"
- SIEMENS. (1999). Update of TS 25.225 concerning measurement definitions, ranges and mappings. Recuperado el 24 de enero 2015 de http://www.3GPP.org/ftp/tsg_ran/wg1_rl1/tsgr1_09/docs/pdfs/R1-99i82.pdf"
- Simancas B. (2014). Amenazas en Android y Mecanismos de Seguridad. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <http://highsec.es/2014/02/seguridad-en-android-parte-ii-amenazas-en-android-y-mecanismos-de-seguridad-i/><https://blog.udemy.com/tutorial-de-android-sqlite-para-principiantes/>
- Smith C. y Collins D. (2001). 3G Wireless Networks. (1ª Edición). Mc Graw Hill.
- Software de Comunicaciones. (s.f.). Aplicaciones en Android. Recuperado el 15 de marzo 2015 de <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/generalidades/aplicacionespag2>.
- SONLte. (2012). The New iPad, LTE, Backhaul and User QoS. Recuperado el 25 de Octubre del 2015 de <http://www.sonlte.com/the-new-ipad-lte-backhaul-and-user-qos/>

- Teleco (2013). UMTS: Arquitectura. Recuperado el 20 de enero 2015 de http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_2.asp
- Telecomhall. (s.f.). What is Ec/Io (and Eb/No)? Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx>
- telecom-knowledge.(s.f.). LTE Physical Uplink Control Channel (PUCCH). Recuperado de el 25 de Octubre del 2015 <http://telecom-knowledge.blogspot.com/2014/03/lte-physical-uplink-control-channel.html>
- Telecommunicationengineeringconcepts. (2012). GSM Handover/Handoff. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de <http://telecommunicationengineeringconcepts.blogspot.com/2012/05/gsm-handoverhandoff.html>
- Telecomsource. (s.f.). eNB Identifier. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de [http://www.telecomsource.net/showthread.php?1746-eNB-Identifier-\(eNB-Id\)](http://www.telecomsource.net/showthread.php?1746-eNB-Identifier-(eNB-Id))
- Teletopix. (2015). Spectrum Analysis Of Spreading & Dispersing In WCDMA-3G. Recuperado de <http://www.teletopix.org/3g-wcdma/spectrum-analysis-of-spreading-dispersing-in-wcdma-3g/>
- Umtsworld.(s.f.).Primary Scrambling Code s.f.(s.f).Recuperado el 24 de enero 2015 de http://www..com/technology/cell_search.htm
- WHIZNETS. (s.f.). Android RIL. Recuperado el 15 de Febrero 2015 de <http://www.whiznets.com/android-ril.html>.
- Wikipedia. (s.f.). UMTS Terrestrial Radio Access Network. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/UMTS_Terrestrial_Radio_Access_Network

ANEXOS

Anexo 1. Análisis Costo Beneficio

El siguiente análisis de costo beneficio tiene como objetivo principal comprender las oportunidades del proyecto como ganancias vs los costos del aplicativo que permiten comprender de una manera más sencilla la factibilidad del desarrollo y despliegue del proyecto.

Para analizar el costo de la aplicación *Network Analyzer* es necesario entender las fases de desarrollo del aplicativo:

- **Diseño y desarrollo**
- **Lanzamiento del aplicativo**

1.1 Diseño y desarrollo:

Esta fase del proyecto consta de importantes procedimientos como: el levantamiento de requerimientos del aplicativo, diseño de la interfaz gráfica, programación de la lógica de negocio, pruebas de campo.

En cada procedimiento se detalla los costos involucrados para lograr el cumplimiento total de cada fase.

1.1.1 Levantamiento de Requerimientos

Es una etapa primordial del diseño de todo software y debe realizarse de forma efectiva para garantizar el éxito del proyecto, básicamente es el proceso en reconocer un problema específico, evaluarlo y presentar una síntesis para posteriormente realizar un modelado del problema en diagramas de flujo o casos de uso. En esta fase del desarrollo se considera como recurso básico a dos ingenieros programadores junior cuyo salario varía entre los 1000 \$ y 1500 \$ mensuales. Para el costo del proyecto se considera un salario de 1200\$ lo que equivale a 7.50\$ hora hombre.

Tabla 54. Costos de levantamiento de requerimientos

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad
Ingeniero Jr. Programación	7.50\$/h	2*32	hora
Total USD	480 \$		

1.1.2 Diseño de la interfaz gráfica.

Tomando en cuenta que para el diseño de interfaces Android se requiere de dos habilidades esenciales:

- Programación de interfaces Android usando el Android IDE con conocimiento de *layouts* y codificación XML.
- Adaptación de la interfaz gráfica al código Java.

Con lo expuesto anteriormente, es necesario la utilización de dos ingenieros Jr en programación.

Adicionalmente para el diseño la interfaz gráfico es necesario el uso del IDE *Android Studio* y las librerías de desarrollo para *Android* cuyo valor es nulo debido a que las herramientas de *Android* se las puede obtener de forma gratuita en la página web de soporte. Para visualizar el diseño de la interfaz es necesario dos terminales de pruebas Android (uno por cada ingeniero).

A continuación la tabla detalle de costos:

Tabla 55. Costos fase diseño GUI

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad
Ingeniero Jr. en programación	7.50\$/h	2*64	precio/hora
Software Android IDE	0.0\$	2	cantidad
Terminal de prueba Huawei G7	300\$	1	cantidad
Terminal de prueba Huawei P8	400\$	1	cantidad
Total USD	1660 \$		

1.1.3 Programación de la lógica de negocio

En la etapa de programación se diseñan las funciones del aplicativo y se las integra con la interfaz gráfica. Para esto se requiere de dos ingenieros Junior en programación con los siguientes conocimientos:

- Diseño de algoritmos
- Programación orientada a objetos en lenguaje JAVA
- Manejo de librerías Android.

En la tabla siguiente se detallan el tiempo y los costos de esta fase:

Tabla 56. Costos fase programación lógica de negocio

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad
Ingeniero Jr. en programación	7.50\$/h	2*128	hora
Total USD	1920 \$		

1.1.4 Pruebas de campo

Debido a que la aplicación es orientada a un ambiente de movilidad tipo *drive test* es necesario considerar un recurso de movilidad como un automóvil. Adicionalmente en las pruebas de campo se corregirán errores en la programación como *bugs* o *excepciones*, adicionalmente se añaden detalles en la interfaz gráfica para lo cual se requieren de dos ingenieros Junior programadores.

Tabla 57. Costos fase pruebas de campo

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad
Ingeniero Jr. en programación	7.50\$/h	2*128	Hora
Vehículo	25\$/día	1*4	4 días
Total USD	2020 \$		

1.2 Lanzamiento del aplicativo:

Una vez que la aplicación ha sido probada el siguiente paso es subirla al mercado de Android, para eso se tiene las siguientes fases:

- 1 Asegurar que la aplicación ha sido compilada y probada correctamente según los estándares de *Android Developers*.
- 2 Se debe crear una cuenta en el *Android Market* con perfil para desarrollador en Google. Para esto se debe de proveer de nombres, correos y teléfonos de contacto. El costo para desarrolladores es de 25\$ por registro.
- 3 Subir la aplicación al *Android Market* para esto se debe generar el archivo .apk.
- 4 Por cada aplicación a subir es necesario llenar una forma y proveer de imágenes del aplicativo para las vistas previas de la aplicación en la plataforma de *Google Play Store*.
- 5 Tomando en cuenta que el beneficiario del 30% del costo de la aplicación es *Google* se debe considerar ese costo en este análisis.

Tabla 58. Costos lanzamiento del aplicativo

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad
Ingeniero Jr. en programación	7.50\$/h	2*32	Hora
Inscripción <i>Android Market</i>	25\$	1	Cantidad
Total USD	505 \$		

En resumen el costo total del aplicativo es de 6585\$ sumando los costos individuales de todos los egresos de cada fase. Como se aprecia en la siguiente tabla el costo mayoritario con un porcentaje de 87.45% corresponde a los recursos de programadores.

Tabla 59. Costos lanzamiento del aplicativo

Concepto	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Costo
Ingeniero Jr. en programación	7.50\$/h	2 Ingenieros*384h	\$/h	\$5,760.00
Software IDE Android	0\$	2	Cantidad	\$ -
Terminal de prueba Huawei G7	300\$	1	Cantidad	\$ 300.00
Terminal de prueba Huawei P8	400\$	1	Cantidad	\$ 400.00
Vehículo para pruebas de aplicativo	25\$/día	1 vehículo*4 días	\$/día	\$ 100.00
Inscripción Android Market	25\$	1	Cantidad	\$ 25.00
Total				\$6,585.00

1.3 Beneficio de la aplicación:

Finalmente se desea recuperar la inversión a un tiempo máximo de un año con una ganancia del 50% del costo total de la aplicación. Tomando en cuenta que Google tiene derecho al 30% de ingreso de cada descarga requerimos de 14400.00\$ de ingreso por un año. Estimando un ingreso mensual promedio por la aplicación de 1200\$ se requiere vender por lo menos 100 unidades mensuales a un costo de 12.00\$ por descarga

Tabla 60. Resumen costo vs beneficio

Concepto	Precio Unitario	Unidad
Costo Total	\$6,585.00	\$
Ganancia proyectada (50%)	3300.00\$	\$
Tiempo de recuperación Inversión	12	meses
Ingreso anual estimado (total de compras)	14400.00	\$
Ingreso mensual promedio	1200.00	\$
Número de compras por mes (Estimado)	100	Descargas
Costo de la aplicación	12.00	\$
Ganancia de Google (30% de las compras)	4320	\$
Ingreso	10800	\$
Ganancia neta	3495	\$

Anexo 2. Anexo de Calidad para el SMA de la ARCOTEL



PROPUESTA DE PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL SERVICIO MÓVIL AVANZADO

DETALLE DE ESPECIFICACIONES

SUPATEL		
NOMBRE	CÓDIGO	PERIODICIDAD REPORTE
Nivel Mínimo de Señal en Cobertura	SMA-C-COB-1	Semestral
Ping de Ida y Vuelta	SMA-C-ACC-5	Semestral
Calidad de Conversación	SMA-C-INT-1	Semestral
Tasa de Datos Media FTP	SMA-C-INT-2	Semestral
Tasa de Datos Media HTTP	SMA-C-INT-3	Semestral
Porcentaje de Sesiones de HTTP Interrumpidas	SMA-C-RET-2	Semestral
Porcentaje de Llamadas Establecidas	SMA-C-ACC-1	Mensual*
Tiempo de Establecimiento de Llamada	SMA-C-ACC-2	Mensual*
Porcentaje de Mensajes Cortos con Éxito	SMA-C-ACC-3	Mensual*
Tiempo Promedio de Entrega de Mensajes Cortos	SMA-C-ACC-4	Mensual*
% De Fallas de Activación de Contextos PDP	SMA-C-ACC-6	Mensual*
Porcentaje de Llamadas Caídas	SMA-C-RET-1	Mensual*

(*) Bajo demanda

OPERADORA		
NOMBRE	CÓDIGO	PERIODICIDAD REPORTE
TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO DE RADIOBASES, NODOS B Y E NODOS B	SAM-C-DIS-1	Mensual
Indisponibilidad de los Elementos de Red	SMA-C-DIS-2	Mensual
Porcentaje de Llamadas Establecidas	SMA-C-ACC-1	Mensual
Tiempo Establecimiento de Llamada	SMA-C-ACC-2	Mensual
Porcentaje de Mensajes Cortos con Éxito	SMA-C-ACC-3	Mensual
Tiempo Promedio de Entrega de Mensajes Cortos	SMA-C-ACC-4	Mensual
% De Fallas de Activación de Contextos PDP	SMA-C-ACC-6	Mensual
Porcentaje de Llamadas Caídas	SMA-C-RET-1	Mensual
Tiempo Promedio de Resolución de Reclamos	SMA-C-PER-1	Mensual
Porcentaje de Reclamos Generales	SMA-C-PER-2	Mensual
Porcentaje de Reclamos de Facturación y Débito	SMA-C-PER-3	Mensual
Encuesta de Percepción de Usuario	SMA-C-PER-4	Trimestral

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz y datos	
NOMBRE: NIVEL MÍNIMO DE SEÑAL EN COBERTURA	CÓDIGO: SMA-C-COB-1	
CAPA DEL MODELO: COBERTURA		

DEFINICIÓN

Es el nivel mínimo de señal que permite la prestación del servicio en la zona de medición y/o carretera, establecida por la SUPERTEL, dentro de la cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario sobre la disponibilidad del mismo, de conformidad con los valores objetivos establecidos.

VALOR OBJETIVO

$\%C \geq 95\%$

Nota1: Para las mediciones superiores o iguales al nivel mínimo y calidad de señal establecido dentro de la zona de medición establecida por la SUPERTEL.

Nota 2: Valores objetivo para cada tecnología, y por servicio, por zona de medición y/o carretera.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición de posición, nivel de señal, y velocidad, preferentemente cada segundo. El *drive test* se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de las muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición de nivel de señal. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Tamaño de la muestra

Las zonas y/o carreteras que determine la SUPERTEL para cada medición, dentro de la

cobertura publicada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra estará constituido por todas las muestras colectadas durante el recorrido realizado (*drive test*) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determine la SUPERTEL.

Área de aplicación

Cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario.

Variables que conforman el parámetro

n: Número de muestras con nivel de señal en el canal de control del equipo terminal superiores o iguales del nivel mínimo, de acuerdo a la tecnología y al servicio.

n: Número de muestras válidas por tecnología y por servicio.

%C: Porcentaje de cobertura por tecnología y por servicio.

Los niveles mínimos de acuerdo a la tecnología son:

Servicio	2G	3G+	
	RxLevel	RSCP	Ec/No
Datos	≥ -80 dBm	≥ -80 dBm	≥ -12 dB
Voz	≥ -85 dBm	≥ -85 dBm	≥ -14 dB

*Para CDMA se aplicarán estos valores

RxLevel : Nivel de recepción sobre el canal de control en modo *Idle*

RSCP: (Received Signal Code Power) Potencia recibida después del desprecoding en modo *Idle*

Ec/No: Energía chip / Interferencia, en los casos en que el equipo de colección y procesamiento no disponga del parámetro Ec/No se podrá utilizar el parámetro Ec/No (Energía chip / Ruido del sistema) en modo *Idle*

Adicionalmente, para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, las muestras válidas, se determinarán considerando los siguientes criterios:

- Se eliminan las muestras que tengan el valor 'cero' o están 'vacíos' en el parámetro de medición de cobertura (RxLevel, RSCP o Ec/No).
- Se eliminarán las muestras de frecuencias de canales de control que no correspondan a la banda de frecuencias del prestador del servicio objeto de la medición.
- Se consideran como muestras válidas aquellas que tienen un valor de RxLevel, RSCP o Ec/No, asociado a una determinada coordenada geográfica.
- Las muestras válidas de RxLevel, RSCP o Ec/No, se obtendrán sacando secuencialmente el valor promedio de las mediciones de cobertura que se registran

cada 10 metros.

- Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, las muestras válidas, se determinarán considerando los siguientes criterios:
- Se eliminan las muestras que tengan el valor 'cero' o están 'vacíos' en el parámetro de medición de cobertura (RxLevel, RSCP o Ec/Io).
- Se eliminarán las muestras de frecuencias de canales de control que no correspondan a la banda de frecuencias del prestador del servicio objeto de la medición.
- Las muestras válidas de RxLevel, RSCP o Ec/Io, se obtendrán sacando por área el valor promedio de las mediciones de cobertura que se registran en una zona determinada, con base en grillas superficiales de al menos 100 metros por lado.

Cálculo para obtener el índice

$$\%C = \frac{n}{n} \times 100$$

Frecuencia de medición

Conforme los cronogramas que establezca la SUPERTEL.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición y/o carreteras serán establecidas por la SUPERTEL de manera anual.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Las disposiciones que realice la SUPERTEL luego de las mediciones de los niveles de señal, serán de cumplimiento obligatorio por parte del prestador y serán informadas a la SENATEL.

Los resultados de las mediciones de cobertura que realice la SUPERTEL, serán informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas y equivalentes del presente parámetro de calidad.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz y datos
NOMBRE: TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO DE RADIOBASES, NODOS B Y E NODOS B	CÓDIGO: SMA-C-DIS-1
CAPA DEL MODELO: DISPONIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Es el tiempo promedio que las radiobases, nodos B y E nodos B se encuentran fuera de servicio durante un mes calendario, a nivel del cantón en el cual se encuentran instaladas.

VALOR OBJETIVO

$T_{pfs} \leq 60$ minutos

Nota: Valores objetivo para cada conjunto de elementos radiobases, nodos B y E nodos B

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio informará a la SENATEL y SUPERTEL por cada cantón, de conformidad con la división política administrativa del INEC o su equivalente, vigente al 31 de diciembre del año anterior a la medición el detalle de radiobases, nodos B y E nodos B, así como el correspondiente tiempo fuera de servicio de cada uno de ellos, en el mes objeto de la evaluación. No se considerará en la evaluación, los tiempos fuera de servicio asociados a interrupciones programadas y debidamente informados.

Tamaño de la muestra

Toda la red del prestador del servicio, evaluados por cantón, de manera independiente.

Área de aplicación de la evaluación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

T_{pfs} : Tiempo promedio de radiobases, nodos B y E Nodos B, fuera de servicio en el cantón y mes objeto de la evaluación.

T_{fs} : Tiempo total reportado como fuera de servicio en el mes, por radiobases, nodos B y E

nodos B del cantón objeto de la evaluación.

Nrb_s: Número total de radiobases, nodos B y E nodos B instaladas en el cantón objeto de la evaluación.

Cálculo para obtener el índice

$$Tpf_s = \frac{\sum_{i=1}^{Nrb_s} Tfs_i}{Nrb_s}$$

Frecuencia de medición

Mensual por cantón, evaluando independientemente radiobases, nodos B y E nodos B.

Reportes

El prestador del servicio informará a la SENATEL y SUPERTEL, a nivel de cantón, el detalle de radiobases, nodos B y E nodos B, así como el tiempo fuera de servicio de cada uno de ellos, de acuerdo a la frecuencia de medición, entregados 15 días calendario después de concluido el periodo de medición.

OBSERVACIONES

El CONATEL podrá incluir en este parámetro, otros elementos de red de acceso que considere procedente, previo informe motivado de la SENATEL y SUPERTEL.

En los cantones donde no se cumple el valor objetivo, en un periodo de medición determinado, la SUPERTEL podrá disponer al prestador del servicio tomar las medidas correctivas del caso y compensaciones según corresponda.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y SENATEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determinen la SENATEL y SUPERTEL.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz y datos
NOMBRE: INDISPONIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE RED	CÓDIGO: SMA-C-DIS-2
CAPA DEL MODELO: DISPONIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Es el tiempo máximo total en el que cada uno de los siguientes elementos, mensualmente, podrá estar no disponible:

- Central de conmutación Móvil o MSC Server
- HLR (Home Location Register)
- Plataforma Prepago
- SGSN (Serving GPRS Support Node)
- GGSN (Gateway GPRS Support Node)
- Media Gateway
- MME (Mobility Management Entity)
- PCRF (Policy and Charging Rules Function)
- HSS (Home Subscriber Server)

VALOR OBJETIVO

T_{ie} ≤ 5 minutos

Nota: Valores objetivo para los elementos descritos en la definición

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio informará a la SENATEL y SUPERTEL, a nivel nacional, el detalle de los elementos de red citados en la definición y el tiempo fuera de servicio de cada uno de ellos.

Tamaño de la muestra

Toda la red del prestador del servicio.

Área de aplicación de la evaluación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

Tie :Tiempo total de estado fuera de servicio del elemento en el mes objeto de la evaluación.

Tfse :Tiempo reportado como fuera de servicio del elemento objeto de la evaluación.

Cálculo para obtener el índice

$$Tie = \sum_{i=1}^n Tfse_i$$

Frecuencia de Medición

Mensual.

Reportes

El prestador del servicio informará a la SENATEL y SUPERTEL, el detalle, por elemento, del tiempo fuera de servicio de cada uno de los elementos objeto de la evaluación, de acuerdo a la frecuencia de medición, entregados 15 días calendario después de concluido el periodo de medición.

OBSERVACIONES

El CONATEL podrá incluir en este parámetro, otros elementos de red o plataformas que considere procedente, previo informe motivado de la SENATEL y SUPERTEL.

En los cantones donde no se cumple el valor objetivo, en un periodo de medición determinado, la SUPERTEL podrá disponer al prestador del servicio tomar las medidas correctivas del caso y compensaciones según corresponda.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y SENATEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determinen la SENATEL y SUPERTEL.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz
NOMBRE: PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS	CÓDIGO: SMA-C-ACC-1
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Porcentaje de las llamadas establecidas exitosamente respecto al número de intentos de llamadas, en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal) para este servicio.

Se consideran llamadas establecidas exitosamente aquellas que se encuentran en los siguientes casos:

- a) El terminal llamado contesta
- b) El terminal llamado está ocupado. En este caso el destino adecuado es el tono de ocupado o la casilla de voz del abonado/cliente-usuario.
- c) El terminal llamado está apagado o se encuentra fuera del área de servicio. En este caso el destino adecuado es el anuncio grabado correspondiente o casilla de voz.
- d) El terminal llamado recibe la llamada pero no contesta y se encamina a la casilla de voz.
- e) El terminal llamado se encuentra con el servicio restringido por falta de pago o a petición del abonado/cliente-usuario. En este caso el destino adecuado es el anuncio grabado correspondiente o casilla de voz.
- f) El usuario ha marcado un número que no existe. El destino es el anuncio grabado correspondiente.
- g) El terminal llamado timbra, no contesta la llamada y desconecta.

No se consideraran llamadas establecidas las que, por causas inherentes a la red del prestador del servicio, son encaminadas al buzón de mensajes o a un sistema de respuesta Interactiva (IVR), pese a que el abonado de destino está disponible.

Las mediciones son aplicables a las llamadas que se originan y terminan en la misma red del prestador del servicio. El parámetro se evalúa por zona de medición.

VALOR OBJETIVO

%*alcom*= 96%

Nota 1: Valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio realizará la medición a través de los contadores existentes en su red, en cada uno de los centros de conmutación y los controladores.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Todas las llamadas establecidas e intentos de llamadas durante el mes, evaluados por zona de medición en la cuarta mayor hora cargada, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todas las llamadas establecidas e intentos de llamadas durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

Área de aplicación

Area de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

%lcom: Porcentaje de llamadas establecidas en la red del prestador del servicio en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

lcom: Número total de llamadas establecidas exitosamente en la red del prestador del servicio, en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

ill : Número total de intentos de llamada en la red del prestador del servicio, en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener los índices

$$\%lcom = \frac{lcom}{ill} \times 100$$

Frecuencia de medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detallados por hora; la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por período de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

No se considerará en la evaluación los siguientes días: uno de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, y, veinticuatro, veinticinco y treinta y uno de diciembre.

Reportes

- a) Valores de *Iicom* e *iii* medidos de acuerdo a la frecuencia de medición reportados mensualmente y por zona de medición y entregados hasta 15 días calendario después de concluido el mes objeto de la evaluación.
- b) El índice $\%Iicom$ calculado por zona de medición.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Zona de medición. - Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Carga Normal. -

Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz
NOMBRE: TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA	CÓDIGO: SMA-C-ACC-2
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Es el intervalo de tiempo medido en segundos que transcurre entre el instante en que el usuario acciona el pulsador de envío de llamada, luego de marcar el número seleccionado y, la recepción del tono de control de llamada, en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal) para este servicio.

VALOR OBJETIVO

- Radiobases, Nodos B y E Nodos B sin enlaces satelitales: *tel* < 10 segundos
- Radiobases, Nodos B y E Nodos B con enlaces satelitales: *tel* < 14 segundos

Nota 1: Valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio obtendrá las mediciones de su sistema de medición de control y calidad, en la cuarta mayor hora cargada del mes de conformidad con la Recomendación ITU-T E.492, por zona de medición.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Total de llamadas establecidas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todas las llamadas establecidas e intentos de llamadas durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la

SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

tel: Tiempo de establecimiento de cada llamada en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener el índice

El indicador debe ser cumplido para el 100% de llamadas establecidas por zona de medición, tanto en el caso de que el prestador del servicio realice la medición como en el caso en que la SUPERTEL realice la medición.

Frecuencia de medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detallados por hora; la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por período de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

No se considerará en la evaluación los siguientes días: uno de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, y, veinticuatro, veinticinco y treinta y uno de diciembre.

Reportes

Valores de *tel* medidos de acuerdo a la frecuencia de medición, reportados mensualmente y por zona de medición y entregados hasta 15 días calendario después de concluido el mes.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y SENATEL la Información de respaldo en archivo digital y en un formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la Información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Carga Normal.-

Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: SMS
NOMBRE: PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON EXITO	CÓDIGO: SMA-C-ACC-3
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Porcentaje del número de mensajes cortos recibidos exitosamente por el usuario de destino, con respecto al número total de mensajes cortos enviados por el usuario origen, dentro de la misma red del operador en un mes, en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal) para este servicio.

VALOR OBJETIVO

%Mfr ≥ 99%

Nota 1: Valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, medido en los centros de servicios de mensajes cortos, cuando el parámetro sea medido por el prestador.

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio realizará la medición en los centros de servicios de mensajes cortos.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Todos los mensajes cortos enviados y recibidos durante el periodo de medición evaluados en la cuarta mayor hora cargada. Se excluyen de los mensajes cortos enviados y recibidos, aquellos mensajes duplicados, los que no fueron procesados por insuficiencia de saldo del abonado/cliente-usuario de origen y aquellos no entregados por indisponibilidad en el terminal de destino, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todos los mensajes cortos enviados y recibidos durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

Área de aplicación

Area de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

%Mr: Porcentaje de mensajes cortos recibidos en la cuarta mayor hora cargada del mes.

Mr: Número de mensajes cortos recibidos extosamente.

Me: Número total de mensajes cortos enviados.

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener el índice

$$\%Mr = \frac{Mr}{Me} \times 100$$

Frecuencia de Medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detallados por hora la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por periodo de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

No se considerará en la evaluación los siguientes días: uno de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, y, veinticuatro, veinticinco y treinta y uno de diciembre.

Reportes

- a) Valores de **Me** y **Mr** medidos de acuerdo a la frecuencia de medición reportados y entregados hasta 15 días calendario después de concluido el mes.
- b) El índice **%Mr** calculado, será usado para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de

respaldo en archivo digital y en el formato unico que determine la SENATEL y la SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Carga Normal.-

Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: SMS
NOMBRE: TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS	CÓDIGO: SMA-C-ACC-4
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Tiempo promedio medido en segundos, transcurrido entre el envío de un mensaje corto por parte del usuario de origen y la recepción del mensaje por parte del usuario destino, en la misma red del operador, en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal) para este servicio.

VALOR OBJETIVO

$Tm \leq 15$ segundos

Nota 1: Valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, medido en los centros de servicios de mensajes cortos, cuando la medición sea realizada por el prestador

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio realizará la medición en los centros de servicios de mensajes cortos.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Todos los mensajes cortos enviados y recibidos durante el periodo de medición. Se excluyen de los mensajes cortos enviados y recibidos, aquellos mensajes duplicados, los que no fueron procesados por insuficiencia de saldo del abonado/cliente de origen y aquellos no entregados por indisponibilidad en el terminal de destino. Se excluirán también aquellos enviados y recibidos desde el segundo intento en adelante una vez superada la indisponibilidad en el terminal de destino, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todos los mensajes cortos enviados y recibidos durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

VARIABLES QUE CONFORMAN EL PARÁMETRO

T_m : Tiempo promedio de envío de mensajes cortos, en segundos en la cuarta mayor hora cargada del mes.

T_i : Tiempo transcurrido desde que el mensaje corto es enviado, hasta que ha sido recibido por el usuario destino, medido en segundos.

Me : Total de mensajes cortos enviados.

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener el índice

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^{Me} T_i}{Me}$$

Frecuencia de medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detalladas por hora la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por periodo de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

No se considerará en la evaluación los siguientes días: uno de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, y, veinticuatro, veinticinco y treinta y uno de diciembre.

Reportes

- Valores de Me y T_i , medidos de acuerdo a la frecuencia de medición, entregados hasta 15 días calendario después de concluido el mes objeto de la evaluación.
- El índice T_m calculado mensualmente, será usado para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y a la SENATEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y la SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Datos
NOMBRE: TIEMPO DE IDA Y VUELTA (PING)	CÓDIGO: SMA-C-ACC-5
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Tiempo requerido para que un paquete de prueba viaje desde una fuente hasta un destino y regrese, medido por zona de medición para cada tecnología (2G y 3G). Se utiliza para medir el retardo en una red en un momento dado, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-2.

VALOR OBJETIVO

$P_c \leq 150$ milisegundos (3G)

$P_c \leq 500$ milisegundos (2G)

Nota: Valor semestral Ping, por zona de medición.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. El *drive test* se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de las muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Se realizarán las pruebas sobre los servidores que defina la SUPERTEL.

En cada prueba, para ambos métodos, se enviarán al menos 100 comandos ping de 32 bytes a los 3 servidores que determine la SUPERTEL, para el periodo de medición.

Se tomará el promedio de al menos 300 mediciones (mínimo 100 por cada servidor) como el resultado de la medición de cada punto, descartando las mediciones para las que se obtuvo como resultado "time out".

Las mediciones para los parámetros Ping tiempo de ida y vuelta, tasa de datos media FTP, tasa de datos media HTTP, y % de fallas de activación de contextos PDP, se podrán efectuar dentro de un mismo contexto PDP.

Tamaño de la muestra

Las rutas o puntos que determine la SUPERTEL, durante un periodo de evaluación dado, dentro de las zonas de medición, las mismas que serán establecidas y comunicadas al prestador del servicio, anualmente.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra estará constituido por todas las muestras colectadas durante el recorrido realizado (*drive test*) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determine la SUPERTEL.

Área de aplicación

Area de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

Ping: Tiempo entre el instante en que se envía el paquete de prueba hasta el instante en que retorna

P_C : Indicador Ping (ms)

$P_{(m)}$: Valor Ping de cada medición (ms)

n : Cantidad de mediciones

Cálculo para obtener el índice

$$P_C = \frac{\sum_{i=1}^n P_{(m)}}{n}$$

Frecuencia de Medición

Semestralmente, mediciones realizadas de acuerdo con el plan anual establecido por la SUPERTEL.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Las disposiciones que realice la SUPERTEL luego de las mediciones de los niveles de señal, serán de cumplimiento obligatorio por parte del prestador y serán Informadas a la SENATEL.

Los resultados de las mediciones de este Indicador, realizadas por la SUPERTEL serán Informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas del presente parámetro de calidad.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Tecnologías.-

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Datos
NOMBRE: % DE FALLAS DE ACTIVACIÓN DE CONTEXTOS PDP	CÓDIGO: SMA-C-ACC-6
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / ACCESIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Relación entre la cantidad de intentos fallidos de activación de contextos PDP y la cantidad total de intentos de activación de contextos PDP, medidos por zona de medición para cada tecnología (2G y 3G).

VALOR OBJETIVO

$PDP_f \leq 3\%$ (2G y 3G)

Nota 1: Valor objetivo del mes, por puerta de entrada SGSN (GGSN), en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

El prestador del servicio realizará la medición a través de los contadores existentes en su red.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Todos los contextos PDP originados en la red durante el periodo de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todos los contextos PDP originados durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

$\%PDP_f$: Porcentaje de Intentos fallidos de activación de PDP del mes, por zona de medición

PDP_f : Cantidad de Intentos fallidos de activación de PDP

PDP_e : Cantidad total de Intentos de activación de PDP

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener el índice

$$\% PDP_f = \frac{PDP_f}{PDP_e} \times 100$$

Frecuencia de medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detallados por hora la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por periodo de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

Reportes

Valores de $\%PDP_f$, PDP_f y PDP_e medidos de acuerdo a la frecuencia de medición, reportados mensualmente, por zona de medición y por hora, entregados hasta 15 días calendario después de concluido el mes.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y a la SENATEL la Información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y la SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la Información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que

considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Carga Normal.- Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

Tecnologías:

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Carga Normal.- Corresponde la cuarta mayor hora de tráfico, tomada de los valores máximos diarios de tráfico del mes para una zona de medición y un servicio determinados.

Tecnologías:

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

Tamaño de la muestra

Las zonas, rutas y puntos que determine la SUPERTEL en cada medición, las cuales deberán constituir una muestra en relación a la cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el recorrido realizado (drive test) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determine la SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

VARIABLES QUE CONFORMAN EL PARÁMETRO

MOS: Calidad de conservación (Mean Opinion Score)

Ca: Calificación del equipamiento de acuerdo con la Recomendación ITU-T P.862

n: Número total de llamadas de prueba

Cálculo para obtener el índice

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^n Ca}{n}$$

Frecuencia de medición

Semestralmente, conforme los cronogramas que establezca la SUPERTEL.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos

antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Los resultados de las mediciones de este Indicador, realizadas por la SUPERTEL serán informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas del presente parámetro de calidad.

Zona de medición.-Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Datos	
NOMBRE: TASA DE DATOS MEDIA FTP	CÓDIGO: SMA-C-INT-2	
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / INTEGRIDAD		

DEFINICIÓN

Tasa promedio de transmisión de datos medida durante todo el tiempo de conexión del servicio después de que el acceso de datos se ha establecido exitosamente. La conexión no debe interrumpirse. Se utiliza para medir el *throughput* de la red, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-2.

FTP (File Transfer Protocol).- Protocolo que permite la transferencia de archivos entre un terminal local y un servidor.

VALOR OBJETIVO

$FTP_d \geq 64$ kbps (2G)
 $FTP_d \geq 700$ kbps (3G)

$FTP_u \geq 32$ kbps (2G)
 $FTP_u \geq 200$ kbps (3G)

Nota: Valor semestral para mediciones en *Download* y *Upload*, por zona de medición.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. El *drive test* se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de las muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Para las mediciones, se utilizarán equipos de comprobación de acuerdo con la

Recomendación ETSI TS 102 250.

El tamaño del archivo de prueba será determinado por la SUPERTEL.

Se efectuarán al menos 15 mediciones para cada zona de medición, a los servidores que establezca para tal fin la SUPERTEL.

El tiempo máximo para el envío del archivo de prueba es de 120 segundos. Para el cálculo del Indicador, se tendrán en cuenta las sesiones de FTP que se hayan completado exitosamente dentro de este intervalo de tiempo. Se llevará el registro de las transmisiones fallidas por inaccesibilidad.

Las mediciones para los parámetros Ping tiempo de ida y vuelta, tasa de datos media FTP, tasa de datos media HTTP, y % de fallas de activación de contextos PDP, se podrán efectuar dentro de un mismo contexto PDP.

Tamaño de la muestra

Las rutas o puntos que determine la SUPERTEL dentro de las zonas de medición, las mismas que serán establecidas y comunicadas al prestador del servicio, anualmente.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra estará constituido por todas las muestras colectadas durante el recorrido realizado (*drive test*) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determine la SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

Las variables que conforman el parámetro son las siguientes:

X : Tamaño del archivo de prueba, expresado en Mega Bytes

t_i : Instante en que se inicia la transmisión del archivo de prueba

t_f : Instante en que se recibe el último bit del archivo de prueba

n : Número total de mediciones efectuadas de manera exitosa

FTP_{dl} : Es la velocidad instantánea de transmisión de datos en descarga (download) en la i -ésima prueba de las n efectuadas durante cada medición y se expresa así:

$$FTP_{dl} = \frac{8 \times \text{Archivo de prueba de } X \text{ MB enviado (down load)}}{t_f - t_i}$$

FTP_{ul} : Es la velocidad instantánea de transmisión de datos en carga (upload) en la prueba i -ésima de las n mediciones efectuadas y se expresa así:

$$FTP_{ul} = \frac{8 \times \text{Archivo de prueba de } X \text{ MB enviado (up load)}}{t_f - t_i}$$

Cálculo para obtener el índice

Para carga de archivo FTP (up load)

$$FTP_{ul} = \frac{\sum_{i=1}^n FTP_{ul_i}}{n}$$

Para carga de archivo FTP (down load)

$$FTP_{dl} = \frac{\sum_{i=1}^n FTP_{dl_i}}{n}$$

Frecuencia de medición

Semestralmente, mediciones realizadas de acuerdo con el plan anual establecido por la SUPERTEL.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Las disposiciones que realice la SUPERTEL luego de las mediciones de los niveles de señal, serán de cumplimiento obligatorio por parte del prestador y serán informadas a la SENATEL.

Los resultados de las mediciones de este Indicador, realizadas por la SUPERTEL serán informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas del presente parámetro

de calidad

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Tecnología:

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL SMA: Datos
NOMBRE: TASA DE DATOS MEDIA HTTP	CÓDIGO: SMA-C-INT-3
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / INTEGRIDAD	

DEFINICIÓN

Tasa de transferencia de datos HTTP medidos a lo largo de todo el tiempo de conexión al servicio, luego que un enlace de datos ha sido establecido de manera exitosa. La transferencia de datos deberá concluir exitosamente. Se utiliza para medir la calidad del servicio, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol).- Protocolo de hiper texto para sesiones con páginas Web y transferencia de datos.

VALOR OBJETIVO

$HTTP_d \geq 64$ kbps (2G)

$HTTP_d \geq 700$ kbps (3G)

Nota: Valor semestral para mediciones en Download, por zona de medición

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. El drive test se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de las muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Para las mediciones, se utilizarán equipos de comprobación de acuerdo con la Recomendación ETSI TS 102 250.

El tamaño del archivo de prueba será determinado por la SUPERTEL.

Se efectuarán al menos 15 mediciones para cada zona de medición, a los servidores que establezca para tal fin la SUPERTEL.

El tiempo máximo para el envío del archivo de prueba es de 120 segundos. Para el cálculo del indicador, se tendrán en cuenta las sesiones de HTTP que se hayan completado exitosamente dentro de este intervalo de tiempo. Se llevará el registro de las transmisiones fallidas por Inaccesibilidad.

Las mediciones para los parámetros Ping tiempo de ida y vuelta, tasa de datos media FTP, tasa de datos media HTTP, y % de fallas de activación de contextos PDP, se podrán efectuar dentro de un mismo contexto PDP.

Tamaño de la muestra

Las rutas o puntos que determine la SUPERTEL dentro de las zonas de medición, las mismas que serán establecidas y comunicadas al prestador del servicio, anualmente.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra estará constituido por todas las muestras colectadas durante el recorrido realizado (*drive test*) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determine la SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

Las variables que conforman el parámetro son las siguientes:

X: Tamaño del archivo de prueba expresado en Mega Bytes

t_i : Instante en que se inicia la transmisión del archivo de prueba

t_f : Instante en que se recibe el último bit del archivo de prueba

n: Número total de mediciones efectuadas de manera exitosa.

$HTTP_{di}$ es la velocidad instantánea de transmisión de datos en descarga (download) en la i-ésima prueba de las n efectuadas durante cada medición y se expresa así:

$$HTTP_{di} = \frac{8 \times \text{Archivo de prueba de } X \text{ MB enviado (down load)}}{t_f - t_i}$$

Cálculo para obtener el índice

$$HTTP_d = \frac{\sum_{i=1}^n HTTP_{di}}{n}$$

Frecuencia de medición

Semestralmente, mediciones realizadas de acuerdo con el plan anual establecido por la SUPERTEL.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Las disposiciones que realice la SUPERTEL luego de las mediciones de los niveles de señal, serán de cumplimiento obligatorio por parte del prestador y serán informadas a la SENATEL.

Los resultados de las mediciones de este indicador, realizadas por la SUPERTEL serán informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas del presente parámetro de calidad

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

Tecnología:

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz
NOMBRE: PORCENTAJE DE LLAMADAS CAIDAS	CÓDIGO: SMA-C-RET-1
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / RETENIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Porcentaje de llamadas caídas, con respecto al número total de llamadas establecidas, medidos por zona de medición para cada tecnología (2G y 3G), en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal).

Una llamada será considerada como caída cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas atribuibles a la red en evaluación.

VALOR OBJETIVO

%lic: ≠ 2% (2G y 3G)

Nota 1: Valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Nota 2: Valor objetivo, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

El prestador del servicio realizará la medición en su centro de gestión.

La SUPERTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

Tamaño de la muestra

Todas las llamadas caídas, durante el mes, evaluados por zona de medición en la cuarta mayor hora cargada, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Todas las llamadas caídas durante un periodo de evaluación dado, evaluados por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

%Iic : Porcentaje de llamadas caídas por zona de medición en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición

Iic : Total de llamadas caídas al mes por zona de medición

Ile : Total de llamadas establecidas al mes por zona de medición

Nota: En el caso en que la medición del parámetro sea realizada por la SUPERTEL, las variables que conforman el parámetro no considerarán la cuarta mayor hora cargada del mes.

Cálculo para obtener el índice

$$\%Iic = \frac{Iic}{Ile} \times 100$$

Frecuencia de medición

Mediciones realizadas mensualmente, todos los días durante las 24 horas, detallados por hora; la evaluación se realiza sobre la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por el prestador del servicio.

Mediciones realizadas con base en los cronogramas de medición de la SUPERTEL, detalladas por periodo de medición; y evaluadas por zona de medición, en el caso de que el parámetro sea medido por la SUPERTEL.

No se considerará en la evaluación los siguientes días: uno de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, y, veinticuatro, veinticinco y treinta y uno de diciembre.

Reportes

- a) Valores de *Iic* medidos de acuerdo a la frecuencia de medición, reportados mensualmente por zona de medición y tecnología, entregados 15 días calendario después de concluido el mes.
- c) El índice *%Iic* calculado mensualmente por zona de medición y tecnología.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

Para este indicador se entenderá que una llamada establecida es la toma exitosa del canal de tráfico en el interfaz de aire.

El prestador del servicio deberá remitir a la SUPERTEL y SENATEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte, previo requerimiento a la operadora, para validación del indicador reportado.

La SUPERTEL podrá realizar las mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, utilizando equipos de comprobación técnica ya sea en mediciones con equipo de colección manual de datos o mediciones con equipo de colección automática de datos.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Datos
NOMBRE: PORCENTAJE DE SESIONES HTTP INTERRUMPIDAS	CÓDIGO: SMA-C-RET-2
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / RETENIBILIDAD	

DEFINICIÓN

Porcentaje de sesiones HTTP interrumpidas, con respecto al total de sesiones HTTP establecidas, en un mes y por zona de medición, conforme la Recomendación ETSI TS 102 250-2.

Una sesión HTTP será considerada como interrumpida cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas inherentes a la red en evaluación, no se considerarán interrupciones atribuibles a fallas del servidor u otras circunstancias ajenas a la red del prestador.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol).- Protocolo de hipertexto para sesiones con páginas Web y transferencia de datos.

VALOR OBJETIVO

%HTTPi: ≤ 3% (2G)

%HTTPi: ≤ 2% (3G)

Nota: Valor objetivo semestral, por zona de medición.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición preferentemente cada segundo. El drive test se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de las muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Se utilizarán equipos de comprobación de acuerdo con la recomendación ETSI TS 102 250.

Tamaño de la muestra

Todas las sesiones HTTP establecidas, durante el periodo de medición.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

%HTTP_i: Porcentaje de sesiones HTTP Interrumpidas por zona de medición

HTTP_i: Total de sesiones HTTP Interrumpidas semestralmente por cada zona de medición

HTTP_e: Total de sesiones HTTP establecidas semestralmente por cada zona de medición

Cálculo para obtener el índice

$$\%HTTP_i = \frac{HTTP_i}{HTTP_e} \times 100$$

Frecuencia de medición

Las rutas y puntos que determine la SUPERTEL dentro de las zonas de medición, las mismas que serán establecidas y comunicadas a los prestadores del servicio, anualmente.

La evaluación se realizará por zona de medición y por tecnología en el semestre objeto de evaluación.

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL.

OBSERVACIONES

Las zonas de medición serán establecidas por la SUPERTEL, de manera anual, pudiendo ser revisadas y redefinidas por la SUPERTEL cuando lo considere pertinente.

La SUPERTEL podrá realizar mediciones y los procesamientos de muestras que considere necesarios para la verificación del parámetro, observando la metodología de medición definida en este parámetro.

Las mediciones realizadas y el procesamiento de las muestras con los dos procedimientos antes descritos, tendrán la misma validez, y en caso de que existan divergencias entre los valores medidos y procesados por el prestador del servicio, utilizando cualquiera de los métodos, respecto de los valores medidos y procesados por la SUPERTEL, se privilegiará los valores medidos por la SUPERTEL.

Las disposiciones que realice la SUPERTEL luego de las mediciones de los niveles de señal, serán de cumplimiento obligatorio por parte del prestador y serán informadas a la SENATEL.

Para este indicador se entenderá como una sesión HTTP establecida a la toma exitosa de los canales de datos PS, HSDPA y HSUPA.

Los resultados de las mediciones de este indicador, realizadas por la SUPERTEL serán informados a la SENATEL semestralmente, o cuando la SUPERTEL lo estime pertinente, con la finalidad de verificar el cumplimiento del parámetro.

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas del presente parámetro de calidad.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Todos los Servicios	
NOMBRE: TIEMPO PROMEDIO DE RESOLUCIÓN DE RECLAMOS		CÓDIGO: SMA-C-PER-1
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / PERCEPCIÓN DEL SERVICIO		

DEFINICIÓN

Tiempo promedio medido en horas, que los usuarios esperan para que su Reclamo reportado en cualquier punto de contacto del proveedor del SMA de voz y datos sea resuelto o atendido.

VALOR OBJETIVO

$\bar{T}_r \leq 72$ horas *continuas*

Nota: Valor objetivo mensual a nivel nacional evaluado por canales de reclamo (personalizado, telefónico u otros).

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

Medido a través del sistema de atención de Reclamos del prestador del servicio; el sistema de atención deberá reunir todos los canales de reclamos (personalizado, telefónico u otros) establecidos por la operadora.

Tamaño de la muestra

Todos los Reclamos reportados por los usuarios del SMA, durante el periodo de medición.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

\bar{T}_r : Tiempo promedio de resolución de Reclamos, en horas durante el mes

\bar{T}_e : Tiempo de espera del usuario, para la resolución del Reclamo, en horas

R_r : Total de Reclamos reportados, en el mes.

Cálculo para obtener el índice

$$I_r = \frac{\sum_{i=1}^n T_e_i}{R_r}$$

Frecuencia de Medición

Permanente durante el periodo de atención.

Reportes

- a) Informe de tiempos de resolución de Reclamos por servicio, por canal de Reclamo (personalizado, telefónico u otros), nacional , en archivo digital entregado 15 días calendario después de concluido el mes.
- b) El Índice Único I_r a nivel de prestador, por canal de Reclamo (personalizado, telefónico u otros) a nivel nacional y por mes serán usados para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte previo requerimiento a la operadora.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Todos los servicios	
NOMBRE: TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA POR RESPUESTA DE OPERADOR HUMANO	CÓDIGO: SMA-C-PER-2	
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / PERCEPCIÓN DEL SERVICIO		
<p>DEFINICIÓN</p> <p>Tiempo que transcurre en las llamadas atendidas por operador humano, desde el envío de los dígitos marcados hasta que la voz de un operador humano contesta la llamada cuando se trata de acceso directo. Para el caso de acceso a un operador humano mediante transferencia desde un sistema interactivo, se considera el tiempo que transcurre desde que la llamada es transferida hacia el operador humano hasta que el mismo contesta la llamada.</p>		
<p>VALOR OBJETIVO</p> <p>Valor objetivo semestral: $T_a \leq 15$ segundos $\%C \geq 85\%$</p>		
<p>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN</p> <p><u>Forma de medición</u></p> <p>La Sociedad Concesionaria deberá medir este parámetro, en los sistemas de control y distribución de llamadas en los call center o similar.</p> <p><u>Tamaño de la muestra</u></p> <p>Todas las llamadas hacia los servicios atendidos por un operador humano, durante el periodo de medición.</p> <p><u>Área de aplicación</u></p> <p>Área de prestación del servicio.</p> <p><u>Variables que conforman el parámetro</u></p> <p>$\%C$: Porcentaje de cumplimiento $llcop$: Número de llamadas contestadas por un operador humano en un tiempo menor o igual a 24 segundos, en el semestre T_a: Tiempo promedio de espera por respuesta de un operador humano, en segundos T_e: Tiempo de espera del usuario, para ser atendido por el operador humano a cada</p>		

llamada i , en segundos

iii : Total de llamadas marcadas hacia los centros de servicio de atención al usuario, atendido por un operador humano, en el semestre. En el caso de sistemas automatizados, total de llamadas desde que el usuario marca la opción para ser atendido por un operador humano, en el semestre. Entiéndase todos los usuarios que seleccionaron la opción de atención por un agente en un Call Center.

Cálculo para obtener el índice

$$Ta = \frac{\sum_{i=1}^n T_{e_i}}{iii}$$

$$\%C = \frac{Icop}{iii} \times 100$$

Frecuencia de Medición

Permanente durante el periodo de atención.

Reportes

- Valores de $Icop$, $\sum_{i=1}^n T_{e_i}$, y iii medidos de acuerdo a la frecuencia de medición reportados mensualmente y entregados semestralmente, 15 días después de concluido el semestre.
- Los índices Ta y $\%C$ calculados semestralmente, por prestador serán usados para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte previo requerimiento a la operadora.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Todos los Servicios
NOMBRE: PORCENTAJE DE RECLAMOS GENERALES	CÓDIGO: SMA-C-PER-3
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / PERCEPCIÓN DEL SERVICIO	

DEFINICIÓN

Porcentaje de Reclamos generales realizados por los abonados/clientes con respecto al total de Líneas Activas en servicio al final del mes, pudiendo ser entre otros, los siguientes:

- a) Activación del servicio distinta a la comprometida, esto es en plazos diferentes a los términos del servicio.
- b) Indisponibilidad del servicio no provocado por una interrupción.
- c) Reactivación del servicio en plazos distintos a lo comprometido.
- d) Desconexión o suspensión errónea del servicio.
- e) No tramitación de solicitud de terminación del servicio.
- f) No cumplimiento de las cláusulas contractuales pactadas. Suspensión del servicio sin fundamento legal o contractual.
- g) No realizar cambio de número cuando este haya sido solicitado, y
- h) Otros que sean pertinentes contemplados en el Reglamento para los Abonados/Clientes-Usuarios de los Servicios de Telecomunicaciones y de Valor Agregado

Se excluyen los Reclamos por facturación, débito en prepago y las solicitudes de Información.

VALOR OBJETIVO

$\%Rg \leq 1\%$

Nota: Valor objetivo mensual a nivel nacional.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

Medido a través del sistema de atención de Reclamos del prestador del servicio; el sistema de atención deberá reunir todos los canales de reclamos (personalizado, telefónico u otros) establecidos por la operadora.

Tamaño de la muestra

Todos los Reclamos reportados por los usuarios del SMA, durante el periodo de medición.

Area de aplicación

Area de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

$\%Rg$: Porcentaje de reclamos generales del SMA, en el mes.

Rg : Total de reclamos generales, presentados, en el mes.

Ls : Total de líneas activas, en el mes.

Cálculo para obtener el índice

$$\%Rg = \frac{Rg}{Ls} \times 100$$

Frecuencia de Medición

Permanente durante el periodo de atención.

Reportes

- a) Lista de Reclamos discriminados por tipo de reclamo, por servicio, por provincia, por cantón, por canal de Reclamo (personalizado, telefónico u otros) y por mes, en archivo digital entregado 15 días calendario después de concluido el mes.
- b) El índice único $\%Rg$ a nivel de prestador, por provincia, por cantón será usado para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y la SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte previo requerimiento a la operadora.

El prestador en los call centers, deberá solicitar el nombre de la provincia y cantón objeto de la llamada del reclamo.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Todos los Servicios	
NOMBRE: PORCENTAJE DE RECLAMOS DE FACTURACIÓN Y DÉBITO		CÓDIGO: SMA-C-PER-4
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / PERCEPCIÓN DEL SERVICIO		
<p>DEFINICIÓN</p> <p>Porcentaje de Reclamos realizados por los usuarios relacionados con la facturación cíclica de consumo para postpago y débito para prepago, respecto al total de Líneas Activas en el sistema del prestador del servicio en un mes.</p> <p>Se entiende por Reclamo de facturación y débito, aquel que tiene lugar cuando el usuario manifiesta inconformidad por uno o varios cargos reflejados en la factura o en el débito, los cuales pudieran deberse, entre otras razones, a las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Cobro de servicios no solicitados. b) Aplicación errónea de los valores pactados para la prestación del servicio. c) Cobro de servicios que hayan sido previa y oportunamente terminados por el usuario. d) Errores de Impresión en las facturas. e) Cobro por uno o varios servicios que estuvieren en proceso de Reclamo. f) Cobro de facturas o llamadas que ya fueron pagadas. g) Tarjetas de prepago o similares que no puedan ser utilizadas. h) Acreditación de valores distintos del acordado. i) Cobro por servicios contratados y no proporcionados, y j) Otros que sean pertinentes contemplados en el Reglamento para los Abonados/Clientes-Usuarios de los Servicios de Telecomunicaciones y de Valor Agregado. 		
<p>VALOR OBJETIVO</p> <p>$\%R_f \leq 0,5\%$</p> <p>Nota: Valor objetivo mensual.</p>		
<p>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN</p> <p><u>Forma de medición</u></p> <p>Medido a través del sistema de procesamiento de Reclamos de facturación o débito, registrados por el prestador del servicio.</p>		

Tamaño de la muestra

Se procesarán todos los Reclamos de facturación y débito, durante el periodo de medición.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

$\%Rf$: Porcentaje de Reclamos de facturación del SMA en pospago y débito en prepago.

Fr : Total de Reclamos de facturación del SMA en pospago y débito en prepago, en el mes objeto del reporte, incluyendo los reclamos de los servicios de voz, internet y demás servicios contemplados en el SMA.

Fe : Líneas activas del sistema SMA en el mes objeto del reporte.

Cálculo para obtener el índice

$$\%Rf = \frac{Fr}{Fe} \times 100$$

Frecuencia de Medición

Permanente durante el periodo de atención.

Reportes

- a) Lista de Reclamos de facturación por servicio, por provincia y cantón de origen del Reclamo, canal de Reclamo (personalizado, telefónico u otros) y por mes, en archivo digital entregado 15 días calendario después de concluido el mes.
- b) El índice único $\%Rf$ a nivel de prestador, por provincia y cantón serán usados para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.

OBSERVACIONES

El prestador del servicio deberá remitir a la SENATEL y SUPERTEL la información de respaldo en archivo digital y en el formato único que determine la SENATEL y SUPERTEL.

La SUPERTEL, podrá extraer de las plataformas o sistemas asociados, los archivos fuentes de la información objeto del reporte previo requerimiento a la operadora.

RESOLUCIÓN XXX	PARÁMETRO DE CALIDAD PARA EL SMA: Voz y Datos
NOMBRE: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DEL USUARIO	CÓDIGO: SMA-C-PER-5
CAPA DEL MODELO: CALIDAD / PERCEPCIÓN DEL SERVICIO	

DEFINICIÓN

Es el grado de satisfacción que experimenta un abonado/cliente con respecto a los siguientes aspectos de calidad del Servicio Móvil Avanzado:

- a) Percepción general del abonado/cliente respecto de la cobertura de la señal móvil celular, la disponibilidad, accesibilidad, integridad y retenibilidad del Servicio Móvil Avanzado.
- b) Trato al abonado/cliente (amabilidad, disponibilidad y rapidez).
- c) Percepción general del abonado/cliente respecto de la claridad con que se presenta la información en las facturas para abonado/clientes postpago y claridad en cómo se debita el valor de una recarga (tarjeta, voucher, recarga electrónica) para abonados/clientes prepago, así como la facilidad de identificar los valores tarifados, valores cobrados por impuestos y descuentos y cualquier servicio opcional contratado por el abonado/cliente.

Entendiéndose por:

- Amabilidad: Actitud positiva, cortés y paciente de una persona hacia el abonado/cliente
- Disponibilidad: Forma en que una persona esta presta a solucionar, a ayudar o guiar a resolver una situación al abonado/cliente
- Rapidez: Agilidad con la que se resuelve, guía o ayuda a resolver una situación al abonado/cliente

VALOR OBJETIVO

GSe» 4

Nota: Valor objetivo trimestral, por provincia de conformidad con la división política administrativa del INEC o su equivalente, vigente al 31 de diciembre del año anterior.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Forma de medición

Se toma una muestra de diferentes abonados/clientes del SMA de voz y Datos, éstos

serán consultados mediante encuestas.

El abonado/cliente es consultado, quien calificará para cada servicio de acuerdo a la siguiente escala:

GRADO	CALIFICACIÓN
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

La SENATEL y SUPERTEL diseñarán la encuesta, considerando de manera no vinculante la opinión de los prestadores del servicio.

El prestador del SMA contratará una empresa encuestadora, que será seleccionada de una lista de al menos tres firmas encuestadoras profesionales de reconocido prestigio remitidas por la SENATEL y SUPERTEL.

Las preguntas deberán ser planteadas para cubrir los aspectos previstos en la definición.

Tamaño de la muestra

Se toma una muestra de diferentes abonados/clientes del SMA de voz y de datos, quienes al menos hayan usado el servicio en el semestre anterior al de evaluación; la encuesta deberá ser realizada en el último mes del semestre objeto de evaluación.

El tamaño de la muestra deberá garantizar una confiabilidad de al menos el 95% y un error de no más del 5%. Se excluirá a los clientes que respondan "no se" o quienes se rehúsen a contestar.

Área de aplicación

Área de prestación del servicio.

Variables que conforman el parámetro

GSe: Grado de satisfacción del abonado/cliente del SMA encuestado

C_i : Valor de la calificación del i-ésimo encuestado del SMA

Nc: Número de encuestados del SMA

C_i : es el promedio de las calificaciones que el i-ésimo encuestado otorgó a los tres aspectos evaluados previstos en la definición. Cada aspecto tendrá la misma ponderación.

Cálculo para obtener el índice

$$GSe = \frac{\sum_{i=1}^{Nc} C_i}{Nc}$$

Frecuencia de Medición

Trimestral

Reportes

Trimestrales, entregados 15 días después de terminado cada trimestre

- Informe de la empresa encuestadora entregado 15 días calendario después de concluido el semestre, discriminados por provincia en las que se aplicó la encuesta y por cada uno de los aspectos señalados en la definición.
- El índice único GSe a nivel de prestador, por provincia y será usado para la verificación del cumplimiento del valor objetivo.