

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

### **Maestría en Sistemas de Información Gerencial**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVICIO PARA TELÉFONOS INTELIGENTES  
CON SISTEMA ANDROID, QUE PERMITA LA RECOLECCIÓN Y  
GENERACIÓN DE REPORTES DE MEDICIONES DEL SERVICIO MÓVIL  
AVANZADO EN LA RED DE UN OPERADOR CELULAR”

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del grado de:

### **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

### **GERENCIAL**

JORGE ENRIQUE PESÁNTEZ SARMIENTO Y

JUAN EDUARDO MARIN RAMALLO

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO: 2018

## AGRADECIMIENTO

Ante todo, dar gracias a nuestro padre celestial por brindarnos la oportunidad de seguir adquiriendo conocimientos para fortalecernos en el ámbito profesional.

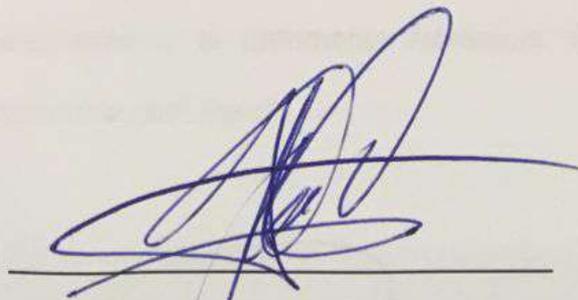
A nuestros seres queridos que son la principal fuente de motivación para superarnos, y la fortaleza para levantarnos en los momentos de mayor dificultad en nuestras vidas.

Un agradecimiento a nuestro tutor, maestros y colegas que aportaron con su experiencia y recomendaciones para hacer posible este trabajo de titulación.

## DEDICATORIA

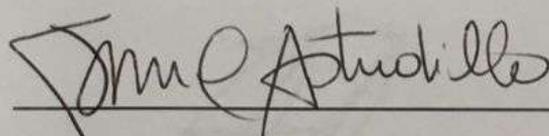
Dedicamos este proyecto a todas las personas que tienen el valor y la perseverancia para proponerse en sus vidas desafíos que por más inalcanzables que parezcan siempre son posibles cuando se tiene la capacidad y convencimiento de lograrlo.

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**



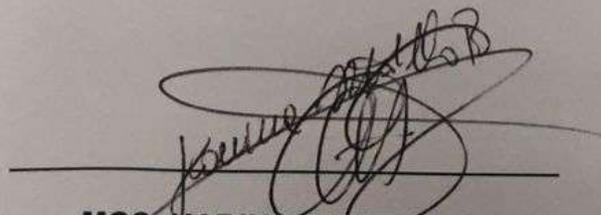
**MSIG. LENIN FREIRE**

**DIRECTOR MSIG**



**Ph.D. GABRIEL ASTUDILLO BROCEL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**

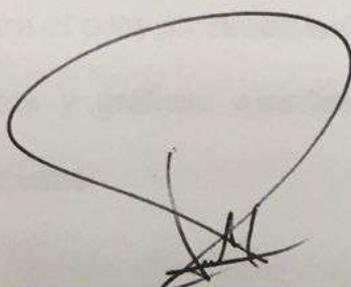


**MGS. KARINA ASTUDILLO**

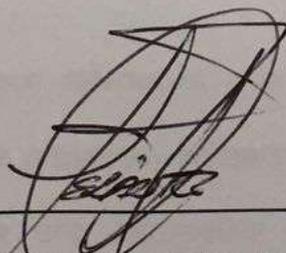
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, loopy initial 'J' followed by several smaller, less distinct strokes, positioned above a horizontal line.

Ing. Juan Eduardo Marin Ramallo

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'J' with multiple overlapping loops and a horizontal bar across the middle, positioned above a horizontal line.

Ing. Jorge Enrique Pesántez Sarmiento

## RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad brindar una herramienta que permita al usuario enviar de manera ágil y automatizada un reporte de falla del SMA (Servicio Móvil Avanzado) que haya experimentado el cliente en su teléfono móvil, cuyas mediciones serán enviadas a una base de datos en un servidor central donde se realizará el post procesamiento respectivo para la generación de un mapa de eventos y gráficas estadísticas que permitirán mostrar e identificar las posibles causas.

En el primer capítulo se hace referencia a la descripción del problema que motivó la propuesta de este proyecto, enmarcado en los objetivos y alcance que nos permita encontrar una alternativa de solución para brindar las facilidades a los operadores celulares, a través de una herramienta que logre una mejor atención y servicio a los usuarios móviles.

En el segundo capítulo hemos incluido los conceptos teóricos, fundamentos y principales componentes de infraestructura de la telefonía celular, así como la evolución de cada una de las tecnologías que han permitido una mejora en el desarrollo de sus servicios. Adicionalmente, se hace énfasis también en la mensajería de señalización existente entre cada uno de los elementos que

forman parte de una red celular, ya que es a través de este flujo de información que logramos identificar lo que está sucediendo en la comunicación entre cada uno de ellos.

En el tercer capítulo abordamos la problemática que nos motivó la realización de este trabajo de titulación, lo cual tiene que ver con la identificación de los eventos de fallas que están presentes en las redes celulares y que según su ocurrencia son las que tienen mayor impacto en el servicio desde la percepción del usuario móvil. Analizaremos también las causas asociadas a cada una de estas deficiencias basadas en la señalización y las mediciones del entorno de radio, y cuantificaremos el impacto que tiene cada una de estas fallas a través de una encuesta e indicadores que nos mostrará estadísticamente los resultados obtenidos de la información real de las llamadas recolectadas.

El cuarto capítulo contiene todo lo relacionado al diseño y desarrollo de la aplicación tanto móvil como web, las cuales tendrán una fuerte interacción ya que la primera se encargará propiamente de la recolección de los datos y la segunda publicará la ubicación los resultados generados del procesamiento de la información enviada por cada uno de los usuarios del SMA.

El capítulo quinto es consecuencia del capítulo anterior, dado que en este se hace mención de cada una de las pruebas realizadas para evaluar cada una de las aplicaciones desarrolladas, así como la consistencia de la información entre lo que se recolecta y lo que muestra para el usuario final.

Finalmente, en el capítulo sexto presentaremos el análisis de cada uno de los indicadores y mediciones obtenidas en las pruebas realizadas, así como la interpretación de los resultados de las gráficas estadísticas generadas en la aplicación web.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPÍTULO 1.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema .....	3
1.3 Solución Propuesta.....	4
1.4 Objetivo general.....	7
1.5 Objetivos específicos .....	7
1.6 Metodología.....	8
CAPÍTULO 2.....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Componentes de una red celular .....	10

2.2	Tipos de servicios que brindan los operadores celulares del Ecuador, a partir de la tecnología .....	13
2.3	Descripción de principales reportes de señalización para identificación de eventos de falla .....	32
CAPÍTULO 3.....		49
ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN .....		49
3.1	Identificación de principales eventos de fallas de mayor impacto en una red celular.....	49
3.2	Identificación de principales causas de reclamos de usuarios con el servicio celular.....	54
3.3	Modelamiento de procesos BPMN.....	61
3.4	Definición de indicadores para análisis e incidencia de los eventos de falla .	65
CAPÍTULO 4.....		68
DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN .....		68
4.1	Diseño del modelo entidad relación .....	68
4.2	Diseño del diagrama de estados.....	74
4.3	Estructura del proyecto .....	76
4.4	Estándar de programación.....	77
4.5	Diseño del plan de pruebas .....	84
4.6	Diseño y desarrollo de pantalla para app en dispositivo Android .....	85
4.7	Diseño y desarrollo de pantalla para ubicación, análisis y presentación de informes estadísticos en entorno web .....	86
4.8	Desarrollo del indicador de principales tipos de eventos de fallas.....	92
4.9	Desarrollo del indicador de cantidad de eventos de fallas.....	93

CAPÍTULO 5.....	94
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.....	94
5.1    Implementación del sistema.....	94
5.2    Pruebas del sistema: .....	98
5.2.1    Pruebas funcionales.....	98
5.2.2    De interoperabilidad entre componentes .....	102
5.2.3    De carga, rendimiento y estrés.....	103
5.2.4    De usabilidad .....	105
5.2.5    De portabilidad.....	105
CAPÍTULO 6.....	106
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	106
6.1    Análisis del indicador de principales tipos de eventos de fallas por objetos de base de datos.....	106
6.2    Análisis de indicador de cantidad de eventos de fallas por tipos de objeto en la base de datos.....	108
6.3    Análisis de indicador de eventos de fallas incidentales.....	112
6.4    Análisis de indicador de origen de eventos de fallas .....	114
6.5    Análisis de efectividad de la herramienta.....	115
BIBLIOGRAFÍA .....	121

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

<b>3GPP:</b>	3rd Generation Partnership Project.
<b>8PSK:</b>	8 Phase Shift Keying.
<b>BTS:</b>	Base Transceiver Station.
<b>EDGE:</b>	Enhanced Data GSM Evolution.
<b>GERAN:</b>	GSM EDGE Radio Access Network.
<b>GPRS:</b>	General Packet Radio Service.
<b>GSM:</b>	Global System Mobile.
<b>GMSK:</b>	Gaussian minimum shift keying.
<b>HSDPA:</b>	High Speed Downlink Packet Access.
<b>HSPA:</b>	High Speed Packet Access.
<b>HSUPA:</b>	High Speed Uplink Packet Access.
<b>HW:</b>	Hardware.
<b>IMEI:</b>	International Mobile Station Equipment Identity.
<b>IMSI:</b>	International Mobile Subscriber Identity.

<b>LA:</b>	Location Area.
<b>LAC:</b>	Location Area Code.
<b>LTE:</b>	Long Term Evolution.
<b>MME:</b>	Mobility Management Entity.
<b>MSC:</b>	Mobile Switching Center.
<b>PCH:</b>	Paging Channel.
<b>PCRF:</b>	Policy and Charging Rules Function.
<b>PDN:</b>	Packet Data Network.
<b>P-GW:</b>	Packet Gateway.
<b>QoS:</b>	Quality of Service.
<b>RACH:</b>	Random Access Channel.
<b>RF :</b>	Radio frecuencia
<b>RIL :</b>	Radio Interface Link.
<b>RRC:</b>	Radio Resource Controller.
<b>SMA:</b>	Servicio Móvil Avanzado.
<b>S-GW:</b>	Serving Gateway.
<b>SGSN:</b>	Serving GPRS Support Node.
<b>SW:</b>	Software.

<b>UMTS:</b>	Universal Mobile Telecommunications System.
<b>UTRAN:</b>	UMTS Terrestrial Radio Access Network.
<b>VoLTE:</b>	Voice over LTE.
<b>WCDMA:</b>	Wideband Code Division Multiple Access.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Establecimiento de una llamada celular .....	1
Figura 2.1: Infraestructura de la red celular .....	11
Figura 2.2: Red de BTS en la red celular .....	13
Figura 2.3: Evolución de la tecnología celular según la 3GPP .....	14
Figura 2.4: Evolución de la tecnología celular .....	16
Figura 2.5: Diagrama de elementos de una red 3G .....	18
Figura 2.6: Diagrama de elementos de una red 4G con otras tecnologías.....	21
Figura 2.7: Arquitectura de tecnología LTE .....	22
Figura 2.8: Estadísticas del SMA en Ecuador .....	27
Figura 2.9: Porcentaje de uso del celular y redes sociales en Ecuador.....	28
Figura 2.10: Histórico anual de cuentas de internet móvil en el Ecuador .....	31
Figura 2.11: Histórico anual de líneas celulares activas en el Ecuador .....	31
Figura 2.12: Esquema de asignación de canal radio .....	33
Figura 2.13: Sintonización de frecuencia y time slot.....	34
Figura 2.14: Autenticación del terminal en la red .....	35
Figura 2.15: Comprobación del IMEI .....	35
Figura 2.16: Establecimiento de la llamada .....	36
Figura 2.17: Desconexión de una llamada.....	36
Figura 2.18: Pasos para conexión de una llamada 3G.....	37
Figura 2.19: Mensaje de paging tipo 1 .....	37
Figura 2.20: Mensaje de paging tipo 2 .....	38

Figura 2.21: Establecimiento de conexión con RRC.....	38
Figura 2.22: Transacción de la razón del servicio.....	40
Figura 2.23: Control de seguridad y autenticación.....	40
Figura 2.24: Establecimiento de la conexión y asignación de canal de servicio .....	40
Figura 2.25: Transacción de liberación del canal de servicio.....	41
Figura 2.26: Liberación de la conexión RRC .....	41
Figura 2.27: Revisión de mensajería de capa 3 .....	43
Figura 2.28: Flujo para análisis de causas de caídas de llamadas .....	44
Figura 2.29: Flujo para análisis de causas de fallas en integridad de la llamada .....	45
Figura 2.30: Flujo para análisis de causas de fallas en accesibilidad de la llamada .....	46
Figura 3.1: Definición de áreas de localización (LA).....	50
Figura 3.2: Gráfica de estadísticas de Clear Code por asignación de LAC.....	51
Figura 3.3: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular .....	59
Figura 3.4: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular .....	60
Figura 3.5: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular .....	60
Figura 3.6: Proceso existente de atención de incidencias de fallas .....	62
Figura 3.7: Proceso optimizado de atención de incidencias de fallas .....	64
Figura 4.1: Diagrama de entidad – relación de proceso de atención de incidencias de fallas.....	69
Figura 4.2: Tabla de Usuario Móvil.....	69
Figura 4.3: Ejemplo de datos de tabla de Usuario Móvil .....	71
Figura 4.4: Tabla de Encuesta Llamada Celular .....	71
Figura 4.5: Ejemplo de datos de tabla de Encuesta Llamada Celular.....	73

Figura 4.6: Captura de evento de llamada celular .....	74
Figura 4.7: Visor de evento de llamada celular .....	75
Figura 4.8: Estructura del proyecto – relación entre base de datos y aplicaciones móvil y web .....	77
Figura 4.9: Tablas de la aplicación web .....	77
Figura 4.10: Procedimientos almacenados de la base de datos .....	78
Figura 4.11: Estructura de la tabla Encuesta Llamada Celular .....	79
Figura 4.12: Estructura de la tabla Usuario Móvil .....	79
Figura 4.13: Estructura del proyecto EncuestaCalidadLlamadaCelular .....	80
Figura 4.14: Estructura del proyecto WebServiceCapturaEventosCelular .....	81
Figura 4.15: Estructura del proyecto WebSiteCapturaEventosCelular .....	82
Figura 4.16: Diseño y desarrollo de pantalla para App en Android Studio .....	86
Figura 4.17: Diseño y desarrollo de pantalla Visualizar Eventos en ASP .NET .....	88
Figura 4.18: Diseño y desarrollo de pantalla Ver Detalle de Llamada en ASP .NET .....	89
Figura 4.19: Diseño y desarrollo de pantalla Dashboard en ASP .NET .....	90
Figura 4.20: Diseño y desarrollo de pantalla Benchmarking en ASP .NET .....	91
Figura 4.21: Desarrollo del indicador principales tipos de eventos de fallas .....	92
Figura 4.22: Desarrollo del indicador de cantidad de eventos de fallas .....	93
Figura 5.1: Tipos de planes ofrecidos por el hosting SmarterASP.NET .....	95
Figura 5.2: Creación del dominio y dos subdominios .....	96
Figura 5.3: Publicación del Servicio Web y Sitio Web .....	96
Figura 5.4: Publicación de la Base de Datos SQL Server CapturaEventosCelular ...	97

Figura 5.5: Pruebas de interoperabilidad del sitio web en distintos navegadores web .....	103
Figura 5.6: Número de conexiones concurrentes del Servicio y Sitio Web .....	104
Figura 6.1: Eventos de tipos de fallas identificados con la APP .....	107
Figura 6.2: Correlación entre Causas y Eventos de Fallas .....	111
Figura 6.3: Eventos de fallas identificados en visor de aplicación web.....	113
Figura 6.4: Gráfica de eventos de fallas incidentales por fecha .....	113
Figura 6.5: Gráfica de eventos de fallas incidentales por ubicación.....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Principales elementos de la red celular .....	11
Tabla 2.2: Bandas de frecuencia de la tecnología GSM.....	17
Tabla 2.3: Bandas de frecuencia de la tecnología UMTS.....	20
Tabla 2.4: Cuadro comparativo de tipos de servicios para tecnología 3G y 4G.....	24
Tabla 2.5: Cuadro de bandas de frecuencias para operación de LTE .....	25
Tabla 2.6: Cuadro comparativo de tasas de velocidad downlink y uplink .....	26
Tabla 2.7: Evolución de la tecnología celular y sus servicios .....	30
Tabla 2.8: Clear codes más utilizados .....	43
Tabla 2.9: Mediciones de señal y calidad 2G – 3G – 4G.....	48
Tabla 3.1: Clear codes con mayor incidencia en la red de un operador celular .....	52
Tabla 3.2: Tabulación de resultados de la encuesta sobre Fallas en el servicio celular.....	58
Tabla 3.3: Estimación del tiempo de recepción y atención del proceso existente de casos sobre eventos de fallas en el servicio celular .....	63
Tabla 3.4: Estimación del tiempo de recepción y atención del proceso optimizado de casos sobre eventos de fallas en el servicio celular .....	64
Tabla 3.5: Tabla de eventos de fallas versus causas que lo originaron.....	66
Tabla 6.1: Tabulación de eventos de fallas .....	108
Tabla 6.2: Tabulación de objetos o causas de fallas .....	109
Tabla 6.3: Tabla de correlación entre eventos y causas de fallas .....	109
Tabla 6.4: Tabulación de eventos y causas de fallas por llamada.....	110

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la operadora celular que hemos considerado para nuestro trabajo de titulación cuenta con un procedimiento para la recepción de casos de quejas de clientes del SMA, en el cual existen algunas actividades que ocasionan demoras para ser atendidas por parte del área técnica debido a que el reclamo llega luego de ser revisado y evaluado por otros departamentos involucrados en el proceso. Adicionalmente, no se cuenta con un sistema que permita identificar con mayor precisión el origen y la causa de las fallas que motivaron la mala percepción del servicio celular por parte del cliente.

La propuesta que presentamos con este proyecto tiene como objetivo, por un lado, mejorar los tiempos de respuesta por parte del área técnica y actuar de manera más proactiva en la atención y solución de los eventos de fallas reportados, y a la vez identificar las zonas donde se están presentando mayor ocurrencia de casos en la red celular, a fin de tomar las acciones correctivas para optimizar el entorno de RF (Radio Frecuencia) y mitigar a la brevedad posible las molestias ocasionadas a los usuarios móviles.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

Como parte de la organización de las operadoras celulares basada en las exigencias de los entes de control y regulación de las telecomunicaciones y la ley de defensa del consumidor, se hace primordial que estas empresas brinden un servicio óptimo a los usuarios móviles y garanticen la calidad del mismo.



Figura 1.1: Establecimiento de una llamada celular

Dada la oferta de SMA existente en el mercado de telefonía celular, las compañías se han visto en la obligación de mantener y cuidar celosamente cada una de las líneas contratadas por los clientes a fin de disminuir el porcentaje de deserción. Por ello, se han visto en la obligación de crear múltiples canales de comunicación para que los usuarios fortalezcan la relación con sus prestadores de servicio, y a través de estos medios conocer de noticias, beneficios, nuevos planes y productos que podrían ser de interés.

En consecuencia con lo indicado anteriormente, se ha identificado que uno de los motivos importantes que inciden en la decisión de las personas para realizar un cambio de operador es la atención y calidad de los servicios móviles contratados, por tal razón, las empresas celulares tienen que cuidar en mantener su red con el mínimo posible de fallas, y en caso de que estas ocurran serán reportadas por parte de los clientes a través de los canales apropiados, siempre y cuando los conozcan y tengan el tiempo para comunicarlo, de lo contrario, no se tendrá conocimiento de lo ocurrido y el problema persistirá sin brindarle solución alguna generando una mala experiencia del usuario.

## 1.2 Descripción del problema

En el área de Calidad de Servicio de un operador celular se gestiona diariamente casos de reportes de clientes ocasionados por eventos de fallas en el servicio de voz y datos móviles dentro de la cobertura ofrecida por este proveedor, dichos trámites cumplen con un proceso donde intervienen varios actores dentro de la empresa, los cuales se encargan de revisar y confirmar la información ingresada en un formulario establecido, sin embargo cada etapa involucra consumo de tiempo y recursos que inciden en la atención para la solución o entrega de alguna respuesta al cliente, ante esta situación exponemos las siguientes razones que consideramos son las principales para la justificación de nuestra propuesta de proyecto:

- Brindar la facilidad al cliente para que tenga a la mano una herramienta que le permita enviar de manera ágil y automatizada un reporte de falla del servicio de voz celular que haya experimentado con su teléfono móvil.
- Contar con información precisa y acertada sobre las posibles causas que pudieron ocasionar el inconveniente reportado, ya que en la actualidad se recibe el formulario con información básica proporcionada por el cliente y que luego es complementada por personal de otras áreas, basada en

indagaciones con el uso de otras herramientas, que permitirán agregar comentarios de acuerdo con las observaciones y criterio técnico.

- Los datos incluidos en el formulario y correos que forman parte del seguimiento del caso son susceptibles a equivocaciones y presunciones que pudieran ser sesgadas o erróneas, desvirtuando la posible causa para el análisis de la solución, esto significa una demora, por cuanto el ingeniero que sea asignado para la revisión del trámite deberá realizar una nueva investigación de lo que originó el inconveniente en el servicio celular, lo cual conlleva a ir hacia el lugar para tratar de recrear el evento reportado.
- Del lado del operador celular no existe una plataforma tecnológica que permita actuar de forma rápida y efectiva con la asignación interna del caso hacia el ingeniero de soporte responsable, y adicionalmente, poder almacenar información histórica que sirva de consulta para conocimiento de trámites similares y estadísticas de atención a clientes.

### **1.3 Solución Propuesta**

Implementar un “Servicio de Captura de Eventos del Servicio Móvil Avanzado SCE-SMA” el cual venga preinstalado en los dispositivos móviles

que se vendan a través de la operadora celular; para lograr esto hará uso de las siguientes tecnologías:

- ✓ Lenguaje de programación Android con soporte para los Sistemas Operativos desde la versión 6.0 hasta las 9.0, asegurando el correcto uso del Servicio en el 85.2% de dispositivos con este S.O, tal como se puede constatar en el siguiente enlace web <https://android5x1.com/android-nougat-sigue-en-cifras-bajisimas/>.
  
- ✓ Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) Android Studio 2.3.3, el cual es publicado de forma gratuita por medio de la Licencia Apache 2.0.
  
- ✓ Gestor de base de datos Sqlite 3.19.3, en donde se almacenará y administrará la información de los parámetros de la red celular que el móvil esté capturando cuando se susciten eventos de fallas tales como, caídas de llamadas, inaccesibilidad a la red, enmudecimiento de llamadas, o cualquier otro tipo de incidente que apunte a un problema de Calidad de Servicio, Cobertura o Soporte de Tráfico.

La información de los parámetros de red será capturada y almacenada en una base de datos de manera automática y de forma periódica dentro del dispositivo móvil; para luego ser enviada a la operadora celular, y de esta forma lograr que los ingenieros de optimización encargados de la radio base,

puedan realizar el análisis correspondiente de esta información. Para conseguir esto, se utilizó el desarrollo de una herramienta de post-procesamiento y presentación de estos datos mediante el uso de informes y gráficos estadísticos. En esta implementación se planifica el uso de las siguientes tecnologías:

- ✓ Visual Studio Express 2012 para desarrollar aplicación web dinámica a ser usada para el análisis de la información por los ingenieros de optimización.
  
- ✓ SQL Server Express 2012 para almacenar la información post-procesada recibida desde los celulares.

Una vez implementada la solución se obtendrán los siguientes beneficios:

- Mejorar el tiempo de respuesta de solución de problemas y atención a los usuarios del Servicio Móvil Avanzado que presenten afectaciones en el servicio, analizando el evento real ocurrido para ofrecer una solución más precisa.

- Contar con una base de datos de conocimientos en la cual se almacenen la información de las afectaciones por usuarios, así como también la solución ejecutada y los recursos utilizados.
- Informes de los tipos de eventos de fallas que más suceden y afectan a la red, las zonas de la ciudad o población donde más se presentan los problemas, la tecnología (2G-3G-4G) en donde ocurren más fallas, entre otros.

#### **1.4 Objetivo general**

Diseñar e implementar una plataforma móvil para reportar eventos de fallas que inciden en la percepción del servicio prestado por un operador celular concesionado en el Ecuador.

#### **1.5 Objetivos específicos**

- Definir los requerimientos de información asociados a los eventos de falla con cada uno de los reportes de medición generados por los terminales (teléfonos), para que se determine correctamente la causa raíz que ocasionó la afectación del servicio en el usuario.

- Diseñar y desarrollar un servicio en background que será ejecutado periódicamente en el teléfono del usuario móvil, para que detecte el instante en que se produzca una llamada, capture parámetros de la red celular y permita enviar el caso de falla experimentado por el usuario en caso de que éste exista y que el usuario desee.
- Diseñar, dimensionar y desarrollar una aplicación web con su respectiva base de datos que presentará al soporte técnico de la operadora celular, la información del evento de falla recolectado y enviado por el usuario desde el teléfono móvil a través de la red celular del operador.
- Proveer un conjunto de herramientas como informes y uso de mapas que permitan dar seguimiento estadístico de los eventos de fallas más representativos en la red celular del operador.

## **1.6 Metodología**

Para la elaboración de este trabajo hemos considerado basarnos en la detección y retroalimentación masiva (Crowdsensing), ya que el fundamento de esta teoría guarda estrecha relación con el tema propuesto para este proyecto, a continuación, procederemos a explicar con mayor detalle el desarrollo de nuestra metodología.

Como punto de partida pondremos a disposición de un universo de personas una encuesta publicada en una página web, la cual nos permitirá conocer y cuantificar la percepción de los usuarios del servicio de telefonía celular con respecto a las fallas que tienen mayor ocurrencia e impacto en el SMA.

Con la información recabada en el punto anterior, determinaremos los eventos de fallas en los cuales nos enfocaremos y que serán motivo de análisis según las mediciones y mensajería de señalización asociadas a las mismas. En esta parte nos valdremos de los conceptos del crowdsensing para obtener información de la percepción del usuario (crowdsensing participativo), donde recibiremos la contribución voluntaria de las personas, y, por otro lado, los niveles de señal, calidad del ambiente de RF y mensajes de la interfaz de radio (crowdsensing oportunista) que serán capturados mediante la automatización de la aplicación desarrollada para esta finalidad.

Posteriormente, se diseñará y construirá una aplicación web dentro de la cual se mostrará la información recibida en la base de datos y que previamente haya sido enviada por la aplicación instalada en los dispositivos móviles, para aquello se publicará en un mapa digital los eventos de fallas geo-referenciados, así como, las gráficas estadísticas que permitirán realizar un mejor análisis para la solución del caso generado y consecuentemente una optimización de la red celular del operador.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Componentes de una red celular**

Para poder brindar un buen servicio celular se debe implementar una infraestructura de red que permita gestionar los usuarios, llamadas y sesiones de datos móviles como principales beneficios de una red celular.

Para aquello es necesario revisar algunos elementos y términos más utilizados en nuestro proyecto y que facilitarán la comprensión del mismo en cada una de las tecnologías, y que forman parte del proceso de una llamada, mensajería que se intercambian entre la estación base y los dispositivos homologados y aprovisionados en cada uno de los operadores celulares. La figura 2.1 y la tabla 2.1 presentan lo indicado anteriormente.

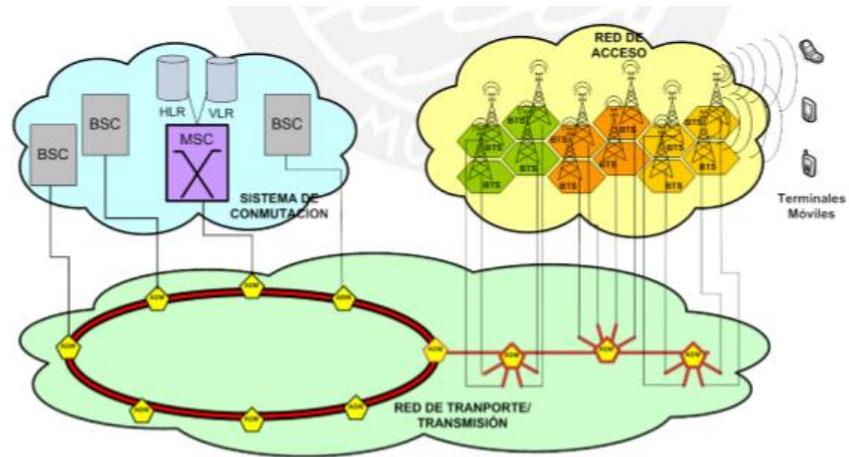


Figura 2.1: Infraestructura de la red celular

Elemento de la red	Icono
Estación móvil	
Modulo de identidad	
Estación base transceptora	
Estación base controladora	
Unidad de adaptación y transcodificación	
Estación de conmutación móvil	
Registro de localización local	
Registro de localización visitante	
Registro de identidad de equipos	

Tabla 2.1: Principales elementos de la red celular

### **CENTRAL (MSC)**

Uno de los principales elementos se denomina MSC (Mobile Switching Center), el cual está compuesto de HW y SW, en cuya configuración se define la distribución de las estaciones bases dependiendo del área geográfica en la que se encuentran operando, y se administra la base de datos de los usuarios tanto locales como visitantes con sus respectivos servicios contratados.

### **RADIO BASES (BTS)**

Las estaciones o radio bases denominadas técnicamente como BTS (Base Transceiver Station) son elementos que poseen recursos de radio frecuencia y transmisión para interactuar con los dispositivos o terminales de los usuarios, según los servicios brindados bajo las coberturas de las tecnologías instaladas en estos elementos de la red celular con sus respectivas configuraciones y variantes dependiendo de las condiciones del entorno. Estos elementos, junto a los equipos terminales móviles de los usuarios de la red, forman parte de lo que se conoce como la red de acceso, la cual se encuentra identificada en la Figura 2.1.

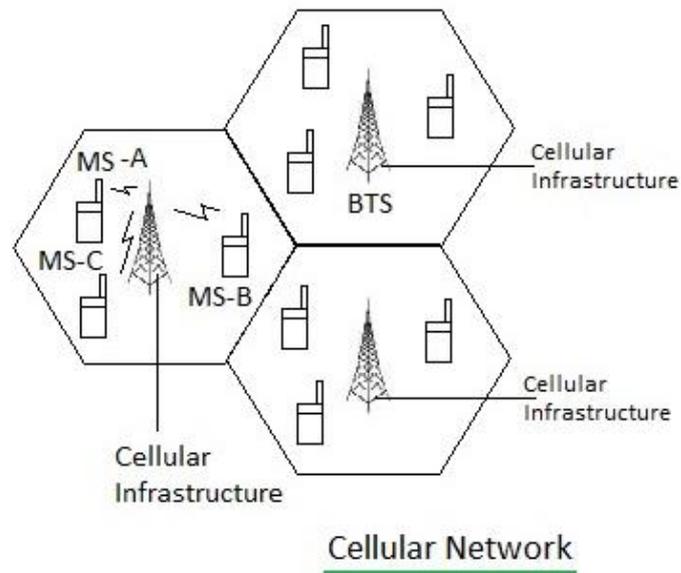


Figura 2.2: Red de BTS en la red celular

## 2.2 Tipos de servicios que brindan los operadores celulares del Ecuador, a partir de la tecnología

El Proyecto de Asociación para la Tercera Generación (3GPP) es una organización mundial de comunicaciones inalámbricas que desarrolla estándares o especificaciones en colaboración para arquitecturas de radiocomunicaciones, redes centrales y servicios. El 3GPP inicialmente desarrolló el Sistema Global para Comunicaciones Móviles, o GSM, que es la tecnología celular más ampliamente utilizada en el mundo, con una participación de mercado de más del 90 por ciento y más de 6,5 mil millones de suscripciones.

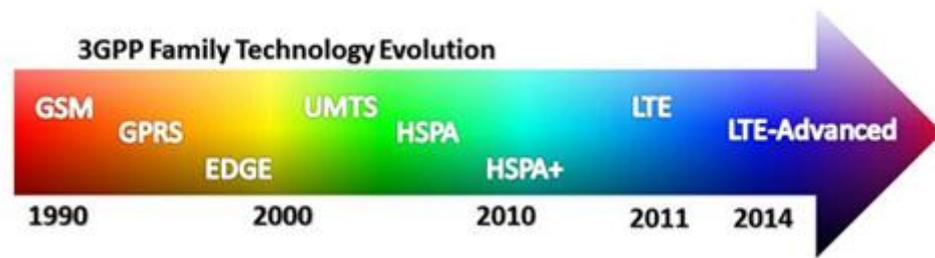


Figura 2.3: Evolución de la tecnología celular según la 3GPP

Fuente: <http://www.5gamericas.org/en/resources/technology-education/3gpp-technology-evolution/>

GSM, considerada una tecnología de segunda generación (2G), ofrece servicios de voz y datos conmutados por circuitos y es la red *legacy* de la evolución a las tecnologías del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), también conocida como Acceso Múltiple en Banda Ancha por División de Código (WCDMA) [1].

UMTS, High Speed Packet Access (Acceso a Paquetes a Alta Velocidad o HSPA, por su sigla en inglés) y HSPA+ comprenden la evolución tecnológica a 3G y la tecnología de banda ancha móvil más ampliamente desplegada en el mundo. HSPA es el término empleado para referirse al despliegue en una red de tecnología HSDPA (3GPP Release 5) como así también HSUPA (3GPP Release 6). HSPA Plus (HSPA+ en el 3GPP Release 7 y posteriores) es también parte de la tecnología HSPA y prorroga la inversión de un operador en la red antes de dar el siguiente paso a 3GPP Long Term

Evolution (Evolución para el Largo Plazo o LTE, según la sigla en inglés, o 3GPP Release 8 y posteriores).

A mediados de 2014, había más de 550 redes HSPA y HSPA+ disponibles a nivel comercial en más de 200 países alrededor del mundo.

La cuarta generación (4G) de tecnología para 3GPP es LTE, que pasó a ser la tecnología móvil de mayor crecimiento. El rápido despliegue comercial de LTE había llegado a más de 300 redes comerciales en más de 100 países a mediados de 2014. LTE Advanced según 3GPP Release 10 comenzó su despliegue comercial en 2014 y se esperaba que estuviera disponible en hasta 40 redes para el término del año.

Las tecnologías de banda ancha móvil 3GPP no solo ofrecen el alcance y la escala mundiales necesarios para ser exitosas, sino que además son tecnologías de alta capacidad comparadas con otras tecnologías del mercado.

Al momento en nuestro país los operadores celulares han concentrado sus esfuerzos en el despliegue de estaciones bases que brindan cobertura en las redes GSM/EDGE (2G), WCDMA/HSPA+ (3G) y LTE (4G), siendo estas 2

últimas, las más utilizadas para el tráfico de datos debido a sus velocidades, lo cual mejora considerablemente la experiencia del usuario.

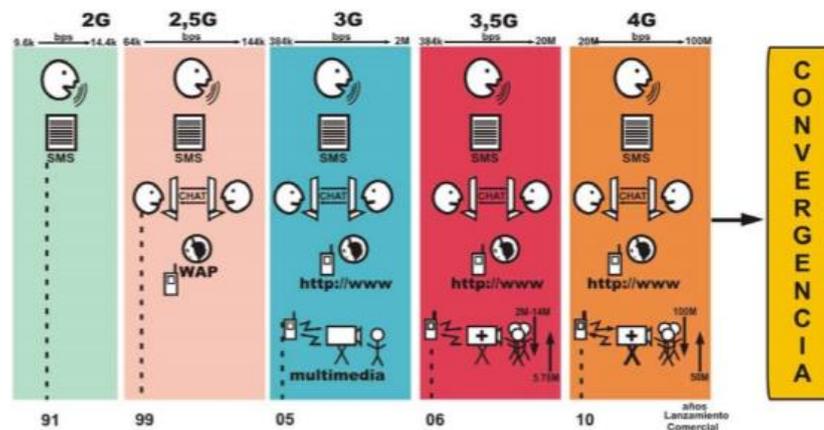


Figura 2.4: Evolución de la tecnología celular

## TECNOLOGÍA GSM/EDGE (2G)

Esta tecnología alrededor de los años 90 es la que abrió paso a la transformación de la señal analógica a la digital y la evolución de los terminales móviles y sus aplicaciones sobre la plataforma de datos para la descarga, subida y navegación multimedia (archivos, imágenes, audios y videos), esto se logra en un principio a través de los servicios GPRS (*General Packet Radio Service*) y posteriormente se consigue incrementar sus velocidades con la actualización a EDGE (*Enhanced Data GPRS Evolution*).

A continuación, un cuadro de las bandas de frecuencias sobre la cual opera la tecnología GSM:

Banda	Nombre	Canales	Uplink (Mhz)	Downlink (Mhz)	Notas
<b>GSM 850</b>	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894	Usada en EE.UU., Sudamérica y Asia.
<b>GSM 900</b>	P-GSM 900	1 - 124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	975 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	<i>E-GSM</i> , extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	<i>GSM ferroviario (GSM-R)</i> .
<b>GSM1800</b>	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
<b>GSM1900</b>	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Tabla 2.2: Bandas de frecuencia de la tecnología GSM

### TECNOLOGÍA WCDMA/HSPA (3G)

Como pudimos observar en la figura 2.4, en los inicios del año 2000 se empieza a desarrollar y desplegar las primeras redes celulares basadas en los componentes de la tecnología 3G, también conocida como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) lo cual trajo consigo que muchos países empiecen a realizar el apagado de sus estaciones base que se mantenían funcionando con AMPS/TDMA, debido a que en la mayoría de los casos se hacía necesario reutilizar el espectro asignado y adicionalmente, porque eran sitios celulares que tenían una propagación muy amplia provocando traslape de coberturas, y como consecuencia, generaban interferencia y alta carga de usuarios afectando el desempeño y

capacidad de la red 3G. Adicionalmente, podemos indicar que los nuevos teléfonos móviles en su mayoría venían preparados para soportar las tecnologías 2G y 3G, con lo cual se hacía más inminente la desaparición de la red AMPS/TDMA.

Los elementos principales de una red 3G se encuentran en constante interoperabilidad con 2G, gracias a la compatibilidad entre ellos y los servicios que ofrecen. A continuación, podemos ilustrar de mejor manera lo indicado anteriormente a través del siguiente diagrama:

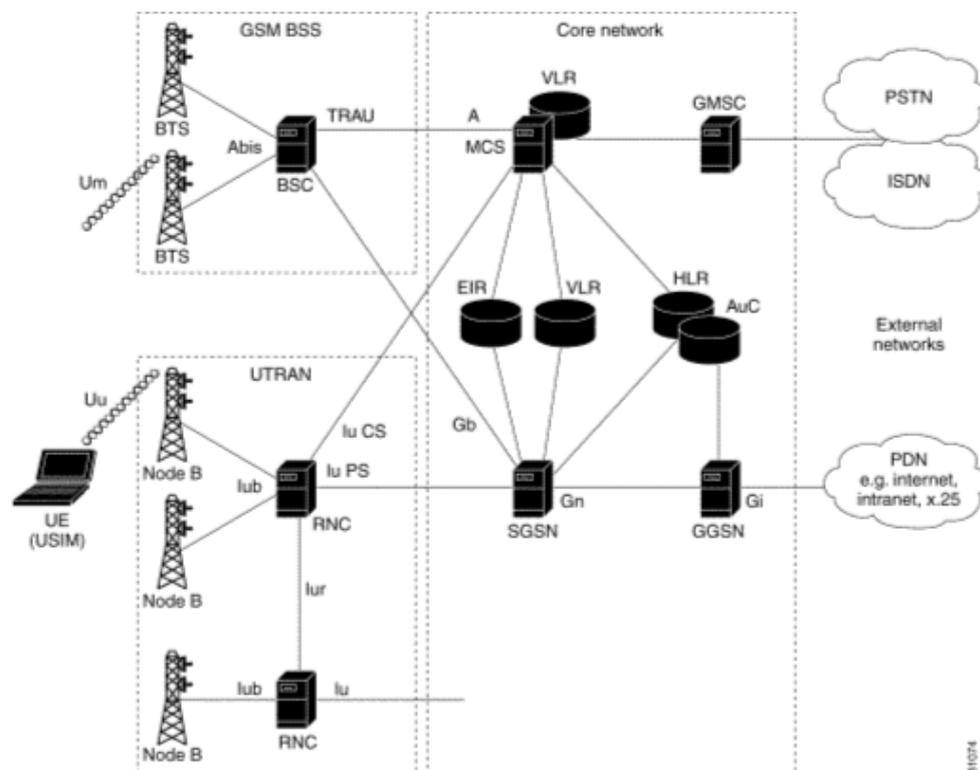


Figura 2.5: Diagrama de elementos de una red 3G

La combinación de las redes 2G y 3G trajo consigo muchos beneficios tanto para las empresas operadoras como para los usuarios, ya que amplió el portafolio de servicios especialmente en productos que funcionaban sobre la plataforma de datos, alcanzando un gran desarrollo en aplicaciones móviles favoreciendo a los desarrolladores involucrados con esta actividad, a los fabricantes de dispositivos (teléfonos, módems, etc) y a las mismas compañías prestadoras del servicio celular. Cabe indicar que con la implementación de la red 3G vino implícitamente la incursión de un nuevo elemento conocido como sim card o chip, el cual contenía información sobre el aprovisionamiento del usuario y la línea según el tipo de servicio contratado.

En el siguiente cuadro se podrá apreciar las bandas de frecuencias sobre las cuáles opera la tecnología 3G también conocida como UMTS (WCDMA):

<b>Frequency Bands</b>	<b>Frequency Range</b>	<b>Duplex</b>
Band I	1920 – 1980 MHz (uplink) 2110 – 2170 MHz (downlink)	190 MHz 12 channels
Band II	1850 – 1910 MHz (uplink) 1930 – 1990 MHz (downlink)	80 MHz 12 channels
Band III	1710 – 1785 MHz (uplink) 1805 – 1880 MHz (downlink)	95 MHz 15 channels
Band IV	1710 – 1775 MHz (uplink) 2110 – 2175 MHz (downlink)	400 MHz 12 channels
Band V	824 – 849 MHz (uplink) 869 – 894 MHz (downlink)	5 channels 45 MHz
Band VI	830 – 840 MHz (uplink) 875 – 885 MHz (downlink)	45 MHz 2 channels
Band VII	2500 – 2570 MHz (uplink) 2620 – 2690 MHz (downlink)	120 MHz
Band VIII	880 – 915 MHz (uplink) 925 – 960 MHz (downlink)	45 MHz
Band IX	1749.9 – 1784.9 MHz (uplink) 1844.9 – 1879.9 MHz (downlink)	95 MHz
Band X	1710 – 1770 MHz (uplink) 2110 – 2170 MHz (downlink)	400 MHz
Espaciamiento de canal	200 kHz	
Anchura de banda	5 MHz	
Modulación	QPSK (dl) 2*BPSK/HPSK (ul)	
Chip rate	3.84 Mcps	
Formato de acceso	CDMA	
Voz	Adaptive multirate (AMR), dynamic operation on full and half rate channel depending on capacity and reception quality	
Control de potencia	Up to 1500 power control commands per second changing the level in increments of 1, 2 or 3 dB, depending on the setting of the Node B (base station)	

Tabla 2.3: Bandas de frecuencia de la tecnología UMTS

## TECNOLOGÍA LTE (4G)

A partir del 2014 se fueron concesionando las bandas de frecuencias para la implementación de redes de cuarta generación conocidas como LTE (Long Term Evolution), las mismas que normalmente operan sobre la misma

infraestructura existente en la tecnología 3G incluyendo ciertos elementos que son propios para la interacción e interoperabilidad, los mismos que describimos a continuación en la siguiente imagen:

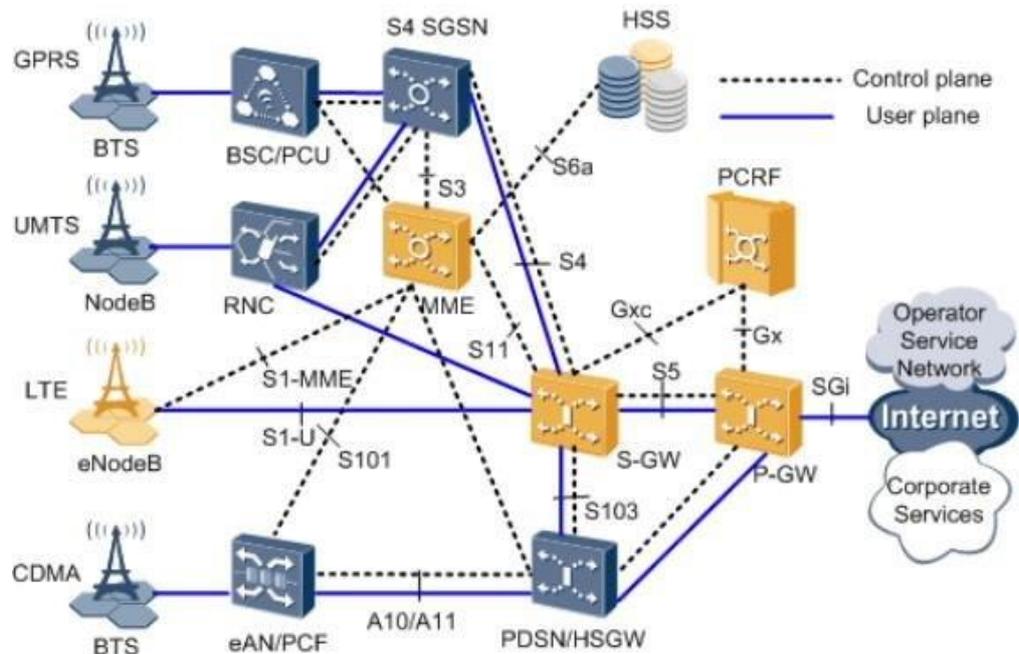


Figura 2.6: Diagrama de elementos de una red 4G con otras tecnologías

En la figura anterior podemos observar que los nuevos componentes dentro de la arquitectura de red son el MME (entidad de administración de movilidad), S.GW (puerta de enlace predeterminada a servicios), P.GW (puerta de enlace predeterminada a PDN) y PCRF (función de reglas para facturación y políticas), los mismos que tienen compatibilidad con los otros elementos de las tecnologías existentes [7].

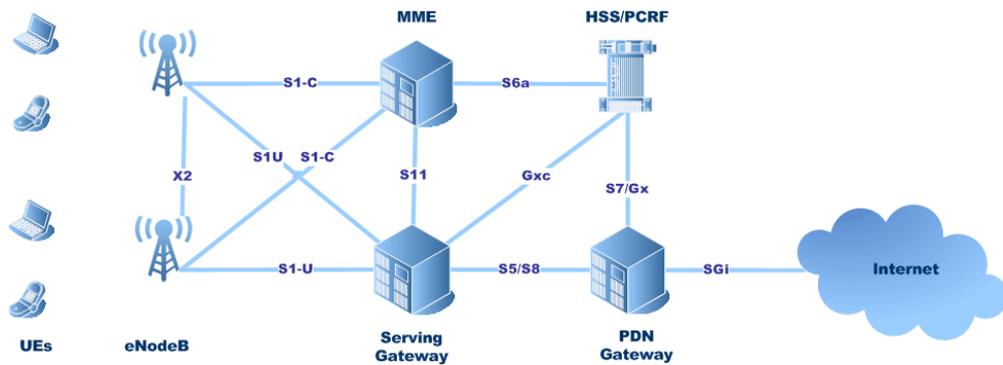


Figura 2.7: Arquitectura de tecnología LTE

Fuente:

<https://www.rcrwireless.com/20140509/diameter.signaling.controller.dsc/lte.me.epc>

Los principales elementos presentados en la arquitectura LTE tienen como objetivo ejecutar las siguientes funciones:

- Soportar las redes GERAN (2G) y UTRAN (3G) que se encuentran conectadas a través del SGSN [2].
- Como se indicó anteriormente el Serving Gateway es la interfaz que se encarga de las conexiones hacia las redes de acceso soportadas por la 3GPP.

- La PDN Gateway es la encargada del control de servicios datos IP, enrutamiento, asignación de direcciones IP, políticas y provee el acceso para redes no validadas por la 3GPP.
- El MME es el que soporta el equipamiento del contexto e identidad, autenticando y autorizando a los usuarios.
- Finalmente, el PCRF gestiona todo lo relacionado a reglas, políticas y aspectos del QoS.

Con la aparición de LTE se logra mejorar las tasas de velocidad de datos considerablemente con una buena eficiencia espectral, con lo cual se puede garantizar servicios multimedia, streaming, voz sobre ip (VoLTE) y todo aquello que demande una conexión rápida, estable y segura, tal como se indica en el siguiente cuadro:

Categoría de Servicios	Redes Actuales (Hasta 3G)	Red LTE
Voz	Audio en Tiempo Real.	VoIp, alta calidad en videoconferencias.
Mensajería	SMS, MMS, e-mails de baja prioridad.	Mensajes multimedia, IM, e-mail móvil, mensajería de video.
Navegador	Acceso a información en línea, actualmente limitado a WAP que navega sobre GPRS y redes 3G.	Navegador excelente y rápido, <i>uploading</i> para satisfacer la gestión de sitios de redes sociales.
Información Pagada	Información principalmente basada en texto.	Periódicos en línea. Alta calidad de flujo de audio.
Personalización	Ringtones incluyendo screensavers y ring backs.	Realtones y personalización de sitios web móviles.
Juegos	Descarga de juegos y juegos en línea.	Una consistente experiencia de juego en línea.
TV/Video sobre Demanda	Flujo de video descargable.	Servicios de TV <i>broadcast</i> , verdadera demanda de TV, alta calidad de video, IPTV
Música	Descarga de pista completa y servicios de radio analógicos.	Descarga y almacenamiento de música de alta calidad.
M-Comercio	Comisión en las transacciones y medios de pago emprendidos sobre redes móviles.	Los teléfonos móviles como dispositivos de pago, con detalle de pagos llevados sobre redes de alta velocidad habilitados para la realización rápida de las transacciones.
Red de datos Móvil.	Acceso a redes internas corporativas y bases de datos.	Transferencia de archivos, aplicaciones de negocios, aplicaciones compartidas, redes móviles internas y externas.

Tabla 2.4: Cuadro comparativo de tipos de servicios para tecnología 3G y 4G

Al igual que en las tecnologías anteriores existe un detalle de las bandas de frecuencias en las que puede operar LTE según la disponibilidad y el ancho de banda por portadora [7].

<b>Nombre de la Banda</b>	<b>Espectro Total</b>
700	2x45 MHz
800	2x10 MHz
850	2x25 MHz
900	2x35 MHz
1500	2x25 MHz
1700	2x35 MHz
1700/2100	2x45 MHz
1800	2x75 MHz
1900	2x60 MHz
2100	2x60 MHz
2600	2x70 MHz

Tabla 2.5: Cuadro de bandas de frecuencias para operación de LTE

En resumen, y considerando la evolución de las tecnologías en relación a los servicios de datos que ofrecen cada una de ellas podemos observar en el siguiente cuadro los valores de tasas de velocidad que nos brindan tanto para descarga y subida de información.

	Downlink		Uplink	
	Peak Network Speed	Peak and/or Typical User Rate	Peak Network Speed	Peak and/or Typical User Rate
<b>EDGE (type 2 MS)</b>	473.6 Kbps		473.6 Kbps	
<b>EDGE (type 1 MS) (Practical Terminal)</b>	236.8 Kbps	200 Kbps peak 160 to 200 Kbps typical <sup>56</sup>	236.8 Kbps	200 Kbps peak 80 to 160 Kbps typical <sup>57</sup>
<b>Evolved EDGE (type 1 MS)<sup>58</sup></b>	1184 Kbps <sup>59</sup>	1 Mbps peak 350 to 700 Kbps typical expected (Dual Carrier)	473.6 Kbps <sup>60</sup>	400 Kbps peak 150 to 300 Kbps typical expected
<b>Evolved EDGE (type 2 MS)<sup>61</sup></b>	1894.4 <sup>62</sup> Kbps		947.2 Kbps <sup>63</sup>	
<b>Evolved EDGE (16 carriers)<sup>64</sup></b>	6.4 Mbps			
<b>UMTS WCDMA Release 99</b>	2.048 Mbps		768 Kbps	
<b>UMTS WCDMA Release 99 (Practical Terminal)</b>	384 Kbps	350 Kbps peak 200 to 300 Kbps typical	384 Kbps	350 Kbps peak 200 to 300 Kbps typical
<b>HSDPA Initial Devices (2006)</b>	1.8 Mbps	> 1 Mbps peak	384 Kbps	350 Kbps peak
<b>HSDPA</b>	14.4 Mbps		384 Kbps	
<b>HSPA<sup>65</sup> Initial Implementation</b>	7.2 Mbps	> 5 Mbps peak 700 Kbps to 1.7 Mbps typical <sup>66</sup>	2 Mbps	> 1.5 Mbps peak 500 Kbps to 1.2 Mbps typical
<b>HSPA</b>	14.4 Mbps		5.76 Mbps	
<b>HSPA+ (DL 64 QAM, UL 16 QAM, 5+5 MHz)</b>	21.6 Mbps	1.9 Mbps to 8.8 Mbps typical <sup>67</sup>	11.5 Mbps	1 Mbps to 4 Mbps typical
<b>HSPA+ (2X2 MIMO, DL 16 QAM, UL 16 QAM, 5+5 MHz)</b>	28 Mbps		11.5 Mbps	

Tabla 2.6: Cuadro comparativo de tasas de velocidad downlink y uplink

Fuente:

[http://www.5gamerica.org/files/9414/0622/2731/4G\\_Americas\\_Mobile\\_Broadband\\_Explosion\\_August\\_2013\\_9\\_5\\_13\\_R1.pdf](http://www.5gamerica.org/files/9414/0622/2731/4G_Americas_Mobile_Broadband_Explosion_August_2013_9_5_13_R1.pdf)

En estos últimos tiempos con el paso de la incursión tecnológica en nuestro país, se ha venido presentando nuevos servicios sobre la red celular a través de las ofertas elaboradas por los operadores, en especial todas aquellas que están orientadas al uso de datos que son los que han tenido un crecimiento vertiginoso con la aparición de las nuevas tecnologías.

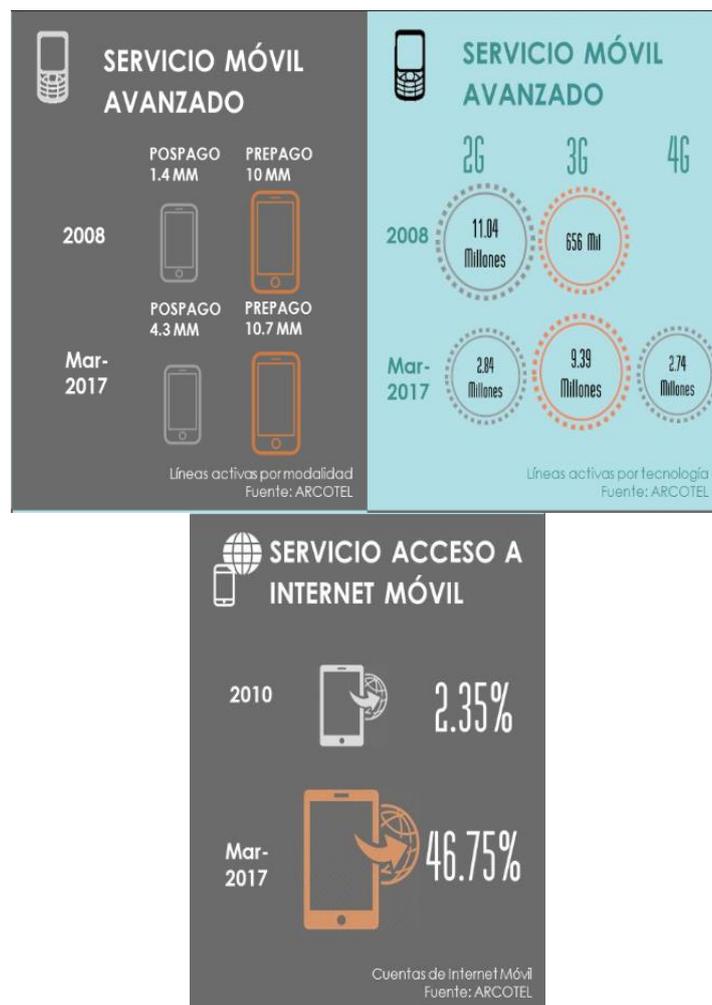


Figura 2.8: Estadísticas del SMA en Ecuador

Fuente:  
<http://www.arcotel.gob.ec/wp.content/uploads/2015/01/BOLETIN.ESTAD%C3%8DS TICO.UNIFICADO.JUNIO.2017v3.pdf>

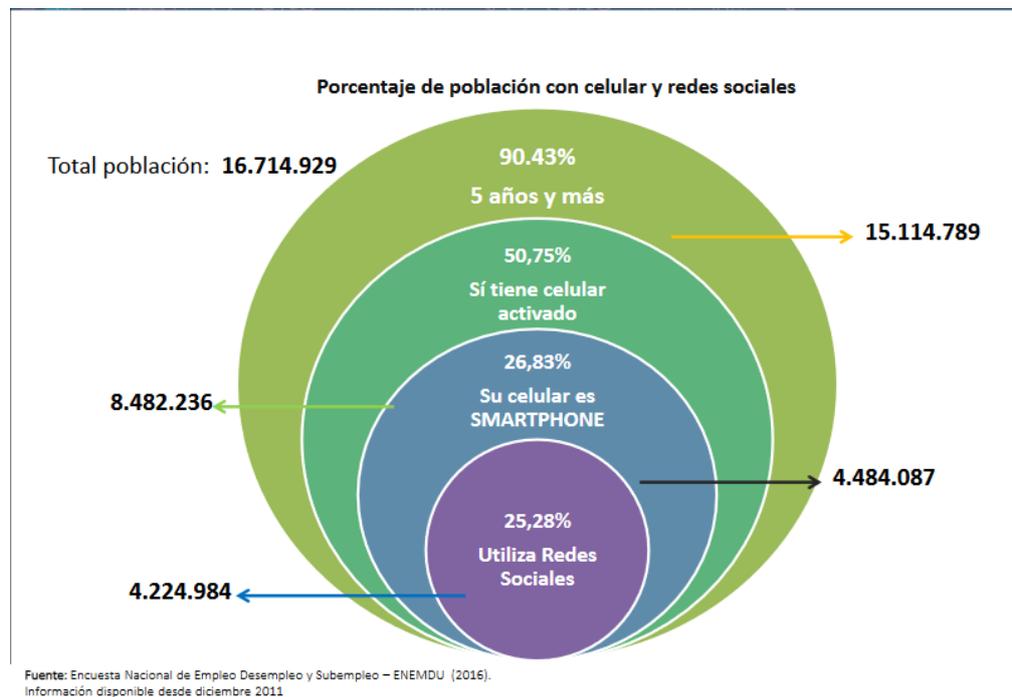


Figura 2.9: Porcentaje de uso del celular y redes sociales en Ecuador

Fuente:

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web.inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion\\_Tics\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web.inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf)

De acuerdo a la figura 2.8 podemos interpretar que en los últimos 9 años ha existido un incremento de planes pos pago mientras que en prepago prácticamente se ha mantenido el número de líneas activas. En lo relacionado al número de usuarios por tecnología se puede observar que ha existido una migración de abonados de 2G hacia 3G desde el 2008 al 2017, destacando adicionalmente, que existen más de 2 millones de líneas activas funcionando con 4G, siendo este dato el que marca la diferencia en el

número de líneas activas durante este periodo. Finalmente, sobre el acceso a internet móvil se puede confirmar que el servicio de datos es el que más ha crecido en los últimos 7 años dado que el número de cuentas abiertas aumentaron en un 44% [3].

Mientras tanto, en la figura 2.9 podemos concluir que en base a la información del año anterior se especifica que los usuarios mayores a 5 años que poseen un dispositivo móvil son alrededor de 15 millones de los cuales aproximadamente la mitad tienen una línea activa, y de este último número 4 millones han adquirido teléfonos inteligentes (smartphones) cuyas funcionalidades permiten acceder y mantenerse mayor tiempo conectados a las redes sociales [4].

En nuestro país la evolución de la tecnología ha traído consigo el acceso a nuevos servicios móviles que ha permitido desarrollar múltiples aplicaciones con el paso del tiempo en beneficio de los usuarios de la telefonía celular, tal como se puede demostrar en la tabla 2.7.

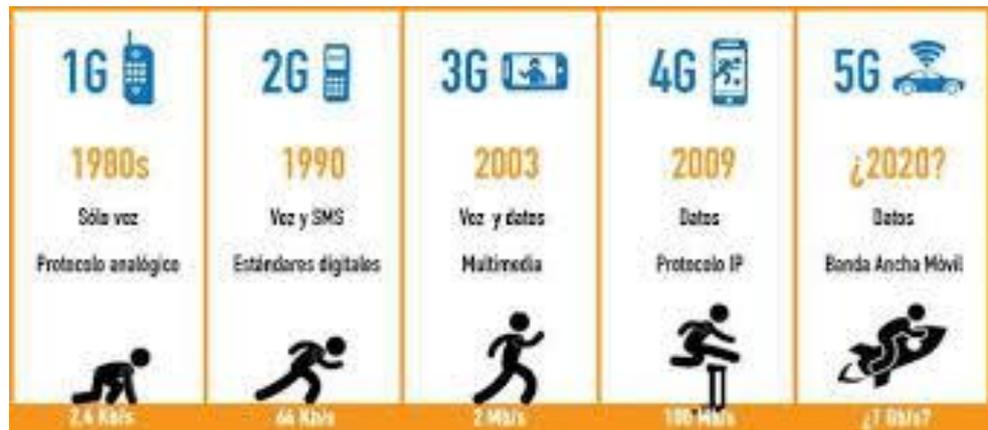


Tabla 2.7: Evolución de la tecnología celular y sus servicios

En complemento con lo indicado anteriormente, podemos observar el comportamiento y aceptación de los abonados a los servicios de datos (internet móvil) con el ingreso de las tecnologías 3G y 4G, con las cuales podemos navegar a mayores velocidades a través de los teléfonos inteligentes y dispositivos móviles que permiten tener acceso a gran contenido multimedia y redes sociales.

Desde el 2010 podemos observar un constante crecimiento del servicio de acceso a internet móvil ofrecido por los operadores celulares del Ecuador, el incremento considerable del número de abonados que se presenta en el 2012 se debe a la masificación de la infraestructura de las redes 3G y la penetración en el mercado de terminales con precios accesibles al usuario [3].

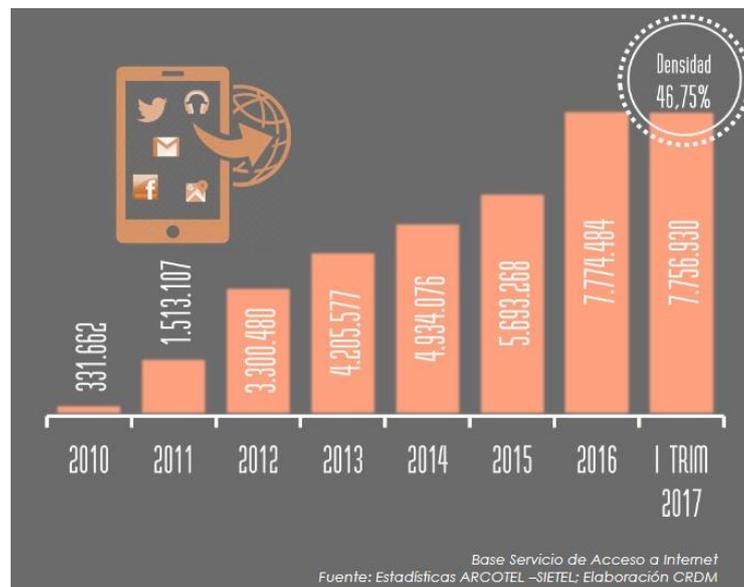


Figura 2.10: Histórico anual de cuentas de internet móvil en el Ecuador

Fuente:

<http://www.arcotel.gob.ec/wp.content/uploads/2015/01/BOLETIN.ESTAD%3%8DSTICO.UNIFICADO.JUNIO.2017v3.pdf>



Figura 2.11: Histórico anual de líneas celulares activas en el Ecuador

### **2.3 Descripción de principales reportes de señalización para identificación de eventos de falla**

En este capítulo vamos a enfocarnos en las principales causas que reportan los usuarios de telefonía celular basados en estadísticas proporcionadas por uno de los operadores locales sobre los casos de atención a clientes más frecuentes.

De acuerdo a esta información obtenida podemos destacar que las principales razones por las que un abonado presenta una queja al operador serían los siguientes:

- CAÍDAS DE LLAMADAS (DROP CALL)
- INTEGRIDAD DE LA LLAMADA
- FALLAS DE ACCESO (INACCESIBILITY)

A continuación, explicaremos con un poco más de detalle las causas por las que podría ocurrir cada una de las fallas indicadas anteriormente, por lo pronto podemos adelantar que las 2 primeras se producen mientras la comunicación de una llamada se encuentra en curso, la última ocurre cuando el usuario está solicitando acceder a un servicio.

Para empezar, es importante conocer el proceso desde el punto de vista de la señalización de la tecnología celular tal como se explicará a continuación:

Cuando el terminal se encuentra disponible para realizar o recibir una comunicación este debe ser primero localizado y solicitar cierta información importante para la red que le permitirá identificar su ubicación y características de las condiciones de radio frecuencia en las que se encuentra para soportar el servicio celular, esto lo realizará a través de canales llamados PCH (paging) y RACH (acceso aleatorio), ambos interactúan en el terminal móvil y la estación base hasta que se finalice con la asignación del recurso.

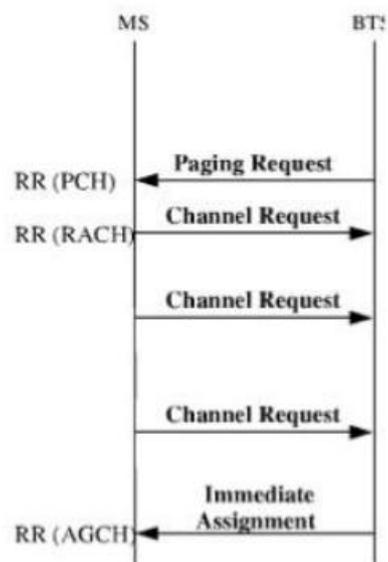


Figura 2.12: Esquema de asignación de canal radio

Fuente:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11909/fichero/Volumen+1%252F2.pdf>

Con el último mensaje de la Figura 2.12 se le asigna al móvil los recursos de radio, en caso de que no hubiese disponibilidad de la red se recibiría un IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT.

En la siguiente imagen se solicitará un mensaje de solicitud de servicio para lo cual previamente se deberá confirmar la compatibilidad del terminal, a fin de que se le indica a la red qué opciones soporta y cuáles no, tales como tecnologías o algoritmos, de forma que la red configure la conexión correctamente.

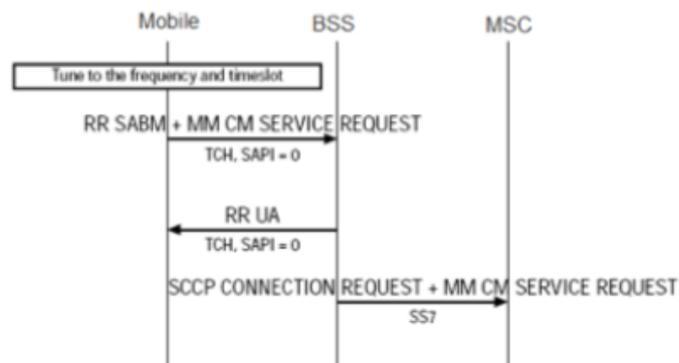


Figura 2.13: Sintonización de frecuencia y time slot

En las siguientes figuras se realizará una validación de la línea y el terminal que se está utilizando, a fin de determinar si es válido y no tiene ninguna restricción.

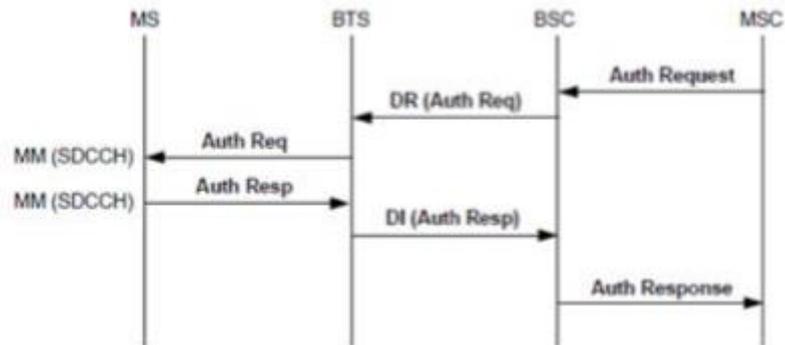


Figura 2.14: Autenticación del terminal en la red

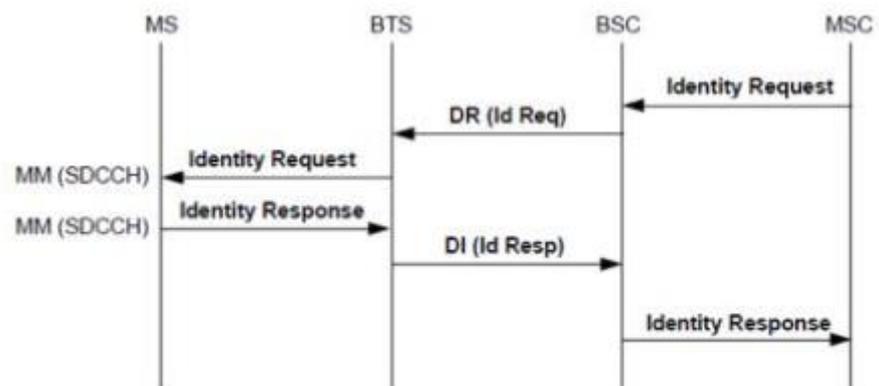


Figura 2.15: Comprobación del IMEI

Finalmente, en esta última etapa del proceso se realiza el establecimiento de la comunicación cuando se recibe por parte de la red el mensaje de CONNECT y finalmente el móvil responde con el mensaje de CONNECT ACKNOWLEDGE como se aprecia en la imagen Figura 2.16 [7].

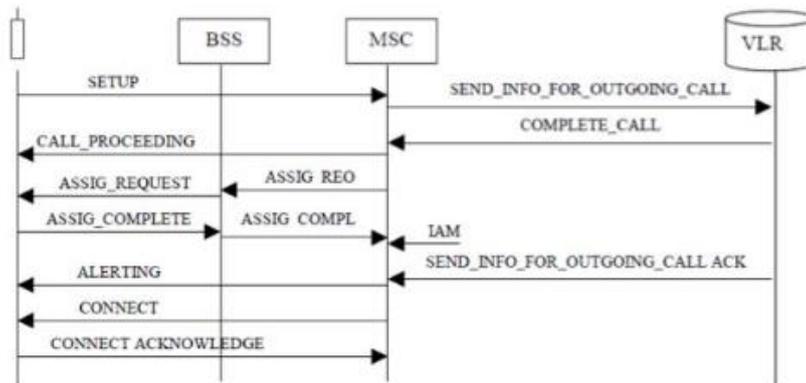


Figura 2.16: Establecimiento de la llamada

Una vez que se mantiene la comunicación de una llamada y de repente se presenta la desconexión de la misma, se ejecutará el siguiente proceso de señalización independiente de la causa que motivó esta solicitud, al finalizar este proceso se liberan los recursos que estaban siendo ocupados por el móvil en la red celular.

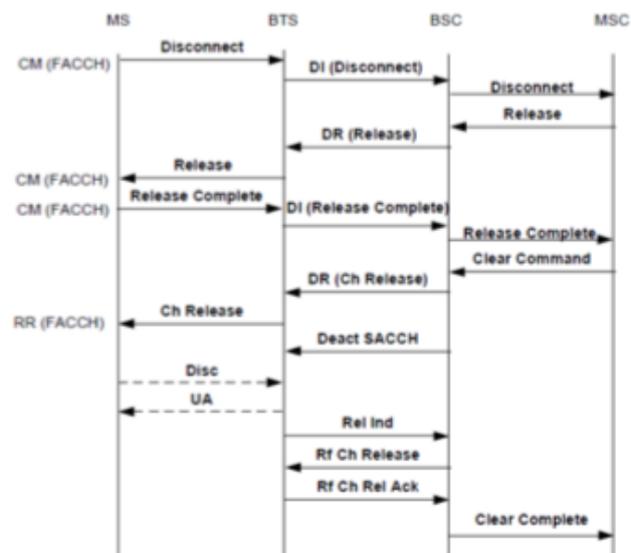


Figura 2.17: Desconexión de una llamada

Un procedimiento similar ocurre con la conexión de una llamada con la tecnología 3G cuyos pasos los describiremos brevemente en la Figura 2.18.

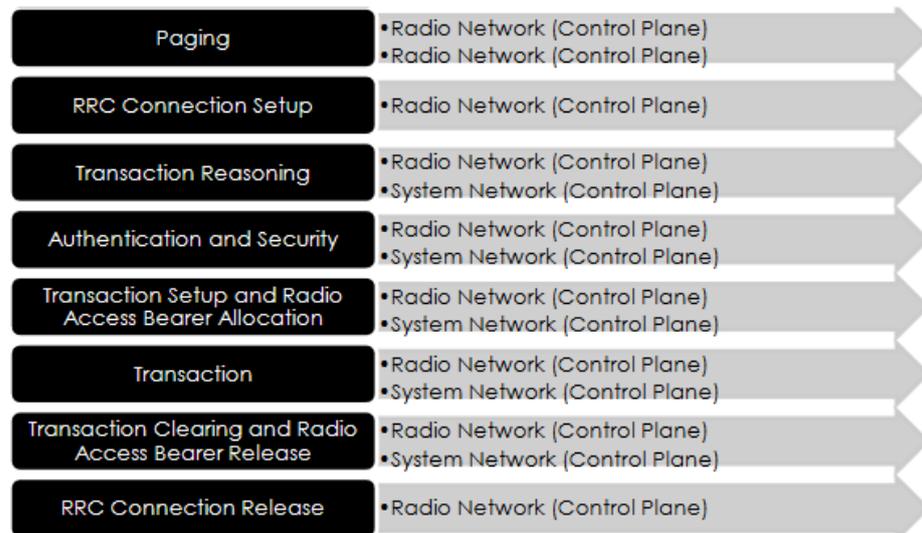


Figura 2.18: Pasos para conexión de una llamada 3G

Fuente:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11909/fichero/Volumen+1%252F2.pdf>

Bajo el mismo fundamento teórico el proceso inicia con una búsqueda e identificación del móvil a través de los mensajes de paging, que para el caso de 3G pueden ser de 2 tipos, como se muestra en la Figura 2.19 y Figura 2.20.

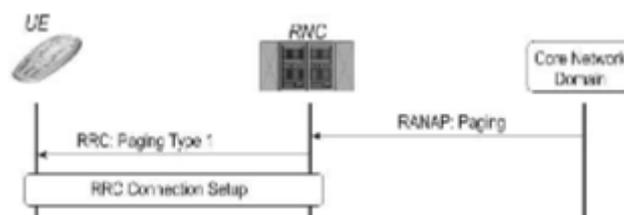


Figura 2.19: Mensaje de paging tipo 1

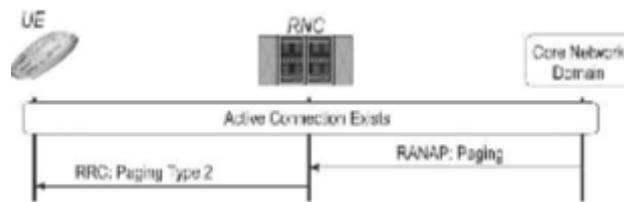


Figura 2.20: Mensaje de paging tipo 2

Luego de la respuesta obtenida con los mensajes anteriores se envía una solicitud al sistema para que se permita asignar recursos para un servicio solicitado por el usuario, el mismo que interactúa a través del nodo (estación base).

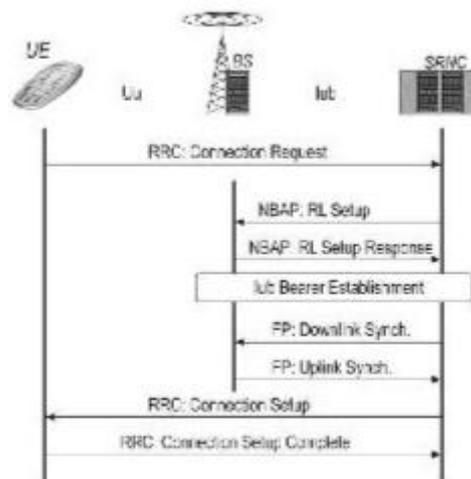


Figura 2.21: Establecimiento de conexión con RRC

Como se indicaba en el párrafo anterior existen varias razones por las que un móvil solicita la asignación de un recurso a la red, entre ellas están:

- Originar una llamada de voz.

- Originar una llamada streaming.
- Originar una llamada interactiva.
- Originar una llamada en background.
- Terminar la conversación de voz.
- Terminar una llamada de streaming.
- Terminar una llamada interactiva.
- Terminar una llamada en background.
- Llamada de emergencia.
- Señalización de alta prioridad.
- Señalización de baja prioridad.
- Llamada de restablecimiento.

Dependiendo del tipo de requerimiento el sistema le asignará el canal adecuado para que el usuario pueda establecer la conexión adecuada y hacer uso del servicio de la manera óptima dependiendo de las condiciones de radio y capacidad de la red.

Luego del último mensaje descrito en la Figura 2.21 se procede con los mensajes de verificación, autenticación y seguridad para determinar si el tipo de terminal utilizado soporta el perfil y las características del servicio solicitado y a su vez activar los mecanismos para brindar un acceso seguro a la red.

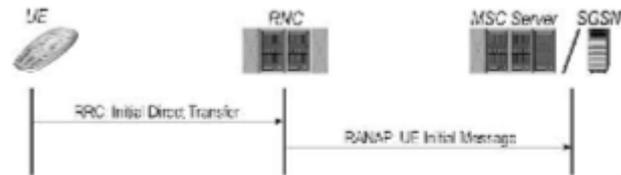


Figura 2.22: Transacción de la razón del servicio

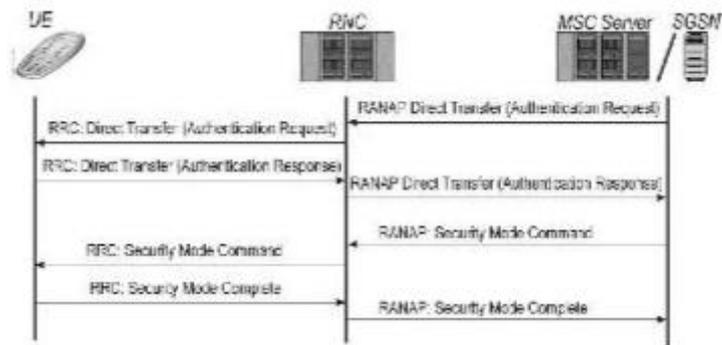


Figura 2.23: Control de seguridad y autenticación

Finalmente, el proceso de conexión se completa con la asignación de los recursos para el servicio solicitado y a partir de ese momento se habilita el flujo de tráfico de voz o datos entre el móvil y el sistema.

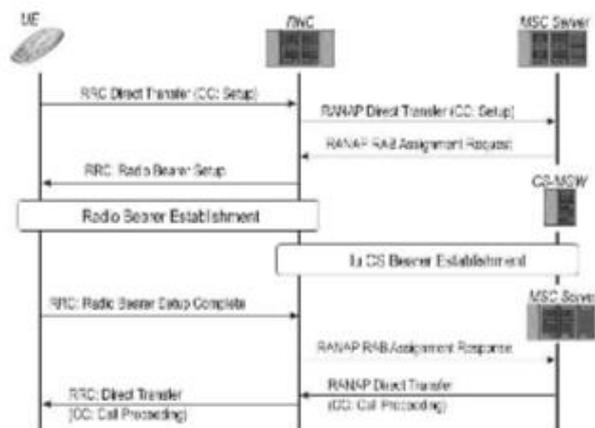


Figura 2.24: Establecimiento de la conexión y asignación de canal de servicio

Una vez que la comunicación se establece y se mantiene el flujo de información entre los elementos de la red, la conexión puede interrumpirse de forma normal o abrupta por algún evento no provocado por el usuario, en ambos casos se procede con la liberación de los recursos a fin de que estos se encuentren disponibles para futuros requerimientos. El proceso de señalización a seguir correspondería a la Figura 2.25 y Figura 2.26.

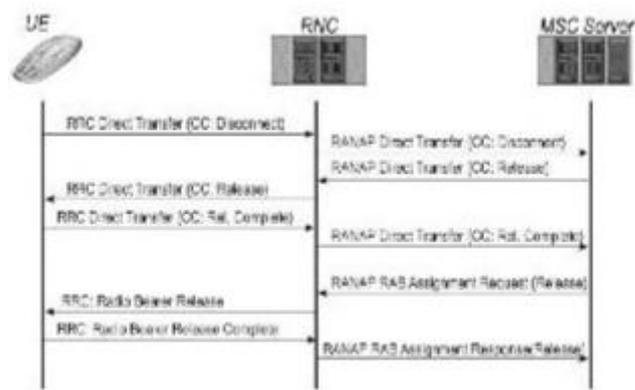


Figura 2.25: Transacción de liberación del canal de servicio

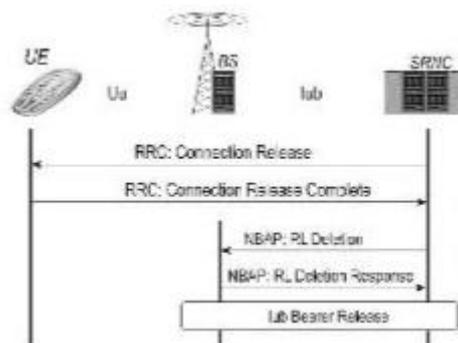


Figura 2.26: Liberación de la conexión RRC

## **CAÍDAS DE LLAMADAS (DROP CALL)**

Con respecto a la caída de llamadas podemos indicar que el efecto que se produce en la comunicación de una llamada una vez establecida ya sea entre terminales móviles o hacia uno fijo y viceversa, para nuestro análisis nos enfocaremos en las fallas ocurridas dentro de la red celular según los distintos escenarios posibles.

Algo importante de mencionar es que en la actualidad los servicios de voz (llamadas) se los realiza sobre la infraestructura de la red 2G y 3G, siendo la primera una de las más robustas y de mayor alcance para el soporte de una comunicación de voz.

En caso de que se presente una desconexión como la indicada en la Figura 2.17, esta pudiera ser originado por una caída de llamada y se debería proceder con el análisis minucioso de la mensajería de capa 3 a fin de determinar la causa raíz del evento de falla que ocasionó la interrupción de la comunicación, para aquello se revisará e identificará el clear code (código de error hexadecimal) que reportó el terminal a la red.

clear code: Internal Cause		External Cause: GSM 04.08 CC - Sublayer		TEXT EXPECTED IN SPANISH	
1	0005H	b_subscriber_busy	(11H/17D)	User_Busy_c	NUMERO OCUPADO
2	0006H	b_answer_time_out	(13H/19D)	No_answer_from_user_c	USUARIO NO CONTESTA
3	0010H	absent_s_ubscriber	(12H/18D)	No_user_responding_c	NO HAY RESPUESTA
4	0804H	outgoing_circuit_congestion	(2CH/44D)	reqd_ckt_or_ch_not_avail_c	RED OCUPADA
4.1	0205H	radio_if_congestion	(22H/34D)	no_circuit_or_ch_avail_c	RED OCUPADA
5	0C01H	phohibited_dialling	(1H/1D)	unalloc_num_c	NUMERO NO ES TA EN USO
5.1	0817H	n_unallocated_number	(1H/1D)	unalloc_num_c	NUMERO NO ES TA EN USO
5.2	0307H	b_number_unused	(1H/1D)	unalloc_num_c	NUMERO NO ES TA EN USO
6	0706H	call_interrupt_in_reg_ana	(1FH/31D)	normal_unspecified	LLAMADA TERMINADA

Tabla 2.8: Clear codes más utilizados

The screenshot displays a network analysis tool interface. On the left, there's a 'Workbench' with a 'Call Summary' for a dropped call. The main area shows a map with cell locations and a list of messages. A detailed view of a 'Dropped Call' event is shown, including the following information:

- Time:** 03-Jul-2012 12:34:14.370
- Event:** Dropped Call
- Cause:** UE Lost - No MR
- Fail Cause Choice:** RNC INNER FAILURE
- Fail Description:** SRB RESET
- Error Cause:** RR\_ERR\_RNCAP\_RLC\_FAILURE\_SRB\_RST
- RF Class:** Unspecified
- AS Cell:** 10669, EcNo = -12, RSCP = -74
- MN Cell:** 11129, EcNo = -13.5, RSCP = -76
- MN Cell:** R1002C12576, EcNo = -16, RSCP = -78
- MN Cell:** 11125, EcNo = -16, RSCP = -79
- AS Cell:** Unknown, EcNo = 0, RSCP = 0
- AS Cell:** Unknown, EcNo = 0, RSCP = 0
- AS Cell:** Unknown, EcNo = 0, RSCP = 0
- RAB:** PS Background R99
- Target RAB:** PS\_BACKGROUND\_R99
- Instance No.:** 198549
- Call Type:** PS
- Call End Type:** DroppedCall
- Call Id:** 1215275
- RF Class:** Unspecified
- AS Cell:** 11129
- Distance To Server [m]:** 585
- RAB:** PS Background R99
- Instg:** 740010133843462
- Instance No.:** 198549
- Call Type:** PS
- Call End Type:** DroppedCall
- Call Id:** 1215275
- Child Cb Id:** 2

At the bottom, there's a table with columns for 'End RF Class', 'End RSCP', 'End EcNo', and 'JMSI'. The table contains several rows of data related to the call's performance and timing.

Figura 2.27: Revisión de mensajería de capa 3

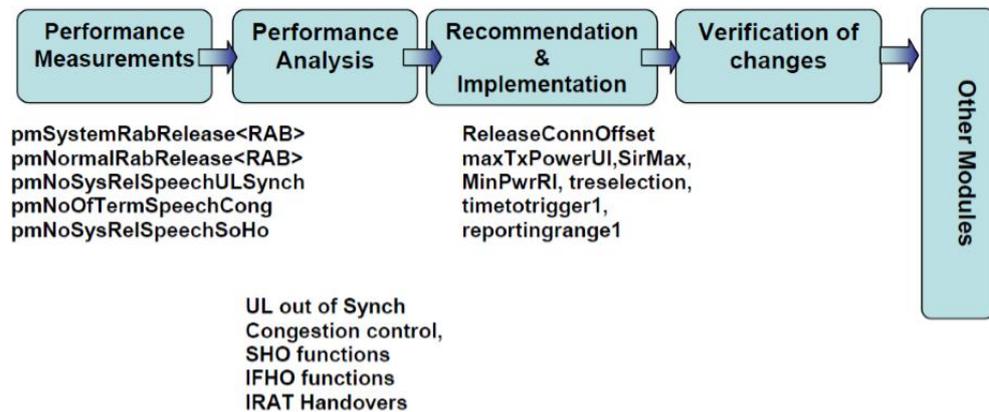


Figura 2.28: Flujo para análisis de causas de caídas de llamadas

## INTEGRIDAD DE LA LLAMADA

En lo que respecta al evento de falla reportado como enmudecimiento lo experimenta el usuario cuando se encuentra en una llamada normal y de repente se interrumpe por instantes de tiempo la comunicación entre el emisor y el receptor y se empieza a escuchar entrecortado, normalmente estos casos están asociados por una mala calidad de la señal, lo cual puede ser ocasionado por una interferencia, un desvanecimiento o una mala definición de un servidor. Al igual como lo comentamos en el punto anterior, las causas posibles pueden ser identificadas con la revisión de la mensajería de capa 3, donde se puede tener una orientación de lo que pudo haber percibido el abonado.

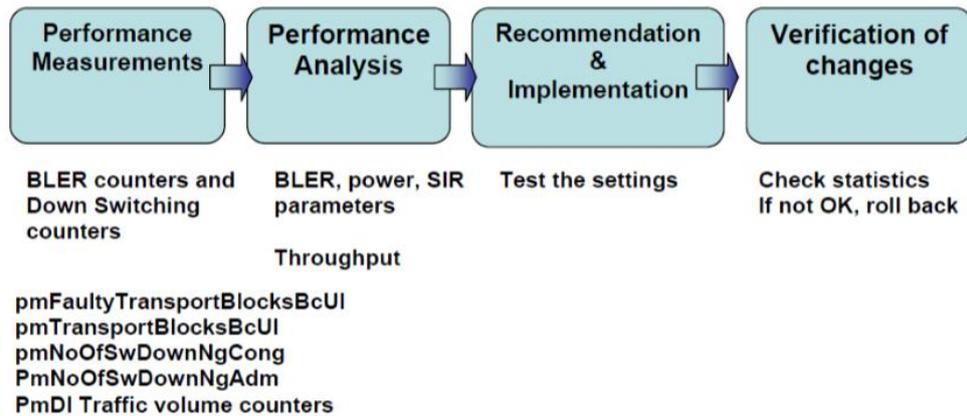


Figura 2.29: Flujo para análisis de causas de fallas en integridad de la llamada

### FALLAS DE ACCESO (INACCESSIBILITY)

Este tipo de fallas se presentan en las etapas iniciales del proceso de establecimiento de una llamada, es decir puede darse en cualquier instante de las fases indicadas en las figuras 2.12 a 2.14 y por cualquier tipo de rechazo o falta de disponibilidad de recursos en la red celular. Así mismo, son muchas las causas por las que se pueden presentar este tipo de eventos, pero la clave está en analizar los clear codes o mensajería de capa 3 que reportó el sistema a fin de llegar al origen del problema.

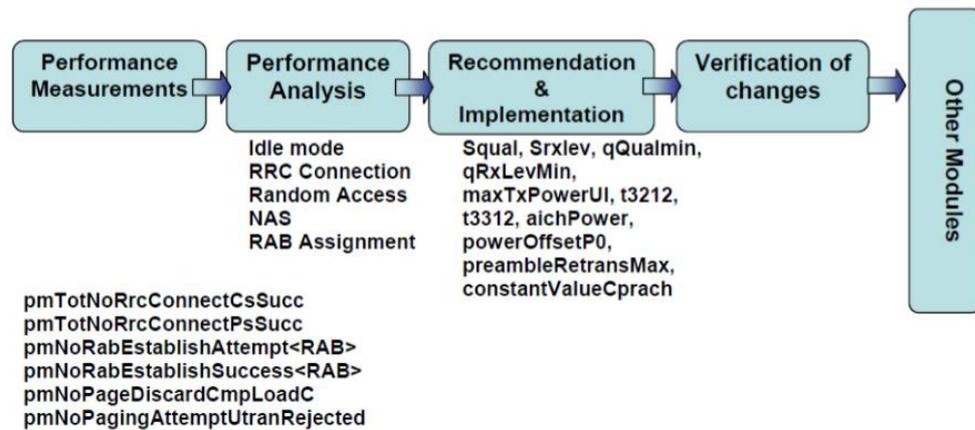


Figura 2.30: Flujo para análisis de causas de fallas en accesibilidad de la llamada

## MEDICIONES DE SEÑAL Y CALIDAD

Asociado a cada servicio celular existen unas mediciones que permiten evaluar las condiciones de radio frecuencia para cada uno de los usuarios registrados en la red del operador.

A continuación describiremos brevemente las principales mediciones que utilizaremos en la aplicación desarrollada:

**Rx\_Qual:** Valor corresponde a un número estimado de errores de bits en un número de ráfagas de datos. Medición que se encuentra entre 0 y 7, donde 7 representa la peor calidad.

**Rx\_Level:** Es el promedio de la medición de nivel de señal recibida, cuyas muestras en dBm son tomadas dentro del período de notificación de una trama SACCH. Unidad de medida dBm.

**RSCP (Received Signal Code Power):** Es la potencia recibida en un código después de ser asignado, definido en el canal piloto [7]. Unidad de medida dBm.

**Eclo (Energy chips interference):** Es la medición equivalente al valor del RSCP sobre el total de la potencia recibida en el ancho de banda del canal [7].

**RSRQ (Reference Signal Received Quality):** Se lo obtiene de  $(N \times \text{RSRP})/\text{RSSI}$ , donde N es el número de radio bearers sobre la medición de ancho de banda del canal. Unidad de medida dB.

**RSRP (Reference Signal Received Power):** Es definido como el promedio lineal sobre la contribución de potencia de los elementos de recursos que transportan las señales referentes dentro de la medición de frecuencia del ancho de banda. Unidad de medida dBm.

**RSSI (Received Signal Strength Indicator):** Es la potencia amplia recibida dentro del ancho de banda del canal.

A continuación se muestran los valores con las que se garantiza una buena condición de servicio celular para cada una de las tecnologías existentes:

<b>MEDICIONES GSM BUENAS:</b>	RxQual <= 5	<b>MEDICIONES GSM BUENAS:</b>	RxLev >= -98
<b>MEDICIONES UMTS BUENAS:</b>	EcIo >= -14 (RSCP - RSSI)	<b>MEDICIONES UMTS BUENAS:</b>	RSCP >= -98
<b>MEDICIONES LTE BUENAS:</b>	RSRQ >= -20	<b>MEDICIONES LTE BUENAS:</b>	RSRP >= -100

Tabla 2.9: Mediciones de señal y calidad 2G – 3G – 4G

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN**

#### **3.1 Identificación de principales eventos de fallas de mayor impacto en una red celular**

Para efecto de nuestro proyecto vamos a monitorear durante varios días de manera aleatoria mediante una herramienta de un operador celular el comportamiento de los indicadores de fallas que ocurren frecuentemente en la red celular, y con ellos asociaremos los códigos de errores (clear code) más comunes y frecuentes que están presentes en diferentes áreas de cobertura a nivel nacional a las cuales se las conoce como LA (location area) según el estándar de la 3GPP.

Como se mencionó en el párrafo anterior a una red celular se le asignan diferentes áreas de localización cuya funcionalidad es la de identificar y delimitar áreas geográficas donde se encuentran ubicadas las estaciones bases a través de las cuales se podrán enviar y recibir mensajes de radio búsqueda (paging) dentro de un determinado LA, lo que permitirá hacer más efectiva la ubicación de un móvil al momento de solicitar o recibir un servicio (voz, mensaje o datos) de parte del sistema [1].

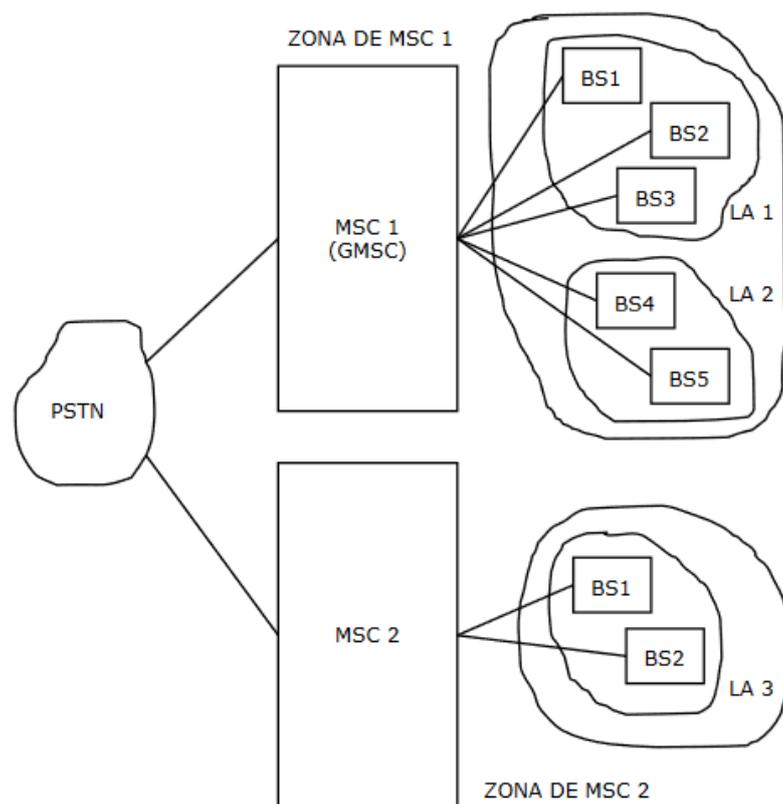


Figura 3.1: Definición de áreas de localización (LA)

Fuente:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11909/fichero/Volumen+1%252F2.pdf>

Según lo mostrado en la Figura 3.1 cada área de localización está identificada por un código denominado LAC (location area code), de esta manera se tiene identificada cada una de las agrupaciones de radio bases de la red celular según las zonas geográficas a las que pertenece.

Era importante detenernos a hablar sobre los LAC debido a que las estadísticas que vamos a obtener serán clasificadas bajo esta definición. Las gráficas que se mostrarán a continuación corresponderán a los códigos de error asociados a cada LAC durante un instante de tiempo, los mismos que para efecto de nuestro proyecto y basados en el principio de Pareto hemos decidido considerar los 5 primeros que por lo general corresponden al número de muestras más representativas de cada uno de los contadores de los códigos de error (clear code).

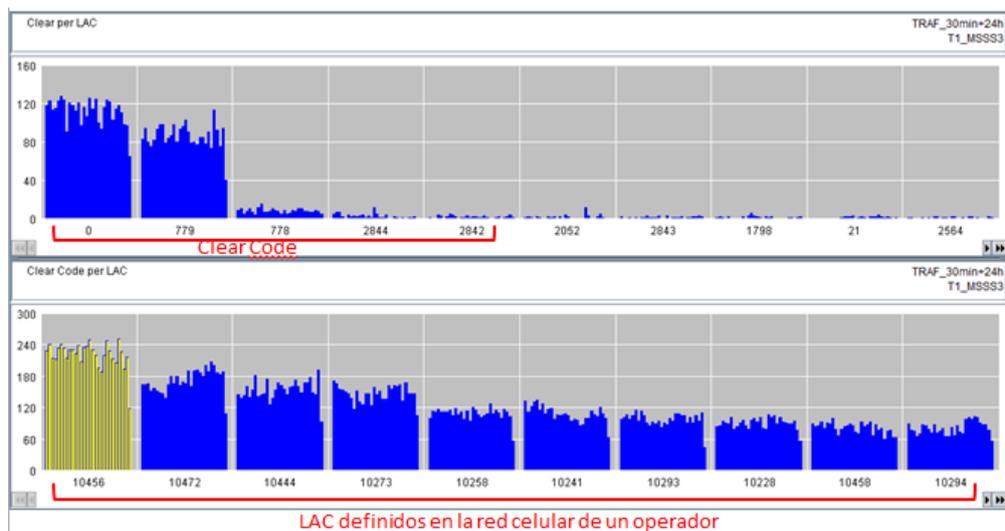


Figura 3.2: Gráfica de estadísticas de Clear Code por asignación de LAC

Del resultado obtenido en cada una de las gráficas por cada LAC, se pudo evidenciar que los clear codes que tuvieron más incidencia son los siguientes:

CLEAR CODE	DESCRIPCION
0	LLAMADA FINALIZADA NORMALMENTE
778	LLAMADA LIBERADA/ENGANCHADA DURANTE FASE DE ESTABLECIMIENTO
779	LLAMADA LIBERADA/ENGANCHADA DURANTE FASE DE ESPERA DE RESPUESTA
2052	CONGESTION DE CIRCUITOS EXTERNOS
2843	FALLAS DE INTERFAZ DE RADIO

Tabla 3.1: Clear codes con mayor incidencia en la red de un operador celular

A continuación, daremos un poco más de información sobre el significado y el impacto de los clear codes de la Tabla 3.1.

El **clear code 0** es aquel que tiene mayor número de muestras en la red celular debido a que este corresponde a todas las llamadas entrantes o salientes que han tenido una finalización normal, es decir no presentaron ningún inconveniente en el proceso de la señalización y comunicación.

El **clear code 778**, este código corresponde cuando la conexión se ha liberado en la fase de establecimiento de una llamada ya sea porque el abonado llamante ha realizado un enlace o porque se ha recibido una señal o mensaje equivalente a la liberación del circuito entrante. Este código también se usa si la conexión se liberó en la fase de espera de respuesta, cuando la señalización no soporta la dirección completa de la señal o

mensaje. A pesar de que este código no representa una falla a simple vista, sin embargo, pudiera darse que el sistema esté rechazando o desconectando llamadas por algún error de accesibilidad en la red celular, para lo cual se deberá realizar pruebas o evaluación en sitio donde se estén presentando estos problemas.

El **clear code 779**, este código es una continuación del caso anterior, ya que involucra la etapa de respuesta del receptor para la conexión de una llamada realizada por el emisor, aquí se puede presentar que la comunicación se establezca con normalidad o en su defecto se retorne una señal o mensaje de liberación de los recursos. Este clear code al igual que el anterior pudiera convertirse en un evento de falla accesibilidad en el caso de que por alguna causa externa no pudiera completarse el proceso normal del establecimiento de una llamada.

El **clear code 2052**, está asociado a un evento de recursos limitados de la red celular por cuanto este ocurre cuando los circuitos salientes para realizar una llamada no son los suficientes o no se encuentran disponibles. Esto puede convertirse en una falla de congestión del sistema o incluso ocasionar una caída de llamada en caso de que la misma no pudiera ser transferida hacia otra estación base con mejores condiciones de señal pero que no tenga los recursos para recibirla.

El **clear code 2843**, involucra a los mensajes de fallas reportados en el sistema por inconvenientes con la interfaz de radio, es decir está ligado a varias causas externas relacionadas, o de los elementos de la red celular que se encargan de brindar cobertura a través de la propagación de la señal hacia cada uno de los móviles que reciben o tienen contratado un servicio con el operador. De este código de error se pueden derivar eventos de inaccesibilidad y caídas de llamadas.

### **3.2 Identificación de principales causas de reclamos de usuarios con el servicio celular**

En este subcapítulo hemos visto apropiado soportar nuestro trabajo con una encuesta realizada del 15 al 31 de enero del 2018 a 182 usuarios del servicio celular correspondientes a la población de 560 estudiantes de la facultad de comunicación social de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, a fin de obtener un mejor criterio de análisis sobre las principales razones por la cual los abonados consideran que tienen mayor afectación en el uso de la telefonía celular con cada uno de los operadores que forman parte del mercado de servicios móviles en nuestro país.

Con este cuestionario esperamos evaluar la prioridad de las causas, su recurrencia y si los eventos de fallas son directamente proporcionales a la participación que tienen cada uno de los operadores celulares en el Ecuador.

Bajo esas premisas elaboramos el siguiente cuestionario que fue puesto a consideración de los participantes de la encuesta.

## Eventos de fallas en la telefonía celular del Ecuador

### 1. Percepción de fallas en el servicio celular

En esta sección deseamos conocer su experiencia como usuario con respecto a los posibles eventos de fallas en el servicio celular.

1 Cual(es) usted considera que son las principales molestias en el servicio de telefonía celular? (\*)

- Caídas de llamadas
- Pérdida de señal o cobertura
- No poder realizar una llamada
- Mala calidad en la comunicación de una llamada (enmudecimiento, entrecorte, robotizado, etc)
- Lentitud en el servicio de datos (internet)
- Ninguna

## Eventos de fallas en la telefonía celular del Ecuador

### 2. Frecuencia con la que usted experimenta estas fallas

Si usted selecciono algunas de las opciones presentadas en la sección anterior nos interesaría conocer que tan frecuentemente ha experimentado los posibles eventos de fallas en el servicio celular.

2 Seleccione la ocurrencia con la que ocurre estos inconvenientes con el servicio celular (\*)

- [1-5] veces a la semana
- [6-10] veces a la semana
- [11-15] veces a la semana
- [16-20] veces a la semana
- [>20] veces a la semana
- No aplica

## Eventos de fallas en la telefonía celular del Ecuador

### 3. Operador de servicio celular

Finalmente podría indicarnos con cual de los operadores celulares usted presenta los posibles eventos de fallas en el servicio celular.

3 Que operador celular presenta más frecuentemente fallas en el servicio? (\*)

- CNT
- Movistar
- Claro
- Tuenti
- Ninguno

Como se puede apreciar, en el formato del cuestionario se realizaron 3 preguntas orientadas a conocer por parte del usuario de telefonía celular su percepción con respecto a los inconvenientes del servicio celular, su frecuencia con la que ha experimentado dichas molestias y finalmente con cuál de los prestadores presenta las fallas respondidas en las preguntas anteriores.

De la tabulación de las encuestas recibidas vía web a través de la página [www.e-encuesta.com](http://www.e-encuesta.com), se obtuvieron los siguientes resultados:

**1. ¿Cuál(es) usted considera que son las principales molestias en el servicio de telefonía celular?**

	<b>Respuestas totales</b>	<b>Porcentaje</b>
Caídas de llamadas	18	5,7%
Pérdida de señal o cobertura	121	38,1%
No poder realizar una llamada	21	6,6%
Mala calidad en la comunicación de una llamada	62	19,5%
Lentitud en el servicio de datos (internet)	94	29,6%
Ninguna	2	0,6%
Total de respuestas recibidas	<b>318</b>	

**2. Seleccione la ocurrencia de estos inconvenientes con el servicio celular**

	<b>Respuestas totales</b>	<b>Porcentaje</b>
[1.5] veces a la semana	114	63,3%
[6.10] veces a la semana	36	20,0%
[11.15] veces a la semana	5	2,8%
[16.20] veces a la semana	10	5,6%
[>20] veces a la semana	6	3,3%
No aplica	9	5,0%
Total de respuestas recibidas	<b>180</b>	

**3. ¿Qué operador celular presenta más frecuentemente fallas en el servicio?**

	<b>Respuestas totales</b>	<b>Porcentaje</b>
CNT	33	18,5%
Movistar	46	25,8%
Claro	93	52,2%
Tuenti	3	1,7%
Ninguno	3	1,7%
Total de respuestas recibidas	<b>178</b>	

Tabla 3.2: Tabulación de resultados de la encuesta sobre Fallas en el servicio celular

De los resultados presentados en la tabla 3.2 se puede observar que para la primera pregunta existen 3 causas las cuales concentran el mayor porcentaje de respuestas recibidas para un universo de 182 encuestados. La razón por la que esta pregunta tiene un mayor número de respuestas es porque para esta consulta se podía elegir más de 1 opción a la vez.

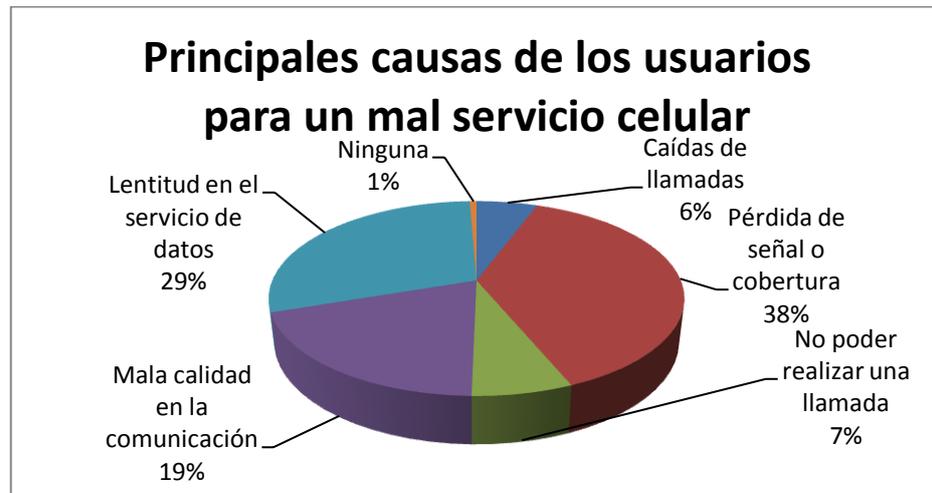


Figura 3.3: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular

La experiencia de los usuarios de telefonía móvil indica que la pérdida de señal o cobertura, la lentitud del servicio de datos y la mala calidad en la comunicación son los eventos de fallas en el servicio celular que más les afectan, las 3 opciones representan más del 87% de las respuestas escogidas en las encuestas.

Con respecto a la segunda pregunta relacionada con la frecuencia en que ocurrirían las causas de molestias con el servicio celular, se pudo evidenciar que el mayor número encuestados se inclinó por la opción que corresponde de 1 a 5 veces por semana, la misma que representa el 63.3% de respuestas seleccionadas seguida por un 20% correspondiente a la alternativa de 6 a 10 veces por semana y el resto en menor proporción.

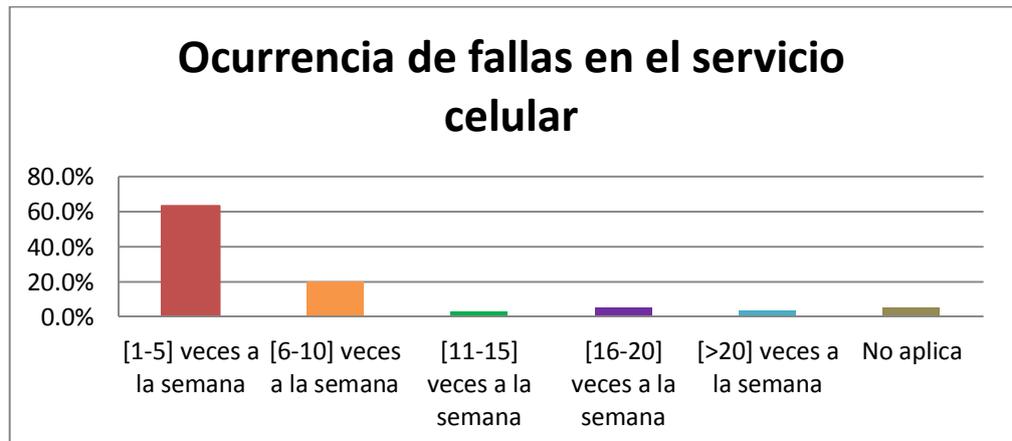


Figura 3.4: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular

Finalmente, para la última pregunta de la encuesta se esperaba determinar a qué operador pertenecían los usuarios del servicio celular y por ende conocer en qué red estaba ocurriendo las fallas que fueron seleccionadas en la primera pregunta.

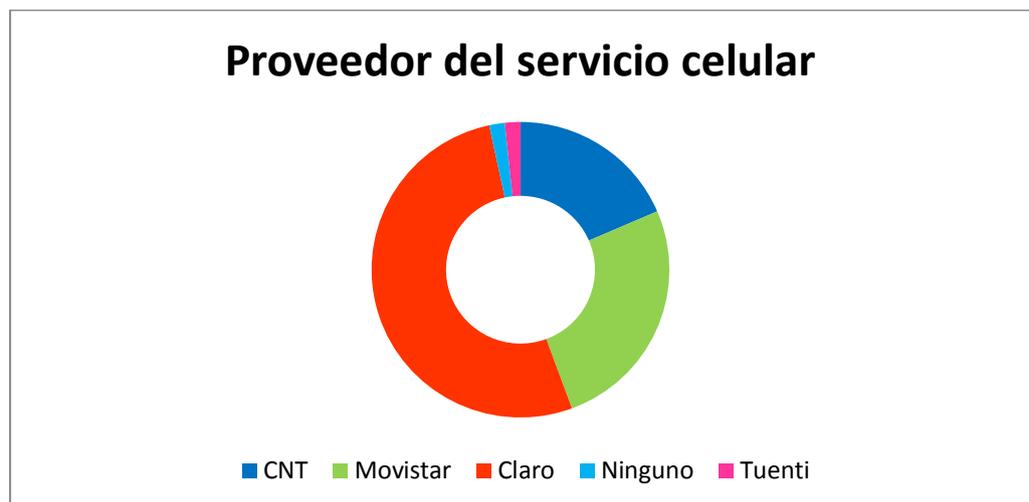


Figura 3.5: Principales causas de los usuarios para un mal servicio celular

Si comparamos este último gráfico con el presentado en la figura 2.11 podemos ver que existe una gran similitud en las proporciones de las líneas activas en el servicio móvil por cada uno de los operadores, lo cual nos permite confirmar que los encuestados representan una muestra significativa y apropiada para nuestro estudio [8].

De los resultados obtenidos en nuestra encuesta podemos inferir que las 3 principales causas que significan una molestia para el usuario están relacionadas con falta de cobertura o deficiencia de señal por situaciones que deberán ser analizadas para cada uno de los casos, pudiendo coincidir en alguno de ellos lo cual determinará que se trate de una falla generalizada en el sistema del proveedor del servicio celular, lo cual es lo que queremos conseguir con el desarrollo de nuestra aplicación móvil. Por otro lado, la lentitud de los datos no es otra cosa que la tendencia que se está marcando en la actualidad con la evolución de la tecnología en conjunto con el uso de los dispositivos, redes sociales y aplicaciones que se encuentran disponibles en el universo digital.

### **3.3 Modelamiento de procesos BPMN**

En la figura a continuación se ha identificado y diagramado cada uno de los roles, etapas y actividades del proceso de incidencias de fallas reportadas al

operador celular para la atención de los mismos y su correspondiente respuesta [10].

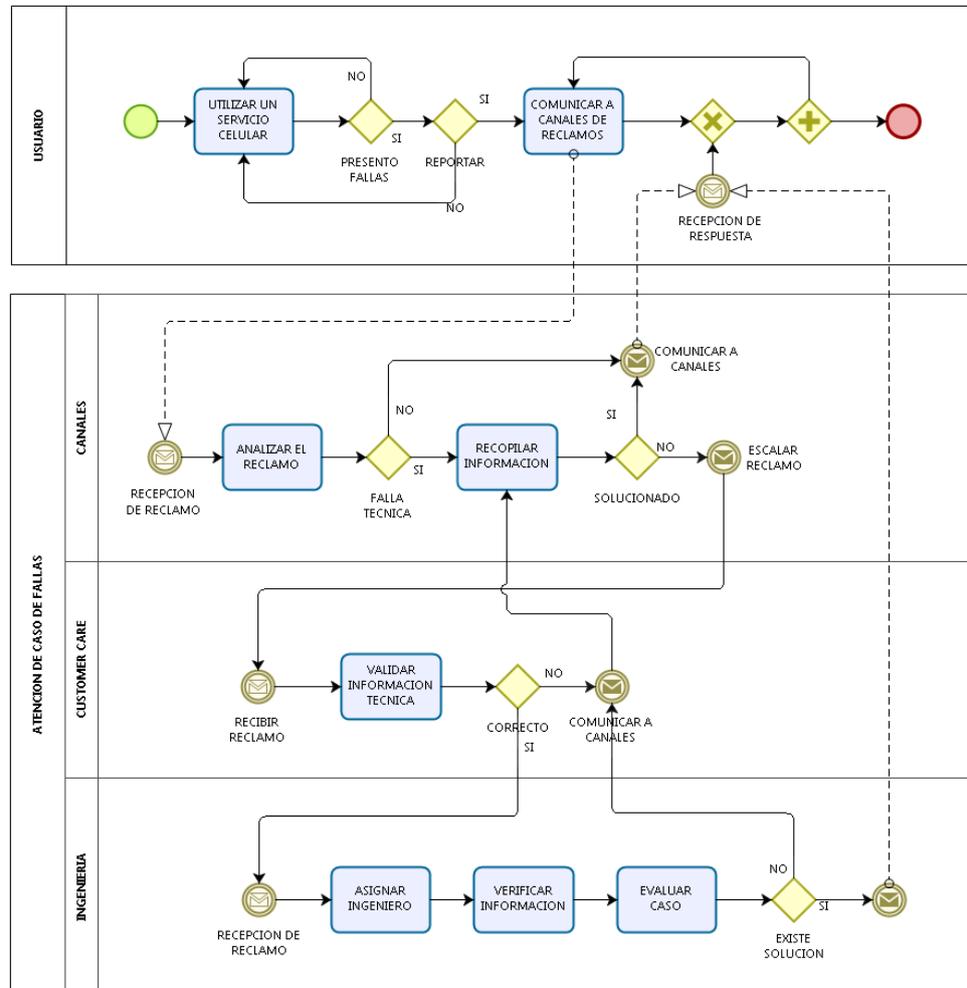


Figura 3.6: Proceso existente de atención de incidencias de fallas

<b>EXISTENTE</b>				
<b>TIEMPOS DE ATENCIÓN DE CASO DE EVENTOS DE FALLAS EN LA RED CELULAR</b>				
	<b>USUARIO</b>	<b>CANALES</b>	<b>CUSTOMER CARE</b>	<b>INGENIERÍA</b>
Notificar reclamo	20			
Recepción de reclamo		3		
Analizar el reclamo				
Recopilar información				
Escalar reclamo				
Validar información			2	
Asignar ingeniero				1
Verificar información				1
Evaluar caso				3
Solución				15
			<b>TOTAL</b>	<b>45</b>

Tabla 3.3: Estimación del tiempo de recepción y atención del proceso existente de casos sobre eventos de fallas en el servicio celular

Lo descrito anteriormente corresponde a la situación actual del proceso y a partir de aquello se podrá evaluar cada una de las tareas que son relevantes y otras que puedan ser sujetas a ser sustituidas o eliminadas. El diagrama BPMN basado en la solución propuesta al utilizar la herramienta desarrollada quedaría de la siguiente manera:

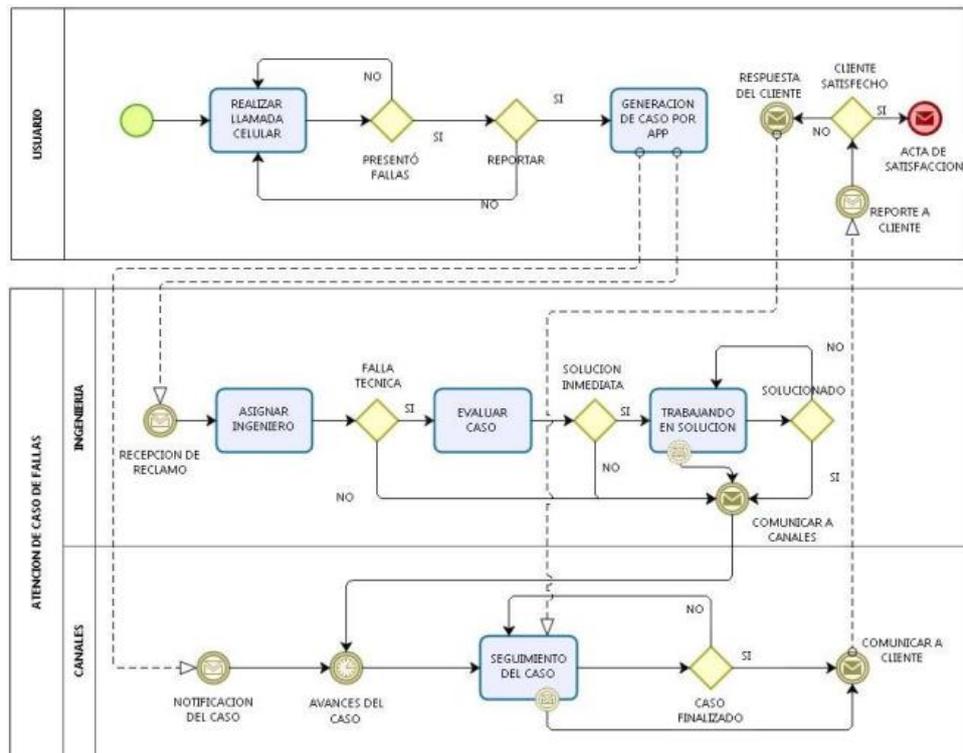


Figura 3.7: Proceso optimizado de atención de incidencias de fallas

PROPUESTO				
TIEMPOS DE ATENCIÓN DE CASO DE EVENTOS DE FALLAS EN LA RED CELULAR				
	USUARIO	CANALES	CUSTOMER CARE	INGENIERÍA
Notificar reclamo				
Recepción de reclamo				
Analizar el reclamo				
Recopilar información				
Escalar reclamo				
Validar información				
Asignar ingeniero				
Verificar información				0.5
Evaluar caso				1
Solución				15
			<b>TOTAL</b>	<b>16.5</b>

Tabla 3.4: Estimación del tiempo de recepción y atención del proceso optimizado de casos sobre eventos de fallas en el servicio celular

Como se puede apreciar en las imágenes del modelamiento de las actividades de los procesos existentes y propuestos existe una optimización de las mismas, con lo cual se elimina la entidad denominada “Customer Care” encargada de la etapa de recopilación y validación de información técnica, y por otro lado, se reducen los tiempos relacionados a la generación del caso por el evento de falla reportado (cuadros en negro de la Tabla 3.4), tomando en cuenta que el usuario móvil tendrá la herramienta para generar el reclamo inmediatamente con las mediciones y datos complementarios para el análisis del ingeniero.

### **3.4 Definición de indicadores para análisis e incidencia de los eventos de falla**

En este capítulo presentaremos los indicadores que permitirán analizar, evaluar e identificar los eventos de fallas en una red celular como resultado de la recolección de los datos proporcionados por la aplicación desarrollada por nosotros y que serán procesados en el servidor para ser visualizados en el módulo de Dashboard para el análisis de la información y la respectiva toma de decisiones para el enfoque de la solución según sea la causa que originó la afectación del servicio móvil.

Para poder desarrollar una mejor explicación y entendimiento sobre este tema hemos definido los siguientes indicadores que consideramos son los

que nos permitirán tener una idea más clara y una apropiada evaluación de los resultados obtenidos con nuestra herramienta.

#### **Indicador de eventos de fallas por tipo de objetos o causas:**

Este consiste en relacionar cada una de las fallas reportadas por los clientes a través de la APP con las causas que pudieron originar el evento que se produjo, tal como se puede apreciar en la tabla 3.5.

	<b>Mala Calidad</b>	<b>Interferencia</b>	<b>Mala Señal</b>	<b>Sin Servicio</b>	<b>Sin Vecinas</b>	<b>Evento Fortuito</b>
<b>Llamada Caída</b>	X	X	X	X	X	
<b>Baja Cobertura</b>			X	X	X	
<b>Voz Robotizada</b>	X	X				
<b>Voz Enmudecida</b>	X	X	X			
<b>Receptor No Escuchaba</b>	X	X	X			
<b>Demora en establecimiento</b>				X		X

Tabla 3.5: Tabla de eventos de fallas versus causas que lo originaron

De esta manera podremos presentar estadísticamente cuales son las causas que tienen mayor incidencia en los eventos de fallas que experimentaron los usuarios móviles.

**Indicador de cantidad de eventos de fallas por tipo de objetos o causas:**

Aquí realizaremos una cuantificación de cada uno de los eventos de fallas según la causa que la originara, tomando en consideración la clasificación indicada en la tabla 3.5

**Indicador de eventos de fallas incidentales:**

El propósito de este indicador es identificar cuáles son los eventos de fallas que están teniendo mayor impacto en la red del operador celular para de esta manera poder actuar de forma inmediata en la solución del problema e ir disminuyendo el reporte de estos casos. Para aquello se cuantificará los casos registrados en la base de datos según el evento de falla reportado.

**Indicador de origen de eventos de fallas:**

Tiene como propósito fundamental identificar geográficamente o por identificación de la celda servidora donde existe una mayor concentración de eventos de fallas en la red celular del operador, de esta manera podemos resolver muchos de los casos relacionados con una sola acción que se tome para solucionar esta afectación masiva.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN**

#### **4.1 Diseño del modelo entidad relación**

Como parte de la aplicación que reside en el servidor que recolecta la información generada por cada uno de los dispositivos móviles pertenecientes a la red del operador y que tendrán habilitada la aplicación móvil utilizada para la detección de eventos de fallas.

En la figura 4.1 se puede apreciar 2 tablas que almacenarán los registros con la información que será de interés para el análisis y generación de informes

que serán presentados a través de nuestra herramienta para apoyar proactivamente las labores de los ingenieros optimizadores de la red celular.

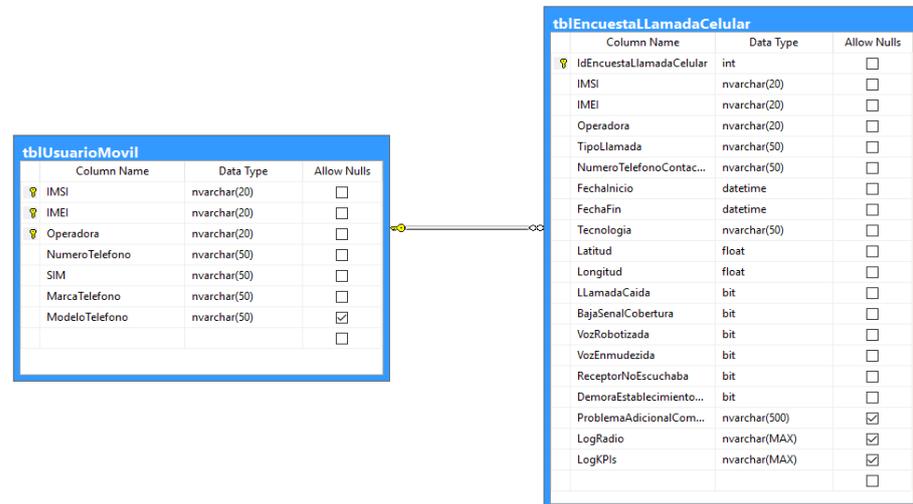


Figura 4.1: Diagrama de entidad – relación de proceso de atención de incidencias de fallas

Para un mejor entendimiento realizaremos una breve descripción de cada uno de los campos de las tablas indicadas en la figura anterior:

Key	Column	Type	Length	Prec.	Scale	Nullable	Default	Rule	Id.	Id. start	Id. seed	Row GUID
	IMSI	nvarchar	40			False			False			False
	IMEI	nvarchar	40			False			False			False
	Operadora	nvarchar	40			False			False			False
	NumeroTelefono	nvarchar	100			False			False			False
	SIM	nvarchar	100			False			False			False
	MarcaTelefono	nvarchar	100			False			False			False
	ModeloTelefono	nvarchar	100			True			False			False

Index	Columns	Primary	Unique	Clustered	Ignore dup. keys	Unique key	Stats no recom.	Fill factor	File group
PK_tblDispositivoMovil	IMSI IMEI Operadora	True	True	True		False	False	False	0 PRIMARY

Relationship	Primary key Table	Foreign key table
FK_tblEncuestaLlamadaCelular_tblUsuarioMovil	tbUsuarioMovil	tblEncuestaLlamadaCelular
	IMSI	IMSI
	IMEI	IMEI
	Operadora	Operadora

Figura 4.2: Tabla de Usuario Móvil

**Tabla tblUsuarioMovil**

El propósito de esta tabla es recolectar información básica del usuario y el dispositivo donde se presume que se produjo el evento de falla.

IMSI: contiene el código del International Mobile Subscriber Identity, el cual corresponde a la identificación de la línea celular proporcionada al usuario.

IMEI: corresponde al código identificador del dispositivo más conocido por sus siglas en inglés como International Mobile Equipment Identity.

Operadora: campo donde se registra el nombre del operador que brinda el servicio.

NumeroTelefono: este campo registrará el número celular del abonado que experimentó el evento de falla. No todos los equipos móviles registran esta información.

SIM: número de serie de la tarjeta inteligente ingresada en el dispositivo móvil.

MarcaTelefono: se guarda la marca del dispositivo móvil.

ModeloTelefono: contiene el modelo al que corresponde el dispositivo móvil.

	IMSI	IMEI	Operadora	NumeroTelefono	SIM	MarcaTelefono	ModeloTelefono
<input type="checkbox"/>	222101616753498	352003091132215	VODAFONE IT		8939104240022731259	SAMSUNG	SM-N950F
<input type="checkbox"/>	740000118668174	358126076629592	MOVISTAR		8959300520524079525	SONY	F3113
<input type="checkbox"/>	740000220089667	355227086847597	MOVISTAR		8959300420522928874	SAMSUNG	SM-A520W
<input type="checkbox"/>	740010157024400	356265063581796	CLARO		8959301000570244009	SONY	D6603
<input type="checkbox"/>	740010157039735	359590060556286	CLARO		8959301000570397351	SAMSUNG	SM-G920I
<input type="checkbox"/>	740010157952226	351552093334246	CLARO		8959301000579522264	SAMSUNG	SM-G935F
<input type="checkbox"/>	740010159687581	352595080102521	CLARO		8959301000596875810f	BLU	PURE XR
<input type="checkbox"/>	740010160647108	352504070887141	CLARO		8959301000606471089	SONY	E6603
<input type="checkbox"/>	740010162932673	359948072898916	CLARO		8959301000629326732	SAMSUNG	SM-G935F
<input type="checkbox"/>	740010162960675	354581080127641	CLARO	0967306138	8959301000629606752f	BLU	R1 PLUS
<input type="checkbox"/>	740010162960675	869794037794433	CLARO		8959301000629606752f	XIAOMI	REDMI NOTE 5
<input type="checkbox"/>	740010166738863	35711008006170	CLARO		8959301000667388636	BLU	LIFE ONE X2 MINI
<input type="checkbox"/>	740010171106951	355262091486461	CLARO		8959301000711069513	SAMSUNG	SM-J730GM
<input type="checkbox"/>	740010172081306	359588071505227	CLARO		8959301000720813067	SAMSUNG	SM-J710MN
<input type="checkbox"/>	740010173861571	359116088904199	CLARO		8959301000738615710	SAMSUNG	SM-G955F

Figura 4.3: Ejemplo de datos de tabla de Usuario Móvil

Column	Type	Length	PREC.	Scale	Nullable	Default	Rule	Id.	Id. start	Id. end	Row GUID
tbEncuestaLlamadaCelular	int	4	0	0	False			True	1	1	False
IMSI	nvarchar	40			False			False			False
IMEI	nvarchar	40			False			False			False
Operadora	nvarchar	40			False			False			False
Tipollamada	nvarchar	100			False			False			False
NumeroTelefonoContactado	nvarchar	100			False			False			False
FechaInicio	datetime	8			False			False			False
FechaFin	datetime	8			False			False			False
Tecnologia	nvarchar	100			False			False			False
Latitud	float	8	53		False			False			False
Longitud	float	8	53		False			False			False
LlamadaCada	bit	1			False (0)			False			False
BajaEscalaCobertura	bit	1			False (0)			False			False
VozRoboCada	bit	1			False (0)			False			False
VozEmmascada	bit	1			False (0)			False			False
ReceptorDeEscucha	bit	1			False (0)			False			False
DemoraEstablecimientoLlamada	bit	1			False (0)			False			False
ProblemaAdicionalComentarios	nvarchar	1000			True			False			False
LogRadio	nvarchar	-1			True			False			False
LogPis	nvarchar	-1			True			False			False

Index	Columns	Primary	Unique	Clustered	Ignore dup. keys	Unique key	Stats no recomb.	Fill factor	File group
PK_tbEncuestaLlamadaCelular	tbEncuestaLlamadaCelular	True	True	True	True	False	False	False	0 / 1024KB

Relationship	Primary key table	Foreign key table
FK_tbEncuestaLlamadaCelular_tbUsuarioMovil	tbUsuarioMovil	tbEncuestaLlamadaCelular
	PKI	PKI
	IMEI	IMEI
	Operadora	Operadora

Figura 4.4: Tabla de Encuesta Llamada Celular

### Tabla tbEncuestaLlamadaCelular

Tabla que contiene información detallada sobre las llamadas celulares.

IdEncuestaLlamadaCelular: identificador del registro correspondiente a la llamada celular.

IMSI: contiene el código del International Mobile Subscriber Identity, el cual corresponde a la identificación de la línea celular proporcionada al usuario.

IMEI: corresponde al código identificador del dispositivo más conocido por sus siglas en inglés como International Mobile Equipment Identity.

Operadora: guarda la identificación de la operadora a la que pertenece la línea celular que reportó el evento de falla.

TipoLlamada: característica de la llamada, pudiéndose ser esta entrante o saliente.

NumeroTelefonoContactado: corresponde al número celular del abonado B con el cual se mantuvo la comunicación.

FechaInicio: fecha y hora de inicio en la que se registra el evento.

FechaFin: fecha y hora de fin en la que se registra el evento.

Tecnología: campo relacionado a la cobertura o tipo de red (2G, 3G o 4G) en la que se encontraba el dispositivo móvil al momento de hacer uso del servicio.

Latitud: medición obtenida con el GPS en grados decimales donde se encontraba el dispositivo móvil al momento del evento correspondiente a la ubicación en referencia al meridiano de Greenwich.

Longitud: medición obtenida con el GPS en grados decimales donde se encontraba el dispositivo móvil al momento del evento correspondiente a la ubicación en referencia a la línea ecuatorial.

LlamadaCaida: indicador de eventos de llamadas caídas.

BajaSenalCobertura: indicador de eventos por baja señal y falta de cobertura.

VozRobotizada: indicador de eventos por voz robotizada durante una llamada.

VozEnmudecida: indicador de eventos por enmudecimiento durante una llamada.

ReceptorNoEscucha: indicador de eventos porque receptor no escucha.

DemoraEstablecimientoLlamada: indicador por demora en la conexión de una llamada.

ProblemaAdicionalComentarios: campo que registra otros comentarios detectados por problemas adicionales.

LogRadio: contiene información sobre mensajería del Radio Interface Link (RIL). Esta función está habilitada sólo para teléfonos súper usuarios.

LogKPIs: guarda datos de comandos Android ejecutados en tiempo real.

IDSI	IMEI	Operadora	TipoLlamada	NumeroTelefonoContactado	FechaInicio	FechaFin	Tecnologia	Latitud	Longitud	LlamadaCaida	BajaSenalCobertura	VozRobotizada
74000157952206	35155209332426	CLARO	SALENTE	0999429715	8/24/2018 20:20:32 PM	8/24/2018 20:31:18 PM	HSPA	-2.152753	-79.94148	False	False	True
74000159687881	35299080102521	CLARO	SALENTE	*611	8/24/2018 11:05:56 PM	8/24/2018 11:06:00 PM	HSPA	-2.2489115	-79.8912051	True	False	False
74000157039733	35999060586286	CLARO	SALENTE	*611	8/25/2018 6:57:06 PM	8/25/2018 6:58:27 PM	GRS	-2.1449993	-79.944886	False	False	False
74000018668174	358126076629592	MOVISTAR	SALENTE	0983792574	8/26/2018 12:43:25 AM	8/26/2018 12:43:31 AM	HSPA	-2.2444544	-79.9021562	False	True	False
22210161675498	352003091132215	VODAFONE IT	SALENTE	+593980992603	8/26/2018 8:03:53 PM	8/26/2018 8:03:53 PM	HSPAP	-45.648261	9.2052528	False	False	False
22210161675498	352003091132215	VODAFONE IT	SALENTE	+593980992603	8/26/2018 8:05:28 PM	8/26/2018 8:05:24 PM	HSPAP	-45.648272	9.2053218	False	False	False
74000159687881	35299080102521	CLARO	ENTRANTE	0998867826	8/26/2018 1:07:43 PM	8/26/2018 1:08:00 PM	HSPA	-2.2089974	-79.8890067	True	False	False
22210161675498	352003091132215	VODAFONE IT	SALENTE	+593980992603	8/26/2018 8:07:17 PM	8/26/2018 8:07:46 PM	LTE	-45.6504325	9.2057254	False	False	False
74000018668174	358126076629592	MOVISTAR	SALENTE	0983792574	8/26/2018 2:58:44 PM	8/26/2018 2:59:53 PM	LTE	-2.1893501	-79.8984032	False	False	False
74000018668174	358126076629592	MOVISTAR	SALENTE	0983792574	8/26/2018 3:24:04 PM	8/26/2018 3:24:43 PM	HSPAP	-2.1892177	-79.8984119	False	True	False
74000159687881	35299080102521	CLARO	SALENTE	*611	8/26/2018 5:04:11 PM	8/26/2018 5:04:14 PM	HSPA	-2.1555771	-79.8902118	False	False	False
74000018668174	358126076629592	MOVISTAR	SALENTE	*001	8/26/2018 5:31:45 PM	8/26/2018 5:30:35 PM	HSPAP	-2.2444548	-79.9021568	False	False	True

Figura 4.5: Ejemplo de datos de tabla de Encuesta Llamada Celular

## 4.2 Diseño del diagrama de estados

En este subcapítulo presentaremos los diagramas de estados o uso de las aplicaciones a desarrollarse según el flujo de cada una de ellas.

En la figura 4.6 describiremos el proceso donde se produce la captura de la información de la llamada celular:

### DIAGRAMA DE USO – CAPTURA EVENTO LLAMADA CELULAR

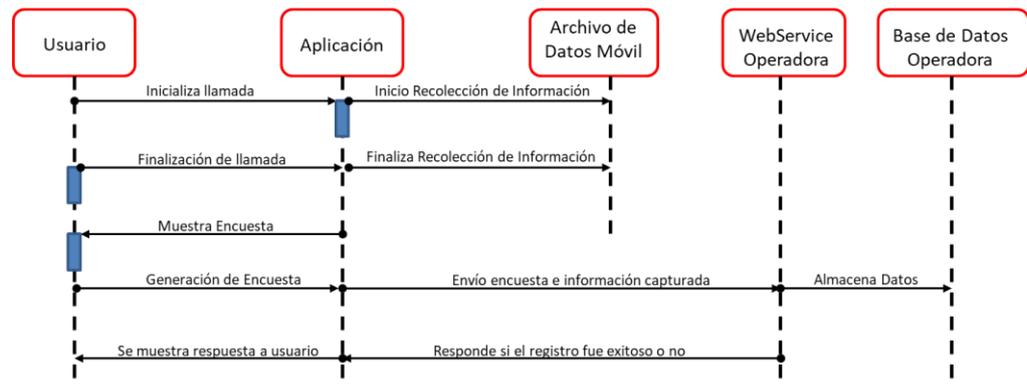


Figura 4.6: Captura de evento de llamada celular

Con la imagen anterior se pretende explicar los pasos que se ejecutan entre el usuario, aplicación móvil y base de datos de la aplicación web, para la recolección de información proporcionada por los comandos de medición, mensajería de señalización y encuesta, los cuales serán enviados al servidor web a través de un archivo generado en el celular.

En la figura 4.7 podremos observar cada una de las etapas que forman parte del proceso relacionado con la visualización de la información recolectada en la base de datos y que estará disponible para los ingenieros que analizarán los eventos recolectados por la aplicación móvil:

#### DIAGRAMA DE USO – VISOR DE EVENTOS DE LLAMADA CELULAR

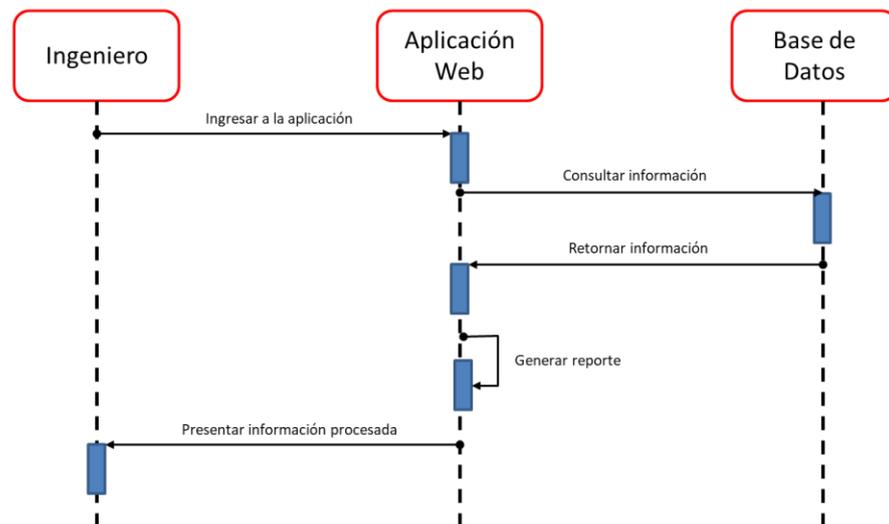


Figura 4.7: Visor de evento de llamada celular

En el diagrama mostrado se describe los estados relacionados con la consulta de información solicitada por el ingeniero a través del visor web de los eventos de la llamada celular y que será procesada para presentarlos sobre un mapa donde se encuentran geo-referenciados cada uno de las llamadas generadas por fallas reportadas por los usuarios del SMA, y adicionalmente se puede obtener estadísticamente algunas gráficas que permitirán realizar un análisis de la ocurrencia de los tipos de eventos y sus respectivas causas según sea el caso.

### **4.3 Estructura del proyecto**

Para el caso de nuestro proyecto consideramos que su concepción se adapta a la arquitectura de tres capas (presentación, negocio y de datos) para su implementación.

Así podemos determinar que tanto el aplicativo móvil como web formarían parte de la capa de presentación, ya que en ambos casos existen las interfaces que permitirán interactuar entre el usuario del dispositivo y el operador encargado de monitorear los eventos de fallas producidos en la red celular.

La información recolectada a través de la aplicación móvil instalada en el teléfono será enviada a través de la capa lógica del negocio que está representada por el servicio web, el cual se encarga de insertar los registros en la base de datos.

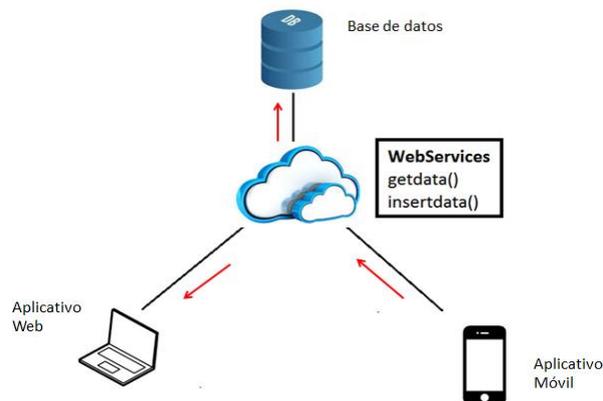


Figura 4.8: Estructura del proyecto – relación entre base de datos y aplicaciones móvil y web

#### 4.4 Estándar de programación

En lo que respecta al desarrollo tanto de la aplicación móvil y web se ha considerado el formato o estándar de programación que detallamos a continuación:

##### Base de datos:

**Denominación de Tablas:** Cada una de las tablas utilizadas para el almacenamiento de la información relacionada a las llamadas serán identificadas con el prefijo “tbl” seguido de un nombre que describirá el uso para el que fue creada.

Table	Owner
 tblEncuestaLLamadaCelular	dbo
 tblUsuarioMovil	dbo

Figura 4.9: Tablas de la aplicación web

**Denominación de Procedimientos Almacenados:** De la misma manera como se ha definido una denominación para las tablas de la base de datos, de la misma manera se ha fijado un prefijo “sp” y el nombre que identificará los procedimientos almacenados a través de los cuales se realizarán las consultas

Stored Procedure	Owner
sp_alterdiagram	dbo
sp_creatediagram	dbo
sp_dropdiagram	dbo
sp_helpdiagramdefinition	dbo
sp_helpdiagrams	dbo
sp_renamediagram	dbo
sp_upgraddiagrams	dbo
spConsultarEncuestasLlamadaCelular	dbo
spConsultarEncuestasLlamadaCelularPorModeloTelefonoTotalizado	dbo
spConsultarEncuestasLlamadaCelularPorModeloTelefonoTotalizadoPorFecha	dbo
spConsultarEncuestasLlamadaCelularPorOperadoraTotalizado	dbo
spConsultarEncuestasLlamadaCelularPorOperadoraTotalizadoPorFecha	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelular	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorFecha	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorModeloTelefono	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorModeloTelefonoTotalizado	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorOperadora	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorOperadoraTotalizado	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorTecnologia	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularPorUbicacion	dbo
spConsultarEventosLlamadaCelularTotalizado	dbo
spConsultarIHSIoIMEIoOperadora	dbo
spConsultarModelosTelefonoPorOperadoraTotalizado	dbo
spConsultarUsuariosEncuestadosPorModeloTelefonoTotalizado	dbo
spConsultarUsuariosEncuestadosPorOperadoraTotalizado	dbo

Figura 4.10: Procedimientos almacenados de la base de datos

**Denominación Claves Primarias:** La clave primaria estará identificada por las siglas “PK” (Primary Key) seguido del nombre de la tabla y cuyo campo será visible dentro de la estructura de la tabla correspondiente.

**Denominación Claves Foráneas:** De igual manera la clave foránea estará identificada por las siglas “FK” (Foreign Key) seguido por el nombre de la tabla que contiene el Primary Key junto al nombre de la tabla Foreign separados por un guion bajo entre cada una de ellas, tal como se describe en las figuras 4.11 y 4.12.

Key	Column	Type	Length	Prec.	Scale	Nullable	Default	Rule	Id.	Id. start
	<b>IdEncuestaLlamadaCelular</b>	int		4	10	0	False			True
	IMSI	nvarchar	40				False			False
	IMEI	nvarchar	40				False			False
	Operadora	nvarchar	40				False			False
	TipoLlamada	nvarchar	100				False			False
	NumeroTelefonoContactado	nvarchar	100				False			False
	FechaInicio	datetime	8				False			False
	FechaFin	datetime	8				False			False
	Tecnologia	nvarchar	100				False			False
	Latitud	float	8		53		False			False
	Longitud	float	8		53		False			False
	LLamadaCaida	bit	1				False ((0))			False
	BajaSenalCobertura	bit	1				False ((0))			False
	VozRobotizada	bit	1				False ((0))			False
	Voznmudezada	bit	1				False ((0))			False
	ReceptorHoEscuchaba	bit	1				False ((0))			False
	DemoraEstablecimientoLlamada	bit	1				False ((0))			False
	ProblemaAdicionalComentarios	nvarchar	1000				True			False
	LogRadio	nvarchar	-1				True			False
	LogKPIs	nvarchar	-1				True			False

Index	Columns	Primary	Unique	Clustered	Ignore dup. keys	Unique key	Stats no recomp.
PK_tbLLamadaCelular	IdEncuestaLlamadaCelular	True	True	True	True	False	False

Relationship	Primary key table	foreign key table
FK_tbEncuestaLlamadaCelular_tbUsuarioMovil	tbUsuarioMovil	tbEncuestaLlamadaCelular
	IMSI	IMSI
	IMEI	IMEI
	Operadora	Operadora

Figura 4.11: Estructura de la tabla Encuesta Llamada Celular

Key	Column	Type	Length	Prec.	Scale	Nullable	Default	Rule	Id.	Id. start	Id. seed
	<b>IMSI</b>	nvarchar	40				False			False	
	<b>IMEI</b>	nvarchar	40				False			False	
	<b>Operadora</b>	nvarchar	40				False			False	
	NumeroTelefono	nvarchar	100				False			False	
	SIM	nvarchar	100				False			False	
	MarcaTelefono	nvarchar	100				False			False	
	ModeloTelefono	nvarchar	100				True			False	

Index	Columns	Primary	Unique	Clustered	Ignore dup. keys	Unique key	Stats no recomp.	Fill Factor
PK_tbDispositivoMovil	IMSI IMEI Operadora	True	True	True	True	False	False	False

Relationship	Primary key table	Foreign key table
FK_tbEncuestaLlamadaCelular_tbUsuarioMovil	tbUsuarioMovil	tbEncuestaLlamadaCelular
	IMSI	IMSI
	IMEI	IMEI
	Operadora	Operadora

Figura 4.12: Estructura de la tabla Usuario Móvil

## Aplicaciones desarrolladas

**EncuestaCalidadLlamadaCelular:** Es una aplicación móvil para sistemas operativos Android OS desde la versión 6.0 en adelante; y la cual, una vez instalada, está atenta a los eventos de inicio y fin de la llamada celular, de tal manera que, al momento de iniciar la llamada, empieza con la captura de los parámetros de señal y calidad de la red celular, para luego una vez que esta termine, ya sea por el cierre normal o caída de la misma, presente una encuesta de percepción del servicio de voz al usuario; la cual junto con la ubicación geo referencial de donde se produjo el evento, podrá toda esta información ser la base del análisis del servicio de voz por parte de la operadora o ente regulador. Al momento de llenar la encuesta, esta es enviada hacia un servicio Web siempre y cuando el usuario tenga o habilite el GPS de su celular.

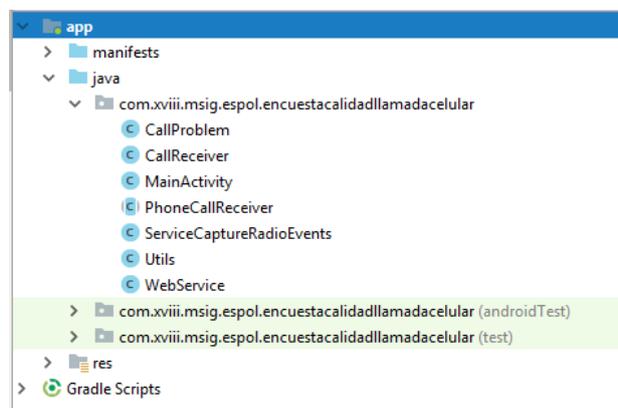


Figura 4.13: Estructura del proyecto EncuestaCalidadLlamadaCelular

**WebServiceCapturaEventosCelular:** Es una aplicación de tipo ASP .NET Web Service Application, basada en el Framework .NET 2.0 [5], soportada por el lenguaje de programación C# y que se encuentra cargada en el subdominio `webservice.tesismsigespoxviii.com` y cuya función es escuchar y recibir las encuestas con los eventos de red capturados durante la llamada celular y que son enviadas desde los dispositivos móviles o celulares. Este servicio está activo durante todo el tiempo.

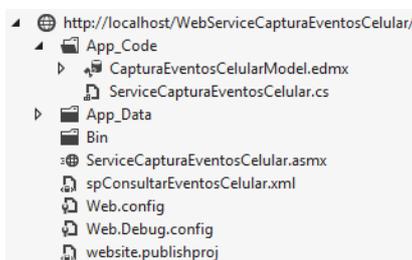


Figura 4.14: Estructura del proyecto WebServiceCapturaEventosCelular

**WebSiteCapturaEventosCelular:** Esta es una aplicación de tipo ASP .NET Web Forms Application, basada en el Framework .NET 4.5, soportada por el lenguaje de programación C# y que se encuentra cargada en el subdominio `website.tesismsigespoxviii.com`. Su principal función es poder observar en un mapa todos los eventos y encuestas enviadas por los usuarios desde la aplicación móvil, así como poder examinar los parámetros de niveles de señal y calidad de la llamada, con la finalidad de correlacionar estos parámetros con lo que el usuario percibió durante la llamada e indicó en la encuesta. El sitio también posee información estadística la cual permite realizar un comparativo de eventos por operador, tecnología y equipo celular.

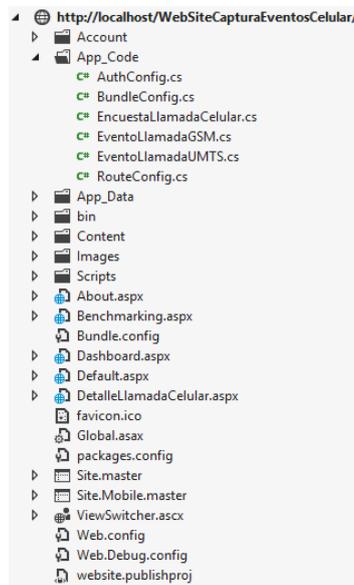


Figura 4.15: Estructura del proyecto WebSiteCapturaEventosCelular

## Denominación de Proyectos y Namespaces

**Proyecto EncuestaCalidadLlamadaCelular:** Dado que, Android está basado en Java, se utiliza la denominación de Package o Paquete en vez de Namespace [6]. El package de este proyecto o aplicación es com.xviii.msig.espol.encuestacalidadllamadacelular.

**Proyecto WebServiceCapturaEventosCelular:** El Namespace usado para este proyecto es Services.

**Proyecto WebSiteCapturaEventosCelular:** El Namespace usado para este proyecto es System.Web.Optimization.

### **Denominación de Clases**

Para los tres proyectos o aplicaciones mencionadas anteriormente y que corresponden a toda la solución integral, todas las Clases son escritas en minúsculas a excepción la de primera letra de cada palabra. Si la clase tienen un nombre compuesto, es decir de dos o más palabras, estas serán unidas sin usar ningún separador entre ellas.

### **Denominación de Métodos y Funciones**

Dado a que existe una estrecha similitud entre el lenguaje Java (Android) y C [11], se utiliza la misma denominación de nombres para los métodos y funciones. La denominación utilizada es la primera palabra toda en minúsculas y usando un verbo para determinar una acción como por ejemplo grabar, capturar, obtener, etc.; de ahí las siguientes palabras deben ser todas en minúsculas a excepción de la primera letra de las siguientes palabras.

### **Denominación de Parámetros**

La denominación utilizada es la primera letra para identificar el tipo de dato que recibe el parámetro, ya sea s string, b boolean, d double, i integer, f float; y las siguientes palabras todas en minúsculas a excepción de la primera letra de cada palabra.

#### **4.5 Diseño del plan de pruebas**

Una vez que el sistema se encontraba funcionando se realizaron pruebas en cada una de las etapas o componentes que conforman el proyecto de manera integral, es decir que se verificó la recolección, almacenamiento y consistencia de los datos recolectados, así como también el uso de la interfaz de usuario, presentación y fácil entendimiento de resultados mostrados.

**Aplicación Móvil y Base de Datos:** Debe ser transparente para el usuario de un dispositivo móvil la captura de mediciones y mensajería del proceso de la llamada que se esté realizando, de tal forma que en caso de existir algún evento de falla que haya sido perceptible por el abonado, éste simplemente al final deberá identificar en una encuesta el tipo de afectación que experimento en la misma, y solo en ese caso se deberá verificar el envío y recepción de la información recolectada en la tabla correspondiente.

**Base de Datos y Aplicación Web:** Una vez almacenadas las mediciones y mensajería del evento de la llamada en la base de datos, ésta debe ser post procesada y clasificada a fin de brindar una información consistente y clara que permita realizar un análisis de la(s) posible(s) causa(s) que pudo originar la falla en el servicio brindado.

Basados en estos criterios podemos desarrollar un plan de pruebas que permita evidenciar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado conforme a los objetivos planteados para este proyecto.

#### **4.6 Diseño y desarrollo de pantalla para app en dispositivo Android**

Para el diseño y desarrollo de la pantalla de encuesta que es mostrada al usuario únicamente después de que finalice o se caiga la llamada, se usó el diseñador que viene incluido dentro del Android Studio, el cual tiene una variedad de controles de texto, botones y widgets, los cuales pueden ser agrupados por contenedores y organizados a través de Layouts [11].

De igual manera, en esta sección del Android Studio, uno puede definir el tipo de resolución que tendrá la pantalla del usuario, así como el tipo de interfaz de usuario en la cual será usada la aplicación. El tipo de interfaz de usuario puede ser:

- ✓ Celular.
- ✓ Tablet.
- ✓ TV.
- ✓ Smartwatch.

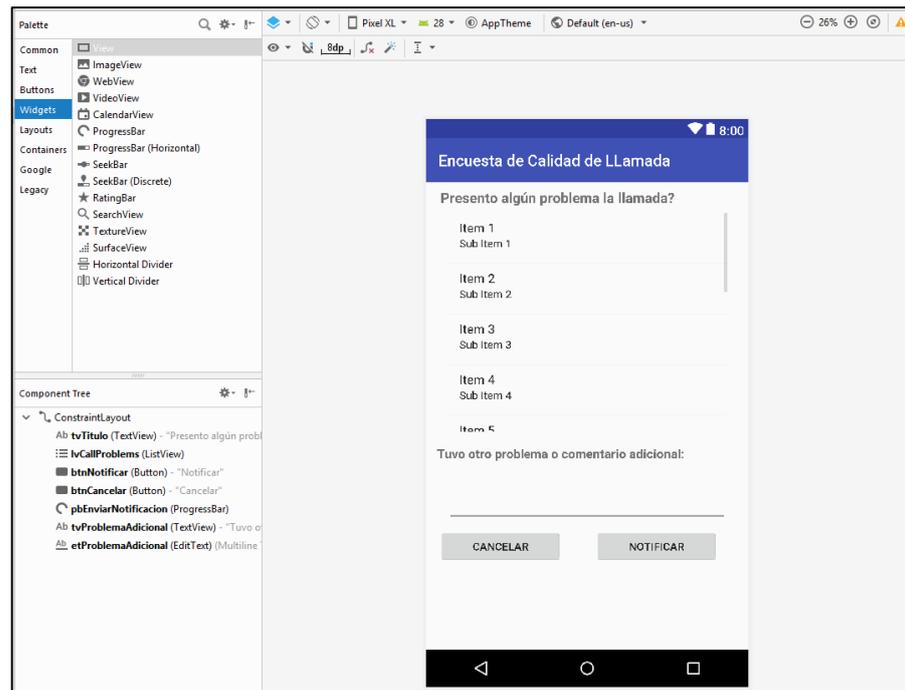


Figura 4.16: Diseño y desarrollo de pantalla para App en Android Studio

#### 4.7 Diseño y desarrollo de pantalla para ubicación, análisis y presentación de informes estadísticos en entorno web

Para el diseño y desarrollo de la UI del sitio web que sirve para la ubicación y análisis de los distintos problemas de servicio de voz percibidos y reportados por los usuarios de la aplicación móvil, se utilizó la herramienta Visual Studio

.NET 2012 combinando distintas tecnologías tal como JavaScript, JQuery, Ajax, Html, ASP .NET y las APIs de Google Charts y Maps.

El sitio web consta de 4 páginas principales y una que es llamada desde una de ellas.

**Visualizar Eventos:** Esta pantalla permite la visualización y ubicación de los distintos eventos reportados por los usuarios celulares sin importar la operadora a la que pertenezca. Los puntos rojos indican que pertenecen a la operadora Claro, verde Movistar, azul CNT y amarillo otra. Se pueden aplicar distintos filtros ya sea por Operadora o por IMSI o IMEI si es que deseamos ubicar eventos de un usuario en particular. También se pueden filtrar los eventos según el tipo de problema.

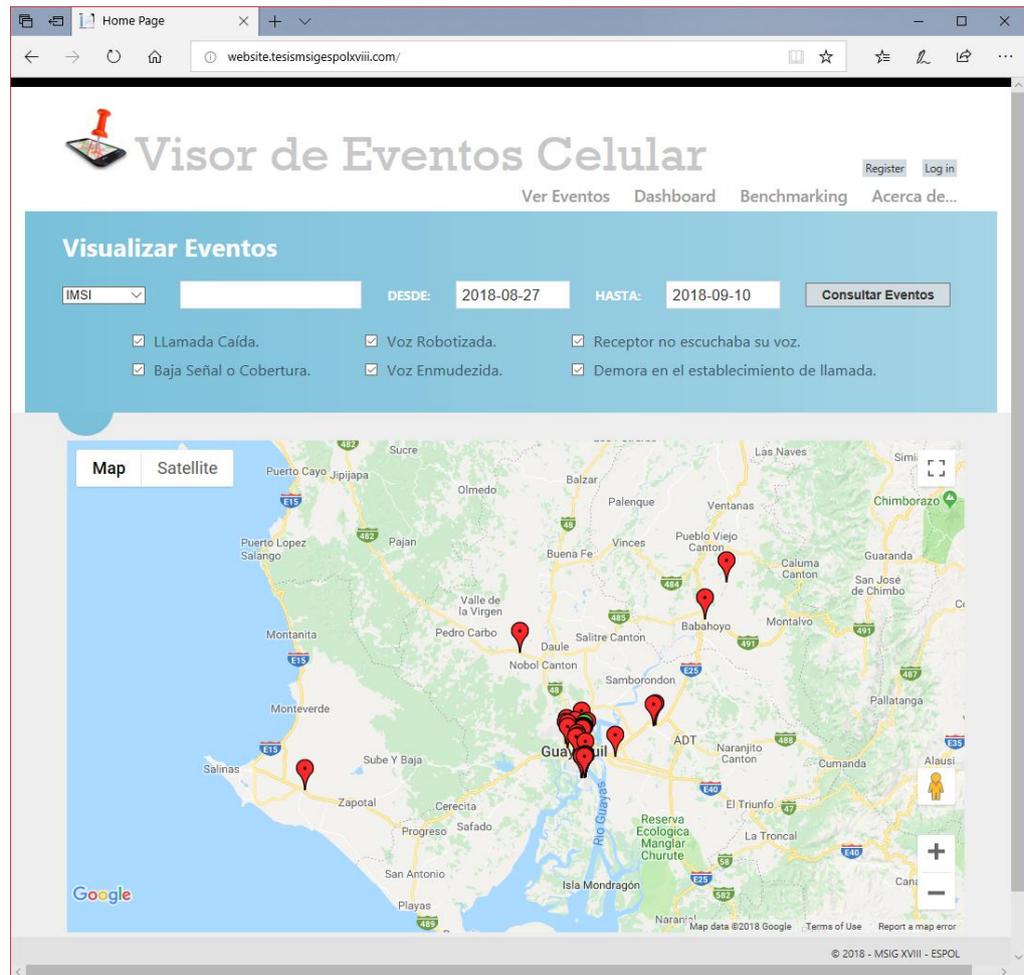


Figura 4.17: Diseño y desarrollo de pantalla Visualizar Eventos en ASP .NET

**Ver detalle de llamada:** Esta pantalla, se podría decir que es una de las más importantes del sitio web, ya que es donde se pueden observar los parámetros de calidad y niveles de señal que se registraron durante la llamada, así como también la ubicación donde se registraron los valores.



Figura 4.18: Diseño y desarrollo de pantalla Ver Detalle de Llamada en ASP .NET

**Dashboard:** Como su nombre lo indica esta pantalla sirve como tablero de control, en el cual se pueden clasificar los eventos reportados por tecnología, por fecha y por ubicación. Se pueden aplicar distintos filtros ya sea por Operadora o por IMSI o IMEI si es que deseamos analizar eventos de un usuario en particular. Adicionalmente se muestra una tabla resumen de todas las llamadas registradas.

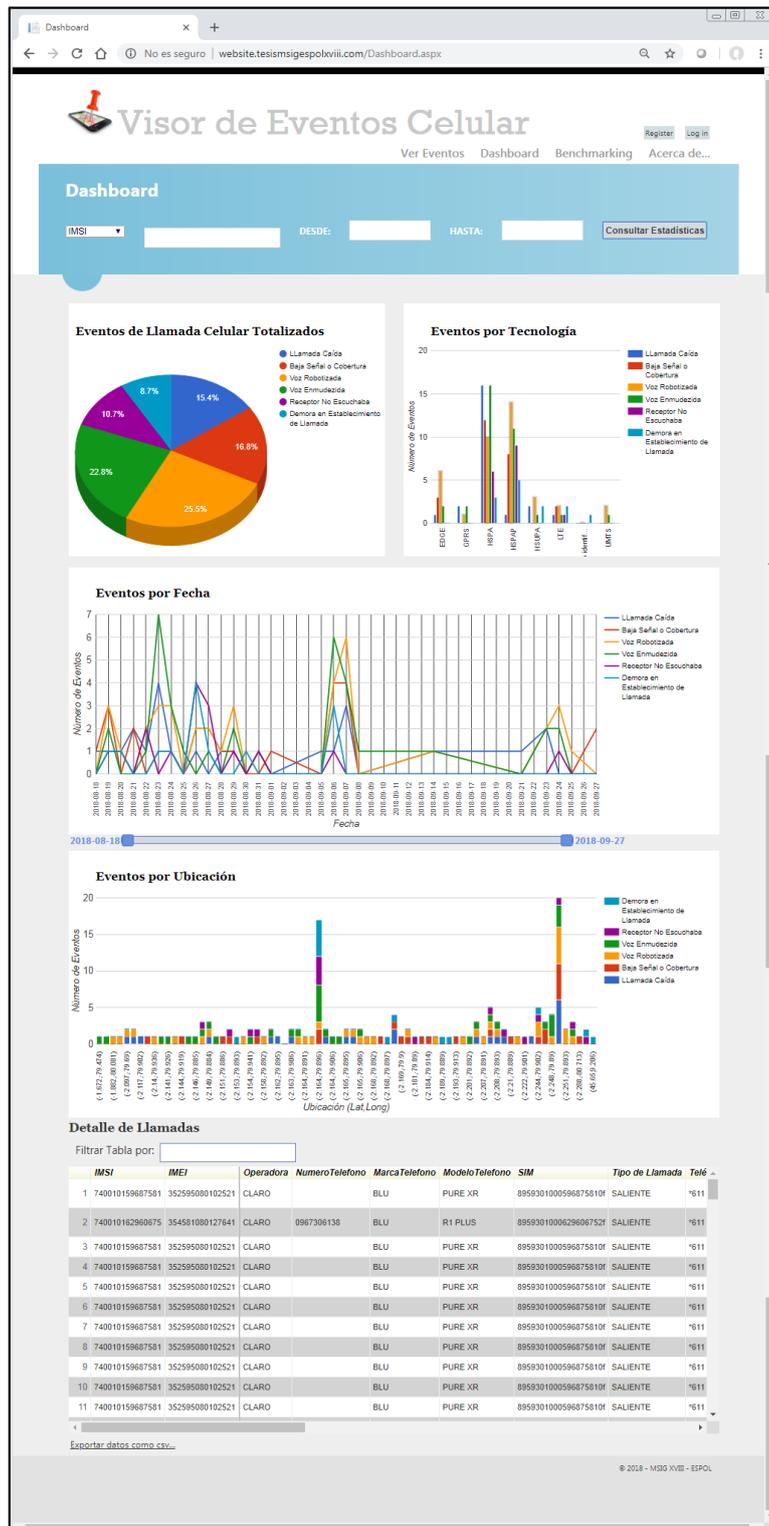


Figura 4.19: Diseño y desarrollo de pantalla Dashboard en ASP .NET

**Benchmarking:** Esta pantalla permite realizar una comparación de las encuestas de llamadas y eventos reportados, clasificándolos a nivel de Operadora Celular y modelo de Teléfono. Los datos pueden ser filtrados sólo por fecha.

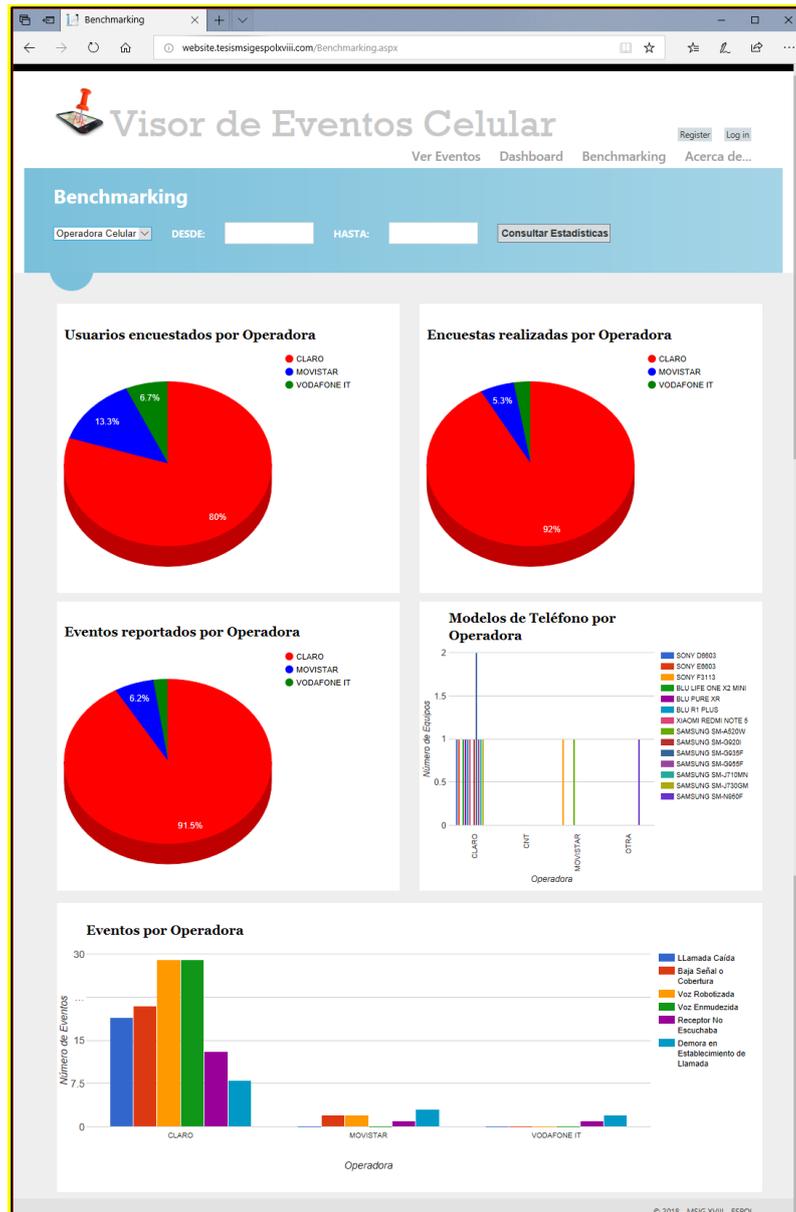


Figura 4.20: Diseño y desarrollo de pantalla Benchmarking en ASP .NET

#### 4.8 Desarrollo del indicador de principales tipos de eventos de fallas

El objetivo de este indicador es presentar al usuario de la Operadora celular o ente regulador, el o los principales tipos de falla(s) que el usuario móvil percibió durante su llamada. Es utilizado para realizar la correlación con los parámetros de señal de radio y calidad de servicio que el móvil registró durante toda la sesión de voz. Se los encuentra en la parte de Problemas Registrados, una vez que el usuario del sitio web de clic en uno de los puntos de interés en el mapa.

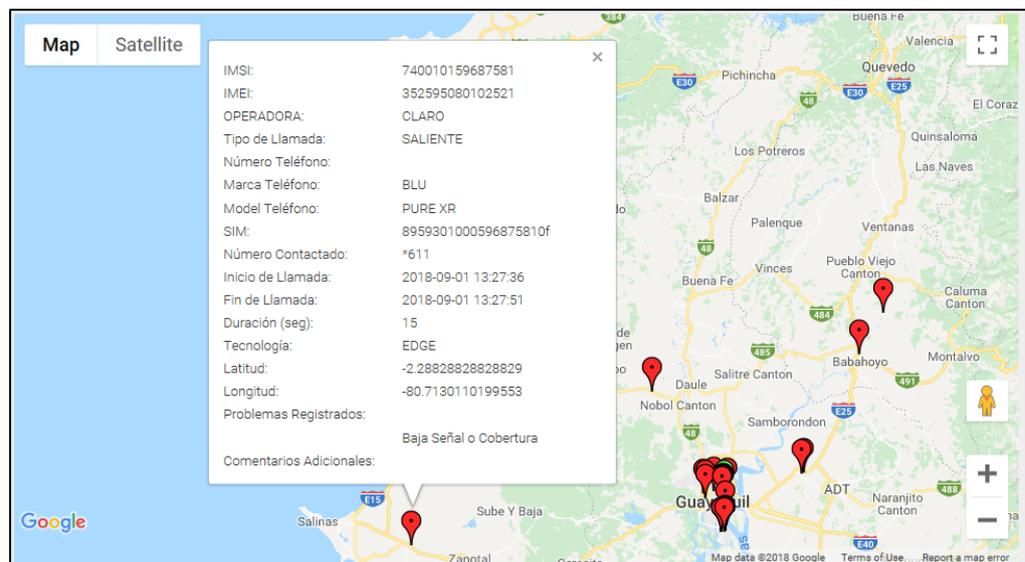


Figura 4.21: Desarrollo del indicador principales tipos de eventos de fallas

#### 4.9 Desarrollo del indicador de cantidad de eventos de fallas

Este indicador permite observar la distribución de cantidad de eventos de falla desde diferentes perspectivas. Esta distribución puede ser vista por fecha, por tecnología y por ubicación en la sección de Dashboard, y en la sección de Benchmarking puede ser visto por Operadora Celular y por Modelo de Teléfono.

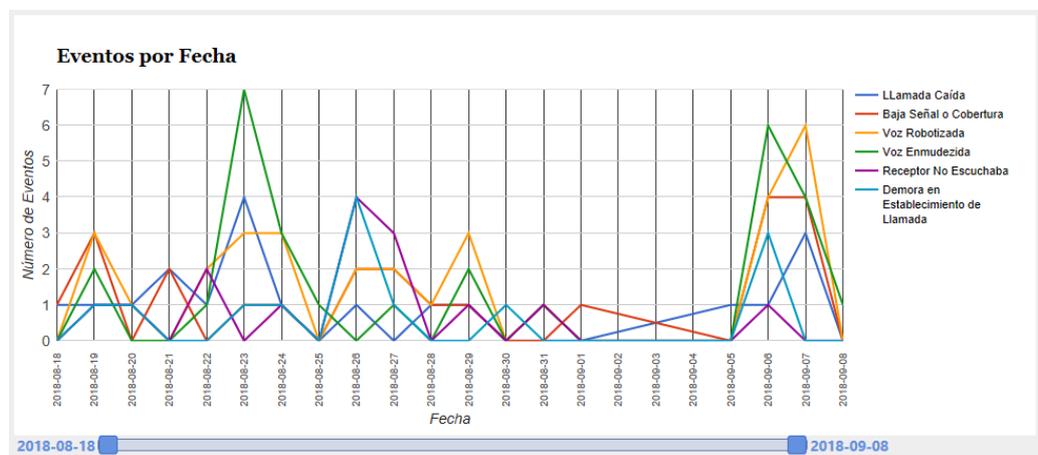


Figura 4.22: Desarrollo del indicador de cantidad de eventos de fallas

## **CAPÍTULO 5**

### **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**

#### **5.1 Implementación del sistema**

Una vez concluido el desarrollo tanto de la aplicación móvil, del servicio web y del sitio web, debimos realizar las siguientes acciones para poder implementar el sistema:

**1. Alquiler de un Host que se adapte a las necesidades del sistema:**

Luego de una exhaustiva búsqueda y análisis para determinar cuál sería el host que se adapte y de soporte a las diferentes tecnologías que maneja nuestra solución, se decidió trabajar con SmarterASP.NET, el cual tiene soporte para trabajar con bases de datos tipo MYSQL y SQL

SERVER, así como también lenguajes de programación web tipo PHP y ASP .NET. De los diferentes tipos de planes que maneja el sitio web SmarterASP.NET, se decidió trabajar con el plan .NET ADVANCE, ya que se ajustaba perfectamente para poder subir el Servicio Web y el Sitio Web, ambas aplicaciones creadas con ASP .NET

	60 DAYS Trial	.NET BASIC	.NET ADVANCE	.NET PREMIUM
Webspace(GB)	1GB	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Number Of Site/ISS Entry[2]	1	1	6	Unlimited
Domain Name Hosted[2]	1	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Bandwidth	10GB	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Static IP	-	-	\$2/month	\$2/month
Free Let's Encrypt SSL Only For 2 Years Or 3 Years Hosting Packages	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access To Raw Log Files	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Web-based Control Panel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FTP	1	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Domain Name	\$12/yr	\$12/yr	\$12/yr	\$12/yr
Domain Whois Privacy	\$8/yr	\$8/yr	\$8/yr	\$8/yr

Figura 5.1: Tipos de planes ofrecidos por el hosting SmarterASP.NET

2. **Creación del dominio y dos subdominios:** Una vez contratado el plan .NET ADVANCE del hosting SmarterASP.NET, se compró por un año el dominio `tesismsigespoxviii.com`, y a partir de este se crearon dos subdominios, `webservice.tesismsigespoxviii.com` y `website.tesismsigespoxviii.com` los cuales son redireccionados tanto el servicio web como el sitio web respectivamente.

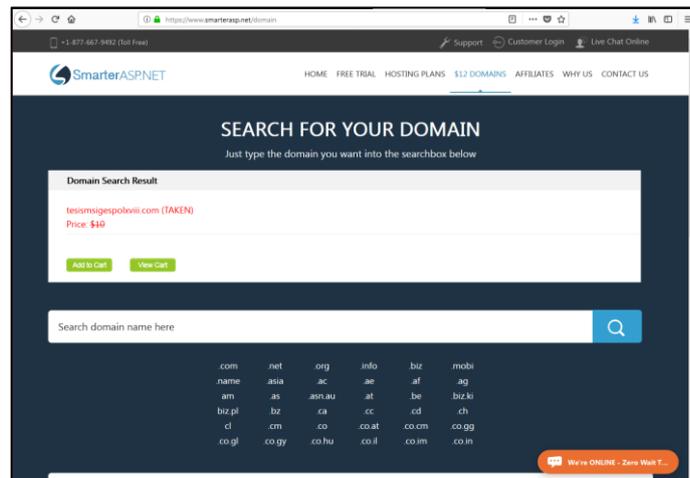


Figura 5.2: Creación del dominio y dos subdominios

3. **Publicación del Servicio web y Sitio web:** Una vez creados los dos subdominios en el hosting SmarterASP.NET, se procedió a publicar el servicio web y el sitio web desde la misma herramienta Visual Studio 2012. Para esto se utilizó la opción Publish Web Site en cada uno de los dos proyectos:

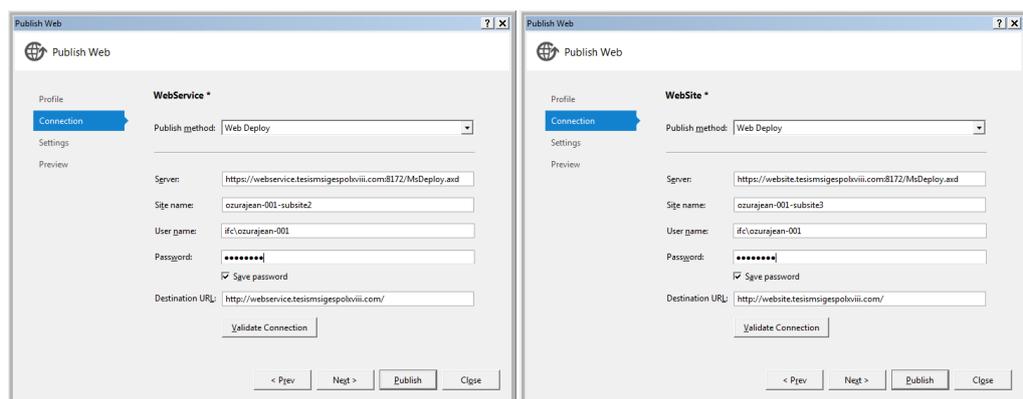


Figura 5.3: Publicación del Servicio Web y Sitio Web

#### 4. Publicación de la Base de Datos SQL Server CapturaEventosCelular:

Finalmente, para completar la implementación del sistema, se tuvo que sacar un respaldo de la definición de la Base de Datos CapturaEventosCelular. Este respaldo corresponde a la estructura de tablas, índices, relaciones y procedimientos almacenados; no incluye datos ya que una vez puesto en producción el sistema, se quería poblar la base de datos con información real y de distintos usuarios. Luego de crear el respaldo .bak, el archivo se lo sube al hosting SmarterASP.NET en la sección Archivo, para finalmente ser restaurado el respaldo en la opción Base de Datos, Acciones y Restaurar Base de Datos.



Figura 5.4: Publicación de la Base de Datos SQL Server CapturaEventosCelular

## **5.2 Pruebas del sistema:**

Las pruebas del sistema fueron ejecutadas en un ambiente controlado llamado Ambiente de Testing, en el cual se trataba de recrear escenarios lo más cercanos a la realidad o ambiente de producción. Lo más difícil en esta etapa, fue encontrar zonas dentro y fuera de la ciudad en donde existieran y se percibieran problemas en el servicio de voz celular.

Adicional a esto, cabe recalcar que las pruebas fueron realizadas de manera completa en dos partes tal como se lo indica en el punto 4.5, permitiendo así realizar una revisión exhaustiva del sistema y de los datos capturados desde el dispositivo celular, hasta el momento que son almacenados en la base de datos para su posterior utilización y análisis en el sitio Web.

### **5.2.1 Pruebas funcionales**

Con este tipo de prueba lo que se quiso lograr el cumplimiento del sistema en base al requerimiento funcional de capturar la información de la red celular durante una llamada para luego ser enviada al internet para su posterior análisis desde el sitio web. Al tratar de verificar si el sistema hace todo lo que debería hacer de manera correcta, pudimos identificar que los valores capturados por el celular variaban dependiendo del modelo de teléfono y del API level de

Android que este tuviera instalado [6]. Luego de investigar varios foros y sitios web donde trataban este inconveniente, se logró implementar un algoritmo en el aplicativo móvil que controlara y corrigiera este problema.

Para validar la correcta funcionalidad del sistema se consideraron los siguientes puntos:

#### **Pruebas de Funcionalidad del Aplicativo Móvil:**

- ✓ ¿La aplicación móvil es presentada una vez instalada, y luego de que una llamada es finalizada?
- ✓ ¿La interfaz de usuario del aplicativo se la puede visualizar correctamente en cualquier dispositivo móvil con Android desde las versiones 6.0 hasta la última en el mercado a la fecha de septiembre 2018 que es la versión Android 8.1?
- ✓ ¿El aplicativo móvil captura los parámetros de niveles de señal y calidad de red desde que comienza la llamada hasta su finalización?
- ✓ ¿Los parámetros de niveles de señal y radio capturados son acorde a la tecnología a la cual el dispositivo móvil está enganchado?

- ✓ ¿Si el GPS del dispositivo móvil está activo, se complementa la información de los parámetros capturados junto ubicación del usuario?
- ✓ ¿La encuesta sobre la percepción de la llamada es enviada sólo si el usuario llena el formulario al menos con un problema percibido?
- ✓ ¿El sistema solicita al usuario activar el GPS antes de enviar la encuesta?
- ✓ ¿El sistema sólo permite enviar la encuesta si es que el GPS se encuentra activo?
- ✓ ¿El usuario es informado cuando la encuesta es enviada correctamente o presentó algún problema en el envío?

#### **Pruebas de Funcionalidad del Servicio Web:**

- ✓ ¿El Servicio Web se encuentra activo las 24 horas del día los 365 días del año?
- ✓ ¿El Servicio Web sólo puede ser invocado desde el aplicativo EncuestaLlamadaCelular?
- ✓ ¿El Servicio Web registra correctamente en la base de datos CapturaEventosCelular la información enviada desde el dispositivo móvil?

- ✓ ¿El Servicio Web notifica al usuario del dispositivo móvil que la información fue registrada correctamente o hubo algún inconveniente?

### **Pruebas de Funcionalidad del Sitio Web:**

- ✓ ¿El Sitio Web se encuentra activo las 24 horas del día los 365 días del año?
- ✓ ¿El Sitio Web muestra como página inicial la de Ver Eventos y esta es cargada completamente incluyendo el Mapa de Google?
- ✓ ¿El Sitio Web muestra correctamente los filtros por los cuales se puede usar al momento previo de hacer una consulta a la Base?
- ✓ ¿El Sitio Web presenta la información de acorde a lo que el usuario filtró?
- ✓ ¿Todos los charts son cargados y dibujados correctamente?
- ✓ ¿Si los filtros seleccionados por el usuario no devuelven ningún resultado, el sitio web notifica a este que no existe información que presentar?

### 5.2.2 De interoperabilidad entre componentes

Este tipo de prueba es un caso especializado de las Pruebas Funcionales, y es de mucha importancia ya que lo que se deseó probar fue la interoperabilidad entre tecnologías distintas, en nuestro caso entre un aplicativo móvil desarrollado con Android y un sitio web desarrollado con ASP .NET.

El mecanismo o interfaz por el cual se logró esta comunicación entre ambas tecnologías fue a través del Servicio Web y la mensajería en XML con la cual se hizo el intercambio de información a través del método expuesto “envioEncuestaLlamadaCelular”. Las pruebas de interoperabilidad fueron exitosas desde los dispositivos móviles que contaban con servicio de internet.

Otro tipo de prueba realizada fue la de interoperabilidad del sitio web con cualquier navegador, en donde se observó que todos los controles y objetos html, así como las APIs de Google que componen la interfaz gráfica del sitio web sean dibujados y presentados al usuario sin importar el tipo de navegador web que este utilice.

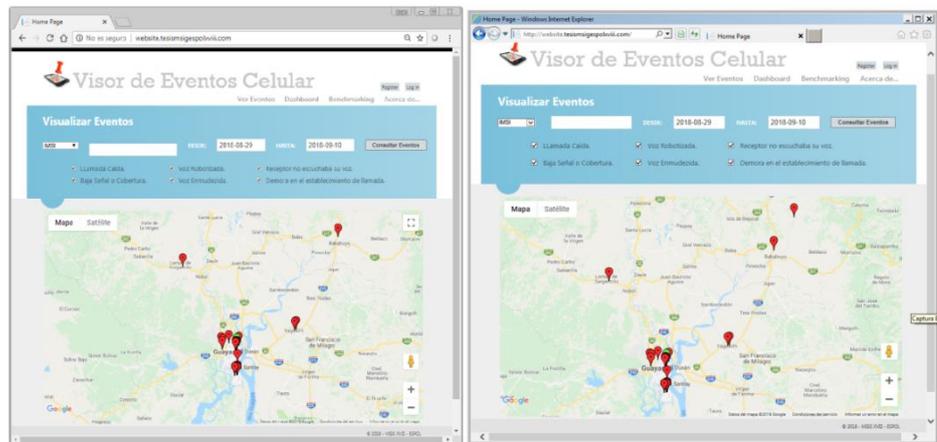


Figura 5.5: Pruebas de interoperabilidad del sitio web en distintos navegadores web

### 5.2.3 De carga, rendimiento y estrés

Dado que este tipo de prueba busca evaluar el tiempo de respuesta del sistema siendo sometido a una alta carga de usuarios y/o transacciones, no se logró realizarla en su totalidad en ambiente de producción debido a la gran cantidad de equipos celulares que se deberían tener para invocar al servicio web simultáneamente. La aplicación fue distribuida masivamente entre varios contactos y personas conocidas; sin embargo, esto no asegura que todos ellos utilicen la aplicación al mismo tiempo. Lo que se logró en ambiente de testing fue por medio de Multithreading, creando progresivamente procesos o hilos los cuales invocaban al servicio web e insertaban los datos en la base sin observar problemas en el tiempo de respuesta.

Revisando en la documentación y en las especificaciones del Hosting donde se tiene cargado el servicio web, la base de datos y el sitio web, se indica que el número de conexiones concurrentes soportadas por cada sitio web son ilimitadas para el plan contratado .NET Advance. Donde sí existe limitante es en el tamaño de disco asignado a la base de datos alojada; en donde para el plan contratado es de 3 GB, sin embargo, con 100 registros ingresados la base de datos se encuentra en un 0.01% de su capacidad.

The screenshot shows the SmarterASP.NET website with a navigation menu and a table titled "Windows 2016 / 2012 Hosting Features". The table compares features across four plans: 60 DAYS Trial, .NET BASIC, .NET ADVANCE, and .NET PREMIUM. The last row, "# Of Concurrent Connections", shows 200 for the trial and basic plans, and Unlimited for the advance and premium plans.

ASP.NET HOSTING PLAN	SEMI DEDICATED ASP.NET	LINUX PLAN	VPS	RESELLER PLANS
<b>Windows 2016 / 2012 Hosting Features</b>				
	60 DAYS Trial	.NET BASIC	.NET ADVANCE	.NET PREMIUM
IIS 10.X, IIS 8.X Manager Remote Access Allowed	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Remote Delegation Supported, <b>Web Deploy</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Visual Studio 2017/2015/2013/2012/2010 Support	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
WebMatrix Support	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Full Trust And Medium Trust Supported</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Switch Between Integrated And Classic Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>URL Rewrite Module 2</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Isolated Application Pool</b>	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Run Multiple .NET & PHP Versions ASP.NET 2.0 - 4.7 PHP 5.2 - 7.X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Schedule Tasks / Cron Jobs	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>
# Of Concurrent Connections	200	200	Unlimited	

Figura 5.6: Número de conexiones concurrentes del Servicio y Sitio Web

#### **5.2.4 De usabilidad**

Durante este tipo de prueba, se observó que tanto el uso del aplicativo móvil y del sitio web es bastante intuitivo y sencillo. Entre los comentarios obtenidos por las personas que usaron el aplicativo móvil fue al momento de realizar la instalación del mismo, ya que esta requiere y solicita dos tipos de permisos a los usuarios, permisos de geolocalización y permisos de acceso a las llamadas telefónicas. Algunas personas por temor a la invasión de su privacidad optaron por no instalar el aplicativo en primera instancia, sin embargo, se les explicó que la aplicación no accedía a información personal como fotos o documentos, y de esta forma se logró la aceptación y el uso de la misma.

#### **5.2.5 De portabilidad**

Para este tipo de prueba se obtuvieron dos resultados: a nivel de aplicativo móvil la prueba de portabilidad es negativa debido a que la aplicación solo funciona bajo sistema operativo Android desde las versiones 6.0 en adelante [11]. A nivel de sitio web las pruebas de portabilidad se consideran exitosas ya que el sitio web puede ser usado en cualquier navegador y bajo cualquier sistema operativo. Incluso en navegadores que funcionan en dispositivos móviles.

## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **6.1 Análisis del indicador de los principales tipos de eventos de fallas**

Con este indicador queremos obtener una clasificación de los diferentes posibles eventos de fallas que se reportan en la red de un operador celular a fin de evaluar los más representativos y de mayor ocurrencia, esperando que los mismos mantengan relación con aquellos que han sido revisados en los capítulos 3.1 y 3.2.

Una vez se tenga identificado los tipos de eventos de fallas presentados a través de este indicador se podrá analizar las causas que pudieran estar incidiendo en la ocurrencia de estos casos.

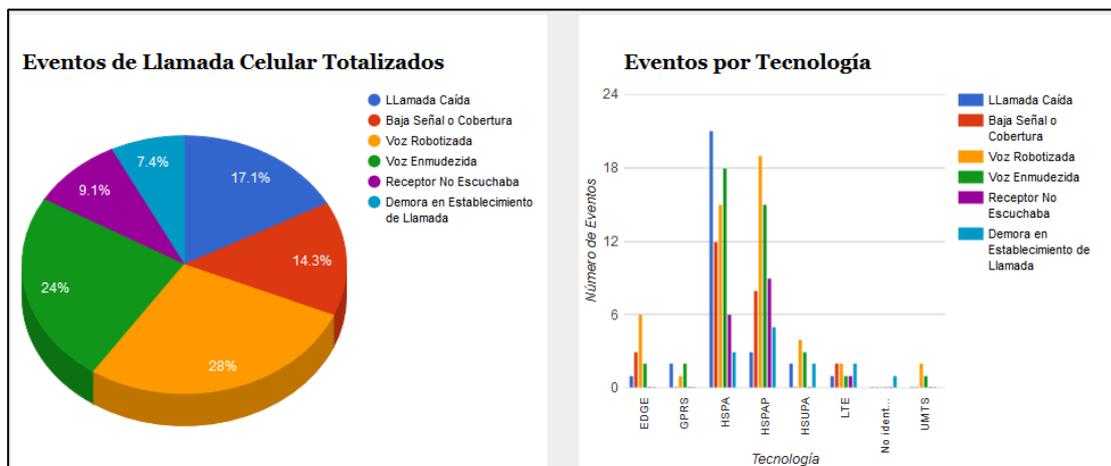


Figura 6.1: Eventos de tipos de fallas identificados con la APP

Como se puede apreciar en la figura 6.1, hemos obtenido varias muestras de llamadas en su mayoría dentro de la provincia del Guayas que han sido registradas en la base de datos de nuestra aplicación, y con las cuales hemos generado unas gráficas donde se demuestran los eventos que han tenido mayor ocurrencia en las redes celulares de los operadores móviles del mercado ecuatoriano. Así podemos apreciar que al igual que la encuesta realizada al principio de nuestro proyecto, existe mucha coherencia con lo obtenido y reportado por los usuarios a través de nuestra aplicación móvil, ya que siguen teniendo un mayor porcentaje la mala calidad (voz robotizada, voz enmudecida, etc.), la baja señal o cobertura y las caídas de llamadas. Con relación a lo indicado anteriormente se logra identificar que el número de casos de fallas se han presentado en 3G (HSPA) y 3.5G (HSPAP), lo cual demuestra la gran penetración de terminales o dispositivos que soportan estas tecnologías.

## 6.2 Análisis de indicador de cantidad de eventos de fallas por tipo de objeto o causa

En consecuencia, con el punto anterior se mantendrá estadísticamente una cuantificación de los eventos de fallas reportados por nuestra aplicación instalada en el dispositivo móvil, esto nos permitirá mantener una valoración de cada uno de los diferentes tipos de causas que estarían asociadas a los eventos de fallas.

CANTIDAD DE LLAMADAS	EVENTOS DE FALLAS					
	Llamada Caída	Baja Cobertura	Voz Robotizada	Voz Enmudecida	Receptor No Escuchaba	Demora en establecimiento
LLAMADA 1				X		
LLAMADA 2						X
LLAMADA 3	X					
LLAMADA 4	X			X		
LLAMADA 5				X		
LLAMADA 6		X				
LLAMADA 7						X
LLAMADA 8			X			
LLAMADA 9				X		
LLAMADA 10						X
LLAMADA 11						X
LLAMADA 12		X				
LLAMADA 13			X			
LLAMADA 14			X			
LLAMADA 15					X	
LLAMADA 16		X				
LLAMADA 17			X			
LLAMADA 18						X
LLAMADA 19		X				
LLAMADA 20				X		
LLAMADA 21	X					
LLAMADA 22		X				
LLAMADA 23			X			
LLAMADA 24				X	X	
LLAMADA 25			X			

Tabla 6.1: Tabulación de eventos de fallas

CANTIDAD DE LLAMADAS	TIPOS DE OBJETOS O CAUSAS						RIL
	Mala Calidad	Interferencia	Mala Señal	Sin Servicio	Sin Adyacencias	Evento Fortuito	
LLAMADA 1	X						
LLAMADA 2	X						
LLAMADA 3	X						
LLAMADA 4	X						
LLAMADA 5	X						GsmConnection: onDisconnect: cause=3;
LLAMADA 6			X	X			
LLAMADA 7	X		X				
LLAMADA 8	X		X				
LLAMADA 9	X						
LLAMADA 10			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 11			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 12	X		X				
LLAMADA 13	X		X				
LLAMADA 14			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 15	X		X				
LLAMADA 16			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 17			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 18			X	X			Zona de baja cobertura
LLAMADA 19			X				
LLAMADA 20	X						
LLAMADA 21	X		X				
LLAMADA 22			X				Zona de baja cobertura
LLAMADA 23			X	X			Zona de baja cobertura
LLAMADA 24			X	X			Zona de baja cobertura
LLAMADA 25			X	X			Zona de baja cobertura

Tabla 6.2: Tabulación de objetos o causas de fallas

	Mala Calidad	Interferencia	Mala Señal	Sin Servicio	Sin Adyacencias	Evento Fortuito
Llamada Caida	3					
Baja Cobertura			5			
Voz Robotizada	2		4			
Voz Enmudecida	5		1	1		
Receptor No Escuchaba	1		1	1		
Demora en establecimiento	1		4			

Tabla 6.3: Tabla de correlación entre eventos y causas de fallas

En base a lo mostrado en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3, hicimos un ejercicio con una muestra de 25 registros de llamadas, con las cuales realizamos una tabulación de los eventos y causas asociadas según las mediciones y mensajería obtenidas a través de la aplicación móvil, para encontrar la correlación que existe en los datos y a la vez determinar cuáles son las de mayor ocurrencia.

LLAMADAS	VARIABLES		PROMEDIO
	EVENTOS	CAUSAS	
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	2	1	1,5
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	2	2	2
25	1	1	1

Tabla 6.4: Tabulación de eventos y causas de fallas por llamada

En la tabla 6.4 hemos colocado la cantidad de eventos y causas relacionadas por cada llamada generada y que reportó alguna falla con la

APP de la encuesta de calidad de la llamada, con estos datos vamos a calcular el factor de correlación de Pearson entre las variables tabuladas [8].

Aplicando la fórmula con los valores de la tabla 6.4:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Obtenemos el siguiente resultado:

<b>FACTOR DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLE DE EVENTOS Y CAUSAS DE FALLAS=</b>	<b>0,891</b>
---	--------------

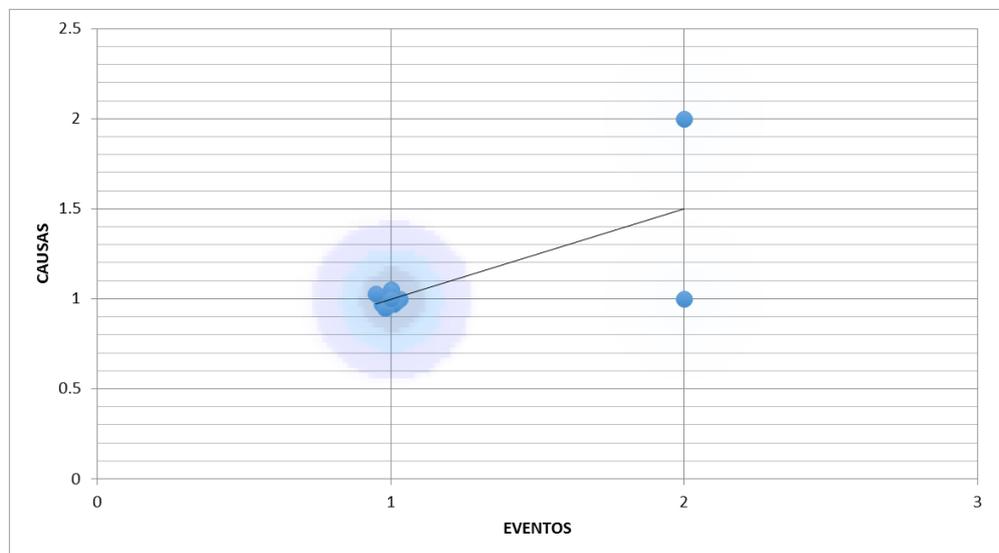


Figura 6.2: Correlación entre Causas y Eventos de Fallas

Según el resultado obtenido y la gráfica presentada podemos darnos cuenta de que el grado de correlación entre las variables utilizadas es positiva, con lo cual demostramos que existe una dependencia entre ellas [8].

### **6.3 Análisis de indicador de eventos de fallas incidentales**

Con el análisis de este indicador se pretende evaluar las zonas geográficas en las cuales se está presentando con mayor frecuencia la afectación del servicio móvil por causa de algún evento repetitivo de falla.

En la figura 6.3 observaremos sobre un mapa la selección de casos reportados que se encuentran relacionados con la caída de llamadas y baja señal o cobertura, de esta manera podemos identificar de manera visual si los problemas reportados por los usuarios móviles corresponden a un evento esporádico o en su defecto se trata de un inconveniente en la red celular que está ocasionando eventos masivos.

Para constatar lo dicho anteriormente nos trasladamos a sectores de la ciudad de Guayaquil donde hemos detectado que existen problemas en la comunicación con el servicio de voz, lo cual pudimos constatarlo realizando varias llamadas hasta lograr reproducir algún evento de falla en las mismas,

tal como se puede ver reflejado en ubicaciones cercanas a Lomas de Urdesa y centro comercial San Marino.

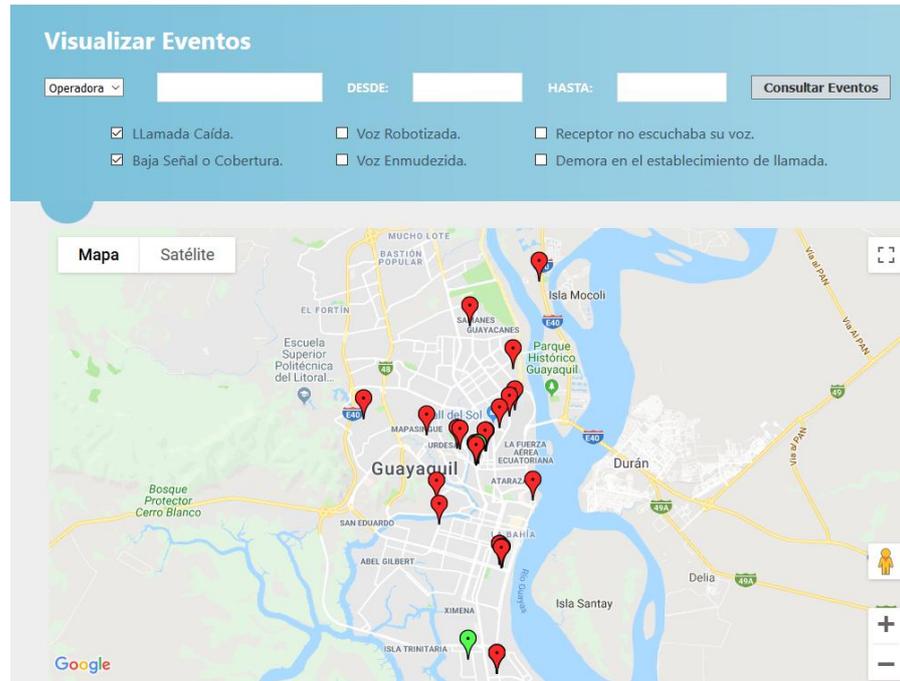


Figura 6.3: Eventos de fallas identificados en visor de aplicación web

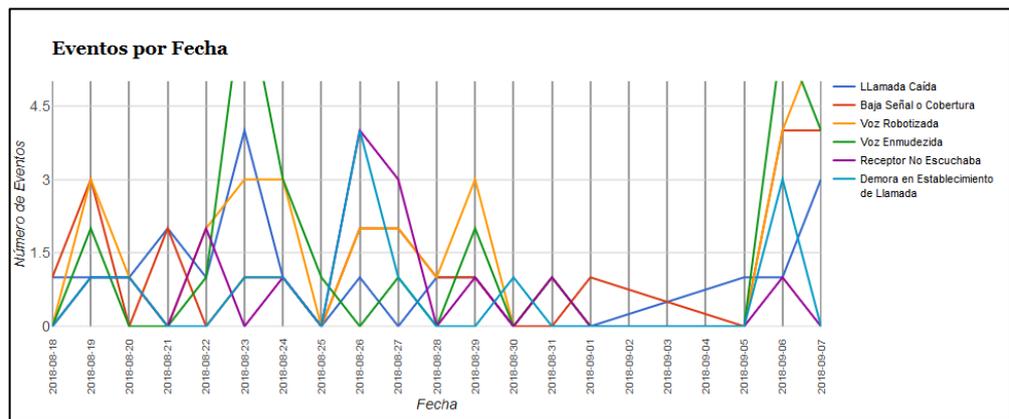


Figura 6.4: Gráfica de eventos de fallas incidentales por fecha

Complementando lo mencionado en los párrafos anteriores la figura 6.3 nos ayudará a tener una mejor idea del comportamiento de la red celular basado en el reporte de eventos de fallas, en el caso de existir una situación anormal nos podemos apoyar en el visor para realizar una inspección sobre el mapa filtrando aquellos indicadores que han tenido un mayor incremento en los últimos días.

#### **6.4 Análisis de indicador de origen de eventos de fallas**

En secuencia con el punto anterior, este indicador procurará conocer la ubicación en la que se originó el evento de falla y en la medida de lo posible las condiciones de radio frecuencia en la que se encontraba el dispositivo móvil al momento de ser registrado en la aplicación. De esta manera tendremos mayores elementos de análisis para orientar mejor la búsqueda de la causa y la solución de la misma, para aquello podemos generar una gráfica que nos muestre la ubicación con coordenadas donde se han venido produciendo continuamente inconvenientes con el SMA en la red celular, tal como se observa en la figura 6.4.

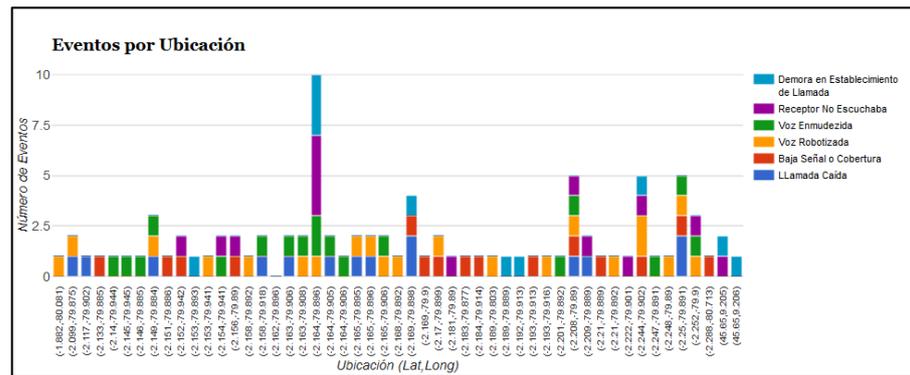


Figura 6.5: Gráfica de eventos de fallas incidentales por ubicación

Esta gráfica nos permitirá identificar las zonas donde se están generando mayores reportes de eventos de fallas por parte de los usuarios móviles.

## 6.5 Análisis de efectividad de la herramienta

La efectividad de la herramienta la podremos medir basados en la comparación de los eventos registrados en la misma contra los indicadores del sistema de monitoreo de calidad de la red del operador celular, esto nos permitirá tener una aproximación de los problemas que pudieran estar teniendo los usuarios móviles en una ubicación en particular.

Otra manera de evaluar la efectividad de la herramienta es a través de pruebas de campo, para lo cual se deberá utilizar un sistema que permita reproducir el evento reportado por la aplicación móvil, esto no siempre es

posible por cuanto existen muchos factores que deben considerarse para tener las mismas condiciones en las que se pudo haber producido la falla.

Así mismo, la efectividad de la herramienta será medida basada en la comprobación de la integración de la información que se reporten desde la aplicación móvil hacia la base de datos alojados en el servidor, esto nos permitirá conocer si todos los registros se encuentran completos y corresponden a los recolectados en el dispositivo móvil.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

En base a la experiencia y conocimientos adquiridos durante el desarrollo e implementación de nuestro trabajo de titulación, hemos considerado oportuno presentar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Un factor importante para la obtención de datos y que es fundamental para la identificación y análisis de las fallas en los servicios ofrecidos a través de las redes celulares, es la participación e involucramiento de los usuarios móviles a través de nuestra APP basado en la técnica del “*Crowdsensing*”, para lo cual necesitamos que la precepción del usuario sea lo más acertada posible al momento de seleccionar las opciones de la encuesta de calidad.

2. El uso de aplicaciones móviles permite llegar a un mayor grupo de personas explotando la utilización de dispositivos celulares, a través de los cuales logramos cubrir varias zonas geográficas de forma más rápida ahorrando recursos económicos, técnicos y humanos a la empresa que ofrece el servicio, y lo más importante, actuar de manera dinámica y eficiente en la resolución de casos reportados por los clientes.
  
3. La automatización de los procesos para la atención de casos de fallas reportados por clientes, ha permitido que la optimización del tiempo sea significativa para la recepción, recolección y revisión de la información relacionada con los eventos y causas que originaron los inconvenientes experimentados por los usuarios móviles, de tal forma que una vez realizada la cuantificación de las actividades de las etapas antes mencionadas, se obtuvo en total un ahorro de tiempo equivalente al 63% tal como se evidencia en los valores de las tablas comparativas presentadas en el capítulo 3.3.
  
4. La programación de aplicaciones en sistemas Android que utilizan la clase Telephony Manager y sus funciones para obtener mediciones del sistema de radio en los dispositivos celulares, varían dependiendo de la versión, el fabricante y el tipo de procesador incorporado, razón por la cual se hace más complejo el desarrollo y validación de la

información generada en la capa física y que es entregada a los servicios de Android a través del RIL.

## **Recomendaciones**

En los siguientes párrafos vamos a enfocarnos en algunos puntos que nos permitirán tener una APP con mayores fortalezas para la gestión y solución de eventos de fallas:

1. Brindar la posibilidad de que las mediciones y mensajería recolectada durante la llamada pueda ser enviada cuando el usuario desee y no apenas finalice ésta; de tal forma que, si el dispositivo móvil pierde conexión a internet la información pueda ser enviada cuando éste vuelva.
2. Lograr que la información obtenida con la aplicación móvil pueda discernir y asociar de manera óptima las mediciones y mensajería generadas por el dispositivo, de tal forma que podamos contar con un mayor criterio de análisis de los eventos y causas que originaron las fallas en el servicio celular.

3. En relación con el punto anterior, debería ir de la mano la mejora o actualización de la aplicación web, de tal forma que el ingeniero responsable de revisar los casos reportados pueda tener mayores argumentos para llegar de manera más rápida y precisa al origen del problema y por ende proponer una solución efectiva.
  
4. Permitir que el usuario pueda realizar una evaluación no solo del servicio de voz, sino también pueda evaluar el servicio de datos; ya que hoy en el futuro se proyecta que la mayoría de las llamadas de voz se las realicen sobre Internet (VoIP).
  
5. Para prevenir algún posible ataque o afectación con el uso de las aplicaciones desarrolladas, se deberá implementar el uso de técnicas de codificación segura y aplicar un análisis de vulnerabilidades, para garantizar la seguridad de las aplicaciones y la integridad del código.
  
6. Impulsar y promover a través de alguno de los operadores celulares el interés del uso de esta herramienta, a fin de que se pueda explotar sus beneficios y recibir la retroalimentación de las partes involucradas para fomentar una mejora continua de la calidad del servicio móvil avanzado.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Holma, Harri and Toskala, Antti, WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications, John Wiley & Sons Ltd 3<sup>rd</sup> Edition, England 2004

[2] RCR Wireless News, «LTE MMEA Core Connector for LTE,» [En línea]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20140509/diameter-signaling-controller-dsc/lte-mme-epc> [Último acceso: 07 septiembre 2018].

[3] Arcotel, «BOLETÍN ESTADÍSTICO UNIFICADO 2017,» [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp.content/uploads/2015/01/BOLETIN.ESTAD%C3%8DSTICO.UNIFICADO.JUNIO.2017v3.pdf> [Último acceso: 28 Agosto 2018].

[4] INEC, «Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) 2016,» [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas\_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion\_Tics\_2016.pdf

[Último acceso: 15 agosto 2018].

[5] A. J. Singh and Akshay Bhardwaj, Android Internals and Telephony, India 2014

[6] Meier, Reto, Professional Android™ 4 Application Development, John Wiley & Sons Ltd., USA 2004

[7] Holma, H. and Toskala, A., WCDMA FOR UMTS HSPA Evolution and LTE, John Wiley & Sons Ltd., 5<sup>th</sup> Edition, UK 2010

[8] Rodríguez, L., A., Probabilidad y Estadística Básica para Ingenieros, ESPOL, 2007

[9] LTE University, LTE RAN TROUBLESHOOTING WORKSHOP FOR UMTS OPERATORS, Award Solutions, 2014

[10] OMG (Object Management Group), «BPMN Specification - Business Process Model and Notation,» [En línea]. Available: <http://www.bpmn.org/>, [Último acceso: 10 Julio 2018].

[11] Developers Android, «Android Telephony,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/reference/android/telephony/NeighboringCellInfo>, [Último acceso: 4 Junio 2018].