



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA MÓVIL CELULAR 3G Y
3.5G A TRAVÉS DEL USO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA MOBILE
CROWDSOURCING APLICADO EN LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ**

AUTOR: ZAMBRANO BAYAS, VÍCTOR ALFONSO

DIRECTOR: ING. TRIVIÑO CEPEDA, ROBERTO DANIEL

SANGOLQUÍ

2019

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES****CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES****CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA MÓVIL CELULAR 3G Y 3.5G A TRAVÉS DEL USO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA MOBILE CROWDSOURCING APLICADO EN LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ”** fue realizado por el señor **Zambrano Bayas, Víctor Alfonso** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de Julio de 2019



Ing. Roberto Daniel Triviño Cepeda**DIRECTOR**

CI: 1712197522

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES****CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Zambrano Bayas, Víctor Alfonso**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA MÓVIL CELULAR 3G Y 3.5G A TRAVÉS DEL USO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA MOBILE CROWDSOURCING APLICADO EN LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 10 de Julio de 2019

Víctor Alfonso Zambrano Bayas

CI: 1723760722

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Zambrano Bayas, Víctor Alfonso**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA MÓVIL CELULAR 3G Y 3.5G A TRAVÉS DEL USO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA MOBILE CROWDSOURCING APLICADO EN LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 10 de Julio de 2019

Víctor Alfonso Zambrano Bayas

CI: 1723760722

DEDICATORIA

“Para alcanzar un objetivo es necesario elevar tu frecuencia y vibración; esto hará que el universo conspire a tu favor para que se cumpla”

Esta tesis se la dedico:

A mis padres Jorge y Anita quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, amor y guía para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Dennis, Paul, Jorge y Daisy que han sido un apoyo fundamental para cumplir objetivos, siendo siempre un impulso y aliento para seguir adelante.

Víctor Z.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos, su esfuerzo y sacrificio que permitió que logre culminar con mi carrera profesional.

A mis hermanos que siempre han creído en mí y han estado presentes en todos los momentos que he necesitado ayuda.

A todos mis amigos quienes me ayudaron de manera desinteresada y de buena voluntad a lo largo de mi carrera universitaria.

A la empresa de Soluciones, Soporte y Servicios S3T-TELQUALITY S.A. por haberme dado la oportunidad de trabajar tanto en campo como en análisis, donde con la experiencia adquirida pude desarrollar la idea y posteriormente implementarla en el presente proyecto de investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, especialmente a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda desarrollarme profesionalmente.

Finalmente quiero expresar de manera muy especial mi agradecimiento al Ing. Daniel Triviño, quien con su dirección, conocimiento y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Víctor Z.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e Importancia.....	3
1.3 Alcance del Proyecto.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	7

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Redes de Telecomunicaciones.....	8
2.2 Red Telefónica	8
2.2.1 Redes de Telefonía Fija	8
2.2.2 Redes de Telefonía Móvil.....	9
2.3 Evolución de las Redes de Telefonía Móvil.....	10
2.3.1 Primera Generación	11
2.3.2 Segunda Generación.....	11
2.3.3 Tercera Generación.....	12
2.3.4 Cuarta Generación	14
2.3.5 Cuadro Comparativo.....	15
2.4 Arquitectura Básica de una Red Celular UMTS	16
2.5 Parámetros de Desempeño	20
2.5.1 CPICH	20
2.5.2 Primary Scrambling Code (PSC).....	20
2.5.3 UARFCN	21
2.5.4 RSCP	21
2.6 Dispositivos Móviles.....	24
2.6.1 Tipos de dispositivos móviles.....	25

2.6.2	Tipos de Smartphones	26
2.7	Sistema Operativo Móvil	27
2.7.1	Android	29
2.7.2	Interfaz de Programación de Aplicaciones (API).....	30
2.7.3	Aplicaciones Móviles	31
2.7.4	Componentes de una Aplicación Móvil	31
2.8	Multitarea	35
2.9	Sensores de Dispositivos Móviles	36
2.10	GPS.....	37
2.11	A-GPS	38
2.12	Ubicación	39
2.13	Crowdsourcing	41
2.13.1	Sistema Mobile Crowdsourcing (MCS)	41
2.13.2	Arquitectura de un sistema MCS.....	41
2.13.3	Tipos de sistema MCS	42
2.13.4	Clasificación de un sistema MCS	43
2.13.5	Ejemplos de aplicaciones para sistemas MCS.....	44
2.13.6	Ventajas y desventajas de un sistema Mobile Crowdsourcing (MCS).....	45
2.14	Servicios Web	46

2.14.1	Arquitectura Cliente-Servidor	47
2.15	Componentes para el desarrollo Front-End.....	47
2.16	Componentes para el desarrollo Back-End	49
2.17	API de Google Maps	52
2.18	Mapa de Calor	53
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA		54
3.1	Descripción.....	54
3.2	Descripción de Hardware	54
3.2.1	Requerimientos de Hardware	55
3.3	Descripción de Software	56
3.3.1	Requerimientos de Software.....	56
3.3.2	Aplicación Móvil.....	58
3.3.2.1	Nivel API.....	58
3.3.2.2	Interfaz Gráfica.....	59
3.3.3	Aplicación Web	69
3.3.3.1	Front-End.....	69
3.3.3.2	Back-End	74
3.4	Implementación del sistema.....	75
3.4.1	Arquitectura	75

3.4.2	Estructura de la Aplicación Móvil.....	77
3.4.3	Compilación y Despliegue de la Aplicación Móvil.....	81
3.4.4	Estructura de la Base de Datos	82
3.4.5	Funcionamiento de los Scripts PHP	84
3.4.6	Estructura de Envío y Recepción de Datos.....	88
CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS		90
4.1	Definición de Protocolo de pruebas	90
4.2	Pruebas del Sistema.....	96
4.2.1	Determinar el número de participantes.....	96
4.2.2	Determinar el tiempo del primer cambio de ubicación para la adquisición y envío del primer dato	98
4.2.3	Análisis de Envío de Información (Teléfono Inteligente- Servidor) con Wireshark.....	103
4.2.4	Verificar el avance de la identificación de cobertura 3G y 3.5G para cada operadora móvil celular en Sangolquí.....	108
4.2.5	Determinar la confiabilidad del sistema de medición comparado con un equipo profesional TEMS Pocket	115
4.2.6	Estimar la ubicación de Radiobases conforme el nivel de RSCP identificado en el sistema Mobile Crowdsourcing.....	127
4.3	Resultados Obtenidos.....	135
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		144

5.1 Conclusiones144

5.2 Recomendaciones.....147

5.3 Trabajos Futuros.....148

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cuadro comparativo de redes móviles hasta 4G</i>	15
Tabla 2 <i>Interpretación de valores RSCP</i>	24
Tabla 3 <i>Interpretación de valores RSCP en un equipo TEMS POCKET</i>	24
Tabla 4 <i>Dispositivos móviles más importantes en la actualidad</i>	25
Tabla 5 <i>Tipos de Smartphones</i>	26
Tabla 6 <i>Versiones de Android</i>	29
Tabla 7 <i>Tipos de aplicaciones móviles</i>	31
Tabla 8 <i>Métodos Callback</i>	33
Tabla 9 <i>Métodos AsyncTask</i>	36
Tabla 10 <i>Sensores presentes en los dispositivos móviles</i>	36
Tabla 11 <i>Métodos LocationListener</i>	39
Tabla 12 <i>Grados Decimales</i>	40
Tabla 13 <i>Ejemplos de Aplicaciones MCS</i>	45
Tabla 14 <i>Tipos de métodos HTTP</i>	51
Tabla 15 <i>Tipos de mapas</i>	52
Tabla 16 <i>Requisitos de Hardware</i>	55
Tabla 17 <i>Características del Plan Plus</i>	55
Tabla 18 <i>Niveles API</i>	59
Tabla 19 <i>Métodos y clases para medir la cobertura</i>	62
Tabla 20 <i>UARFCN</i>	64
Tabla 21 <i>MCC YMNC</i>	66
Tabla 22 <i>Índice de Páginas Web</i>	71

Tabla 23 <i>Índice de Actividades</i>	77
Tabla 24 <i>Tipos de atributos</i>	82
Tabla 25 <i>Número de usuarios y datos enviados</i>	96
Tabla 26 <i>Tiempo requerido para el envío de datos del proveedor GPS_PROVIDER</i>	101
Tabla 27 <i>Tiempo requerido para el envío de datos del proveedor NETWORK_PROVIDER</i> ...	101
Tabla 28 <i>Número de registros para cada operadora móvil celular</i>	109
Tabla 29 <i>Motorola G6 Play</i>	115
Tabla 30 <i>Samsung Galaxy S7 SM-G930F</i>	116
Tabla 31 <i>Mediciones del primer recorrido</i>	117
Tabla 32 <i>Mediciones del segundo recorrido</i>	123
Tabla 33 <i>Recuento de marcas</i>	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Agrupación de varias celdas en una Ciudad	9
Figura 2	Comparación de diferentes tecnologías	10
Figura 3	Aumento de velocidad con HSPA	14
Figura 4	Tasa estimada de velocidad desde 3G hasta 4G LTE-A.....	15
Figura 5	Bloques de una PLMN.....	17
Figura 6	Elementos de red en una PLMN	17
Figura 7	Intensidad de señal en un teléfono	22
Figura 8	Posición de Antenas para un teléfono Samsung Galaxy S7	23
Figura 9	Estadística de sistemas operativos móviles a nivel mundial	28
Figura 10	Estadística de sistemas operativos móviles en Ecuador.	28
Figura 11	Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)	30
Figura 12	Ciclo de vida de una actividad.....	32
Figura 13	Tipos de Views	34
Figura 14	Hilo secundario	35
Figura 15	Constelación de 24 Satélites	37
Figura 16	Sistema A-GPS	38
Figura 17	Estructura general de un sistema Mobile Crowdsensing	42
Figura 18	Clasificación de aplicaciones para un MCS	43
Figura 19	Modelo Cliente-Servidor	47
Figura 20	Intercambio de datos con protocolo HTTP.....	51
Figura 21	Mapa de calor para la cobertura celular.....	53

Figura 22 Escenario para el sistema MCS	54
Figura 23 Boceto de la aplicación móvil.....	60
Figura 24 Código de validación de usuarios de la empresa	61
Figura 25 Código de validación de usuarios de la empresa	61
Figura 26 Código para medir la cobertura	62
Figura 27 Código para iniciar GPS y realizar la actualización.	63
Figura 28 Leyenda de RSCP	65
Figura 29 . Estructura de la cadena de texto	66
Figura 30 Código para validar operador y enviar datos.	67
Figura 31 Código del menú desplegable.....	68
Figura 32 Código del menú desplegable.....	69
Figura 33 Página web de la empresa.....	70
Figura 34 Diagrama de flujo de Páginas Web.....	71
Figura 35 Página “Medición de cobertura”.....	72
Figura 36 Página “Operador 1”.....	73
Figura 37 Página “Miembro 1”	74
Figura 38 Arquitectura para el sistema MCS	75
Figura 39 Mapa de Cobertura implementado en la interfaz web.	76
Figura 40 Diagrama de Flujo de la actividad Registro de Participantes	78
Figura 41 Diagrama de Flujo de la actividad Medición de Cobertura	79
Figura 42 Diagrama de Flujo de la actividad Instrucciones.....	80
Figura 43 Diagrama de Flujo de la actividad Información	80
Figura 44 Diagrama de Flujo de la actividad Visualizar.....	81

Figura 45 Tablas de Almacenamiento.....	82
Figura 46 Tablas de las Operadoras.....	83
Figura 47 Tipos de Datos.....	83
Figura 48 Script Conexion.....	84
Figura 49 Script Registro.....	85
Figura 50 Script GeneradorXML.....	85
Figura 51 Matriz XML.....	86
Figura 52 Funcionamiento de scripts PHP.....	86
Figura 53 Exportar datos formato CSV.....	87
Figura 54 Scripts PHP.....	87
Figura 55 Estructura de Envío y Recepción de Datos.....	88
Figura 56 Diagrama de Flujo para graficar mapas de cobertura.....	89
Figura 57 Código ingresado en la consola SQL.....	96
Figura 58 Datos enviados por participante.....	98
Figura 59 Herramienta para medir la distancia entre dos puntos GPS.....	100
Figura 60 Comparación de tiempos para la primera lectura de cambio de coordenadas.....	103
Figura 61 Paquetes capturados por medio de Wireshark con el teléfono en movimiento.....	104
Figura 62 Paquetes capturados por medio de Wireshark con el teléfono sin movimiento.....	105
Figura 63 Registros de la medición con el teléfono inteligente en movimiento.....	106
Figura 64 Paquetes capturados con el teléfono inteligente en movimiento.....	107
Figura 65 Paquetes capturados con el teléfono inteligente sin movimiento.....	107
Figura 66 Flujo de paquetes.....	108
Figura 67 Registro gráfico para la operadora MOVISTAR.....	110

Figura 68 Registro gráfico de operadora CLARO	111
Figura 69 Registro gráfico para la operadora CNT	112
Figura 70 Comparación en las tres operadoras	113
Figura 71 Tráfico generado por los participantes del sistema MCS	114
Figura 72 Recorrido definido para la Ruta 1	117
Figura 73 Identificación de la cobertura en la Ruta 1	119
Figura 74 Consumo de batería en el primer recorrido	121
Figura 75 Porcentaje de consumo de batería en el primer recorrido.....	121
Figura 76 Recorrido definido para la Ruta 2.....	122
Figura 77 Identificación de la cobertura en la Ruta 2	124
Figura 78 Consumo de batería en el segundo recorrido.....	126
Figura 79 Consumo de batería en el segundo recorrido.....	126
Figura 80 Radiobases presentes en Sangolquí	128
Figura 81 Mapa de calor con Radiobases 3G y 3.5G.....	129
Figura 82 Interferencia generada para la Radiobase ESPE.....	130
Figura 83 Perfil de terreno para la propagación de la Radiobase.....	130
Figura 84 Interferencia generada para la Radiobase SELVA_ALEGRE_RUMINAHUI	131
Figura 85 Perfil de terreno para la propagación de la Radiobase.....	131
Figura 86 Base de datos descargada para la operadora MOVISTAR	132
Figura 87 Frecuencias utilizadas en las tres operadoras móviles.....	134
Figura 88 Actividad de Registro	135
Figura 89 Actividad principal	136
Figura 90 Menú desplegable	137

Figura 91 Actividad Información.....	138
Figura 92 Actividad Instrucciones	138
Figura 93 Actividad Visualizar	139
Figura 94 Página “Medición de Cobertura”.....	140
Figura 95 Mapa de Cobertura	141
Figura 96 Mapa de calor	142
Figura 97 Base de datos descargada para la operadora MOVISTAR	143

RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en el diseño e implementación de un prototipo de sistema de identificación de la cobertura móvil celular 3G y 3.5G para la empresa S3T-TELQUALITY. La identificación se lleva a cabo por medio de la recolección de datos de ciertos parámetros y un sistema Mobile Crowdsourcing que utiliza la colaboración masiva de personas con teléfonos inteligentes para hacer la medición en exteriores y el envío de datos de forma móvil hacia la nube. Para cumplir con este propósito, se desarrolló una aplicación para el sistema operativo Android que permite realizar la medición en tiempo real de los parámetros del servicio de telefonía móvil celular: intensidad de señal (RSCP), estación servidora (SC), frecuencia portadora (UARFCN), código del país (MCC), código de la operadora (MNC), ubicación GPS (Latitud y Longitud) y enviarlos a un servidor en la nube donde se almacena la información recolectada en una base de datos, aspecto que posteriormente es utilizado y permite graficar los datos de la medición en forma de marcadores de diferentes colores sobre un mapa de Google Maps. Los mapas de cobertura obtenidos de la ciudad de Sangolquí están disponibles para su consulta en la página web de la empresa, donde cualquier usuario con la aplicación móvil o desarrollador mediante un navegador web puede ingresar y obtener el mapa de cobertura celular y de calor.

PALABRAS CLAVE:

- **RSCP**
- **MOBILE CROWDSOURCING**
- **UMTS**
- **GPS**

ABSTRACT

The present research project consists in the design and implementation of a prototype identification system of the 3G and 3.5G mobile cellular coverage for the company S3T-TELQUALITY. The identification is enhanced by the data collection of certain parameters and a Mobile Crowdsourcing system that uses the massive collaboration of people using smartphones in order to perform the measurement in the outside environment and sends the data in a mobile way to the cloud. To fulfill this purpose, an application was developed for the Android OS that allows real-time measurement of cellular mobile phone service parameters, such as: signal strength (RSCP), server station (SC), carrier frequency (UARFCN), country code (MCC), operator code (MNC), GPS location (Latitude and Longitude) and send them to a server in the cloud where the information collected in a database is stored; an aspect that is subsequently used to graph the measurement data in the form of markers of different colors on Google Maps. The coverage maps obtained from the city of Sangolquí are available for consultation on the website of the company, where any user, with the mobile application or developer, through a web browser can enter and obtain the map of cellular coverage and heat.

KEY WORDS:

- **RSCP**
- **MOBILE CROWDSOURCING**
- **UMTS**
- **GPS**

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad con la notable proliferación de dispositivos móviles a nivel mundial y considerando que su uso se ha convertido en una parte inevitable de la vida cotidiana de las personas para comunicarse, informarse o compartir contenido (Kemp, 2019). Según ARCOTEL (2019), en el país existe un crecimiento de alrededor de 16 millones de líneas activas del Servicio Móvil Avanzado (SMA), lo que corresponde al 92% de la población nacional.

Dado que el número de usuarios del Servicio Móvil Avanzado (SMA) cada vez es más grande y el tráfico de internet móvil está creciendo por el uso de redes sociales, servicios en la nube, servicios multimedia o por la gran cantidad de aplicaciones móviles que requieren una conexión a Internet (Kemp, 2019). Existe la necesidad de las operadoras móviles celulares de proporcionar una mayor cobertura en su infraestructura de redes 3G, 3.5G y 4G, para poder brindar mayores velocidades de Internet y una mejor compatibilidad con teléfonos inteligentes. Considerando que para el cuarto trimestre del año 2018 la densidad del servicio de internet móvil alcanzó el 54,88% a nivel nacional (ARCOTEL, 2019).

En el país existen varias empresas dedicadas a brindar servicios de soporte, medición y optimización de la infraestructura móvil celular para las diferentes operadoras móviles celulares. Para ello se realizan varios trabajos y actividades de medición para la cobertura, en el caso de redes 3G y 3.5G se obtienen diferentes parámetros para definir la calidad de servicio como la intensidad de señal (RSCP), la cantidad de energía recibida (E_c/I_o), el número de celda que proporciona el servicio (Scrambling Code), el número de canal de frecuencia de radio

absoluta (UARFCN), Throughput de Uplink y Downlink, entre otros. Estas mediciones ayudan directamente al personal analista de optimización de redes a tomar una decisión sobre el tipo de solución que se debe realizar sobre la infraestructura o si se debe instalar algún tipo de equipo adicional (antenas, repetidores, remotizaciones, etc.) para mejorar la cobertura en zonas donde se presente degradación de la señal, llamadas entre cortadas, mala calidad de voz, etc.

Actualmente existen nuevos mecanismos colaborativos que utilizan nuevas tecnologías para ayudar a realizar diferentes actividades como la medición, diseño, censo, entre otras. De acuerdo con Kenton (2018), el Crowdsourcing es uno de los mecanismos nuevos que implica el cumplimiento de un trabajo grande por medio de la división de pequeñas tareas individuales a un gran grupo de personas, las cuales realizan trabajos para recolectar información por separado. Esta información es enviada y almacenada a través de internet a una plataforma central.

Con el gran desarrollo que se ha dado en los últimos años para los teléfonos inteligentes, cada vez es más grande la lista de sensores que llevan integrados, también se ha aumentado su capacidad de procesamiento, el espacio de almacenamiento, la duración de batería, etc (Pascual, 2018). Existe un nuevo concepto, el cual mezcla el Crowdsourcing con la adquisición de datos por medio del uso de los teléfonos inteligentes. El concepto esta denominado “Mobile Crowdsourcing (MCS)”, con el cual se realiza una colaboración abierta de forma móvil y en tiempo real, usando los teléfonos inteligentes como herramientas de medición y envío de datos (Yufeng, Xueyu, Qun, & Jianhua , 2015).

1.2 Justificación e Importancia

Según la última actualización de usuarios por tecnología móvil proporcionada por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) a marzo del 2019, al momento existe un total de 15'841.541 líneas activas donde 4'339.422 son usuarios de tecnología 3G y 2'292.140 son usuarios de tecnología 3.5G. Lo que indica que el 41.7% del total de líneas activas corresponde a la tecnología de tercera generación (UMTS) en el país, este porcentaje va en aumento considerando que las Radiobases de segunda generación (GSM) están empezando a reemplazarse por Radiobases de tercera generación (UMTS). (ARCOTEL, 2019).

En el Reglamento General de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT), en el artículo 59, se establece que, para el cumplimiento de las obligaciones de los prestadores de servicios, se considerará, entre otras, lo siguiente: “5. Para garantizar la calidad de los servicios de telecomunicaciones, los operadores, incluidos los de radiodifusión por suscripción, deberán implementar todas las acciones técnicas, ya sea a nivel de red de transmisión o de acceso, en elementos físicos o de software, ampliación de red, ampliación de capacidad, gestión de tráfico y cualquier otra para la adecuada administración de la red, lo cual será notificado en los formatos que establezca la ARCOTEL para el efecto.” (ARCOTEL, 2019).

En el país existen empresas dedicadas a realizar trabajos de optimización, medición y planificación para garantizar la calidad y cobertura de la señal en diferentes puntos de interés para las operadoras prestadoras de Servicio Móvil Avanzado (SMA). Estos trabajos son realizados para cumplir con las obligaciones propuestas en la LOT y así evitar futuras sanciones. Sin embargo, por la distancia de las poblaciones, el personal a utilizarse y el costo

de los equipos, la realización de este tipo de trabajos es limitada ya que representa mucho tiempo y un elevado costo.

Por ejemplo, la empresa S3T-TELQUALITY realiza la medición de cobertura móvil celular por medio de diferentes equipos de marcas como TEMS o NEMO. Estos equipos realizan pruebas de Drive Test para medir exteriores (barrios, ciudades, etc.), Walk Test para medir interiores (casas, edificios, etc.), Static Test para encontrar puntos con buenos niveles para la instalación de equipos repetidores, entre otras. Sin embargo, el costo de adquisición de los equipos es muy elevado (alrededor de 30000 USD) y a esto se debe considerar un valor adicional por la adquisición del software dedicado para realizar el procesamiento y exposición de los resultados de las mediciones realizadas (alrededor de 22000 USD). Esta inversión económica genera una gran limitante para los Pymes en telecomunicaciones, ya que el costo de adquisición de Hardware y Software es muy elevado.

Frente a estos antecedentes múltiples empresas, entre ellas la empresa S3T-TELQUALITY tiene la necesidad de desarrollar un sistema de medición alternativo para realizar pruebas en exteriores de bajo costo, que aprovecha el rápido crecimiento tecnológico y desarrollo de los dispositivos móviles, la preferencia por dispositivos con sistema operativo Android en el país, así como su capacidad de procesamiento de datos y la gran apertura al desarrollo de aplicaciones móviles que controlan los sensores.

Así, se pretende diseñar e implementar un sistema rápido, simple, funcional y económico para realizar la medición de cobertura celular, además, utilizando el concepto de sistema Mobile Crowdsourcing (MCS), en otras palabras, el uso de múltiples fuentes móviles de información para censar y recolectar datos. Este sistema se encargará del monitoreo del medio y de la adquisición de los datos de cobertura móvil celular como la intensidad de señal (RSRP),

el número de estación que proporciona el servicio (Scrambling Code), el canal de frecuencia de radio absoluta (UARFCN), parámetros del operador (MNC, MCC) y el geoposicionamiento (LONGITUD Y LATITUD).

El proyecto pretende ser analizado y probado como piloto en la ciudad de Sangolquí, los datos recolectados serán enviados en tiempo real a un servidor de base de datos para ser almacenados y posteriormente los datos podrán ser accesibles en cualquier momento a través de la aplicación Web que será implementada en la página de la empresa auspiciante S3T-TELQUALITY.

Con la información obtenida a partir de las mediciones y la generación de un mapa de cobertura por medio de uso de Google Maps en la aplicación Web, los ingenieros podrán tomar decisiones para optimizar o dar soluciones de cobertura móvil celular en zonas específicas, donde se identifiquen problemas. Adicionalmente con los datos de cobertura se dispondrá del benchmarking para cada operadora del país, el benchmarking es un indicador de calidad que ayudara a realizar análisis comparativo sobre el servicio de cobertura 3G y 3.5G del país (Younus, Fahad, & Khana, 2016).

1.3 Alcance del Proyecto

El proyecto de investigación permite la identificación de la cobertura móvil celular 3G y 3.5G en las redes de las operadoras móviles locales para la empresa S3T-TELQUALITY por medio de una aplicación que usa el sistema Mobile Crowdsourcing.

Para validar la aplicabilidad de un monitoreo por múltiples fuentes se usarán al menos 40 teléfonos inteligentes, que realizarán la medición de la cobertura móvil celular y el envío de

datos obtenidos hacia en servidor de base de datos en la nube para lograr mostrar un mapa de cobertura a través de la Web.

La aplicación móvil dispondrá de un sistema de autenticación de cuentas de usuario para miembros de la empresa y un sistema de registro para participantes. Las variables que se pretenden medir en cada teléfono inteligente son: la intensidad de señal (RSRP), el número de celda que proporciona el servicio (Scrambling Code), el número de canal de frecuencia de radio absoluta (UARFCN), parámetros del operador (MNC, MCC) y el geoposicionamiento (LONGITUD Y LATITUD). El objetivo es poder conseguir en tiempo real la visualización de la cobertura con indicadores que muestren la operadora, la estación que está prestando el servicio y la frecuencia portadora en el trayecto evaluado.

Adicionalmente, el sistema pretende contar con la aplicación Web para la empresa auspiciante donde en un módulo especial se presentará de manera gráfica la información de los datos obtenidos, de forma tal que eligiendo el operador pueda ser visualizada la intensidad de señal, identificada por colores sobre el mapa generado por la aplicación, además se podrá obtener los datos recopilados en un archivo plano para un análisis posterior.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Identificar la cobertura móvil celular 3G y 3.5G usando un sistema Mobile Crowdsourcing con visualización vía una interfaz Web y móvil para la ciudad de Sangolquí.

1.4.2 Específicos

- Desarrollar el Estado del Arte sobre Cobertura de Redes Celulares 3G y 3.5G, Sensores de Smartphone y Crowdsourcing.
- Caracterizar los rangos de cobertura dependiendo la morfología física del lugar.
- Diseñar la aplicación Android para obtener los datos, realizar el procesamiento y posteriormente el envío a la nube.
- Configurar el servidor de la empresa para poder realizar el almacenamiento en la nube.
- Implementar el sistema de monitoreo y medición completo.
- Proponer los protocolos de pruebas del sistema.
- Analizar los resultados y determinar la confiabilidad del sistema.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Redes de Telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones son el conjunto de elementos o medios de transmisión que permiten el intercambio de información de forma analógica o digital, el tipo de transmisión puede ser por medio de señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas (NFON, 2018).

2.2 Red Telefónica

Una Red Telefónica es un tipo de Red de Telecomunicaciones, que es utilizada para realizar llamadas telefónicas o transmitir datos entre dos o más usuarios, poseen infraestructuras formadas con cables o puntos de acceso inalámbricos. Existen dos categorías principales, las cuales están denominadas como redes de telefonía fija y redes de telefonía móvil (Joskowicz, 2015).

2.2.1 Redes de Telefonía Fija

Una Red de Telefonía Fija está encargada de brindar la comunicación de voz o transmisión de datos entre usuarios que se encuentran en diferentes ubicaciones. La infraestructura típica que se utiliza para los canales de comunicación es a través de cables, lo cual limita o no permite una gran movilidad para los usuarios. Inicialmente la transferencia de voz se hacía de forma analógica por medio de la Red Telefónica Básica (RTB), mientras que a partir de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), la transferencia de información de extremo a extremo se llevó a cabo de forma digital (NFON, 2018). Una RDSI puede transportar voz y datos a través de una misma conexión pero no simultáneamente; pudiendo llegar a conseguir velocidades de hasta 128 kbps (IBM, 2014).

Posteriormente apareció la tecnología de red digital ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica), que puede aprovechar el cableado de la RTB para la transmisión simultánea de voz y datos con tasas de velocidad superiores a los 2 Mbps. Actualmente se están implementando conexiones con fibra óptica para la transmisión de datos entre nodos, con lo que se puede brindar servicios de VoIp e Internet de alta velocidad (Morató , 2016).

2.2.2 Redes de Telefonía Móvil

Una Red de Telefonía Móvil está encargada de brindar el servicio de voz y transmisión de datos de forma inalámbrica utilizando ondas electromagnéticas. Este tipo de redes están pensadas para que los usuarios con dispositivos móviles puedan moverse con libertad incluso dentro de un automóvil, garantizando que en la zona cubierta por la red no exista pérdida de la llamada en curso o la conexión de datos establecida.

Su infraestructura está diseñada a partir de una red de “Celdas o Células”, que sirven para brindar cobertura a una determinada a zona geográfica. Cada celda está constituida de un transceptor o estación base ubicado en un punto fijo o en el vértice de un grupo de celdas. Como se muestra en la Figura 1, la agrupación de varias celdas esta denominada como “Cluster o Racimo”.

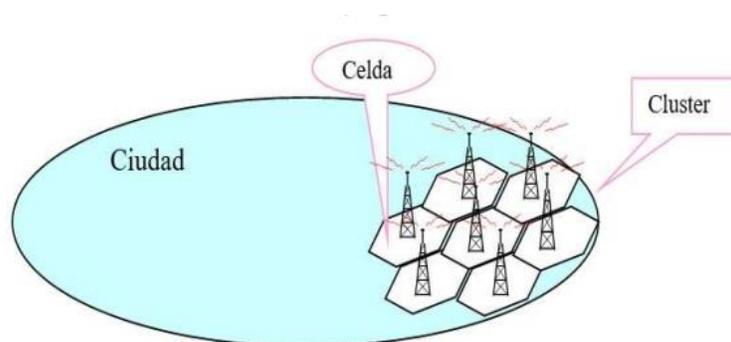


Figura 1 Agrupación de varias celdas en una Ciudad

Fuente: (Pérez, Pinto, Torres, & Pérez, 2017)

En un Cluster se emplea el concepto de reutilización de frecuencia disponibles para poder dar una mayor capacidad al sistema. Sumando todos los Clusters presentes se puede llegar a cubrir una ciudad completa. (Pérez, Pinto, Torres, & Pérez, 2017)

2.3 Evolución de las Redes de Telefonía Móvil

La evolución de las Redes móviles se ha visto como una secuencia de generaciones que prestaban diferentes tipos de servicio como se muestra en la Figura 2. La primera generación brindaba un servicio básico de voz y utilizaba una conexión de forma analógica, la segunda generación proporcionada el servicio de voz con la implementación de estándares digitales, la tercera generación es digital con un enfoque para comunicaciones de voz y datos multimedia, la cuarta generación está diseñada principalmente para datos por medio de protocolos IP y manejar altas velocidades en datos, finalmente la quinta generación que actualmente se encuentra en proceso de estandarización (Blasco, 2016).



Figura 2 Comparación de diferentes tecnologías
Fuente: (Blasco, 2016)

2.3.1 Primera Generación

Las Redes Móviles de primera generación están constituidos por redes analógicas o semianalógicas (transmisión de radio analógico y conmutación digital). El servicio que ofrecían era el de llamadas de voz, pero su calidad era relativamente baja. Tampoco presentaban sistemas de seguridad y por la falta de estandarización regional no eran compatibles entre sí con otros países.

Los sistemas más populares fueron los teléfonos móviles nórdicos (NMT), el sistema de comunicación de acceso total (TACS) y el sistema avanzado de telefonía móvil (AMPS). La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) para AMPS asignó un ancho de banda de 40 MHz dentro del rango de frecuencia alrededor de 900 MHz. Utilizando la técnica de modulación de frecuencia (FM) para transmisiones de radio y la multiplexación por acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). (Shukla, Khare, Garg, & Sharma, 2013).

2.3.2 Segunda Generación

Las Redes Móviles de segunda generación en comparación con los sistemas de primera generación utilizan la modulación digital para mejorar la calidad de audio. El desarrollo de estos sistemas se debió a la necesidad de mejorar la calidad de transmisión, confiabilidad, seguridad, capacidad y cobertura. Realizando mejoras en la eficiencia para la transmisión inalámbrica y la conmutación de circuitos, para poder brindar mejores servicios de voz, servicios de mensajes cortos (SMS), datos y roaming internacional. Utilizaban el sistema global para servicios móviles (GSM), AMPS digital (D-AMPS), comunicación digital personal (PDC), tecnología de Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA) y Acceso Múltiple por División en el Código (CDMA) (Sharma, 2013).

El sistema 2.5G comenzó con la implementación del Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS), junto con el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM). Este nuevo servicio agrega nuevos protocolos de conmutación de paquetes, un tiempo reducido para la configuración de las conexiones ISP y la posibilidad de cobrar por la cantidad de datos enviados (proporcionaba velocidades de transferencia de hasta 114 kbps). Con estos nuevos protocolos se consiguió una nueva técnica mediante la cual la información (Voz, SMS o Datos) se divide en paquetes, que posteriormente son enrutados por la red. GPRS admite velocidades de transmisión de datos flexibles, así como una conexión continua a la red (Gupta, 2013).

Finalmente se presentó EDGE (con tasas de datos mejoradas a GPRS), por la necesidad de aumentar aún más la velocidad de datos. Esta mejora se logró mediante el uso de métodos más sofisticados de codificación a través de Internet (proporcionaba velocidades de transferencia de hasta 384 kbps).

Para la implementación de EDGE se requirió cambios relativamente pequeños en el hardware y software de la red, ya que utiliza el mismo método de multiplexación por Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA) que ya estaba presente en GPRS (Saraiva, 2017).

2.3.3 Tercera Generación

Las Redes Móviles de Tercera Generación surgieron por la necesidad de converger los servicios de voz y datos, incorporar altas velocidades para la transmisión de datos y aplicaciones multimedia, así como la estandarización en el diseño de la red a nivel mundial, permitiendo un acceso continuo y ubicuo para los usuarios en todo el mundo. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), definió la terminología con el estándar IMT-2000, mientras que cdma2000 es el nombre de la variante estadounidense (Gupta, 2013).

La organización formada por diferentes organismos de estandarización que incluyen fabricantes y operadores regionales a nivel mundial fue llamada Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP). La 3GPP ha continuado con el trabajo definiendo que los servicios anunciados como 3G deben cumplir con las normas del estándar IMT-2000. Aprovechando la eficiencia espectral y la utilización de nuevos recursos radioeléctricos por medio de las tecnologías de Acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA). Los servicios 3G también son conocidos como el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), que está impulsado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) (Harinath, Jaswanth, & Pramod, 2016).

El sistema 3G permite velocidades de datos de 125Kbps-2Mbps y utiliza la tecnología de conmutación de paquetes, que es más efectiva y rápida que los sistemas de conmutación de circuitos proporcionados en las generaciones anteriores.

Los operadores de red pueden ofrecer a los usuarios una gama más amplia de servicios con mayor velocidad de transmisión de datos y capacidad. Entre los nuevos servicios incorporados están el correo electrónico, navegación web, GPS (sistema de posicionamiento global), transmisión de TV, videoconferencia y datos inalámbricos de banda ancha, todo en un mismo entorno móvil a diferentes tasas binarias (Saini, 2015).

El sistema 3.5G está diseñado para aumentar aún más la velocidad en datos y capacidad de transmisión, incorporando protocolos de Acceso a Paquetes de Alta Velocidad (HSPA y HSPA+) (Patel, Shah, & Kansara, 2018). El sistema HSPA es capaz de entregar velocidades teóricas de hasta 14 Mbps en el enlace descendente y 1.4 Mbps en el enlace ascendente, mientras que en HSPA+ por medio de tecnologías multi-antena (MIMO) se pueden conseguir

velocidades de hasta 80 Mbps en el enlace descendente y 12 Mbps en el enlace ascendente como se muestra en la Figura 3 (Gutiérrez, 2015).

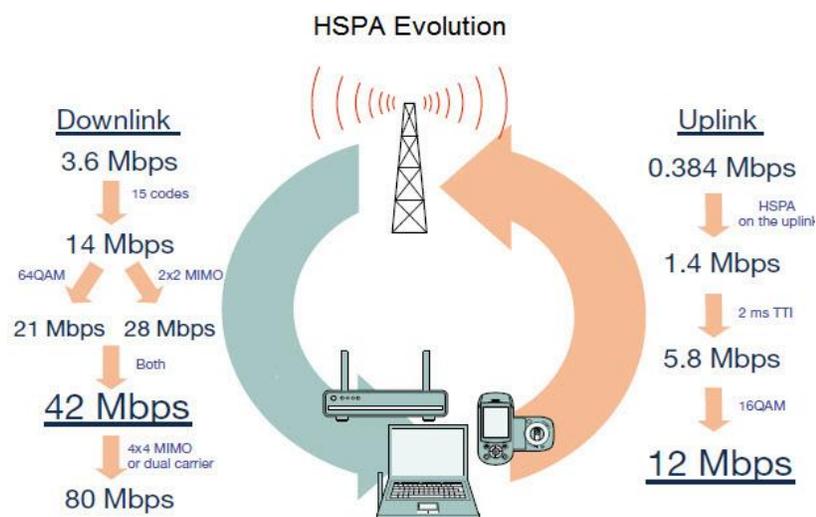


Figura 3 Aumento de velocidad con HSPA

Fuente: (Gutiérrez, 2015)

2.3.4 Cuarta Generación

La red de Evolución a Largo Plazo (LTE), surgió por la necesidad de implementar un nuevo sistema con mayor capacidad, eficiencia y prestaciones. Están diseñadas principalmente para manejar un gran tráfico de datos por medio de protocolos IP, eliminando la necesidad de usar la conmutación de circuitos y utilizando únicamente conmutación de paquetes. Ofrece mayores velocidades para transmisión de datos que la red UMTS e incorpora mejoras en la seguridad y calidad de servicio(QoS) (Dahlman, Parkvall, & Skold, 2016).

Las Redes Móviles de Cuarta Generación o LTE Advanced (LTE-A), fueron finalmente estandarizados como 4G definitivo por el Proyecto de asociación de tercera generación (3GPP), es considerada como una mejora al estándar de red de Evolución a Largo Plazo (LTE). De acuerdo con (Triggs, 2018), LTE-A introduce agregación de portadora (CA), eficiencia

espectral, coordinación de la interferencia entre celdas, mejoras en la transmisión de múltiples antenas (MIMO) y mejoras para nodos Relay. La Figura 4, muestra las velocidades de datos alcanzadas desde 3G hasta LTE-A.

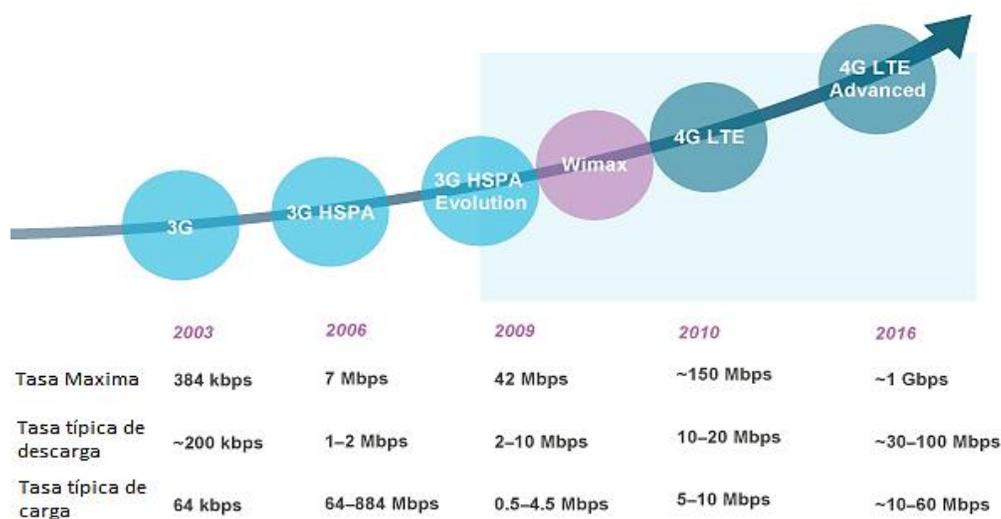


Figura 4 Tasa estimada de velocidad desde 3G hasta 4G LTE-A

Fuente: (Triggs, 2018)

2.3.5 Cuadro Comparativo

Tabla 1

Cuadro comparativo de redes móviles hasta 4G

Generación	1G	2G	3G	4G
Año	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010
Velocidad	2.4Kbps	64Kbps	2 Mbps	Hasta 1 Gbps
Tecnología	Análoga	Digital	Banda Ancha, CDMA, IP	IP unificada y banda ancha LAN, WAN, WLAN, PAN
Estándar	AMPS	GSM,PDC,IS-95,IS - 136,EDGE,GPRS	CDMA 2000, UMTS,TD-SCD MA,WCDMA	LTE, WiMAX
Multiplexación	FDMA	TDMA,CDMA	CDMA2000, WCDMA, HSDPA, TD SCDMA	TBD

CONTINÚA

Switching	Circuitos	Circuitos y Paquetes	Paquetes excepto el circuito para interfaz aire	Paquetes
Núcleo De red	PSTN	PSTN y red de paquetes	Red de paquetes	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal /Vertical	Horizontal/Vertical
Servicios	Voz	Voz digital y mensajes cortos, paquetes de datos.	Audio, video y datos integrados de alta calidad.	Servicio todo-IP (incluyendo mensajes de voz), Acceso dinámico a la información, dispositivos portátiles.

Fuente: (Javed & Talha Siddiqui, 2017)

Sin embargo, dado que la red 4G recién se está implementando en el país y al momento existe únicamente en ciertas ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca. El proyecto de investigación estará enfocado únicamente para identificar redes 3G y 3.5G.

2.4 Arquitectura Básica de una Red Celular UMTS

La Arquitectura básica de una red UMTS permite la división del sistema en subredes que operan solas o en conjunto con otras subredes. Estas subredes se denominan PLMN (Red Móvil Pública Terrestre). Cada operador que presta servicios de telefonía móvil tiene su propio PLMN, se identifican mediante el código de país (MCC) y el código de red móvil (MNC). La figura 5 muestra la arquitectura para cada PLMN, que consta de una serie de elementos que se agrupan en tres bloques principales y poseen un identificador único para distinguir (UE, UTRAN, CN) entre usuarios e infraestructura (Teleco, 2014).

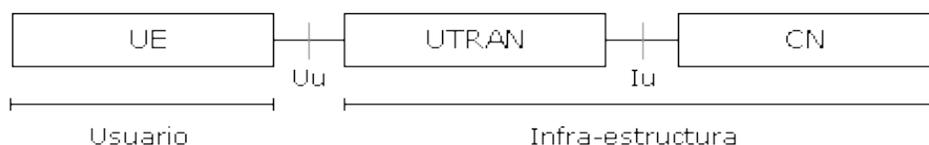


Figura 5 Bloques de una PLMN

Fuente: (Teleco, 2014)

Los elementos para cada bloque están definidos en la Figura 6 como: El Equipo de usuario (UE), que se encarga de lograr que el usuario acceda a los servicios móviles a través de la interfaz de radio; La Red de Acceso al Radio Terrestre UMTS (UTRAN), que maneja toda la funcionalidad relacionada entre la conexión de los usuarios y la red central; La Red Central (Core Network), que es la responsable de conmutar, enrutar las llamadas y conexiones de datos a redes externas. El Core Network puede ser conectado a diferentes PLMN o redes externas como RDSI, PSTN, Internet, etc. (Holm & Toskala, 2010)

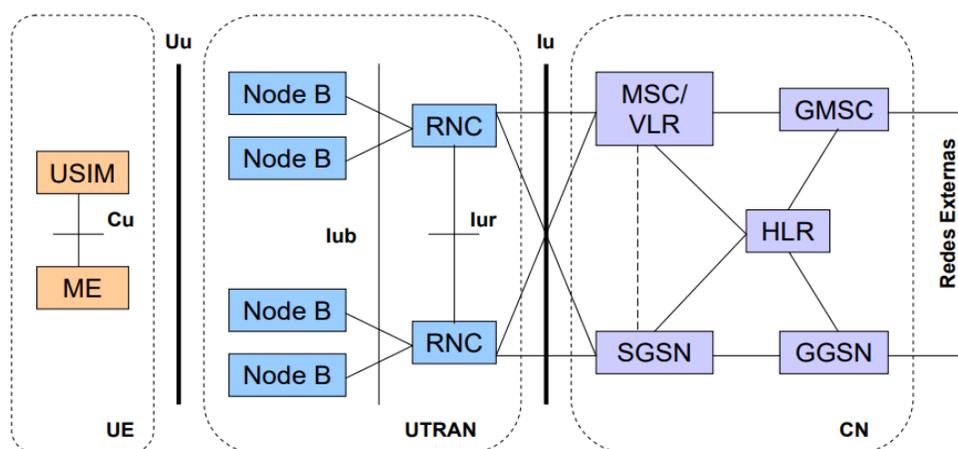


Figura 6 Elementos de red en una PLMN

Fuente: (Holm & Toskala, 2010)

A continuación, se describen todos los elementos para cada bloque de una PLMN.

El bloque UE consta de:

- **El Equipo móvil (ME):** Representa al dispositivo físico o terminal, que a través de la interfaz Uu es utilizado para transmisión y recepción de la comunicación de radio.
- **El Módulo de Identidad de Suscriptor UMTS (USIM):** Es una tarjeta inteligente extraíble que permite identificar al usuario en la red y obtener la información de los servicios que puede acceder, según su relación contractual con el operador de la red móvil.

El bloque UTRAN consta de:

- **El Nodo B o Estación base:** Esta encargado de la transmisión y recepción vía radio entre los UE de una o más celdas UMTS a nivel físico (codificación de canal, modulación, “spreading”, etc.). Es el encargado de proveer la cobertura de la señal de acceso a la red y adicionalmente convierte el flujo de datos entre las interfaces Iub y Uu.
- **El controlador de red de radio (RNC):** Es el encargado de gestionar y controlar los recursos de radio del conjunto de Nodos B que están conectados a él. RNC es el punto de acceso al servicio que el UTRAN proporciona a la CN.

El bloque CN consta de:

- **HLR (Home Location Register):** Es una base de datos principal, donde se almacena la información de los usuarios (su identidad, servicios contratados, información del servicio, etc.). Se crea cuando un nuevo usuario se suscribe al sistema y permanece activo mientras la suscripción esté activa.

- **VLR (Visitor Location Register):** Es una base de datos que almacena de forma temporal la información de registro de ubicación actual de los usuarios visitantes, para los servicios de conmutación de circuitos (CS), que se encuentran bajo su área de influencia.
- **MSC (Mobile Services Switching Centre):** Tiene como función enrutar los servicios, configurar y liberar la conexión de extremo a extremo para los servicios de conmutación de circuitos (CS).
- **GMSC (Gateway MSC):** Es el conmutador para obtener acceso entrante o saliente a redes de conmutación de circuitos externas u otras PLMN.
- **SGSN (Serving GPRS Support Node):** Se usa para servicios de intercambio de paquetes (la parte de la red a la que se accede a través del SGSN se suele denominar dominio PS).
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node):** Es el conmutador para obtener acceso entrante o saliente a redes con servicios de intercambio de paquetes (PS).

Las redes externas se pueden dividir en dos grupos:

- **Redes CS:** Redes que proporcionan conexiones a servicios de conmutación de circuitos.
- **Redes de PS.** Redes que proporcionan conexiones para servicios de intercambio de paquetes de datos.

Las Interfaces principales son:

- **Interfaz Cu:** Esta es la interfaz eléctrica entre la tarjeta inteligente USIM y el ME.
- **Interfaz Uu:** Es la interfaz a través de la cual el UE accede a la parte fija del sistema.
- **Interfaz Iu:** Se encarga de conectar la UTRAN a la red central (CN).

2.5 Parámetros de Desempeño

2.5.1 CPICH

El CPICH (Common Pilot Channel), es un canal de código de enlace descendente transmitido por la estación base con una potencia constante y secuencia de bits predefinida. Esta secuencia de bits se codifica con el código de aleatorización primario (PSC) específico de cada celda. La función del CPICH es ayudar al UE a identificar la celda, estimar el canal y dar una referencia de fase para otros canales físicos. Según Qualcomm (2015), la UTRA tiene dos tipos de CPICH que se muestran a continuación:

- CPICH Primario: Solo existe un canal de este tipo por celda y tiene una asignación de código de canalización fija en base al PSC. Es utilizado para mediciones de traspaso y de selección/reselección de la celda
- CPICH Secundario: Puede tener cualquier código de canalización de longitud 256 y también puede estar bajo un PSC.

2.5.2 Primary Scrambling Code (PSC)

El PSC (Primary Scrambling Code) es un conjunto de 512 códigos de aleatorización, que están organizados en 64 grupos de códigos (Scrambling Code Groups, SCG) de 8 PSC cada uno. Sirven para que el UE pueda identificar y distinguir a su estación servidora. Cada celda o sector utiliza un único PSC para transmisiones de enlace descendente (Ling, 2017).

2.5.3 UARFCN

El número de canal de frecuencia de radio absoluta UTRA (UARFCN), identifica el enlace ascendente y el enlace descendente en las frecuencias UMTS. Según Lescuyer (2012), el UARFCN se puede calcular fácilmente a partir de las ecuaciones (1) y (2).

$$UARFCN_{UL} = 5 \times (F_{UL} - F_{OFFSET}) \quad (1)$$

$$UARFCN_{DL} = 5 \times (F_{DL} - F_{OFFSET}) \quad (2)$$

Donde,

$UARFCN_{UL}$: UARFCN de Subida

$UARFCN_{DL}$: UARFCN de Bajada

F_{UL} : Frecuencia de Subida.

F_{DL} : Frecuencia de Bajada

F_{OFFSET} : Frecuencia de Referencia

2.5.4 RSCP

El RSCP (Received Signal Code Power), define la potencia medida por un receptor (dispositivo móvil) en un canal de comunicación celular. Se utiliza como una indicación de la intensidad de la señal recibida y puede estar representado en dBm o en ASU (Arbitrary Strength Unit) como se muestra en la Figura 7 (Carrodegua, 2018).

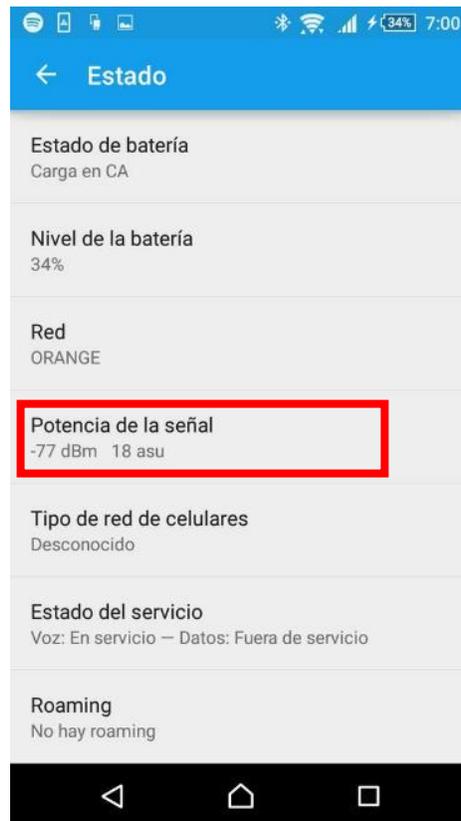


Figura 7 Intensidad de señal en un teléfono
Fuente: (Carrodegua, 2018)

De acuerdo con LTE-Anbieter (2016), la relación entre ASU y dBm en UMTS se representa por las ecuaciones (3) y (4).

$$dBm = (2 \times ASU) - 113 \quad (3)$$

$$ASU = (113 + dBm)/2 \quad (4)$$

Actualmente los dispositivos móviles cuentan con más de una antena instalada para la recepción de cobertura móvil celular en su placa principal, como se muestra en la Figura 8 (Lam, 2017).



Figura 8 Posición de Antenas para un teléfono Samsung Galaxy S7

Fuente: (Lam, 2017)

La intensidad de señal que reciben las antenas se muestra en el sistema operativo móvil por medio de un indicador en forma de barras verticales situadas en la parte superior de la pantalla, este indicador muestra la intensidad de señal recibida de forma teórica en el sitio.

Sin embargo, la forma más efectiva para verificar la señal que reciben las antenas del dispositivo móvil es por medio del RSCP en dBm o asu. Varios fabricantes proporcionan esta información en el menú de configuraciones, mientras que para otros es necesario introducir una cadena de código secreto en el marcador telefónico para poder mostrar la potencia de la señal.

Los dBm van en escalas desde cero hasta valores que se sitúan alrededor de -120 dBm. Cuando se tiene valores superiores a los -70 dBm se interpreta un nivel excelente de cobertura, mientras que cuando se tiene valores inferiores a -120 dBm, se indica una pésima cobertura lo que ocasiona que los dispositivos móviles ya no se conecten a la red móvil.

En la Tabla 2 se muestran la interpretación de valores de acuerdo con Movistar (2018) y la Tabla 3 muestra la interpretación de un equipo profesional de medición (TEMS POCKET) de Infovista (Infovista, 2019).

Tabla 2*Interpretación de valores RSCP*

RSCP(dBm)	Interpretación
-76 < RSCP < -60	Excelente
-89 < RSCP < -77	Muy buena cobertura
-97 < RSCP < -90	Cobertura Media
-103 < RSCP < -98	Baja Cobertura
-120 < RSCP < -104	Bajísima cobertura
RSCP < -120	Sin cobertura

Fuente: (Movistar, 2018)

Tabla 3*Interpretación de valores RSCP en un equipo TEMS POCKET*

RSCP(dBm)	Interpretación
RSCP > -70	Excelente
-100 < RSCP < -70	Cobertura Media
RSCP < -100	Mala Cobertura

Fuente: (Infovista, 2019)

2.6 Dispositivos Móviles

Los dispositivos móviles son considerados como una plataforma global para la conectividad, están diseñados para ser cada vez más compactos y poseer mayores prestaciones. Según la última estadística presentada por “We are Social” y “Hootsuite”, el número de usuarios activos actualmente en Internet es de 4.021 millones, mientras que el número de usuarios de teléfonos móviles es de 5.135 millones (McDonald, 2018).

2.6.1 Tipos de dispositivos móviles

Existen muchos tipos de dispositivos móviles y están diseñados para diferentes aplicaciones (Viswanathan, 2018). Entre los más importantes están los dispositivos que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Dispositivos móviles más importantes en la actualidad

Tipo	Descripción
Smartphones	<p>Poseen las funciones básicas de un teléfono tradicional</p> <p>Tienen una alta capacidad de procesamiento y almacenamiento</p> <p>Pueden conectarse a internet a través de Wifi o la red celular</p> <p>Poseen una gran variedad de sensores para diferentes aplicaciones</p>
Tablets	<p>Son dispositivos más grandes que los Smartphones y tienen similares características</p> <p>No poseen un teclado físico</p> <p>En algunas versiones se tiene acceso a redes celulares</p> <p>Poseen mayor capacidad de batería y una gran capacidad de almacenamiento</p>
E-Readers	<p>Son consideradas Tablets especializadas para leer libros electrónicos</p> <p>Poseen una pantalla de tinta electrónica</p> <p>Pueden conectarse a internet a través de Wifi</p>

Fuente: (Viswanathan, 2018)

Sin embargo, para el proyecto de investigación solo se va a utilizar Smartphones o teléfonos inteligentes, ya que el propósito principal del proyecto es identificar la cobertura de la red celular en la ciudad de Sangolquí.

2.6.2 Tipos de Smartphones

Hace unos años, se encontraban tres gamas claramente definidas para Smartphones (Alta, Media, Baja). Sin embargo, con el pasar de los años han aparecido nuevos terminales de gama media y alta con diferentes precios y prestaciones, lo que ha ocasionado que haya un surgimiento de nuevas gamas (Aguilar, 2018). En la tabla 5 de muestra la nueva tendencia en gamas de Smartphones:

Tabla 5
Tipos de Smartphones

Tipo de Gama	Características
Gama Baja	Precio alrededor de 120 dólares Procesador de bajo rendimiento Baja capacidad de almacenamiento interno Características básicas para un Smartphone
Gama Media	Precio alrededor de 240 dólares Son dispositivos con pequeñas mejoras a comparación de la gama baja Tienen procesadores con mayor rendimiento Mayor capacidad de almacenamiento interno y batería
Gama Media Premium	Precio alrededor de 400 dólares Poseen características de procesamiento y almacenamiento similares a la gama media Mejores acabados Buen sensor de fotográfico Mayor calidad de pantalla
Gama Alta	Precio alrededor de 700 dólares Procesador de alto rendimiento Gran capacidad de almacenamiento La mejor calidad de pantalla

	Baterías de larga duración y carga rápida
	Incorporación de varios sensores
Gama Alta Premium	Precio superior a 1000 dólares
	Procesador de alto rendimiento
	Gran capacidad de almacenamiento
	Mejor soporte técnico
	Acabados Premium
	Pantallas Flexibles
	Incorpora la mayor calidad fotográfica
	Baterías de larga duración y carga rápida
	Gran disponibilidad de sensores
	Son los teléfonos más completos e innovadores del mercado

Fuente: (Aguilar, 2018).

2.7 Sistema Operativo Móvil

Es una plataforma de software destinada para Teléfonos Inteligentes, Tablets u otros dispositivos móviles. Sobre la cual otros programas pueden ejecutarse y brindar diferentes prestaciones para cada terminal. El sistema operativo móvil es responsable de administrar las funciones y características disponibles en un dispositivo como el multimedia, la conectividad a la red, GPS, Cámaras, etc. Los principales sistemas operativos móviles son Android e iOS, pero existen otros como Symbian OS, Blackberry OS, webOS, Windows Mobile y watchOS (Viswanathan, LifeWire, 2019).

De acuerdo con IDC (2018), la Figura 9 muestra la estadística a nivel mundial de uso de sistemas operativos móviles para finales del 2018.

Trimestre	2016Q4	2017Q1	2017Q2	2017Q3	2017Q4	2018Q1	2018Q2	2018Q3
Android	81,4%	85,0%	88,0%	87,6%	80,3%	84,3%	87,8%	86,8%
iOS	18,2%	14,7%	11,8%	12,4%	19,6%	15,7%	12,1%	13,2%
Otros	0,4%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Figura 9 Estadística de sistemas operativos móviles a nivel mundial

Fuente: (IDC, 2018)

Mientras que en Ecuador según las estadísticas de GlobalStats (2018), se manejan cifras parecidas, donde Android domina con el 84.26% como se muestra en la Figura 10.

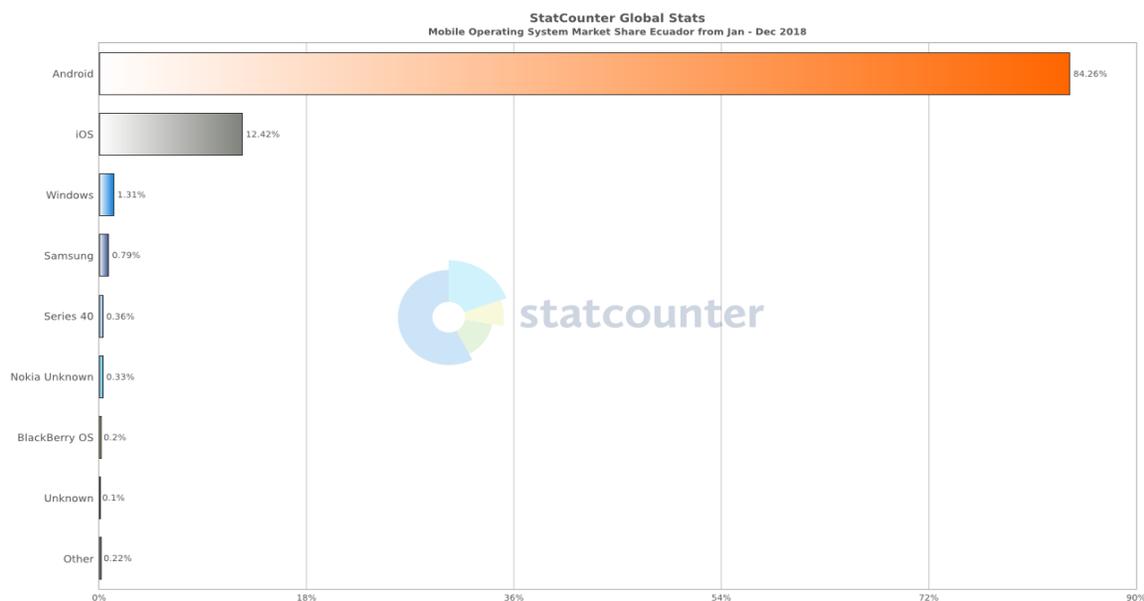


Figura 10 Estadística de sistemas operativos móviles en Ecuador.

Fuente: (GlobalStats, 2018)

Sin embargo, dado que el sistema operativo Android posee el mayor porcentaje de uso a nivel mundial, y considerando que en el país representa el 84.26% de usuarios. Se ha seleccionado como plataforma principal para el desarrollo del proyecto de investigación.

2.7.1 Android

El sistema operativo Android desarrollado por Google para dispositivos móviles con pantalla táctil como Teléfonos Inteligentes, Tablets, Televisiones, Autos, etc. Posee una plataforma móvil basada en el Kernel de Linux y otros softwares de código abierto (Ramírez, 2019). Ha tenido más de una década de funcionamiento y se han presentado diferentes versiones de sistema operativo como se puede ver en la Tabla 6.

Tabla 6
Versiones de Android

Nombre	Versión	Versión de Linux Kernel	Lanzamiento	Nivel API
Apple Pie	1.0	Monolithic	23 de Septiembre de 2008	1
Banana Bread	1.1	2.6	9 de Febrero de 2009	2
Cupcake	1.5	2.6.27	27 de Abril de 2009	3
Donut	1.6	2.6.29	15 de Septiembre de 2009	4
Eclair	2.0 – 2.1	2.6.29	26 de Octubre de 2009	5 – 7
Froyo	2.2 – 2.2.3	2.6.32	10 de Mayo de 2010	8
Gingerbread	2.3 – 2.3.7	2.6.35	6 de Diciembre de 2010	9 – 10
Honeycomb	3.0 – 3.2.6	2.6.36	22 de Febrero de 2011	11 – 13
Ice Cream Sandwich	4.0 – 4.0.4	3.0.1	18 de Octubre de 2011	14 – 15
Jelly Bean	4.1 – 4.3.1	3.0.31 a 3.4.39	9 de Julio de 2012	16 – 18
KitKat	4.4 – 4.4.4	3.10	31 de Octubre de 2013	19 – 20
Lollipop	5.0 – 5.1.1	3.16	12 de Noviembre de 2014	21 – 22
Marshmallow	6.0 – 6.0.1	3.18	5 de Octubre de 2015	23
Nougat	7.0 – 7.1.2	4.4	22 de Agosto de 2016	24 – 25
Oreo	8.0 – 8.1	4.10	21 de Agosto de 2017	26 – 27
Pie	9.0	4.4.107, 4.9.84, a 4.14.42	6 de Agosto de 2018	28

Fuente: (Ramírez, 2019)

2.7.2 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)

A medida que se lanza una nueva versión de Android, también se presenta una nueva versión específica de API. Una API está definida en niveles y representa un conjunto de comandos, funciones, procedimientos y subrutinas que pueden ser utilizadas por los desarrolladores para poder crear programas específicos que controlen diferentes sensores o manejen otros programas (Linares, 2017).



Figura 11 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)
Fuente: (Cunningham, 2019)

La API simplifica el trabajo para un desarrollador de programas, ya que no debe escribir el código desde cero sino solo puede llamar a las bibliotecas que incorpora el API, a medida que aumenta el nivel de una API, se suman nuevas funcionalidades y bibliotecas. Cuando se crea una aplicación, inicialmente se debe fijar la siguiente información de nivel de API:

- El nivel de API objetivo al que está diseñada la aplicación para ejecutarse.
- El nivel de API mínimo que debe tener un dispositivo para ejecutar la aplicación.

Esta configuración se utiliza para garantizar la funcionalidad necesaria para poder ejecutar la aplicación correctamente. Si el dispositivo Android no cumple con el nivel mínimo, la aplicación no podrá ejecutarse (Dunn, Britch, McLemore, & Umbaugh, 2018).

2.7.3 Aplicaciones Móviles

Una aplicación móvil es un programa de software que permite al usuario ejecutar diferentes tipos de tareas (Profesionales, Multimedia, Educativas, Servicios, Herramientas, etc.) y están diseñadas para ejecutarse en un hardware específico, es decir, teléfonos inteligentes, Tablets, smartwatch u otros dispositivos móviles (Gloag, 2018). Existe una gran variedad de aplicaciones disponibles y como se muestra en la Tabla 7, se dividen en tres categorías básicas:

Tabla 7
Tipos de aplicaciones móviles

Tipo	Descripción
Nativas	Son aplicaciones que se ejecutan únicamente en el hardware específico para el que están diseñada.
Basadas en la Web	Son aplicaciones que hacen uso de la conectividad a Internet e incorporan un navegador web para proporcionar algunas o todas sus funcionalidades.
Híbridas	Son aplicaciones que tienen una parte nativa y otra basada en la Web.

Fuente: (Gloag, 2018)

2.7.4 Componentes de una Aplicación Móvil

Para crear la interfaz gráfica que va a llevar la aplicación móvil, es necesario conocer los componentes claves propuestos en Android Studio para interactuar con la aplicación.

- **Activity (Actividad)**

Un activity o actividad representa la pantalla donde los usuarios pueden interactuar. Su función principal es la creación de la interfaz de usuario. Por lo general las aplicaciones tienen múltiples actividades vinculadas entre sí (cada actividad puede iniciar otra actividad).

A cada actividad se asigna una parte grafica representada por código XML donde están declarados todos los elementos gráficos (botones, textos, etc.) y una parte lógica con el formato de una clase de Java donde se puede programar las acciones que se van a realizar en la actividad (Android Developers, 2018).

Ciclo de Vida de un Activity

Existen métodos Callback para asignar tareas cuando inicia o se cambia de actividad, estos métodos definen el ciclo de vida de una actividad. La Figura 12 muestra el orden de ejecución de los métodos para definir el ciclo de vida de una actividad y Tabla 8 indica la descripción de cada uno de los métodos (Agarwal , 2018).

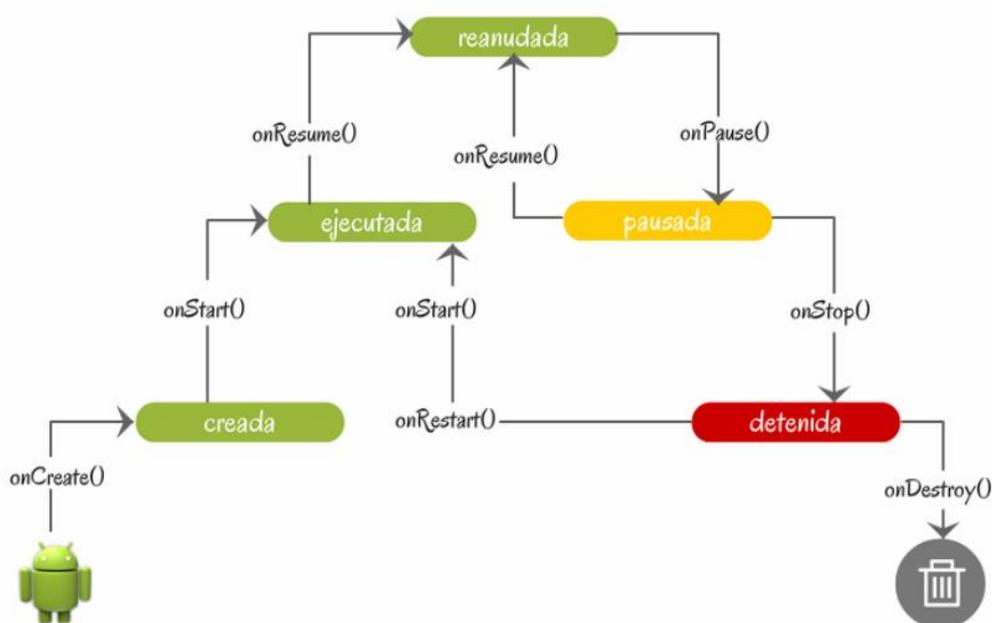


Figura 12 Ciclo de vida de una actividad
Fuente: (Revelo, 2018)

Tabla 8
Métodos Callback

Método	Descripción
onCreate()	Es llamado cuando se crea la actividad y contiene las configuraciones estáticas iniciales (vistas, botones, enlaces de datos, etc.), en este método se puede enviar o recibir información entre actividades
onStart()	Este método es llamado después de crear la actividad, justo antes de ser visible para el usuario. Puede ser utilizado para asignar una tarea específica antes que la actividad sea visible.
onResume()	Empieza a funcionar justo antes de que el usuario interactúe con la actividad.
onPause()	Este método empieza a funcionar cuando el sistema está a punto de poner la actividad en background (de fondo).
onStop()	Es llamado cuando la actividad deja de ser visible para el usuario, esto sucede cuando se cambia de actividad o si se reanuda una actividad existente.
onRestart()	Esta encargado de reiniciar la actividad.
onDestroy()	Indica la última llamada que recibe la actividad antes que se destruya o cierre.

Fuente: (Android Developers, 2018).

- **Service (Servicio)**

Un Service o Servicio es un componente en el cual se pueden ejecutar procesos en segundo plano (reproducción de música, envió de datos a Internet, etc.) y no proporciona una interfaz de usuario. Este componente puede continuar ejecutándose en segundo plano, aunque el usuario cambie a otra aplicación (Salgado, 2016).

- **Content Providers (Proveedor de contenido)**

Un Content Providers o Proveedor de Contenido se encarga de administrar el acceso de una o varias aplicaciones a un repositorio central de datos o base de datos. Se implementa como

una o más clases en una aplicación de Android y también puede ser utilizado para intercambiar información entre dos aplicaciones (Android Developers, 2018).

- **Broadcast Receivers (Receptores de Difusión)**

Los Broadcast Receivers o Receptores de Difusión básicamente son componentes que detectan o responden frente a un evento global del sistema (batería baja, llamada entrante, SMS recibido, etc.). Siempre se encuentran activos esperando que se produzcan los eventos del sistema, la aplicación entra en acción creando una notificación de la barra de estado o al realizar una tarea (Academia Android, 2016).

- **Views(Vistas)**

Los Views o Vistas son los elementos básicos que componen la interfaz gráfica de una actividad, sirven para que el usuario interactúe con la aplicación y se colocan sobre los contenedores considerados Layouts (Diseños). Existen diferentes tipos de Vistas (Button (botones), TextView (textos), ImageView (Imágenes), etc.) (Agarwal , FormGet, 2018). La Figura 13, muestra los tipos de vistas más utilizados en una actividad de una aplicación.

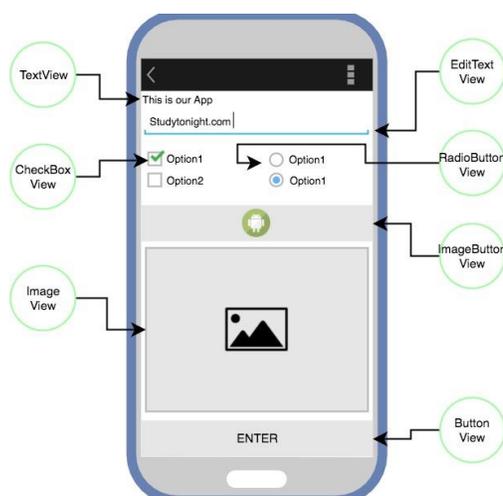


Figura 13 Tipos de Views
Fuente: (Studytonight, 2019)

2.8 Multitarea

Cuando empieza a funcionar una aplicación y se inicia su actividad principal, se crea un nuevo hilo conocido como hilo principal (UI thread), el cual está encargado de ejecutar los métodos de interfaz de usuario (onCreate(), onDraw(), etc.) para que funcione una actividad. Cuando la aplicación va a realizar diferentes funciones en un mismo hilo puede producir demora en los procesos de ejecución y presentar problemas para los usuarios. Para evitar este tipo de problemas es necesario crear nuevos hilos secundarios, los cuales se encargan de repartir las funciones y utilizar conceptos como el paralelismo, para que se puedan ejecutar funciones de fondo sin sobrecargar el hilo principal (Robledo, 2017). La Figura 14, muestra de forma gráfica la ejecución de un hilo secundario para no sobrecargar a un hilo principal.

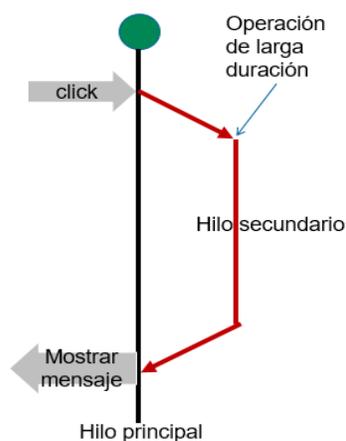


Figura 14 Hilo secundario

Fuente: (Vásquez, 2018)

Para la implementación del proyecto de investigación se propone el uso de AsyncTask (Tareas Asíncronas) dentro de un hilo secundario para realizar el envío de datos de forma ordenada, sin sobrecargar el hilo principal. La Tabla 9, describe los métodos que implementa la clase AsyncTask.

Tabla 9
Métodos AsyncTask

Método	Descripción
onPreExecute()	Este método es llamado antes de iniciar el procesamiento en segundo plano
doInBackground()	Este método contiene el código que debe ejecutarse en segundo plano. Se invoca después de onPreExecute() y puede enviar los resultados varias veces al subproceso de la interfaz de usuario mediante el método publishProgress ()
onProgressUpdate()	Este método se encarga de actualizar el subproceso de interfaz de usuario después de una llamada a publishProgress()
onPostExecute()	Se invoca después de que doInBackground() haya completado el procesamiento asignado en el código
onCancelled()	Es utilizado para forzar la cancelación de la ejecución del proceso

Fuente: (Academia Android, 2016)

2.9 Sensores de Dispositivos Móviles

En la actualidad los dispositivos móviles cuentan con una gran gama de sensores presentes en su hardware, cada uno con una diferente tarea. De acuerdo con Collado (2018), la Tabla 10 muestra los sensores más importantes en la actualidad.

Tabla 10
Sensores presentes en los dispositivos móviles

Sensor	Servicio
Giroscopio	Medir de manera precisa la posición del dispositivo móvil
Acelerómetro	Detectar la orientación del dispositivo móvil
Sensor de Proximidad	Medir la proximidad por medio de un LED infrarrojo
Sensor de Luminosidad	Medir la luz existente en el ambiente
Podómetro	Sirve para medir el movimiento del usuario en pasos
Barómetro	Medir la altura a la que se encuentra el móvil
Hall	Medir la posición en forma de brújula electrónica

CONTINÚA 

Sensores Biométricos	Destinados a mejorar la seguridad en el móvil, pueden ser lector de huella, lector de iris o sistema de desbloqueo facial.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
Sensor de Ritmo Cardíaco	Buscar y reconocer las pulsaciones en nuestro dedo por medio de luz LED
Sensor Infrarrojo	Permite controlar otros dispositivos del hogar por medio de rayos infrarrojos

Fuente: (Collado, 2018).

Para el desarrollo del proyecto se pretende usar el sensor GPS que funcionara en conjunto con la antena receptora del dispositivo móvil, para lograr obtener los valores de longitud, latitud y parámetros de cobertura 3G y 3.5G.

2.10 GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es originario de Estados Unidos. Fue diseñado inicialmente por el Departamento de Defensa como una herramienta militar para estimar la posición, velocidad y tiempo exacto de un dispositivo receptor GPS. Utiliza una red de estaciones de seguimiento terrestres y como se muestra en la Figura 15, una constelación de 24 satélites alrededor de la Tierra para determinar por el método de triangulación la latitud, longitud, tiempo y altitud de cualquier objeto en la superficie terrestre (GPS.gov, 2012).

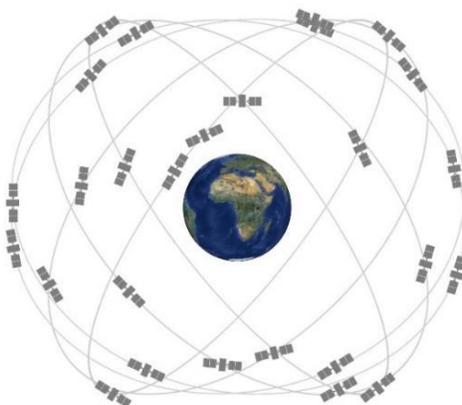


Figura 15 Constelación de 24 Satélites

Fuente: (GPS.gov, 2012)

El GPS utiliza el principio triangulación, pero la primera inicialización es un poco tardada para obtener los parámetros de longitud y latitud, ya que en lugar de emplear líneas rectas crea esferas virtuales con los satélites y además una serie de complejos cálculos para lograr conocer un punto o ubicación exacta.

2.11 A-GPS

El Sistema de Posicionamiento Global Asistido (A-GPS), fue diseñado para reducir el tiempo del proceso de inicialización del GPS. Utiliza la identificación de la antena de la red celular a la que el dispositivo móvil se encuentra conectado, para posteriormente pedir los datos a un servidor externo sobre los satélites de posicionamiento global más cercanos. De esta forma acelera el proceso de conexión, ya que obtiene de una forma más rápida y eficiente la información de los satélites a los que tiene que fijarse el dispositivo móvil (TRAKER, 2013).



Figura 16 Sistema A-GPS

Fuente: (TRAKER, 2013)}

2.12 Ubicación

La ubicación de un teléfono inteligente se obtiene a partir de las coordenadas geográficas. Para poder solicitar los datos de longitud y latitud a la plataforma Android, es necesario implementar la clase `LocationManager`, para definir los métodos `getLongitude()` y `getLatitude()` para obtener los datos de longitud y latitud respectivamente, así como el tiempo de actualización, la distancia promedio de movimiento y el proveedor de localización (Zamora, 2015). Existen 3 tipos de proveedores disponibles:

- **GPS_PROVIDER**: Es el más preciso, ya que utiliza el sistema de posicionamiento A-GPS.
- **NETWORK_PROVIDER**: Utiliza las redes móviles, WiFi o Bluetooth para determinar la ubicación. Con este servicio se consigue un menor consumo de energía, pero se elimina el sensor GPS.
- **PASSIVE_PROVIDER**: Es el menos preciso, ya que no solicita nueva información, simplemente se basa en lo que otras aplicaciones han solicitado en algún momento.

En cada actualización `LocationManager` hace un llamado a la clase `LocationListener`, la cual permite utilizar diferentes tipos de acciones presentadas en los métodos de la Tabla 11.

Tabla 11
Métodos LocationListener

Método	Descripción
<code>onLocationChanged()</code>	Es llamado cuando la ubicación ha cambiado
<code>onStatusChanged()</code>	Es llamado cuando el proveedor se desconecta o se vuelve a conectar

onProviderDisabled()	Es llamado cuando el proveedor deshabilita el servicio
onProviderEnabled()	Es llamado cuando el proveedor habilita el servicio

Fuente: (Android Developers, 2018)

Los métodos `getLongitude()` y `getLatitude()` proporcionan los datos de longitud y latitud en forma de grados decimales. Los grados decimales (DD) son una alternativa al uso de grados, minutos y segundos (DMS), la latitud y longitud están delimitadas por $\pm 90^\circ$ y $\pm 180^\circ$ respectivamente. Su precisión depende del número de decimales que entregue el equipo de medición (OpenStreetMap, 2019). La Tabla 12 muestra la relación entre la cantidad de decimales, el tipo de objeto que puede ser medido y la precisión (variación de distancia).

Tabla 12
Grados Decimales

Numero de Decimales	Grados Decimales	Objeto que puede ser medido	Precisión
0	1	País o Estado Grande	111.32 km
1	0.1	Ciudad	11.132 km
2	0.01	Pueblo	1.1132 km
3	0.001	Barrio	111.32 m
4	0.0001	Calle	11.132 m
5	0.00001	Árboles individuales	1.1132 m
6	0.000001	Personas	111.32 mm
7	0.0000001	Límite práctico de topografía comercial	11.132 mm
8	0.00000001	Topografía especializada	1.1132 mm

Fuente: (OpenStreetMap, 2019)

2.13 Crowdsourcing

El término tuvo su origen por Jeff Howe en el año 2006, donde estableció que el concepto nace de la unión de los términos crowd (multitud) y outsourcing (externalizar). Consiste en la externalización de las tareas recurriendo a la unión de una multitud de personas, que ofrecen sus servicios o ideas en una convocatoria abierta para cumplir con un objetivo (Condés, 2016).

2.13.1 Sistema Mobile Crowdsourcing (MCS)

El uso de teléfonos inteligentes como herramientas de las multitudes para poder recopilar datos de una manera oportuna, móvil y en tiempo real en un sistema Crowdsourcing, se denomina Mobile Crowdsourcing (MCS). Un MCS permite que los usuarios que aceptaron la convocatoria abierta para contribuir con la recopilación de datos, lo hagan de manera ágil y simple. Para poder dar una solución eficiente y rápida a problemas complejos o novedosos que requieran las empresas (Wang, Jia , Jin, & Ma, 2017).

2.13.2 Arquitectura de un sistema MCS

Un sistema Mobile Crowdsourcing (MCS) posee tres bloques principales definidos en su arquitectura como: participantes, solicitantes y la plataforma central. Sin embargo, existe un tipo de sistema Mobile Crowdsourcing donde los participantes utilizan los sensores de los dispositivos móviles (para realizar la recopilación de datos) denominado como sistema Mobile Crowdsensing.

Un sistema Mobile Crowdsensing describe una técnica en la que una multitud de personas utilizan los sensores integrados en los dispositivos móviles (Teléfonos Inteligentes, Tablets, Smartwatch, etc.) para recopilar información y compartir los datos de forma colectiva para medir, mapear, analizar, estimar o predecir cualquier proceso de un interés común (Zanetti,

2017). En la figura 17 se muestra la arquitectura básica de un sistema Mobile Crowdsensing, donde se puede observar que posee los tres bloques principales de un sistema MCS.

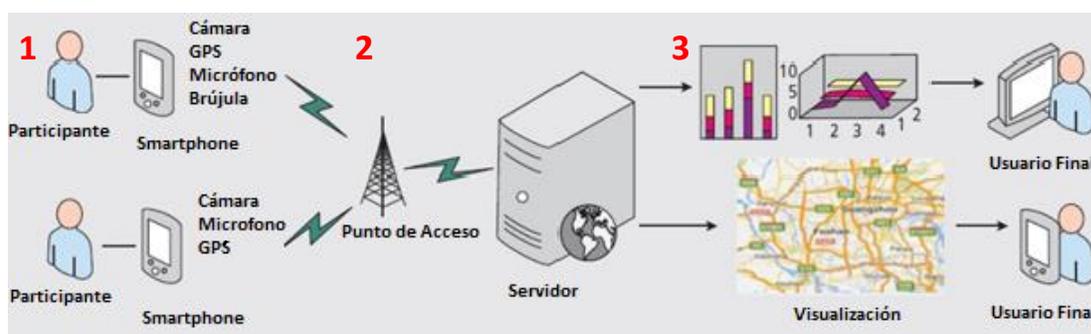


Figura 17 Estructura general de un sistema Mobile Crowdsensing

Fuente: (Zanetti, 2017)

En primer lugar, en el lado izquierdo se tiene los participantes del sistema, los cuales están encargados de realizar las tareas de detección por medio de sus teléfonos inteligentes. Dependiendo del objetivo planteado, se utilizarán los diferentes sensores que incorpora el dispositivo.

En segundo lugar, se tiene el elemento central (Servidor). Este elemento comprende toda la lógica para distribuir las tareas de recopilación necesarias para los participantes.

Finalmente se tiene en el lado derecho de la figura los solicitantes o el usuario final. Esta es la persona u organización que utiliza el sistema Mobile Crowdsensing para recopilar información y realizar consultas sobre el fenómeno planteado, con el fin de realizar un análisis.

2.13.3 Tipos de sistema MCS

Según el tipo de participación y recopilación de información por parte de los usuarios, un sistema Mobile Crowdsourcing se puede clasificar en dos tipos:

- Participativo: Cuando los usuarios participan voluntariamente en la recopilación de datos.

- Oportunista: Cuando los datos se detectan, recopilan y comparten automáticamente sin la intervención del usuario y en algunos casos sin el conocimiento explícito del usuario.

Además, dependiendo del enfoque adoptado (participativo frente al oportunista), la aplicación móvil que se va a ejecutar en los teléfonos inteligentes de los participantes requerirá o no la aceptación explícita del titular para participar en la campaña de detección y recopilación (Avvenuti, Bellomo, Cresci, N. La Polla, & Tesconi, 2017).

2.13.4 Clasificación de un sistema MCS

Los creadores del término Mobile Crowdsourcing clasificaron a sus aplicaciones en tres categorías principales: ambiental, infraestructura y social (Ganti, Ye, & Lei, 2011).

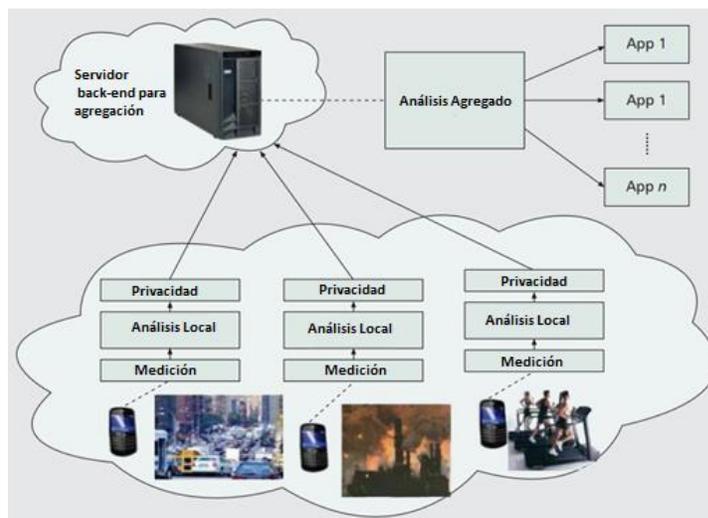


Figura 18 Clasificación de aplicaciones para un MCS

Fuente: (Ganti, Ye, & Lei, 2011)

En las aplicaciones ambientales los fenómenos a medir son los del entorno natural como la medición de la contaminación, la temperatura del clima, el ruido, la radiación solar, el nivel y calidad de agua, etc. Existen proyectos realizados como ComfortSense el cual está destinado a brindar un confort sostenible y reducir el consumo energético en los edificios. Esto con el

manejo de sensores y dispositivos portátiles los cuales están conectados por medio de IoT a dispositivos como la calefacción, ventilación y aire acondicionado. Por medio de Mobile Crowdsourcing se puede llegar a reducir el consumo energético (Cottafava, y otros, 2019).

En las aplicaciones de infraestructura los fenómenos son a gran escala, están enfocados a la infraestructura pública. Los ejemplos de medición son la congestión del tráfico, ver el estado de las vías, la disponibilidad de estacionamiento, las interrupciones de las obras públicas, etc. Existen proyectos realizados como el desarrollado para detectar obstáculos y saltos cuando un vehículo se encuentra en carretera y con esto poder determinar la condición general de la carretera. Este sistema envía automáticamente información del estado de la carretera al servidor cada vez que detecta los obstáculos en la carretera (Mazhar, y otros, 2019).

Finalmente, la tercera categoría es aplicaciones de sociales, donde los usuarios comparten información percibida entre ellos para cubrir alguna necesidad. Existen proyectos realizados como el de un nuevo modelo de confianza llamado Experience-Reputation (E-R) para evaluar las relaciones de confianza entre dos usuarios de dispositivos móviles en una plataforma MCS. Se establecen indicadores de confianza (TI) de experiencia, reputación y se realiza una evaluación para obtener niveles de confianza entre los usuarios (Truong , Lee, Um , & Mackay, 2019).

2.13.5 Ejemplos de aplicaciones para sistemas MCS

Existen varias empresas que utilizan al Mobile Crowdsourcing para el desarrollo de ideas o proyectos. Por medio de los sistemas MCS las personas interesadas en la convocatoria se dedican a realizar la tarea solicitada con teléfonos inteligentes y nutren el sistema de las empresas (Watchity, 2018). Unos ejemplos de aplicaciones MCS, se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13
Ejemplos de Aplicaciones MCS

Aplicación	Servicio
Waze	Funciona como una comunidad de conductores los cuales aportan información sobre el tráfico y accidentes que ayudan a los demás usuarios a mostrar la mejor ruta a un destino y evitar los estancamientos.
Crowdsourc	Es una plataforma para dispositivos Android implementada por Google, los usuarios por medio de tareas rápidas y sencillas contribuyen a mejorar la calidad del Traductor de Google y Google Maps.
Perpetuall	Ayuda a sus usuarios a mantener siempre la información actualizada de sus contactos y notifica si alguien hizo un cambio de número o correo.
Doulingo	Mediante “Duolingo Incubator” permite a los usuarios a crear sus propios cursos de idiomas, para poder ver si hay participantes y como están los resultados.
EyeKa	Por medio de desafíos contacta con una comunidad de creadores y en cuestión de días consiguen soluciones.
Watchity	Permite a las empresas capturar el video en vivo que está siendo creado por su público objetivo para luego ser contenido de su marca.
Be My Eyes	Una persona no vidente se puede conectar a una multitud para pedir ayuda a través del uso de la cámara trasera del Smartphone, una conexión de audio y video en vivo.
FireChat	Permite a los usuarios conversar por medio de un chat público con las personas que los rodean sin cobertura de red móvil o conexión a Internet (Solo con conexión Bluetooth o Wi-Fi).
Quora	Un usuario deja una pregunta de un tema específico y la multitud le responde contribuyendo a cubrir la duda.
Figure 1	Es un aplicación exclusiva para médicos, que les permite subir y compartir fotos y conectarse con sus colegas para pedir colaboración en tiempo real o discutir sobre alguna investigación.

Fuente: (Watchity, 2018) y (Capati, 2015)

2.13.6 Ventajas y desventajas de un sistema Mobile Crowdsourcing (MCS)

Según Condés (2016) y ISDI (2017), existen diferentes tipos de factores a considerarse antes de implementar plataforma crowdsourcing. A continuación, se muestran las ventajas y desventajas más destacadas para un sistema MCS.

Ventajas de MCS

- Reducción de costos y mayor probabilidad de obtener soluciones al objetivo planteado.
- Mayores resultados con ideas creativas y selección de talento.
- Promueve la innovación y la diversidad.
- Mayor captación.
- Solución a problemas que solo una multitud de personas lo pueden hacer.
- Reconocimiento económico o social para los participantes.
- Mayor conexión de clientes.

Desventajas de MCS

- Recepción de gran cantidad de material que no sirva para el objetivo planteado.
- Proceso lento por exceso de información errónea.
- Malos resultados por falta de motivación económica.
- Planteamiento previo.
- Derechos de autor
- Uso obligatorio de Internet.

Generalmente para llegar a los solicitantes o usuarios finales y mostrar la información recolectada o visualizada, se usa una aplicación o desarrollo web.

2.14 Servicios Web

Un servicio web es un sistema de intercambio de información entre aplicaciones por medio de protocolos web estandarizados (HTTP o HTTPS). Tiene su alojamiento en una ubicación

direccionable en la red y utiliza un sistema de mensajería XML (Lenguaje de Marcado Extensible) (IBM, 2019).

2.14.1 Arquitectura Cliente-Servidor

Se puede definir como una arquitectura distribuida que tiene dos partes fundamentales, el servidor que proporciona los servicios y el cliente que realiza las peticiones de servicios. Es una arquitectura muy utilizada en aplicaciones modernas, donde el servidor posee un hardware potente y un software específico para poder encargarse de la demanda de recursos propuesta por el cliente. El servidor actúa como depósito de datos y funciona como un gestor de base de datos (Schiaffarino, 2019). En la figura 19, se muestra un modelo de arquitectura cliente-servidor con servicios web, el cual se utilizará para el proyecto de investigación.

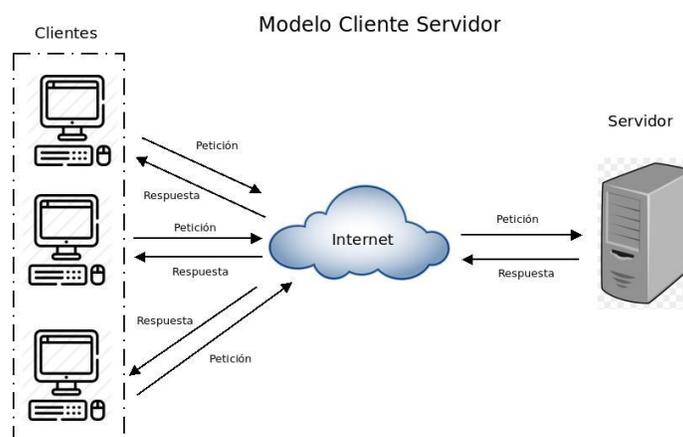


Figura 19 Modelo Cliente-Servidor
Fuente: (Schiaffarino, 2019)

2.15 Componentes para el desarrollo Front-End

- **Concrete5**

Concrete5 es un sistema de gestión de contenido (CMS) de código abierto, el cual sirve como herramienta para el diseño de páginas web pequeñas. Su estructura de funcionamiento

está basada en el uso de plantillas y bloques, las plantillas llevan los diseños predefinidos para la interfaz gráfica del sitio web y los bloques van colocados sobre cada plantilla. Los bloques pueden ofrecer diferentes tipos de contenidos como textos, imágenes, comentarios, mapas y también la posibilidad de ingresar scripts en código HTML, CSS o JavaScript (Concrete5, 2019).

- **HTML**

El Lenguaje de Marcado para Hipertextos (HTML), es el elemento básico para el desarrollo de páginas web estáticas. Es utilizado para crear y organizar el contenido de la interfaz gráfica de una página web para el usuario, pero no su funcionalidad. Utiliza fragmentos de texto denominados etiquetas o tags para declarar el contenido (Mozilla Developers, 2019).

- **CSS**

Las Hojas de Estilo en Cascada (CSS), se crearon para funcionar junto a HTML y poder modificar la presentación de los elementos de una página web (tipo de letra del texto, tamaño de botones, formularios, márgenes, posiciones, etc.). Dado que el lenguaje HTML no aplica ningún estilo a estos elementos y su interfaz es muy básica (Mozilla Developers, 2019).

En el proyecto de investigación se va a utilizar HTML para realizar la implementación de los botones de acceso y CSS para editar el estilo de los botones.

- **JavaScript**

JavaScript es un lenguaje de programación rápido y ligero, que está diseñado para ser implementado por medio de Scripts (Rutinas). Permite agregar varias funcionalidades y acciones a una página web. Además, es un lenguaje de programación orientado a objetos, diseñado para aplicaciones cliente-servidor. Entre sus principales características están que se

puede implementar junto con el código HTML y no necesita un compilador ya que los mismos navegadores lo interpretan y habilitan sus funciones (Mozilla Developers, 2019).

Por medio de JavaScript se pretende hacer el proceso de interpretación de los datos descargados de la base de datos para cada operadora móvil.

2.16 Componentes para el desarrollo Back-End

- **Sistema de gestión de Base de Datos (Percona Server)**

Percona Server es una alternativa de MySQL para la gestión de bases de datos. Ofrece rendimiento, escalabilidad, características e instrumentación de vanguardia. Además, posee algoritmos de autoajuste y soporte para hardware de alto rendimiento. Esta desarrollado por Percona, empresa destinada a proveer soluciones de bases de datos de código abierto. Desde sus inicios ha mantenido una gran compatibilidad con MySQL y actualmente tiene la capacidad de interpretar lenguaje SQL (Lenguaje de consulta estructurado). Posee dos versiones una gratuita (Percona Server (GPL)) que puede trabajar con MySQL y una versión comercial (Percona Enterprise Edition). Su motor de base de datos es XtraDB en vez de Oracle InnoDB que lleva MySQL (Percona, 2019).

- **PHP**

PHP (Hypertext PreProcessor) es un lenguaje de código abierto de alto nivel especialmente adecuado para funcionar en el lado del servidor, está diseñado para el desarrollo de páginas web dinámicas y puede ser utilizado junto con HTML. Además, se puede utilizar para acceder o gestionar bases de datos, establecer comunicaciones entre cliente-servidor y a partir de la versión PHP 5 permite implementar técnicas de programación orientada a objetos (PHP, 2019).

En el desarrollo del proyecto se pretende utilizar scripts PHP para realizar la conexión y envío de datos, creación de tablas dinámicas, así como la exportación en formato CSV de la base de datos.

- **cPanel**

cPanel (Control Panel) es un panel de control basado en Linux, actualmente es uno de los más populares para cuentas de alojamiento web. Provee de herramientas y una interfaz gráfica para poder administrar cómodamente todos los servicios desde una página web.

Actualmente, JustHost utiliza a cPanel como el panel de control estándar de sus servicios de hosting web. Es intuitivo, eficiente, ligero y fácil de usar. Ya sea gestionando ficheros, aplicaciones, usuarios FTP, direcciones de correo electrónico, seguridad y bases de datos (JustHost, 2019).

- **phpMyAdmin**

phpMyAdmin es una herramienta gratuita escrita en lenguaje PHP, que permite acceder a todas las funciones de una base de datos a través del navegador web. Es el administrador de bases de datos por defecto en muchos paneles de control comerciales como son cPanel, Plesk o DirectAdmin (Vergara, 2016). Entre sus principales características están:

- Permite crear y eliminar bases de datos.
- Puede crear, modificar y eliminar tablas o campos.
- Se puede ejecutar sentencias SQL para modificar por código las tablas o campos.
- Administración de privilegios.
- Administración de múltiples servidores.
- Importar o exportar datos en formatos CSV, SQL, XML, PDF.

- **HTTP**

El protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) es el protocolo de transmisión de información de la World Wide Web (WWW) y fue diseñado inicialmente para transmitir HTML, tiene la estructura cliente-servidor, lo que significa que el cliente envía la solicitud de datos al servidor y espera el mensaje de respuesta del servidor. Es la base para cualquier intercambio en la web y hoy en día permite transmitir todo tipo de documento (imágenes, documentos, audio, video, etc.) (Mozilla Developers, 2019). La figura 20 muestra el intercambio de datos por medio del protocolo HTTP.

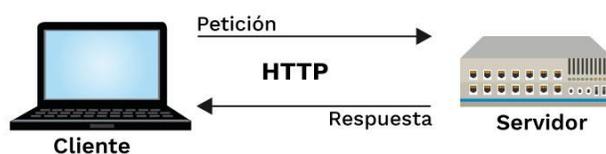


Figura 20 Intercambio de datos con protocolo HTTP
Fuente: (Bultren, 2016)

HTTP define un conjunto de métodos para poder realizar diferentes acciones. La Tabla 14 muestra algunos de los métodos, que serán utilizados para la implementación del proyecto de investigación, basándose en un modelo cliente-servidor.

Tabla 14

Tipos de métodos HTTP

Método	Descripción
GET	Se utiliza para obtener los datos que están almacenados en el servidor
POST	Se utiliza para enviar la información desde el cliente para que sea procesada, utilizada y almacenada en el servidor.

Fuente: (Bultren, 2016)

2.17 API de Google Maps

La API de Google Maps es utilizada por los desarrolladores para mostrar mapas por medio del uso de la tecnología JavaScript en proyectos de páginas web y aplicaciones móviles.

A partir de mayo del 2018, Google Maps presentó su nueva actualización combinando sus 18 APIs individuales en tres servicios principales: Mapas, Rutas y Lugares. Esta nueva actualización propuso un nuevo plan de precios y también la unificación de todos los servicios en un solo espacio denominado “Google Maps Platform”. El nuevo plan de precios estableció un registro obligatorio de facturación con tarjeta de crédito y un cobro mensual por uso de sus servicios.(Google Maps Platform, 2018).

- **Tipos de Mapas**

Existen cuatro tipos de mapas disponibles dentro de la API de JavaScript de Google Maps, como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Tipos de mapas

Mapa	Descripción
Roadmap	Muestra la vista 2D predeterminada del mapa con carreteras y fronteras.
Satellite	Muestra imágenes de satélite de Google Earth.
Hybrid	Muestra una mezcla de la vista normal (carreteras y fronteras) y satélite.
Terrain	Muestra un mapa físico 3D basado en la información del terreno (montañas, ríos, etc.).

Fuente: (Google Developers, 2019)

En función a los mapas descritos en la Tabla 13, para el desarrollo de la aplicación web se ha planteado utilizar el tipo de mapa Terrain y Satellite para poder obtener una mejor visualización de la cobertura en lugares donde existan obstáculos como montañas, quebradas o ríos.

La empresa S3T-TELQUALITY se encargó de realizar el registro de facturación para poder utilizar el API de Google Maps con todas sus funciones en el desarrollo el proyecto.

2.18 Mapa de Calor

Un mapa de calor o heatmap, es una representación gráfica en base a un código de colores suaves, que ayuda a mostrar los resultados de forma gráfica para un rápido análisis. Sobre el mapa se dibujan puntos calientes que representan los conjuntos de datos más relevantes dentro de una base de datos. Existen diferentes escalas de colores para ilustrar un mapa de calor (Silhavy, Senkerik, Oplatkova, Silhavy, & Prokopova, 2016). La figura 21 muestra un mapa de calor para la cobertura móvil 3G sobre la ciudad de Buenos Aires.

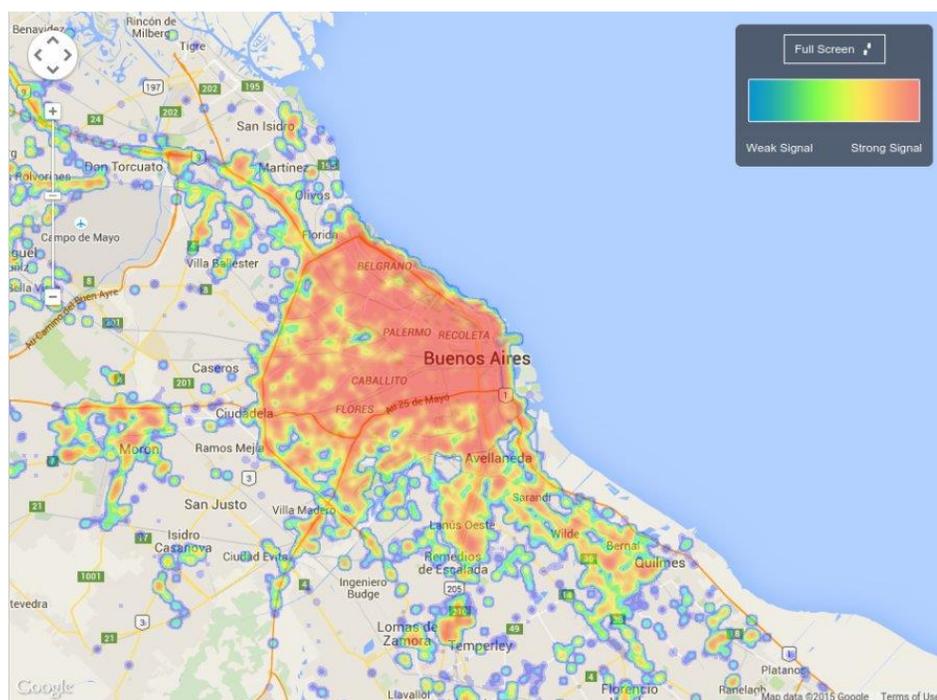


Figura 21 Mapa de calor para la cobertura celular
Fuente: (Baccaglioni, 2015)

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Descripción

Para el desarrollo del proyecto de investigación se pretende implementar un sistema Mobile Crowdsourcing (MSC), para ello se debe realizar el diseño e implementación de cada uno de los elementos básicos que deben estar presentes en el sistema.

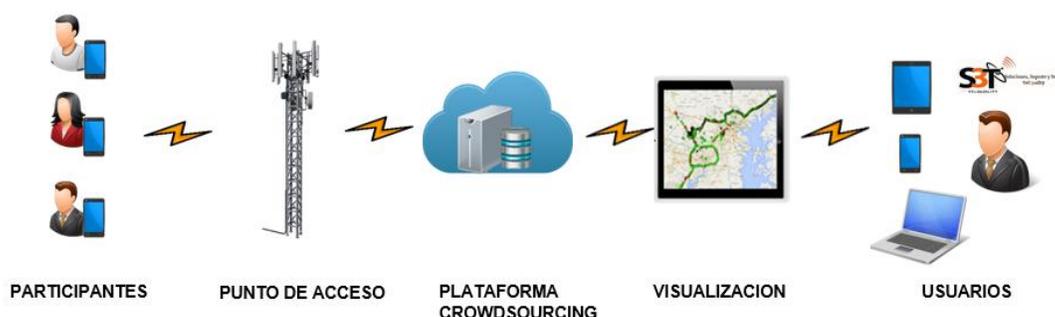


Figura 22 Escenario para el sistema MCS

La Figura 22 muestra los elementos necesarios para la implementación del sistema MSC del proyecto. Por un lado, se tiene a los participantes quienes se encargarán de la recolección de la información de cobertura en sus teléfonos inteligentes, para su posterior envío a la plataforma Crowdsourcing por medio del punto de acceso y por otro lado el envío de información de la base de datos para obtener la visualización por medio de una interfaz web creada para los usuarios de la empresa.

3.2 Descripción de Hardware

Los requerimientos de Hardware, describen las características mínimas del servidor y los dispositivos móviles para la implementación del sistema de identificación de cobertura.

3.2.1 Requerimientos de Hardware

La tabla 16, muestra el Hardware necesario para la implantación del sistema basado en los elementos de una arquitectura para el sistema Mobile Crowdsourcing (MSC).

Tabla 16
Requisitos de Hardware

Requisito	Características
Puntos de Acceso	Radio bases con tecnología 3G o 3.5G
Teléfonos inteligentes	Gama Media, Media Premium, Alta y alta Premium Sistema A-GPS Procesador de cuatro núcleos o superior Memoria Ram 512MB o superior

La Tabla 17 muestra las principales características del Plan Plus del servidor de alojamiento JustHost contratado por la empresa S3T-TELQUALITY.

Tabla 17
Características del Plan Plus

Parámetro	Descripción
Sitios Web	10 disponibles
Espacio de almacenamiento	150 Gb
Ancho de Banda	Ilimitado
Rendimiento	Estándar
Certificado SSL	Libre
Gestor de Servicios	cPanel
Versión de cPanel	11.78.0.21
Versión PHP	7.27
Versión de librería MySQL	5.1.173

CONTINÚA 

Herramienta para gestión de base de datos	phpMyAdmin
Versión de phpMyAdmin	4.8.3
Tipo de Servidor	Percona Server (GPL)
Versión del Servidor	5.6.41
Tipo de acceso a ficheros	Cliente FTP o directamente desde cPanel
Tamaño máximo de archivos	500 MB
Página de informe de errores	Crea un Log indicando el error y muestra el error 404

Fuente: (JustHost, 2019)

3.3 Descripción de Software

Los requerimientos de Software, describen los componentes lógicos necesarios para la implementación sistema de identificación de cobertura.

3.3.1 Requerimientos de Software

El software necesario para la implementación del sistema, consta de los siguientes elementos:

a) Aplicación Móvil

Obtener la ubicación

- Verificar que el servicio de GPS este activado.
- Obtener los parámetros de latitud y longitud.
- Adquirir un nuevo dato cuando exista una variación de ubicación.

Obtener parámetros de Red

- Identificar los parámetros MNC y MCC.
- Obtener el nombre de la operadora celular que está prestando el servicio.
- Adquirir los parámetros de RCSP, PSC, UARFCN.

Enviar Datos

- Iniciar el envío de datos.
- Preparar los datos obtenidos (FECHA, PROVEEDOR DE GPS, LONGITUD, LATITUD, SC, UARFCN, RSCP, OPERADORA, MNC, MCC, USUARIO).
- Llamar a las librerías de protocolo HTTP e indicar direcciones IP del servidor de destino.
- Enviar los datos obtenidos a la base de datos de cada operadora.
- Verificar el envío por medio de un indicador.

Visualizar ruta en Página Web

- Incorporar un navegador web que muestre la ruta para cada operadora.

b) Base de datos

- Definir el usuario y contraseña para el envío/recepción de datos
- Definir las tablas de almacenamiento de datos.

c) Aplicación Web

Interfaz gráfica

- Trabajar con la página web de la empresa.
- Establecer la estructura y el orden de las nuevas páginas web.
- Diseñar la interfaz para visualizar los mapas de cobertura.
- Solicitar los datos de cada operadora a la base de datos.

Generar Mapas

- Utilizar un API para crear mapas.
- Centrar el mapa en Sangolquí.

- Asignar valor inicial de Zoom.

Graficar Marcadores

- Establecer un rango de colores.
- Comparar los valores de RSCP adquiridos para determinar su color.
- Graficar marcadores en el mapa.
- Asignar un letrero que muestre el SC y UARFCN para cada marcador.

d) Servicio Web

- Implementar la arquitectura cliente-servidor.
- Definir los métodos HTTP que se van a utilizar.
- Implementar scripts para la comunicación.

3.3.2 Aplicación Móvil

Para la implementación de la aplicación móvil, es importante tener en cuenta el IDE (Entorno de Desarrollo integrado). Dado que se va a desarrollar una aplicación híbrida para Android por el manejo de sensores, recursos del sistema y visualización vía web de la cobertura. Se ha elegido como IDE a Android Studio, debido a su gran cantidad de herramientas, soporte y referencias para desarrollo. (Alfocea, 2017).

3.3.2.1 Nivel API

El nivel API en Android, representa un conjunto de funciones incluido clases y métodos que pueden ser llamados para realizar una determinada función en la aplicación. Para el diseño de la aplicación que se va a usar en el proyecto de investigación, es necesario escoger un nivel apropiado de API, dado que se va a utilizar los parámetros de cobertura y posicionamiento.

A partir del nivel de API 18 se establecieron clases y métodos para obtener parámetros de identificación de la red UMTS, entre estos parámetros se tiene los requeridos para el proyecto como MNC, MCC, PSC, RSCP. Pero el parámetro UARFCN apareció a partir del nivel API 24, motivo por el cual la aplicación se limita a usar un nivel mínimo de API 24. La Tabla 18 muestra los niveles API definidos para la aplicación móvil.

Tabla 18
Niveles API

API	Nivel	Android	Nombre de la Versión
Mínimo	24	7.0	Nougat
Objetivo	28	9.0	Pie

3.3.2.2 Interfaz Gráfica

Para poder visualizar el diseño de la interfaz gráfica, es necesario crear un wireframe o boceto donde se mostrarán los botones principales, las áreas de texto, los estilos y actividades de una aplicación (Afolayan , 2018).

En la Figura 23 se observa la interfaz gráfica propuesta para la aplicación a desarrollarse, donde cada actividad que se muestra está numerada desde la apertura de la aplicación y se describe a continuación:

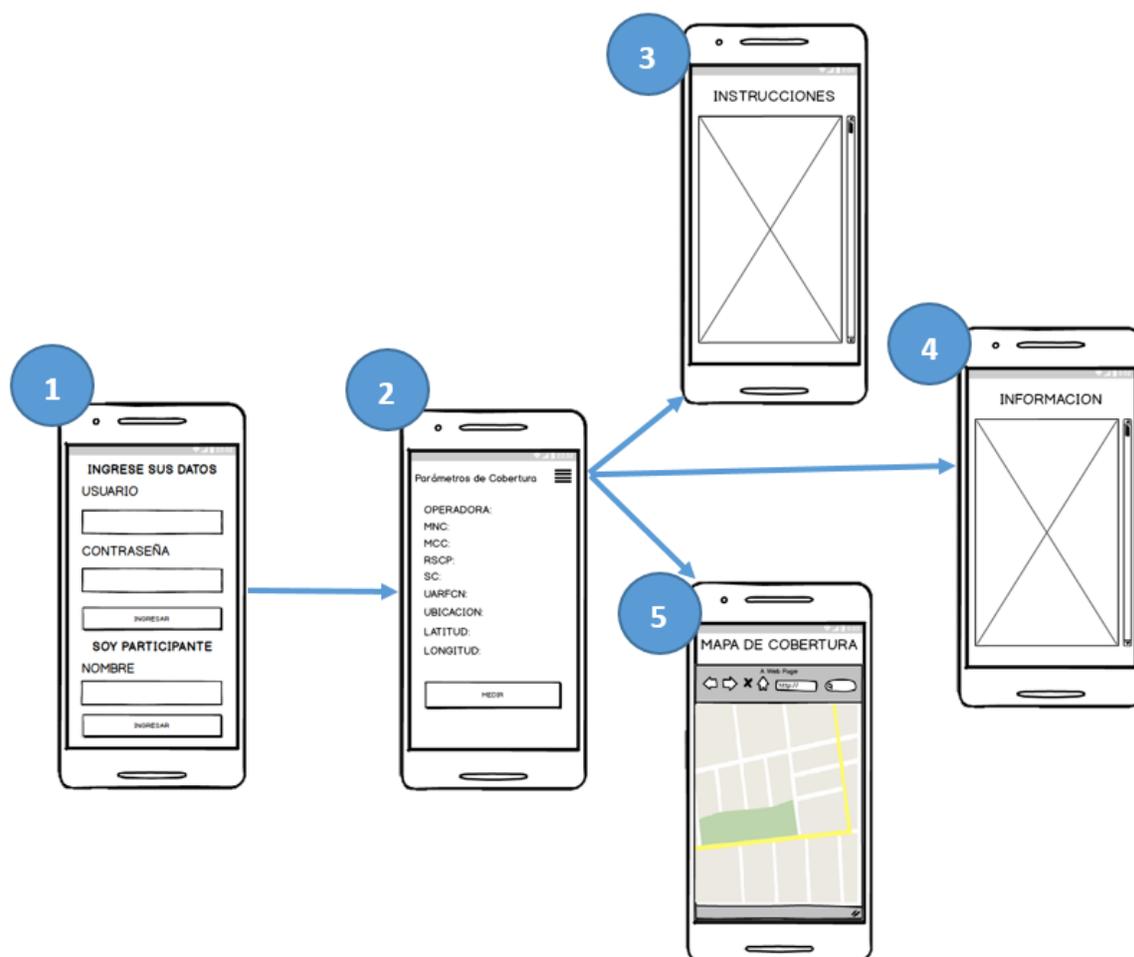


Figura 23 Boceto de la aplicación móvil

1) REGISTRO

Es la actividad inicial (REGISTRO) y está encargada del registro de los participantes o el ingreso de los usuarios de la empresa, para poder dar paso a la actividad principal (DATOS).

La Figura 24 muestra el código para validar el ingreso de los usuarios de la empresa (por medio de EditText) dentro de la aplicación. Existen dos variables globales (usuario y password) y como requerimiento de la empresa auspiciante se han definido tres usuarios (Usuarios3t1,

Usuarios3t2 y Usuarios3t3) para realizar el ingreso, que corresponden al personal que realizan las mediciones en exteriores.

```
String usuario=((EditText)findViewById(R.id.user)).getText().toString();
String password=((EditText)findViewById(R.id.pass)).getText().toString();
if(usuario.equals("Usuarios3t1")&&password.equals("s3t1")){
    usuariofinal="Usuarios3t1";
    Intent ingresar=new Intent(REGISTRO.this,DATOS.class);
    ingresar.putExtra("variable_string", usuariofinal );
    startActivity(ingresar);
} else if(usuario.equals("Usuarios3t2")&&password.equals("s3t2")){
    usuariofinal="Usuarios3t2";
    Intent ingresar=new Intent(REGISTRO.this,DATOS.class);
    ingresar.putExtra("variable_string", usuariofinal );
    startActivity(ingresar);
} else if(usuario.equals("Usuarios3t3")&&password.equals("s3t3")){
    usuariofinal="Usuarios3t3";
    Intent ingresar=new Intent(REGISTRO.this,DATOS.class);
    ingresar.putExtra("variable_string", usuariofinal );
    startActivity(ingresar);
}else{
    Toast.makeText(getApplicationContext(),"Usuario
Incorrecto",Toast.LENGTH_SHORT).show();
}
```

Figura 24 Código de validación de usuarios de la empresa

La Figura 25 muestra el código para registrar el nombre del participante (por medio de EditText) dentro de la aplicación. Existe una variable global (invitado), donde se debe ingresar el nombre y apellido del participante.

```
String invitado=((EditText)findViewById(R.id.invitado)).getText().toString();
if(invitado.isEmpty()){
    Toast.makeText(getApplicationContext(),"INGRESE SU
NOMBRE",Toast.LENGTH_LONG).show();
}
else{
    Intent ingresar=new Intent(REGISTRO.this,DATOS.class);
    ingresar.putExtra("variable_string", invitado );
    startActivity(ingresar);
}
```

Figura 25 Código de validación de usuarios de la empresa

Se utiliza objetos tipo “Intent” para poder enviar los nombres de los usuarios registrados a la actividad principal.

2) ACTIVIDAD PRINCIPAL (DATOS)

Esta es la actividad principal, la cual se encargará de la medición de cobertura y el envío de datos al servidor. Además, se va a colocar un botón en la parte superior para poder acceder a los manuales de la aplicación o la visualización del recorrido realizado.

La Tabla 19, muestra las clases y métodos que serán utilizados para la identificación de la cobertura (Android Developers, 2018).

Tabla 19
Métodos y clases para medir la cobertura

Método	Clase	Descripción
getMnc()	CellIdentityWcdma	Código indicador de operadora
getMcc()	CellIdentityWcdma	Código indicador del país
getPsc()	CellIdentityWcdma	Código de aleatorización primario UMTS
getUarfcn()	CellIdentityWcdma	Número de canal de frecuencia absoluto UMTS
getAsuLevel()	CellSignalStrengthWcdma	Obtiene la intensidad de señal

Fuente: (Android Developers, 2018)

La Figura 26 muestra el código donde se crearon dos objetos “cellSignalStrengthWcdma” y “cellIdentityWcdma” para poder obtener acceso a los métodos de las clases CellSignalStrengthWcdma y CellIdentityWcdma respectivamente. Adicionalmente se muestra la lectura y asignación de valores para los TextView, que se muestran en la interfaz gráfica de la actividad principal como parámetros de cobertura.

```
CellIdentityWcdma cellIdentityWcdma = cellinfoWcdma.getCellIdentity();
CellSignalStrengthWcdma cellSignalStrengthWcdma = cellinfoWcdma.getCellSignalStrength();
txtrcsp.setText(String.valueOf(2*cellSignalStrengthWcdma.getAsuLevel()-113+" dbm"));
txtsc.setText(String.valueOf(cellIdentityWcdma.getPsc()));
txtmnc.setText(String.valueOf(cellIdentityWcdma.getMnc()));
txtmcc.setText(String.valueOf(cellIdentityWcdma.getMcc()));
txtuarfcn.setText(String.valueOf(cellIdentityWcdma.getUarfcn()));
```

Figura 26 Código para medir la cobertura

GPS

Para el desarrollo del proyecto se ha planteado utilizar el estándar de distancia conocido como “Binning” que la empresa maneja en sus proyectos de medición de cobertura. El Binning está definido como una variación de 5 metros de distancia para hacer una nueva medición y registro los datos. Adicionalmente se debe considerar el tiempo de actualización de la posición, por lo que también se ha definido el tiempo de 1 segundo para verificar si existió un desplazamiento de 5 metros, considerando que las mediciones serán realizadas en un vehículo en movimiento o mientras el usuario está caminando.

La Figura 27 muestra el código implementado del método que se encarga de iniciar el GPS, donde se establece que para actualizar la ubicación se debe recorrer una distancia de 5 metros y un tiempo de verificación de 1000 milisegundos (cuadro rojo). Es importante mencionar que cada vez que se actualiza la ubicación, se programó para que también se actualicen los parámetros de cobertura y se realice el envío a la base de datos.

```
public void iniciargps() {
    locgps = (LocationManager) getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);
    Criteria c = new Criteria();
    c.setAccuracy(Criteria.ACCURACY_FINE);
    proveedor = locgps.getBestProvider(c, true);
    txtgps.setText(proveedor);

    if (ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
    Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION) !=
    PackageManager.PERMISSION_GRANTED && ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
    Manifest.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION) !=
    PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {

        ActivityCompat.requestPermissions(this, new
        String[]{Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION, Manifest.permission.ACCESS_
        COARSE_LOCATION}, 5000);

    }

    locgps.requestLocationUpdates(proveedor, 1000, 5, this);
}
```

Figura 27 Código para iniciar GPS y realizar la actualización.

Para obtener las coordenadas geográficas de forma más exacta se ha definido el uso de los dos proveedores de ubicación GPS_PROVIDER y NETWORK_PROVIDER, seleccionando el que mejor recepción tenga o este habilitado por el usuario.

Considerando que el API de Google Maps solo trabaja con 6 decimales (suficientes para ubicar a una persona en movimiento) y automáticamente descarta los demás decimales que existan en el registro, se ha decidido dejar libre la cantidad de decimales que será entregada por los métodos GPS_PROVIDER y NETWORK_PROVIDER. (Google Maps, 2019).

UARFCN

La empresa S3T-TELQUALITY ha proporcionado la información de los UARFCN utilizados por las operadoras. La Tabla 20 muestra el resumen de la información donde se puede identificar los UARFCN, la frecuencia portadora y la banda utilizada de cada operadora móvil.

Tabla 20
UARFCN

OPERADORA	UARFCN	FRECUENCIA PORTADORA	BANDA
MOVISTAR	4412	850	5
	4436	850	5
	512	1900	2
	537	1900	2
CLARO	4387	850	5
	587	1900	2
	612	1900	2
CNT	662	1900	2
	687	1900	2

Con esta información se puede obtener la frecuencia utilizada y poder realizar una comparación del uso por cada operadora móvil celular.

RSCP

Según LTE-Anbieter (2016), para obtener el RSCP en dBm, se debe realizar la conversión indicada en la ecuación (5).

$$dBm = (2 \times ASU) - 113 \quad (5)$$

Como se describió en el capítulo 2, la variación de intensidad de señal recibida (RSCP) establece un rango de cobertura que va desde -60 dBm (Excelente) a -120 dBm. (Sin Cobertura). Sin embargo, para el proyecto de investigación tomando en cuenta las referencias de rangos y consultando al personal analista de la empresa S3T-TELQUALITY, se estableció un rango de 4 niveles con indicadores de señal (EXCELENTE, BUENO, REGULAR Y MALO). La Figura 28 muestra la leyenda establecida para dibujar los marcadores de RSCP sobre el mapa, cada rango tiene una variación de -10 dBm con su respectivo color.

RSCP: INTENSIDAD DE SEÑAL		
EXCELENTE		RSCP > -79dbm
BUENO		-89dbm < RSCP < -79dbm
REGULAR		-99dbm < RSCP < -89dbm
MALO		RSCP < -99dbm

Figura 28 Leyenda de RSCP

MCC Y MNC

Los parámetros MCC y MNC, son dos códigos únicos que sirven para identificar el país y las operadoras móviles celulares respectivamente (Hayes, 2015). Los códigos MCC y MNC presentes en el país están descritos en la Tabla 21.

Tabla 21*MCC Y MNC*

MCC	MNC	OPERADORA
740	00	Otecel S.A. (MOVISTAR)
740	01	Conecel S.A. (CLARO)
740	02	CNT

Fuente: (Hayes, 2015)

Como se muestra en la Tabla 21 existe un único identificador para el país (740) y diferentes indicadoras para las operadoras móviles celulares.

La Figura 29 muestra la estructura de la cadena de texto que será enviada junto con el URL para el almacenamiento de los datos por medio del método HTTP GET, el cual fue implementado con el uso de AsyncTask en el método Registro (este modelo será replicado para las tres operadoras móviles).

```
new Registro().execute("http://s3t-telquality.com/concrete5/cobertura/SCRIPT PHP DE LA
OPERADORA"+TIEMPO+PROVEEDORGPS+LONGITUD+LATITUD+SC+UARFCN+RSCP+OPERADORA+MCC+MNCC+USUARIO
```

Figura 29 . Estructura de la cadena de texto

La Figura 30 muestra el código donde se realiza la comparación del parámetro MNC para identificar y mostrar el nombre de la operadora móvil en el TextView respectivo. Adicionalmente se realiza el envío de los parámetros medidos por medio de AsyncTask, utilizando el método GET para el envío a la respectiva tabla de la base de datos.

```

if(cellIdentityWcdma.getMnc()==0){
    txtoperadora.setText("MOVISTAR");
    new Registro().execute("http://s3t-
telquality.com/concrete5/cobertura/MOVISTAR_registro.php?FECHA="+txttiempo.ge
tTime()+
"&GPS="+txtgps.getText().toString()+"&GPS="+txtgps.getText().toString()+"&LON
GITUD="+txtlongitud.getText().toString()+
"&LATITUD="+txtlatitud.getText().toString()+"&SC="+txtsc.getText().toString()+
"&UARFCN="+txtuarfcn.getText().toString()+
"&UARFCN="+txtuarfcn.getText().toString()+"&RCSP="+txtrcsp.getText().toString
()+
"&OPERADORA="+txtoperadora.getText().toString()+
"&MNC="+txtmnc.getText().toString()+"&MCC="+txtmcc.getText().toString()+"&USU
ARIO="+txtusuario.getText().toString());
}
else if(cellIdentityWcdma.getMnc()==1){
    txtoperadora.setText("CLARO");
    new Registro().execute("http://s3t-
telquality.com/concrete5/cobertura/CLARO_registro.php?FECHA="+txttiempo.getTi
me()+"&GPS="+txtgps.getText().toString()+"&GPS="+txtgps.getText().toString()+
"&LONGITUD="+txtlongitud.getText().toString()+"&LATITUD="+txtlatitud.getText(
).toString()+"&SC="+txtsc.getText().toString()+"&UARFCN="+txtuarfcn.getText(
).toString()+"&UARFCN="+txtuarfcn.getText().toString()+"&RCSP="+txtrcsp.getTex
t().toString()+"&OPERADORA="+txtoperadora.getText().toString()+"&MNC="+txtmnc
.getText().toString()+"&MCC="+txtmcc.getText().toString()+"&USUARIO="+txtusua
rio.getText().toString());
}
else if(cellIdentityWcdma.getMnc()==2){
    txtoperadora.setText("CNT");
    new Registro().execute("http://s3t-
telquality.com/concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA="+txttiempo.getTiempo
().toString()+"&GPS="+txtgps.getText().toString()+"&GPS="+txtgps.getText().toString()+"&
LONGITUD="+txtlongitud.getText().toString()+"&LATITUD="+txtlatitud.getText().
toString()+"&SC="+txtsc.getText().toString()+"&UARFCN="+txtuarfcn.getText().t
oString()+"&UARFCN="+txtuarfcn.getText().toString()+"&RCSP="+txtrcsp.getTex
t().toString()+"&OPERADORA="+txtoperadora.getText().toString()+"&MNC="+txtmnc.g
etText().toString()+"&MCC="+txtmcc.getText().toString()+"&USUARIO="+txtusuari
o.getText().toString());
}
else{
    txtoperadora.setText("NINGUNO");
}
}

```

Figura 30 Código para validar operador y enviar datos.

Finalmente se diseñó un botón en la parte superior derecha de la pantalla, el cual al ser presionado desplegará un menú con opciones para acceder a las actividades de INSTRUCCIONES, INFORMACION, VISUALIZAR o Salir de la aplicación. La Figura 31 muestra el código desarrollado para acceder a cada actividad respectivamente.

```

public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
    int id = item.getItemId();
    if (id==R.id.opcion1) {
        Intent instrucciones=new Intent (DATOS.this,INSTRUCCIONES.class);
        startActivity(instrucciones);
    }
    if (id==R.id.opcion2) {
        Intent informacion=new Intent (DATOS.this,INFORMACION.class);
        startActivity(informacion);
    }
    if (id==R.id.opcion3) {
        Intent visualizar=new Intent (DATOS.this,VISUALIZAR.class);
        startActivity(visualizar);
    }
    if (id==R.id.opcion4) {
        finish();
    }
    return super.onOptionsItemSelected(item);
}

```

Figura 31 Código del menú desplegable.

3) INSTRUCCIONES

Esta actividad será de tipo desplazamiento (Scrolling Activity), donde se describe las instrucciones para poner en funcionamiento la aplicación.

4) INSTRUCCIONES

Esta actividad será de tipo desplazamiento (Scrolling Activity), donde se describe el significado de los parámetros medidos en la aplicación.

5) VISUALIZAR

En esta actividad se integra un navegador web (WebView) con el dominio de la página web de la empresa, con lo cual se podrá acceder a la visualización de los mapas de cobertura. La Figura 32 muestra el código donde se especifica la dirección URL que se debe cargar de forma predefinida.

```

WebView myWebView = (WebView) findViewById(R.id.webView);
myWebView.getSettings().setBuiltInZoomControls(true);
myWebView.loadUrl("http://www.s3t-telquality.com/");

```

Figura 32 Código del menú desplegable.

3.3.3 Aplicación Web

Para el desarrollo de la aplicación web se pretende utilizar un servicio con solicitudes por medio del protocolo HTTP y respuestas en formato XML. Se plantea formar una arquitectura Cliente-Servidor, la cual consta de dos componentes importantes (Jarquín, 2018):

- **Front-End:** Posee el código que se va a ejecutar en el lado del cliente. Generalmente se ejecuta en el navegador web del usuario y crea la interfaz gráfica.
- **Back-End:** Posee el código y la lógica que se va a ejecutar en el servidor para enviar o recibir los datos del cliente y almacenarlos en la base de datos.

3.3.3.1 Front-End

Describe a la interfaz gráfica que el usuario ve y se carga a través de un navegador. Posee todos los diseños y elementos gráficos que componen la página web (estilos, colores, fondos, tamaños, animaciones, etc.). Para poder realizar una interfaz gráfica es necesario el uso de lenguajes de programación como HTML, CSS o JavaScript. También existe la posibilidad de utilizar sistemas de gestión de contenido (CMS) como Wordpress, Joomla, Concrete5 o Drupal (Jarquín, 2018).

La empresa S3T-TELQUALITY ha otorgado el acceso a su servidor de alojamiento (JustHost) donde se encuentra su página web bajo el dominio de “www.s3t-telquality.com”. Se pretende trabajar sobre su página web realizada en la plataforma Concrete5 y aumentar una

nueva página web denominada “Medición de Cobertura”, donde estará implementada la aplicación web que utilizará el API de Google Maps para mostrar los marcadores de cobertura.

- **Interfaz Gráfica**

Para el desarrollo de la aplicación web donde se va a mostrar la cobertura para las tres operadoras móviles sobre Google Maps, es necesario trabajar en la página web de la empresa. Por este motivo, previamente a la implementación es necesario hacer una planificación de la organización de las páginas que se van a colocar y sus características. También es necesario crear los wireframes o bocetos donde se mostrarán la estructura y el diseño para cada página nueva.

En la Figura 33 se observa la página web de la empresa implementada en la plataforma Concrete5, el cuadro rojo indica la nueva Página Web incorporada con el nombre de “Medición de Cobertura”.



Figura 33 Página web de la empresa

En la Figura 34 se muestra el diagrama de flujo para la implementación de las nuevas páginas Web que estarán disponibles después de acceder a la página principal “Medición de Cobertura”.

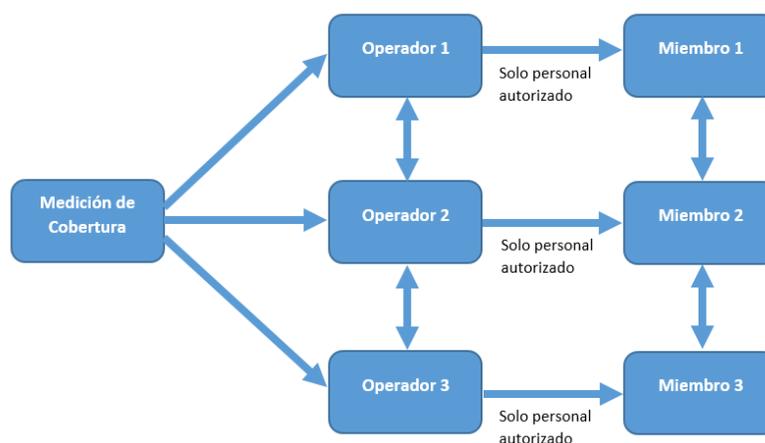


Figura 34 Diagrama de flujo de Páginas Web.

Las nuevas páginas web que estarán disponibles para los usuarios han sido pensadas para cumplir con una determinada función como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22
Índice de Páginas Web

Página Web	Descripción
Medición de Cobertura	Es la página principal donde se ubicaran los accesos para cada operador.
Operador 1	Corresponde a la Operadora “Movistar” y muestra su mapa de cobertura, también cuenta con botones de navegación para ir a las páginas de las otras operadoras, así como un bloque de autenticación para acceder como miembro de la empresa.
Operador 2	Corresponde a la Operadora “Claro” y muestra su mapa de cobertura, también cuenta con botones de navegación para ir a las páginas de las otras operadoras, así como un bloque de autenticación para acceder como miembro de la empresa.

CONTINÚA 

Operador 3	Corresponde a la Operadora “CNT” y muestra su mapa de cobertura, también cuenta con botones de navegación para ir a las páginas de las otras operadoras, así como un bloque de autenticación para acceder como miembro de la empresa.
------------	---

Miembro 1,2,3	Es la página a la cual se accede posterior a la autenticación realizada en la página del operador. Tiene un mapa de cobertura con el concepto de mapa de calor y accesos para descargar los datos recolectados en la base de datos.
---------------	---

Teniendo en cuenta el diagrama de flujo propuesto para la implementación de las páginas Web, se propone los siguientes diseños para cada página como se muestra a continuación:

Medición de Cobertura

La Figura 35 muestra la página principal que contara con los accesos para ver la medición de cobertura de cada operador, así como la opción de descargar el instalador de la aplicación y un contador de visitas para llevar un control de los accesos.

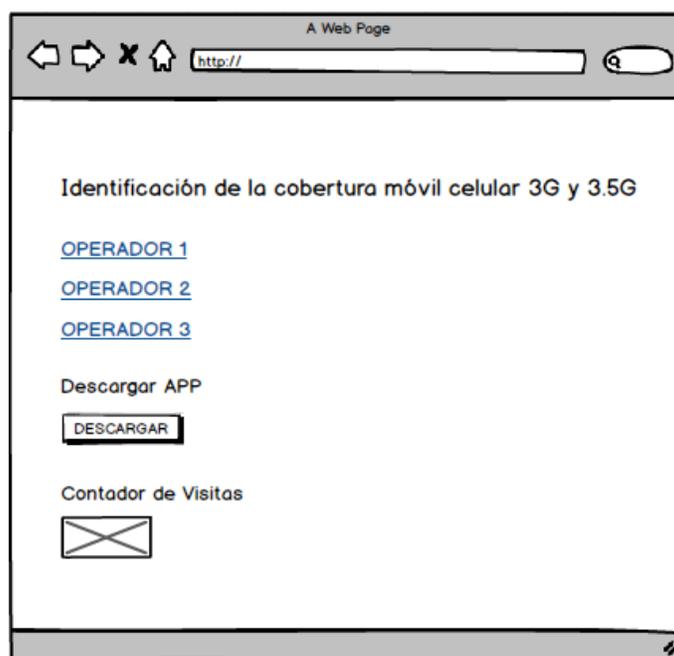


Figura 35 Página “Medición de cobertura”

Operador 1, 2, 3

La Figura 29 muestra la página del “Operador 1” que contara con la leyenda donde estarán los rangos para pintar los marcadores, el mapa donde se visualizara la medición y los campos para ingreso de miembros de la empresa. Adicionalmente en el pie de la página estarán presentes los botones para navegar entre las diferentes operadoras. Este diseño será replicado para las páginas de Operador 2 y 3.

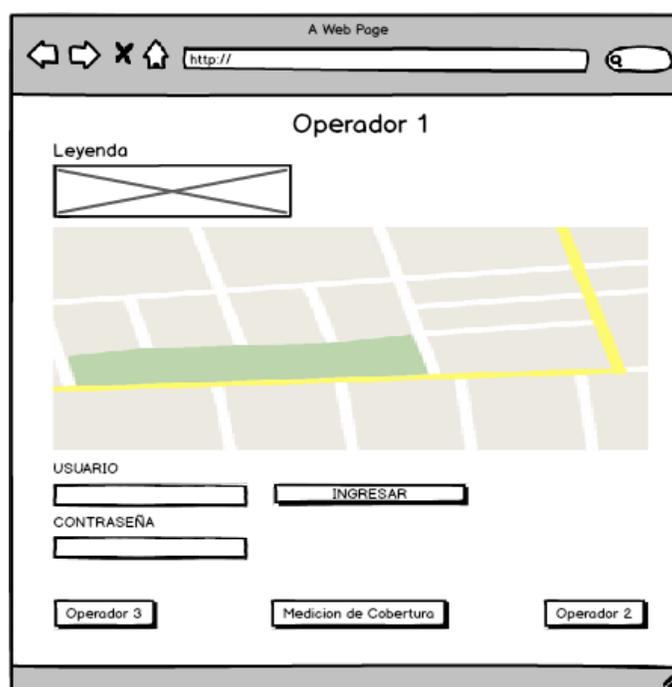


Figura 36 Página “Operador 1”

Miembro 1, 2, 3

La Figura 37 muestra la página del “Miembro 1”, esta página se habilitará una vez concedido el acceso en la página de “Operador 1”, contara con la leyenda donde estarán los rangos para pintar los marcadores, el mapa donde se visualizará la medición utilizando el concepto de mapa de calor y un botón para descargar la base de datos.

Adicionalmente en el pie de la página estarán presentes los botones para navegar entre las diferentes operadoras. Este diseño de igual forma será replicado para las páginas de Miembro 2 y 3.



Figura 37 Página “Miembro 1”

3.3.3.2 Back-End

Describe a la arquitectura interna que no ve el usuario, pero está encargada de toda la parte lógica de un sitio web. Entre sus funciones están las consultas o peticiones a una base de datos, la seguridad, la conexión al servidor, el procesamiento de información, la administración del contenido, etc. Cuenta con una serie de lenguajes y frameworks pero para la implementación del proyecto solo se van a utilizar PHP y JavaScript como herramientas de desarrollo (Mucito, 2018).

3.4 Implementación del sistema

3.4.1 Arquitectura

La arquitectura propuesta para la implementación del sistema se muestra en la Figura 38, donde se puede observar que se maneja una mezcla del concepto cliente-servidor y los tres bloques básicos para un sistema Mobile Crowdsourcing (Participantes, Plataforma central y Solicitantes).

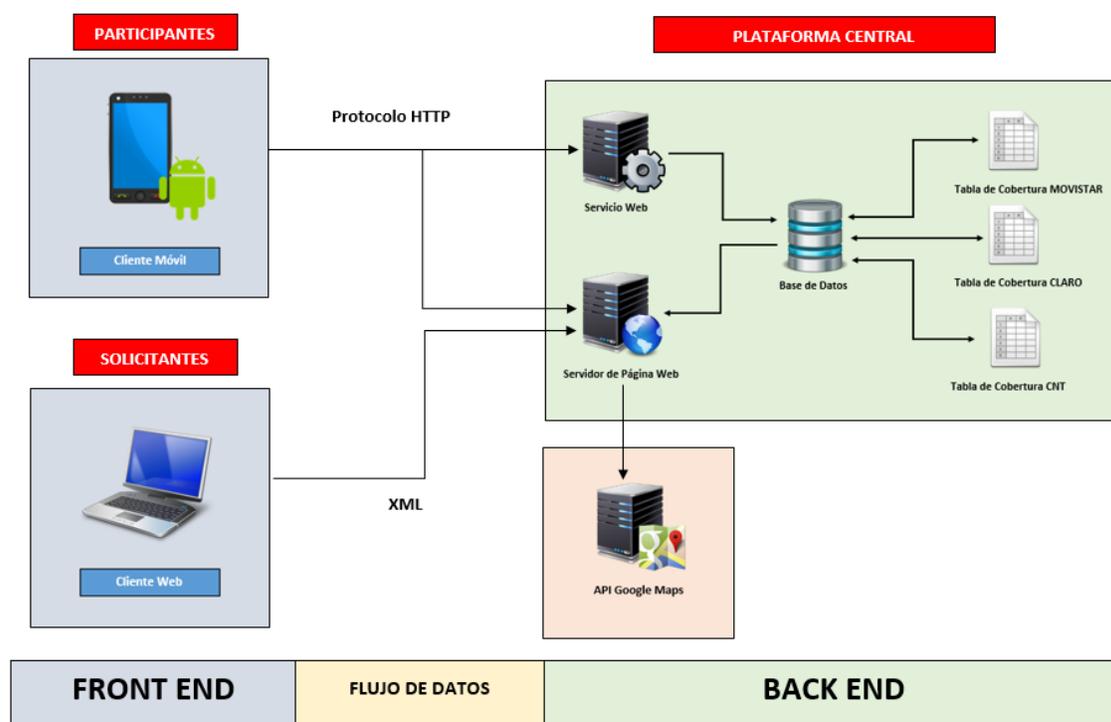


Figura 38 Arquitectura para el sistema MCS

Cada bloque definido (Participantes, Plataforma central y Solicitantes) se describe a continuación:

Los participantes o clientes móviles, son las personas que tienen un teléfono inteligente con sistema operativo Android y por medio de la aplicación desarrollada se encargaran de la medición y recolección de datos (FECHA, PROVEEDOR DE GPS, LONGITUD, LATITUD,

SC, UARFCN, RSCP, OPERADORA, MNC, MCC, USUARIO) para enviarlos a la plataforma central por medio de protocolo HTTP.

La plataforma central que utiliza un servicio web para recibir los datos enviados por los participantes por medio del método GET y realizar su registro en la respectiva tabla de cobertura de la base de datos. Adicionalmente posee un servidor de Pagina Web, el cual posee toda la interfaz desarrollada para la página web de la empresa que junto con los scripts en lenguaje PHP y JavaScript, se encargan de la exportación de los datos de las tablas en formato XML para posteriormente llamar al servicio externo del API de Google Maps y graficar los marcadores en los mapas de cobertura y calor.

Los solicitantes o clientes web, acceden por medio de un navegador web con el dominio de la página web de la empresa “www.s3t-telquality.com” y una vez dentro deben dirigirse a la página “Medición de Cobertura”, donde deben seleccionar la operadora móvil que sea de su interés y visualizar los mapas de cobertura móvil como se muestra en la Figura 39.

OPERADOR 1

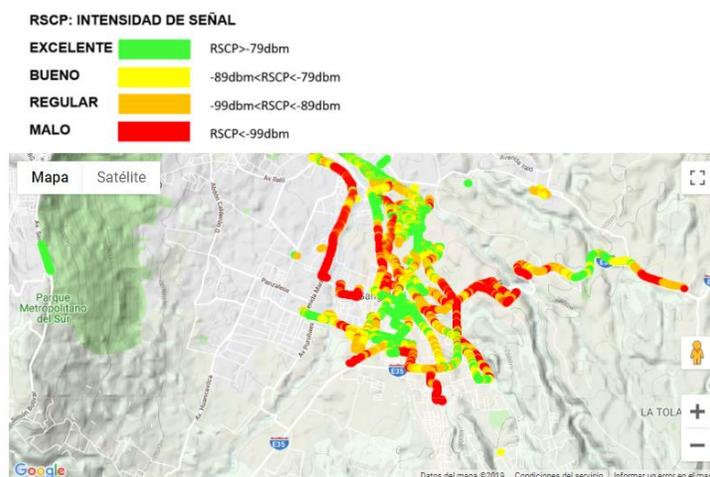


Figura 39 Mapa de Cobertura implementado en la interfaz web.

3.4.2 Estructura de la Aplicación Móvil

Para la implementación de la aplicación se utilizaron actividades para realizar diferentes objetivos como el ingreso de usuarios, la medición y envío de datos, la visualización y los manuales de instrucciones para los usuarios. La Tabla 23 muestra la descripción de cada una de las actividades.

Tabla 23

Índice de Actividades

Actividad	Descripción
Registro de participantes	Realiza el registro para los usuarios de la empresa o el registro del nombre de la persona que va a participar en el sistema.
Medición de Cobertura	Es la actividad principal donde se va a realizar la medición de la cobertura, obteniendo los parámetros principales (Fecha, Proveedor de GPS, Longitud, Latitud, SC, UARFCN, RSCP, Operadora, MNC, MCC, Usuario), el envío de datos por medio de AsyncTask ejecutándose en segundo plano y cuenta con un botón para acceder a un menú desplegable que muestra los accesos a las actividades de Información, Instrucciones y Visualización.
Información	Se utilizó una actividad de tipo desplazamiento (Scrolling Activity), en la que se colocó un manual de información donde se indica la descripción de cada parámetro medido y los rangos establecidos.
Instrucciones	Se utilizó una actividad de tipo desplazamiento (Scrolling Activity), en la que se colocó un manual de instrucciones para poner en funcionamiento la aplicación. Posee instrucciones de configuración de la red celular y GPS.
Visualización	En esta actividad se integra un navegador web (WebView) con el dominio predefinido de la página web de la empresa, donde se podrá acceder a la visualización de los mapas de cobertura.

A continuación, se muestra los diagramas de flujo para cada actividad definida en la Tabla 23:

En la Figura 40 se muestra el diagrama de flujo ejecutado en la actividad “Registro de participantes”, existen dos posibilidades de registrar el ingreso:

- Por medio de un usuario y contraseña otorgado por la empresa.
- Indicando el nombre y apellido, si es participante.

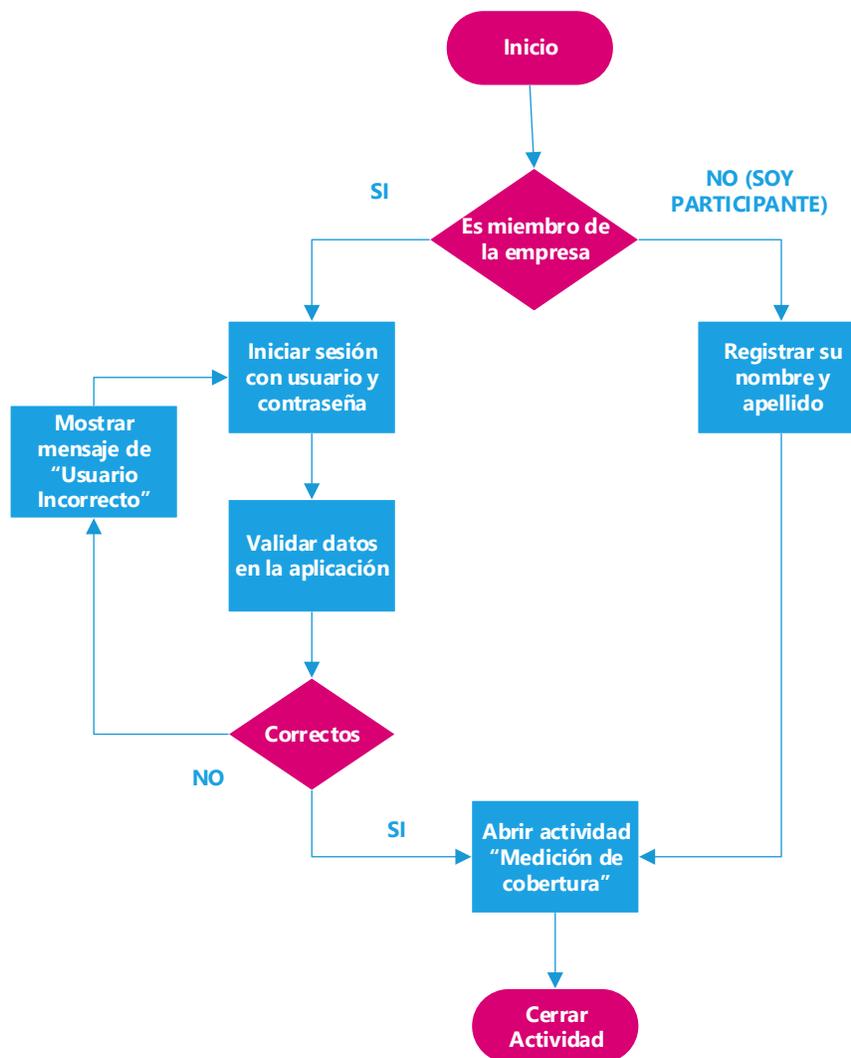


Figura 40 Diagrama de Flujo de la actividad Registro de Participantes

En la Figura 41 muestra el diagrama de flujo para la actividad principal “Medición de cobertura”. En este algoritmo se presenta el uso de actividades en segundo plano para el envío de datos.

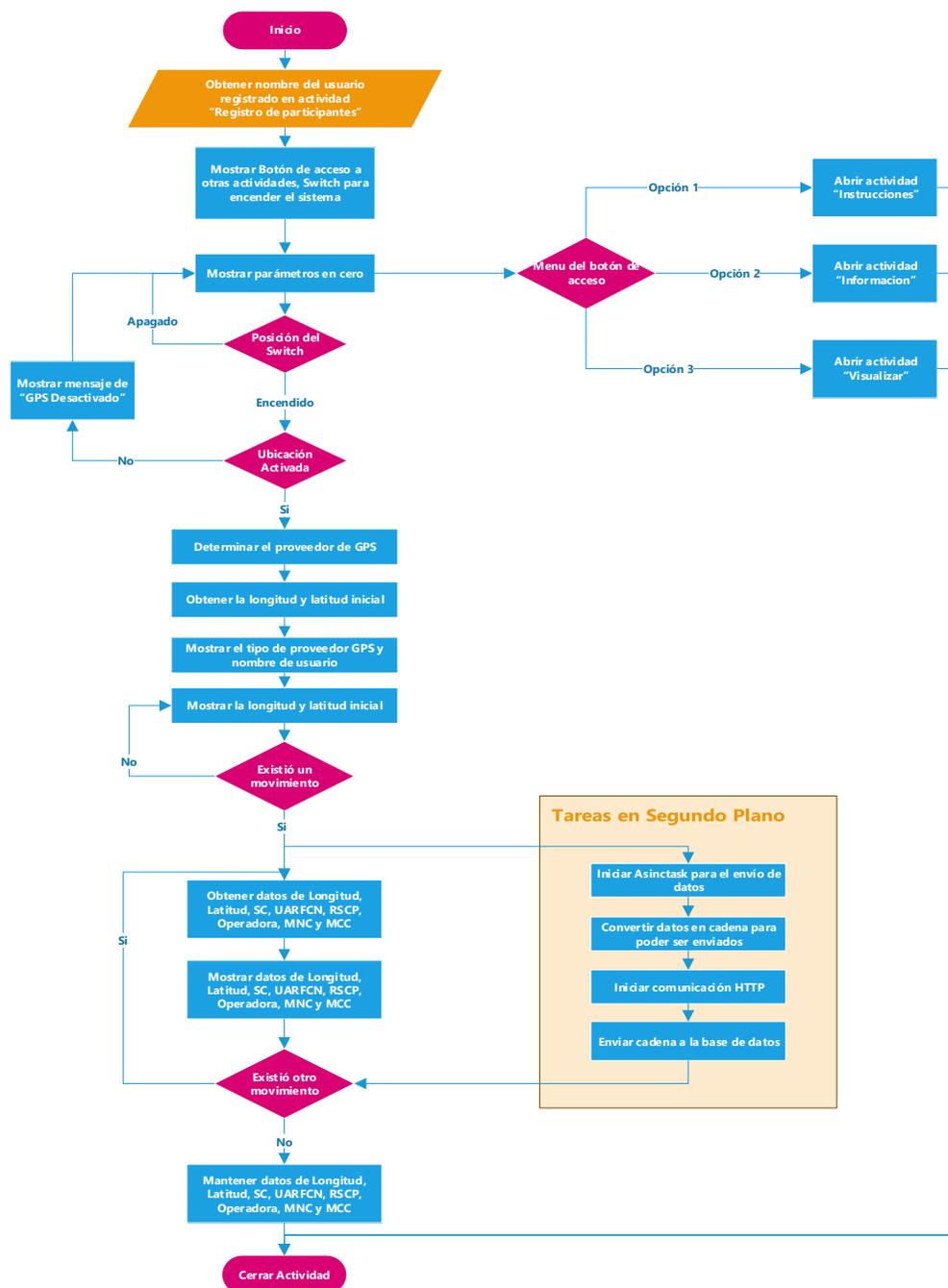


Figura 41 Diagrama de Flujo de la actividad Medición de Cobertura

En la Figuras 42 y 43 se muestra los diagramas de flujos para las actividades de “Información” e “Instrucciones”.

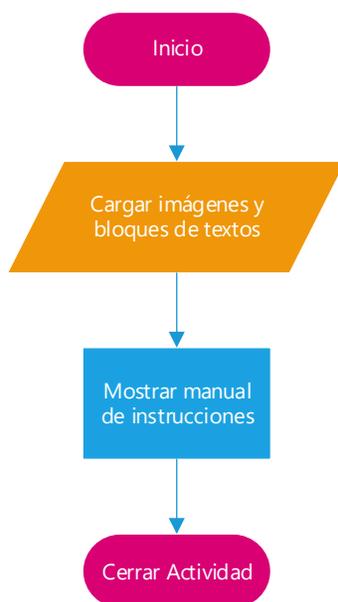


Figura 42 Diagrama de Flujo de la actividad Instrucciones

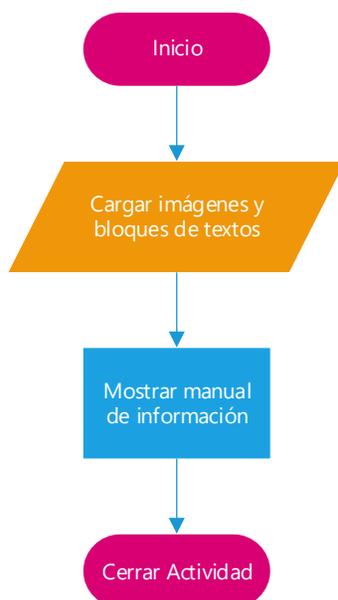


Figura 43 Diagrama de Flujo de la actividad Información

Finalmente, en la Figura 44 se muestra el Diagrama de Flujo para la actividad “Visualizar”, donde se ha incorporado un navegador con la dirección predefinida (www.s3t-telquality.com/concrete5/index.php/medicion-de-cobertura) para poder acceder directamente al menú de selección de operadora en la aplicación web y posteriormente observar la medición de cobertura.



Figura 44 Diagrama de Flujo de la actividad Visualizar

3.4.3 Compilación y Despliegue de la Aplicación Móvil

Una vez finalizado el desarrollo del código de la aplicación móvil, es necesario compilar y generar el archivo de extensión APK (Android Application Package) en el IDE de Android Studio. El archivo APK es un paquete ejecutable de la aplicación, que se podrá instalar en los dispositivos móviles con sistema operativo Android (Samsung, 2019). Para poder realizar el despliegue y distribución de la aplicación móvil se va a colocar un enlace de descarga directa en la página web de la empresa, donde los usuarios y miembros de la empresa podrán obtener la aplicación para sus teléfonos inteligentes.

3.4.4 Estructura de la Base de Datos

En el Servidor Web de la empresa se creó base de datos con el nombre de la aplicación y dentro se crearon tres tablas para almacenar los parámetros medidos en cada operadora móvil. La Figura 45 muestra el diseño que fue implementado para las tres tablas de almacenamiento para las operadoras CLARO, CNT y MOVISTAR respectivamente.

Column	COBERTURA_CLARO	COBERTURA_CNT	COBERTURA_MOVISTAR
FECHA	varchar(30)	varchar(30)	varchar(30)
GPS	varchar(30)	int(11)	varchar(30)
LONGITUD	float	double	double
LATITUD	float	double	double
SC	int(11)	int(11)	int(11)
UARFCN	int(11)	int(11)	int(11)
RCSP	int(11)	int(11)	int(11)
OPERADORA	varchar(30)	varchar(30)	varchar(30)
MNC	int(11)	int(11)	int(11)
MCC	int(11)	int(11)	int(11)
USUARIO	varchar(30)	varchar(30)	varchar(30)

Figura 45 Tablas de Almacenamiento

Las tablas tendrán la misma estructura de datos, cada atributo posee diferentes tipos de datos y extensión como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Tipos de atributos

Atributo	Tipo de dato
FECHA	varchar(30)
TIPO DE PROVEEDOR GPS	varchar(30)
LONGITUD	double
LATITUD	double
SC	int(11)
UARFCN	int(11)
RCSP	int(11)
OPERADORA	varchar(30)

CONTINÚA 

MNC	int(11)
MCC	int(11)
USUARIO	varchar(30)

La Figura 46 muestra los nombres de las tablas implementadas.

Tabla ▲	Acción
<input type="checkbox"/> COBERTURA_CLARO	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar
<input type="checkbox"/> COBERTURA_CNT	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar
<input type="checkbox"/> COBERTURA_MOVISTAR	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar
3 tablas	Número de filas

Figura 46 Tablas de las Operadoras

Para cada tabla implementada se manejan los datos propuesto en el diseño. Además, se realizó una configuración adicional en el script PHP para que los valores de Latitud y Longitud sean únicos y en caso de que existan valores repetidos se deba realizar una actualización automática de los parámetros de cobertura. La Figura 47 muestra los tipos de datos implementados.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra	Acción
<input type="checkbox"/> 1	FECHA	varchar(20)	utf8_unicode_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 2	GPS	varchar(15)	utf8_unicode_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 3	LONGITUD	double			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 4	LATITUD	double			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 5	SC	int(10)			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 6	UARFCN	int(10)			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 7	RCSP	int(11)			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 8	OPERADORA	varchar(15)	utf8_unicode_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 9	MNC	int(11)			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 10	MCC	int(11)			No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
<input type="checkbox"/> 11	USUARIO	varchar(20)	utf8_unicode_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más

Figura 47 Tipos de Datos

3.4.5 Funcionamiento de los Scripts PHP

Existen cuatro scripts PHP dentro del servidor de página web de la empresa para cada operadora, los cuales son Conexion.php, Registro.php y GeneradorXLM.php.

- **CONEXION**

Este script está encargado de realizar la conexión con la base de datos de forma local. Una vez invocado, el script realiza la respectiva autenticación con la base de datos para acceder a como se muestra en la Figura 48.

```
$hostname='localhost';
$databse='sthrttel_movicell';
$username='sthrttel_rcsp';
$password='*****';

$conexion= new mysqli($hostname,$username,$password,$databse);
if($conexion->connect_errno){
    echo "lo sentimos, el sitio web esta experimentando problemas";
}
```

Figura 48 Script Conexion

- **REGISTRO**

Este script está encargado de realizar el registro de los datos recibidos por los participantes por medio del método GET en la respectiva tabla de la base de datos. La Figura 49 muestra el script para registro en la tabla COBERTURA_MOVISTAR, donde además se agregó una línea de código (cuadro rojo) para actualizar los datos que ya han sido registrados anteriormente (esta estructura de código es replicada para las tres operadoras).

```

include 'MOVISTAR_conexion.php';
$FECHA=$_GET["FECHA"];
$GPS=$_GET["GPS"];
$LONGITUD=$_GET["LONGITUD"];
$LATITUD=$_GET["LATITUD"];
$UARFCN=$_GET["UARFCN"];
$SC=$_GET["SC"];
$RCSP=$_GET["RCSP"];
$OPERADORA=$_GET["OPERADORA"];
$MCC=$_GET["MCC"];
$MNC=$_GET["MNC"];
$USUARIO=$_GET["USUARIO"];

$consulta="INSERT INTO COBERTURA_MOVISTAR (FECHA,GPS, LONGITUD, LATITUD, SC, UARFCN, RCSP
, OPERADORA, MNC, MCC, USUARIO) VALUES ('$FECHA', '$GPS', '$LONGITUD', '$LATITUD',
'$SC', '$UARFCN', '$RCSP', '$OPERADORA', '$MNC', '$MCC', '$USUARIO')

ON DUPLICATE KEY UPDATE LONGITUD='$LONGITUD', LATITUD='$LATITUD', SC='$SC', UARFCN='$UARFCN'";

mysqli_query($conexion,$consulta) or die (mysqli_error());
mysqli_close($conexion);

```

Figura 49 Script Registro

- **GENERADORXML**

Este script está encargado de exportar los registros de las tablas de la base de datos en formato XML, para posteriormente ser utilizado en la aplicación web. Crea un arreglo o matriz con los datos (SC, UARFCN, RSCP, GPS, LATITUD, LONGITUD y USUARIO) para realizar la graficación de los marcadores en los mapas de cobertura como se muestra en la Figura 50 (esta estructura de código es replicada para las tres operadoras).

```

$attrs=array('SC','UARFCN','RCSP','GPS','LATITUD','LONGITUD','USUARIO');

$dom=new DOMDocument('1.0','utf-8');
$dom->formatOutput=true;
$dom->standalone=true;
$dom->recover=true;

$root=$dom->createElement('CLARO_markers');
$dom->appendChild( $root );

while( $rs=$result->fetch_object() ){
    $node=$dom->createElement('marker');
    $root->appendChild( $node );

    foreach( $attrs as $attrib ){
        $attr = $dom->createAttribute( $attrib );
        $value= $dom->createTextNode( $rs->$attrib );
        $attr->appendChild( $value );
        $node->appendChild( $attr );
    }
}

```

Figura 50 Script GeneradorXML

El resultado que se obtiene al ejecutar el script GeneradorXML se muestra en la Figura 51, donde se puede observar la respectiva matriz generada en formato XML que será utilizada para graficar los marcadores sobre los mapas de Google Maps.

This XML file does not appear to have any style information associated with it. The document tree is shown below:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<CLARO_markers>
<marker SC="387" UARFCN="4387" RCSP="-66" GPS="gps" LATITUD="-0.331563" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Juan Bayas"/>
<marker SC="415" UARFCN="587" RCSP="-68" GPS="gps" LATITUD="-0.318421" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Juan Bayas"/>
<marker SC="86" UARFCN="0" RCSP="-60" GPS="gps" LATITUD="-0.167369" LONGITUD="-78.4483" USUARIO="Juan Bayas"/>
<marker SC="22" UARFCN="0" RCSP="-60" GPS="gps" LATITUD="-0.30728" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Juan Bayas"/>
<marker SC="483" UARFCN="0" RCSP="-102" GPS="gps" LATITUD="-0.107888" LONGITUD="-78.4483" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.313424" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="257" UARFCN="587" RCSP="-64" GPS="gps" LATITUD="-0.337546" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-66" GPS="gps" LATITUD="-0.312247" LONGITUD="-78.4481" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="19" UARFCN="4387" RCSP="-66" GPS="gps" LATITUD="-0.10753" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="416" UARFCN="0" RCSP="-72" GPS="gps" LATITUD="-0.129851" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="86" UARFCN="0" RCSP="-66" GPS="gps" LATITUD="-0.167261" LONGITUD="-78.4483" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="415" UARFCN="587" RCSP="-68" GPS="gps" LATITUD="-0.318379" LONGITUD="-78.4482" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="387" UARFCN="4387" RCSP="-74" GPS="gps" LATITUD="-0.331594" LONGITUD="-78.4481" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-62" GPS="gps" LATITUD="-0.312569" LONGITUD="-78.4481" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-68" GPS="gps" LATITUD="-0.318298" LONGITUD="-78.448" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="35" UARFCN="0" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.16744" LONGITUD="-78.4481" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="491" UARFCN="0" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.152975" LONGITUD="-78.4481" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="257" UARFCN="4387" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.337584" LONGITUD="-78.448" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.316572" LONGITUD="-78.448" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="86" UARFCN="0" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.16191" LONGITUD="-78.4479" USUARIO="Isaac Zambrano"/>
<marker SC="389" UARFCN="587" RCSP="-54" GPS="gps" LATITUD="-0.317329" LONGITUD="-78.4479" USUARIO="Isaac Zambrano"/>

```

Figura 51 Matriz XML

La Figura 52 muestra el diagrama donde están las funciones realizadas por cada script (este proceso se repite en las tres operadoras).

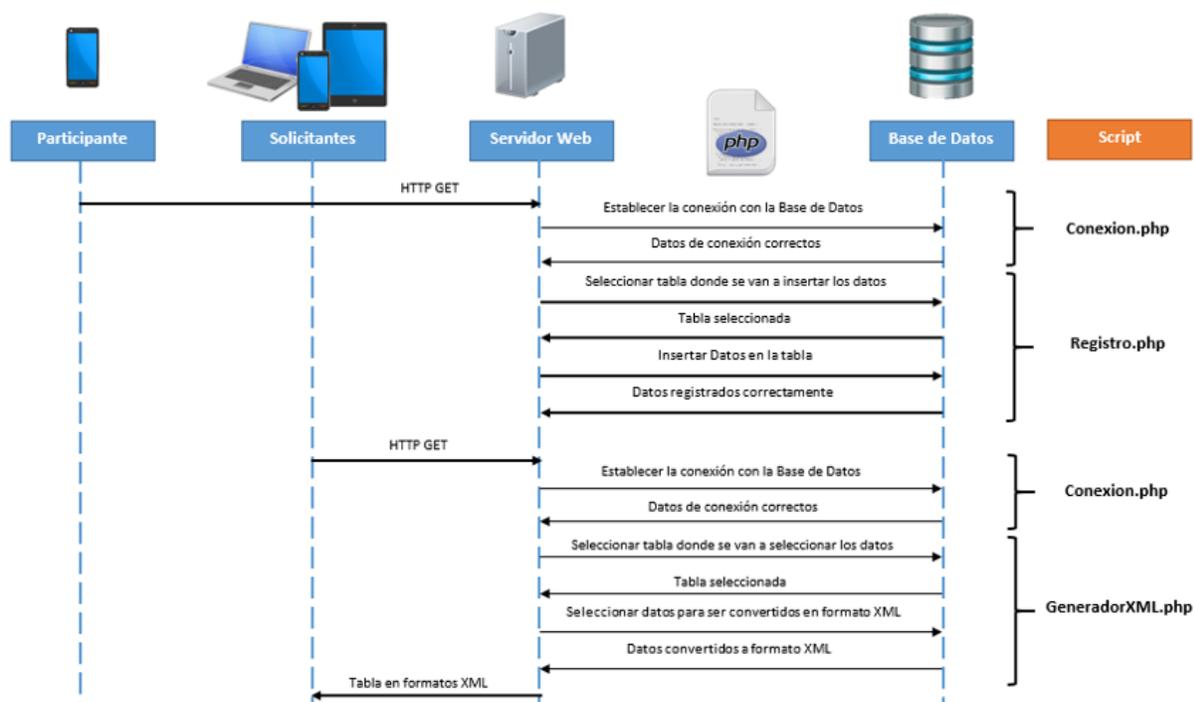


Figura 52 Funcionamiento de scripts PHP

Adicionalmente, el ultimo script (Exportar.php) está encargado de exportar la tabla completa de la base de datos en formato CSV, esta información puede ser útil para cuando un miembro de la empresa quiera realizar una revisión, un respaldo o utilizar la información en un proceso.

La Figura 53 muestra el diagrama donde están las funciones realizadas por el script (Exportar.php) el cual debe funcionar en conjunto con el script de conexión (Conexion.php), este proceso se repite en las tres operadoras.

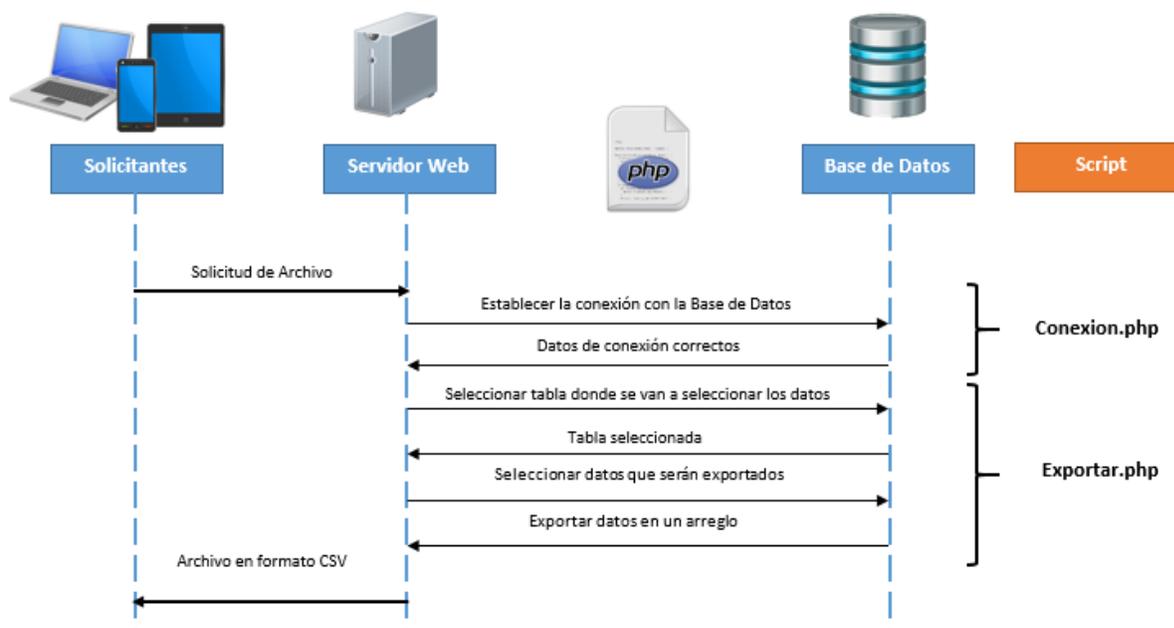


Figura 53 Exportar datos formato CSV

Los scripts almacenados en el servidor web se muestran en la Figura 54.

CLARO_conexion.php	CNT_conexion.php	MOVISTAR_conexion.php
CLARO_exportar.php	CNT_exportar.php	MOVISTAR_exportar.php
CLARO_generadorXML.php	CNT_generadorXML.php	MOVISTAR_generadorXML.php
CLARO_registro.php	CNT_registro.php	MOVISTAR_registro.php

Figura 54 Scripts PHP

3.4.6 Estructura de Envío y Recepción de Datos

Los participantes con teléfonos inteligentes que cuentan con la aplicación van a realizar el envío por medio de la una solicitud HTTP (cadena de texto con método GET) al servidor, donde mediante scripts PHP se va a realizar la conexión, recepción y almacenamiento en la respectiva tabla en la base de datos.

Una vez almacenados los datos los solicitantes pueden hacer solicitudes para extraer los datos, existe otro script el cual va a obtener los datos y generar una tabla XML. La Figura 55 muestra la estructura de envío y recepción de datos implementada en el proyecto.

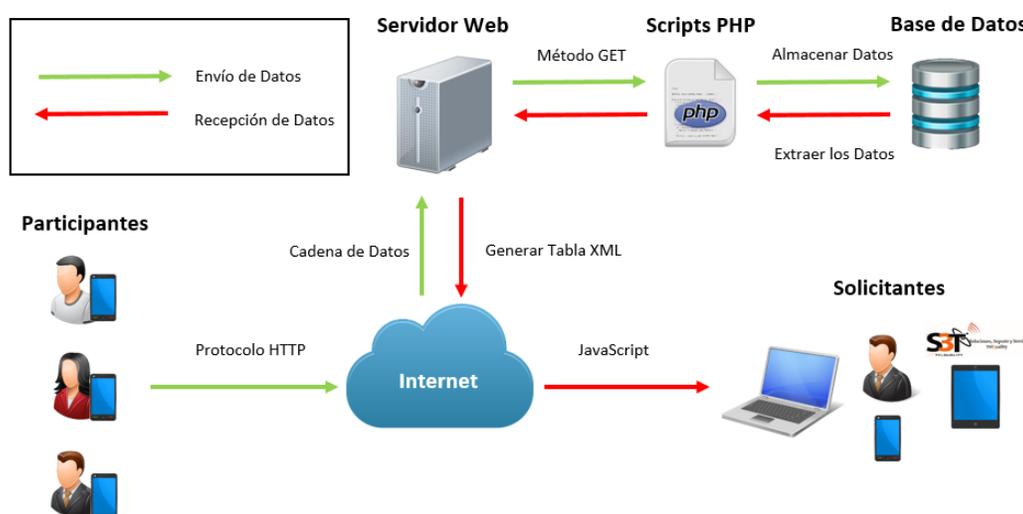


Figura 55 Estructura de Envío y Recepción de Datos

Para cada operadora existe un script codificado en lenguaje JavaScript que utiliza el API de Google Maps, está encargado de leer la tabla generada en XML e interpretar sus datos, cada dato es graficado como un marcador de forma circular y dependiendo del valor de RSCP se le asignara un color. Además, se agregó la opción para que cada marcador muestre una ventana de información donde se podrá observar los parámetros de SC y UARFCN. La Figura 56 muestra el algoritmo utilizado.

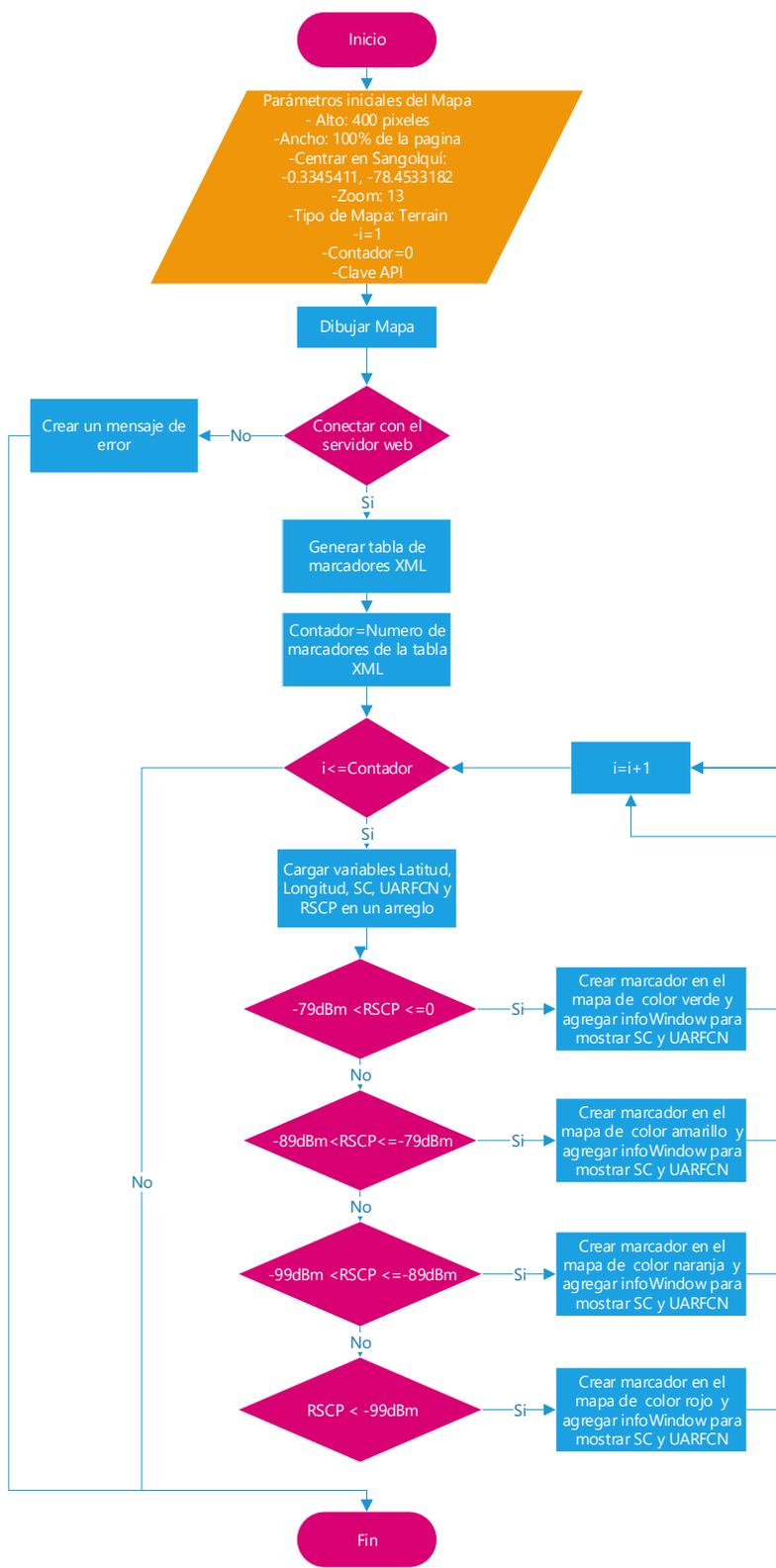


Figura 56 Diagrama de Flujo para graficar mapas de cobertura

CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Definición de Protocolo de pruebas

Prueba 1: Determinar el número de participantes y los datos enviados.

Esta prueba tiene como objetivo verificar el número total de participantes del sistema Crowdsourcing y el número de datos enviados por cada participante.

Procedimiento

Paso 1: Ingresar al alojamiento Web de JustHost con las respectivas credenciales de usuario y contraseña de forma manual.

Paso 2: Dirigirse a la sección de Servicios de Base de Datos y seleccionar phpMyAdmin.

Paso 3: Seleccionar la base de datos del proyecto y dirigirse a la consola de comandos SQL.

Paso 4: Realizar una consulta SQL para determinar el número de participantes y el número de datos enviados.

- Para realizar una consulta del número de los participantes y sus datos enviados de forma individual para cada tabla de la operadora móvil celular se recomienda utilizar el siguiente código:

```
SELECT USUARIO, COUNT(*) FROM (Nombre de la Tabla de la Operadora)  
GROUP BY USUARIO;
```

La función COUNT devuelve el número de filas que existen en la tabla y por medio de la función GROUP BY se agrupa el resultado para cada USUARIO registrado en el sistema

- Para hacer una consulta global de todos los registros de las tres tablas de la base de datos se recomienda utilizar la función UNION como se muestra a continuación:

```
SELECT USUARIO, COUNT(*) FROM COBERTURA_MOVISTAR GROUP  
BY USUARIO UNION SELECT USUARIO, COUNT(*) FROM  
COBERTURA_CLARO GROUP BY USUARIO UNION SELECT USUARIO,  
COUNT(*) FROM COBERTURA_CNT GROUP BY USUARIO;
```

La función UNION está encargada de unir los resultados de las tres tablas en un solo resultado global para cada USUARIO.

Paso 5: Verificar el resultado que devuelve la consola a la consulta y tabular los resultados en Microsoft Excel.

Paso 6: Graficar los datos obtenidos en forma de histogramas y analizar los resultados.

Prueba 2: Determinar el tiempo del primer cambio de ubicación para la adquisición y envío del primer dato.

Esta prueba tiene como objetivo determinar el tiempo promedio que se demora el dispositivo móvil en enviar el primer dato y la distancia recorrida.

Procedimiento

Paso 1: Asignar un punto de referencia y tomar sus coordenadas geográficas.

Paso 2: Iniciar la Aplicación en el dispositivo móvil.

Paso 3: Medir mediante un cronómetro el tiempo que le toma al dispositivo obtener el primer cambio de ubicación para realizar la medición y enviar el primer dato.

Paso 4: Realizar la prueba varias veces (mínimo 10 con el fin de reducir el error cuadrático) y registrar en una tabla de datos los tiempos junto a sus coordenadas geográficas.

Paso 5: Realizar el paso 2 y 3 utilizando los proveedores de ubicación GPS_PROVIDER y NETWORK_PROVIDER.

Paso 6: Obtener la variación de distancia para cada registro en base al punto de referencia.

Paso 7: Analizar los tiempos obtenidos, la variación de distancias y comparar sus resultados.

Prueba 3: Análisis de Envío de Información (Teléfono Inteligente- Servidor) con Wireshark.

Esta prueba tiene como objetivo verificar el envío de paquetes desde el teléfono inteligente hasta el servidor por medio del software Wireshark y comprobar que los datos se hayan almacenado en la base de datos.

Procedimiento

Paso 1: Conectar el teléfono inteligente y la computadora con Wireshark a la misma red inalámbrica con Internet.

Paso 2: Abrir Wireshark en la computadora seleccionando la tarjeta de red inalámbrica.

Paso 3: Configurar los parámetros y filtros para la captura de paquetes.

Paso 4: Iniciar la medición aplicación móvil junto con la captura de paquetes en Wireshark.

Paso 5: Realizar el paso 2 y 3 con el teléfono inteligente en movimiento y sin movimiento por 100 segundos.

Paso 6: Verificar que los datos enviados estén registrados en la base de datos.

Paso 7: Analizar los resultados obtenidos por medio de la herramienta de Wireshark.

Nota: Se utiliza el software libre Wireshark que está diseñado para capturar paquetes e identificar los protocolos de comunicación utilizados en la comunicación (Wireshark, 2019).

Prueba 4: Verificar el avance de la identificación de cobertura 3G y 3.5G para cada operadora móvil celular en Sangolquí.

Esta prueba tiene como objetivo llevar un registro gráfico del aumento de datos para la identificación de cobertura en cada operadora móvil celular e identificar cual posee mejor cobertura.

Procedimiento

Paso 1: Desplegar la aplicación a los participantes del sistema Mobile Crowdsourcing.

Paso 2: Verificar el avance de recolección de datos en forma gráfica por medio de los mapas de cobertura para cada operadora móvil celular en la aplicación web.

Paso 3: Registrar cada 10 días de forma gráfica el avance de la identificación de cobertura conforme a la cantidad de registros guardados en la base de datos.

Paso 4: Tomar como referencia la última fecha del registro gráfico para verificar el cubrimiento de la ciudad.

Paso 5: Analizar los gráficos obtenidos y comparar los resultados.

Prueba 5: Determinar la confiabilidad del sistema de medición comparado con un equipo profesional TEMS Pocket.

Esta prueba tiene como objetivo determinar si el sistema registra variaciones de la identificación de cobertura en un dispositivo de gama media y otro de gama alta, tomando como referencia la medición de un equipo profesional TEMS Pocket y adicionalmente comparar el consumo de batería.

Procedimiento

Paso 1: Cargar los dos teléfonos al 100%.

Paso 2: Definir ruta en la cual se va a realizar el recorrido.

Paso 3: Iniciar la aplicación en los dispositivos de gama media y alta.

Paso 4: Iniciar el script de medición en el equipo profesional TEMS Pocket.

Paso 5: Empezar el recorrido de la ruta seleccionada verificando que los dos dispositivos de gama media y alta estén midiendo.

Paso 6: Una vez finalizado el recorrido, cerrar la aplicación y finalizar la medición del equipo TEMS Pocket.

Paso 7: Ir a configuraciones y verificar el consumo de batería para cada dispositivo móvil.

Paso 8: Repetir los pasos del 1 al 7 en otra ruta diferente.

Paso 9: Graficar los datos obtenidos y comparar los resultados.

Nota: Con el fin de poder hacer una comparación más exacta del consumo de batería y la identificación de la cobertura celular 3G y 3.5G, se usa un modelo de teléfono igual al que se utiliza como equipo profesional TEMS Pocket (Samsung Galaxy S7 SM-G930F), este teléfono estará encargado de cubrir las pruebas de Gama Alta.

Adicionalmente se debe considerar que podría existir un desfase de tiempo de aproximadamente 1 minuto entre los dos dispositivos (Samsung Galaxy S7 SM-G930F), ya que la aplicación TEMS Pocket tarda en abrirse y correr el script para empezar la medición.

Prueba 6: Estimar la ubicación de Radiobases conforme el nivel de RSCP identificado en el sistema Mobile Crowdsourcing.

Esta prueba tiene como objetivo utilizar la página web desarrollada para el personal analista de la empresa con el fin de determinar si se puede obtener una referencia de la ubicación de las Radiobases presentes en Sangolquí, conforme la variación de niveles de RSCP mostrados en el mapa de calor y adicionalmente busca determinar qué frecuencia es la más utilizada por cada operadora móvil con la información UARFCN registrada en la base de datos.

Procedimiento

Paso 1: Ubicar las Radiobases presentes en la ciudad de Sangolquí para una sola operadora móvil en el software Google Earth.

Paso 2: Graficar el mapa de calor (con el mismo valor de zoom que Google Earth).

Paso 3: Verificar que la variación de los niveles de cobertura vaya acorde a la ubicación estimada de las Radiobases.

Paso 4: Descargar las bases de datos de las tres operadoras móviles en formato CSV.

Paso 5: Identificar y filtrar la columna de UARFCN en Microsoft Excel para cada operadora.

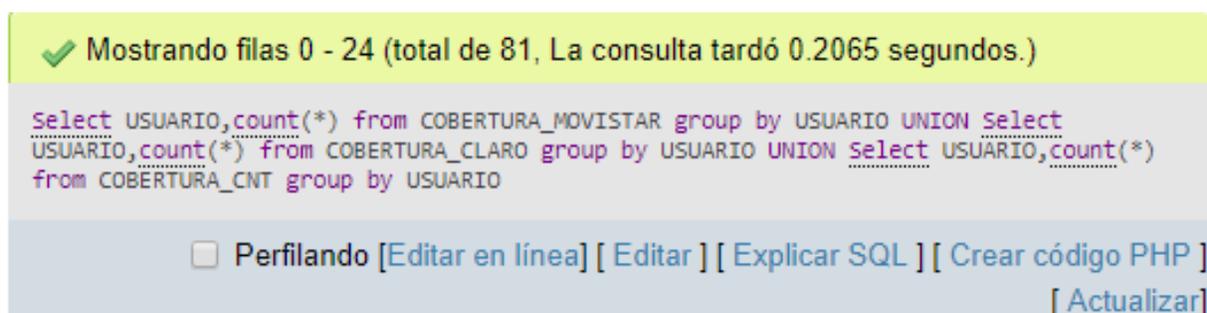
Paso 6: Realizar las operaciones de conversión para obtener la frecuencia portadora.

Paso 7: Analizar las gráficas obtenidas, las frecuencias obtenidas y comparar los resultados.

4.2 Pruebas del Sistema

4.2.1 Determinar el número de participantes

Siguiendo los pasos definidos en el protocolo de pruebas, se procedió a ingresar la cadena de código para obtener los resultados globales de todos los participantes en la consola SQL de la plataforma phpMyAdmin.



Mostrando filas 0 - 24 (total de 81, La consulta tardó 0.2065 segundos.)

```

select USUARIO,count(*) from COBERTURA_MOVISTAR group by USUARIO UNION select
USUARIO,count(*) from COBERTURA_CLARO group by USUARIO UNION select USUARIO,count(*)
from COBERTURA_CNT group by USUARIO
  
```

Perfilando [[Editar en línea](#)] [[Editar](#)] [[Explicar SQL](#)] [[Crear código PHP](#)] [[Actualizar](#)]

Figura 57 Código ingresado en la consola SQL

La figura 57 muestra la cadena de código que fue ingresada y el número de resultados agrupados por usuario, como se puede constatar existen 81 participantes del sistema Mobile Crowdsourcing con lo que se ha podido cumplir con el requisito del proyecto de al menos 40 participantes para la recolección de datos.

La Tabla 25 muestra los resultados obtenidos en la consola, donde se puede observar el participante y los datos enviados de forma individual.

Tabla 25

Número de usuarios y datos enviados

#	Participantes	Datos	#	Participantes	Datos	#	Participantes	Datos
		Enviados			Enviados			Enviados
1	Usuario 1	530	28	Usuario 28	164	55	Usuario 55	1463
2	Usuario 2	3751	29	Usuario 29	490	56	Usuario 56	81
3	Usuario 3	24	30	Usuario 30	1915	57	Usuario 57	2472

CONTINÚA 

4	Usuario 4	4614	31	Usuario 31	255	58	Usuario 58	14
5	Usuario 5	1984	32	Usuario 32	671	59	Usuario 59	86
6	Usuario 6	1843	33	Usuario 33	8	60	Usuario 60	1055
7	Usuario 7	427	34	Usuario 34	25	61	Usuario 61	2421
8	Usuario 8	34	35	Usuario 35	895	62	Usuario 62	792
9	Usuario 9	187	36	Usuario 36	1069	63	Usuario 63	226
10	Usuario 10	851	37	Usuario 37	323	64	Usuario 64	293
11	Usuario 11	196	38	Usuario 38	429	65	Usuario 65	9
12	Usuario 12	57	39	Usuario 39	1014	66	Usuario 66	972
13	Usuario 13	26	40	Usuario 40	727	67	Usuario 67	1904
14	Usuario 14	1786	41	Usuario 41	1666	68	Usuario 68	388
15	Usuario 15	635	42	Usuario 42	208	69	Usuario 69	440
16	Usuario 16	4281	43	Usuario 43	19	70	Usuario 70	86
17	Usuario 17	25942	44	Usuario 44	188	71	Usuario 71	545
18	Usuario 18	2776	45	Usuario 45	89	72	Usuario 72	722
19	Usuario 19	1452	46	Usuario 46	1827	73	Usuario 73	4233
20	Usuario 20	3129	47	Usuario 47	284	74	Usuario 74	1482
21	Usuario 21	92	48	Usuario 48	105	75	Usuario 75	3293
22	Usuario 22	359	49	Usuario 49	515	76	Usuario 76	522
23	Usuario 23	740	50	Usuario 50	50	77	Usuario 77	2800
24	Usuario 24	384	51	Usuario 51	678	78	Usuario 78	22
25	Usuario 25	7082	52	Usuario 52	228	79	Usuario 79	14
26	Usuario 26	393	53	Usuario 53	439	80	Usuario 80	20
27	Usuario 27	15897	54	Usuario 54	186	81	Usuario 81	254

Cabe mencionar que posterior al despliegue de la aplicación los usuarios realizaron mediciones dentro y fuera de la ciudad de Sangolquí. La figura 58 muestra los resultados graficados en forma de histograma.



Figura 58 Datos enviados por participante

Analizando la figura 58, se puede identificar a los 81 participantes y el número de datos que aportaron cada uno, la suma total de datos que se han registrado en el sistema es de 140827 registros, mientras que el promedio de envío de datos por participante es de 1488 para las tres operadoras móviles. También se puede observar que el máximo valor de datos enviados fue de 25942 y el mínimo valor de datos enviados fue de 8.

4.2.2 Determinar el tiempo del primer cambio de ubicación para la adquisición y envío del primer dato

Esta prueba se realizó en exteriores utilizando la aplicación móvil desarrollada para el proyecto (Movicell). Como primer paso se procedió a definir un punto de referencia con las coordenadas geográficas -0.341536250 y -78.44778377 en latitud y longitud respectivamente, después se empezó a realizar las pruebas conforme el dispositivo se aleja del punto de

referencia y se tomó el tiempo en que la aplicación se demora en hacer el primer cambio de coordenadas (5 metros de distancia aproximada), ya que la aplicación empieza a realizar la medición y envío de datos a partir del primer cambio de ubicación.

Para poder determinar la distancia que existe entre dos puntos GPS se debe utilizar la fórmula de Haversine, la cual sirve principalmente para el cálculo de distancias entre dos puntos dentro de una esfera. Para realizar el cálculo de la distancia es necesario conocer las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de los dos puntos y el radio de la esfera (en este caso la Tierra) (Paing, Zin , Othman, & Funabiki, 2019). Considerando que la Tierra no es perfectamente redonda, se han definido tres tipos de valores de radio:

- El radio ecuatorial con un valor igual a 6378 km.
- El radio polar con un valor igual a 6357 km.
- El radio medio con un valor igual a 6371 km.

Sin embargo, se debe considerar que la ciudad de Sangolquí se encuentra dentro de la zona ecuatorial de la Tierra, motivo por el cual para calcular las distancias entre los puntos GPS para esta prueba se ha definido como valor de radio R el ecuatorial y la fórmula necesaria para el cálculo de la distancia d entre dos coordenadas geográficas en términos trigonométricos está definida como:

$$a = \text{sen}^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_1 \cdot \cos\phi_2 \cdot \text{sen}^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (6)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (7)$$

$$d = R \cdot c \quad (8)$$

donde

ϕ_1, λ_1 es la latitud y longitud del primer punto respectivamente.

ϕ_2, λ_2 es la latitud y longitud del segundo punto respectivamente.

$\Delta\phi = \lambda_2 - \lambda_1$ es la diferencia entre latitudes.

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ es la diferencia entre longitudes.

Para facilitar el trabajo de calcular la distancia entre dos puntos GPS, se ha desarrollado una herramienta que utiliza la lógica matemática descrita anteriormente para calcular la distancia. Esta nueva herramienta estará disponible en la página web de la empresa, específicamente en las páginas a las que solo tiene acceso el personal de la empresa (Miembro 1,2 y 3), fue desarrollada por medio de un formulario en HTML para el ingreso de los datos las coordenadas geográficas para cada punto y un script con el cálculo matemático por medio de JavaScript.

La Figura 59 muestra una captura de la herramienta en funcionamiento, donde como se puede observar el usuario debe realizar el ingreso de las coordenadas geográficas de los dos puntos en Grados Decimales y posteriormente se debe presionar el botón “Calcular” para obtener el resultado de la distancia en metros.

MEDIR LA DISTANCIA ENTRE DOS COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Ingrese las coordenadas del primer punto (Grados Decimales)

Ingrese las coordenadas del segundo punto (Grados Decimales)

Distancia: 14 metros

Figura 59 Herramienta para medir la distancia entre dos puntos GPS

La Tabla 26 y 27 muestran el registro de los tiempos para cada cambio de ubicación, las coordenadas geográficas y la distancia recorrida con respecto al punto de referencia para los proveedores de ubicación GPS_PROVIDER (A-GPS) y NETWORK_PROVIDER (Basado en las redes inalámbricas) respectivamente.

Tabla 26

Tiempo requerido para el envío de datos del proveedor GPS_PROVIDER

Muestra	Tiempo del primer cambio de ubicación (seg)	Longitud(DD)	Longitud(DD)	Distancia(m)
1	1.63	-0.341540670	-78.44778335	1
2	1.73	-0.341488050	-78.44781416	7
3	1.59	-0.341525780	-78.44780025	2
4	1.16	-0.341549380	-78.44774868	4
5	1.73	-0.341597420	-78.44777326	7
6	1.53	-0.341572970	-78.44776572	5
7	1.56	-0.341551140	-78.44774244	5
8	1.84	-0.341546510	-78.44773555	5
9	1.59	-0.341544220	-78.44777194	2
10	1.56	-0.341538980	-78.44777453	1
Promedio	1.59			3.9

Tabla 27

Tiempo requerido para el envío de datos del proveedor NETWORK_PROVIDER

Muestra	Tiempo del primer cambio de ubicación (seg)	Longitud(DD)	Longitud(DD)	Distancia(m)
1	16.35	-0.34190530	-78.4476934	42
2	21.38	-0.34178400	-78.4476418	32
3	24.33	-0.34146530	-78.4471330	73

CONTINÚA 

4	21.38	-0.34150540	-78.4476535	15
5	24.64	-0.34136000	-78.4478517	21
6	26.81	-0.34147190	-78.4478270	9
7	23.38	-0.34154110	-78.4478062	3
8	22.32	-0.34146650	-78.4478093	8
9	23.29	-0.34143680	-78.4477577	11
10	22.30	-0.34136190	-78.4477542	20
Promedio	22.61			23.4

Al analizar las muestras y los promedios obtenidos en las Tablas 26 y 27, se observa que el proveedor GPS_PROVIDER requiere menos tiempo para empezar a medir y enviar los datos de la medición que el proveedor NETWORK_PROVIDER, ya que detecta más rápido la variación de la ubicación y requiere 6 veces menos tiempo para empezar a enviar los datos.

Además, el proveedor GPS_PROVIDER al utilizar el sistema de posicionamiento A-GPS posee una mejor exactitud en las mediciones, ya que como se pudo observar maneja un valor promedio de desplazamiento de 3.9 m, que se aproxima bastante al valor teórico definido en el diseño de la aplicación móvil de 5m, mientras que el proveedor NETWORK_PROVIDER registra variaciones muy altas de distancia y una menor exactitud en las mediciones, lo que no ayudaría a que el sistema registre un trayecto continuo.

En la Figura 60, se realiza una comparación de los tiempos de forma gráfica para la obtención del primer cambio de ubicación, donde se puede corroborar que con el uso del proveedor GPS_PROVIDER los tiempos de lectura y envío del primer dato son menores comparado con NETWORK_PROVIDER.

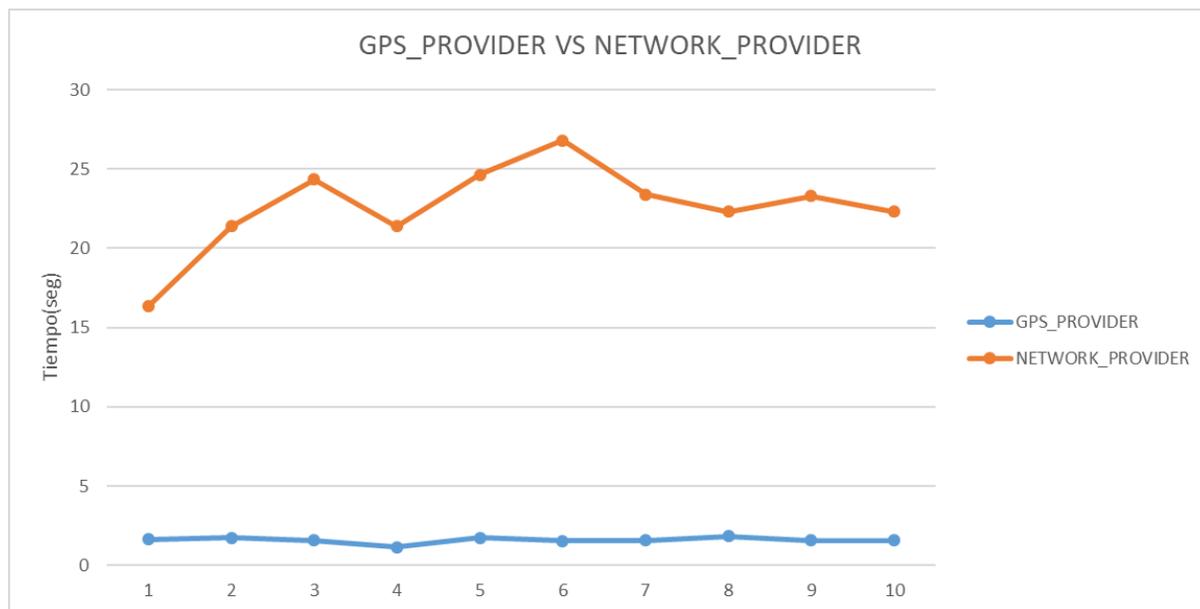


Figura 60 Comparación de tiempos para la primera lectura de cambio de coordenadas

4.2.3 Análisis de Envío de Información (Teléfono Inteligente- Servidor) con Wireshark

Mediante el uso de Wireshark se puede capturar los paquetes generados en la arquitectura cliente- servidor del sistema Mobile Crowdsourcing, cada captura posee la información de las direcciones IP del origen y destino, el protocolo utilizado, la longitud del paquete y la información que ha sido enviada. Para la configuración inicial de Wireshark se procedió a seleccionar la tarjeta de red inalámbrica de la computadora y se realizó un filtro para que capture únicamente el tráfico generado por el teléfono inteligente.

- **Prueba con teléfono inteligente en movimiento**

La Figura 61 muestra el tráfico generador por un teléfono inteligente en movimiento que realiza la identificación de la red 3G y 3.5G para la operadora CNT con fecha 15 de Junio del 2019, como se puede observar se tiene un envío constante de datos y la información proporcionada define que para el teléfono inteligente se ha asignado una dirección

(IP=192.168.0.154), mientras que el servidor posee la dirección pública proporcionada por el proveedor del servicio de hosting (IP=192.185.128.166).

Source	Destination	Protocol	Length	Info
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=3747 Ack=8653 Win=51584 Len=0 TSval=89435573 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=3933 Ack=9065 Win=52608 Len=0 TSval=89435596 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=4119 Ack=9477 Win=53632 Len=0 TSval=89435620 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=4305 Ack=9889 Win=54784 Len=0 TSval=89435644 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=4491 Ack=10301 Win=55808 Len=0 TSval=89435668 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=4677 Ack=10713 Win=56832 Len=0 TSval=89435694 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=4863 Ack=11125 Win=57984 Len=0 TSval=89435718 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK
192.168.0.154	192.185.128.166	HTTP	478	GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php?FECHA=Sat%20Jun%2015%2015:24
192.185.128.166	192.168.0.154	TCP	66	80 → 62530 [ACK] Seq=5049 Ack=11537 Win=59008 Len=0 TSval=89435742 TSec
192.185.128.166	192.168.0.154	HTTP	252	HTTP/1.1 200 OK

Figura 61 Paquetes capturados por medio de Wireshark con el teléfono en movimiento

Es importante mencionar que la aplicación móvil desarrollada para el proyecto utiliza el método GET para realizar el envío de datos de la medición hacia el servidor por medio del protocolo HTTP. En este método se define una cabecera de código con la dirección del script PHP de la operadora móvil correspondiente (CNT_registro.php en este caso) seguido de una cadena codificada con toda la información que se debe registrar en la base de datos. Este método es replicado para las mediciones de las otras operadoras MOVISTAR y CLARO, donde la única variación es el script de registro (MOVISTAR_registro.php y CLARO_registro.php respectivamente).

Después del envío de los datos, el servidor envía una confirmación de que el registro ha sido recibido (Acuse de Recibo - ACK) por medio del protocolo TCP y adicionalmente envía un mensaje indicando que la información se ha registrado por medio del protocolo HTTP.

- **Prueba con teléfono inteligente sin movimiento**

La Figura 62 muestra el tráfico generador por un teléfono inteligente sin movimiento que realiza la identificación de la red 3G y 3.5G para la operadora CNT con fecha 15 de Junio del 2019, como se puede observar el software Wireshark muestra la tabla de captura de paquetes en blanco y envía una ventana emergente con un mensaje indicando no ha sido capturado ningún paquete.

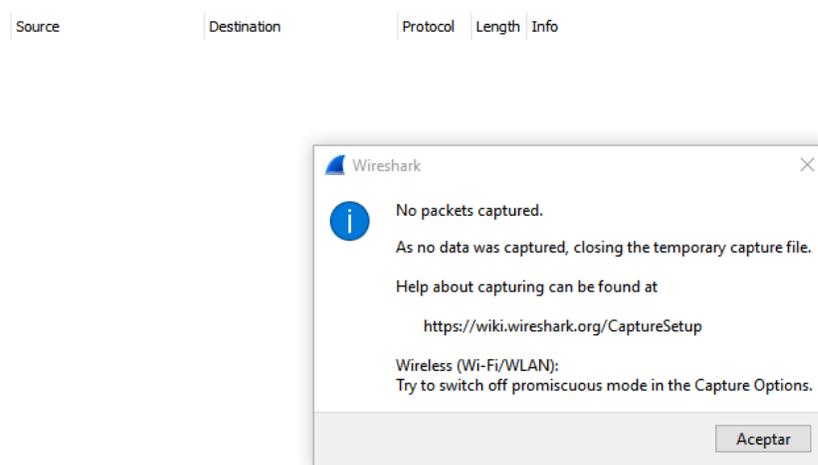


Figura 62 Paquetes capturados por medio de Wireshark con el teléfono sin movimiento

Con esta prueba se ha podido verificar el funcionamiento de la condición de no movimiento que fue establecida en el diseño de la aplicación móvil, es decir cuando el sistema no registra ningún movimiento, no se debe realizar ninguna actualización y envío de datos de la medición al servidor.

- **Verificación de los registros en la base de datos**

Posterior a las pruebas realizadas con el teléfono inteligente en movimiento, se procedió a verificar que la información enviada por medio del protocolo HTTP se encuentre almacenada

en la base de datos de la operadora CNT. La Figura 63 muestra el resultado obtenido en la consulta con fecha 15 de Junio del 2019 en la tabla de COBERTURA_CNT.

FECHA	GPS	LONGITUD	LATITUD	SC	UARFCN	RCSP	OPERADORA	MNC	MCC	USUARIO
Sat Jun 15 15:25:01 GMT-05:00	0	-78.44816332	-0.34156276	226	662	-87	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:02 GMT-05:00	0	-78.44816332	-0.34156276	226	662	-87	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:07 GMT-05:00	0	-78.44816635	-0.34155973	226	662	-97	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:19 GMT-05:00	0	-78.44820906	-0.34153668	226	662	-87	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:20 GMT-05:00	0	-78.4482018	-0.34153651	226	662	-87	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:21 GMT-05:00	0	-78.4482018	-0.34153651	226	662	-87	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:22 GMT-05:00	0	-78.44816895	-0.34151284	226	662	-93	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:24 GMT-05:00	0	-78.44815088	-0.34150857	226	662	-93	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:25 GMT-05:00	0	-78.44815088	-0.34150857	226	662	-93	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:29 GMT-05:00	0	-78.44812258	-0.34150887	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:42 GMT-05:00	0	-78.4480737	-0.34151022	226	662	-97	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:43 GMT-05:00	0	-78.44810386	-0.34151525	226	662	-97	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:44 GMT-05:00	0	-78.44810386	-0.34151525	226	662	-97	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:45 GMT-05:00	0	-78.44810474	-0.34154796	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:47 GMT-05:00	0	-78.44810233	-0.34156483	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:48 GMT-05:00	0	-78.44810233	-0.34156483	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:50 GMT-05:00	0	-78.44808513	-0.34158981	226	662	-89	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:51 GMT-05:00	0	-78.4480642	-0.34159495	226	662	-89	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:52 GMT-05:00	0	-78.4480642	-0.34159495	226	662	-89	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:53 GMT-05:00	0	-78.44804812	-0.34155432	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:55 GMT-05:00	0	-78.4480443	-0.34153813	226	662	-95	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:55 GMT-05:00	0	-78.4480443	-0.34153813	226	662	-99	CNT	2	740	Victor Zambrano
Sat Jun 15 15:25:56 GMT-05:00	0	-78.4480443	-0.34153813	226	662	-99	CNT	2	740	Victor Zambrano

Figura 63 Registros de la medición con el teléfono inteligente en movimiento

Como se puede observar en la Figura 63, los datos que fueron capturados por medio de Wireshark se encuentran almacenados en la base de datos de la respectiva operadora, con una diferencia aproximada de un segundo por registro. De esta forma se ha podido verificar que el sistema cumple con las condiciones definidas en el diseño, donde se definió que, para poder realizar una nueva medición y el envío de datos, se debe realizar un desplazamiento aproximado de 5 metros con una actualización de un segundo utilizando el protocolo HTTP para la comunicación.

Las Figuras 64 y 65 muestran los gráficos obtenidos al capturar paquetes en un tiempo de 100 segundos para las pruebas con un teléfono inteligente en movimiento y sin movimiento respectivamente.

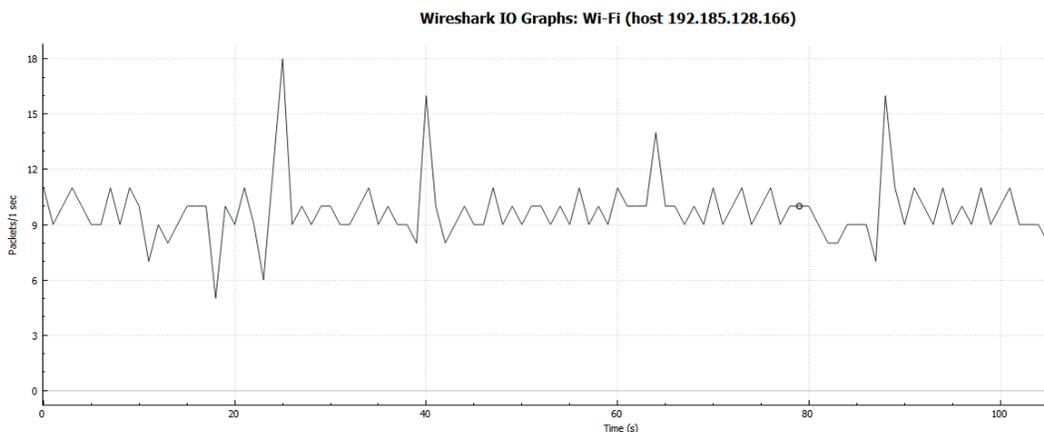


Figura 64 Paquetes capturados con el teléfono inteligente en movimiento

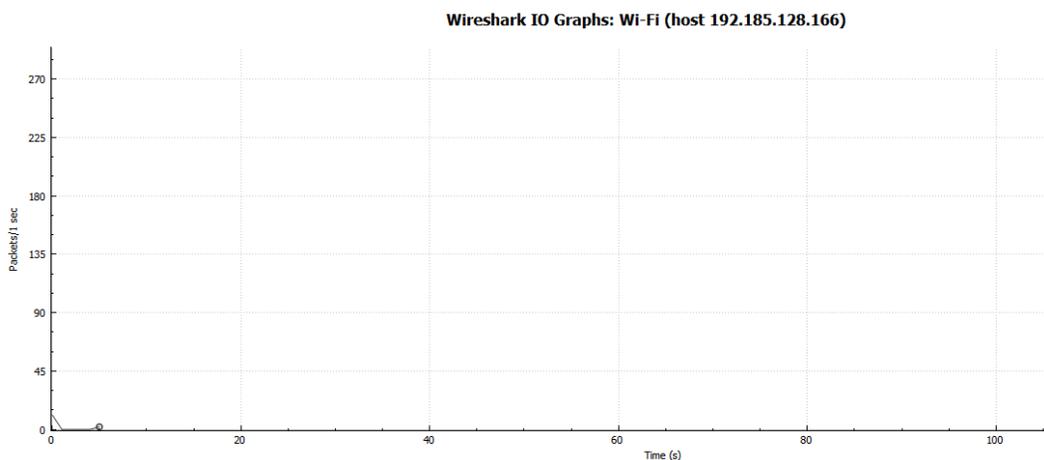


Figura 65 Paquetes capturados con el teléfono inteligente sin movimiento

Al analizar la Figura 64, se puede ver que el teléfono inteligente realiza el envío de datos de forma casi periódica (esto depende del desplazamiento que se haya generado) y para conocer el número de paquetes enviados con las confirmaciones generadas por el servidor (ACK), se puede realizar un reconocimiento gráfico por medio de los picos que muestra la curva en Wireshark (34 paquetes enviados), mientras que en la Figura 65 no se muestra ningún tipo de gráfica considerando que al estar el teléfono inteligente sin movimiento no se realizó ningún envío hacia el servidor como se describió anteriormente.

Adicionalmente, Wireshark también posee una herramienta para poder graficar el sentido del flujo de datos en forma de tramas. En este tipo de gráfico se puede visualizar de una forma más ágil el sentido de los paquetes generados entre el origen y destino, además indica la información de los puertos utilizados, protocolos, números de secuencia y acuses de recibo(ACK), entre otros datos útiles como se muestra en la Figura 66.

Time	192.168.0.154	192.185.128.166	Comment
230336	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
329587	80 → 62530 [ACK] Seq=5793 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=5793 Ack=13185 W...
451523	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
492086	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
589310	80 → 62530 [ACK] Seq=5979 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=5979 Ack=13597 W...
710292	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
728734	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
326292	80 → 62530 [ACK] Seq=6165 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=6165 Ack=14009 W...
342354	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
359868	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
358519	80 → 62530 [ACK] Seq=6351 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=6351 Ack=14421 W...
172772	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
180685	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
279761	80 → 62530 [ACK] Seq=6537 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=6537 Ack=14833 W...
394859	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
410010	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...
507464	80 → 62530 [ACK] Seq=6723 Ac...	80	TCP: 80 → 62530 [ACK] Seq=6723 Ack=15245 W...
526242	← HTTP/1.1 200 OK	80	HTTP: HTTP/1.1 200 OK
543354	62530	80	HTTP: GET /concrete5/cobertura/CNT_registro.php...

Figura 66 Flujo de paquetes

4.2.4 Verificar el avance de la identificación de cobertura 3G y 3.5G para cada operadora móvil celular en Sangolquí

El despliegue oficial de la aplicación para los participantes del Sistema Mobile Crowdsourcing se realizó el 15 de abril de 2019, posteriormente se realizó un control (cada 10 días) del avance en la identificación de cobertura 3G y 3.5G para cada operador móvil en la ciudad de Sangolquí.

La Tabla 28 muestra el número de registros obtenido en cada control para las tres operadoras móviles del país. Como se puede observar en el último control de la identificación (14/05/2019-29/06/2019) las operadoras móviles MOVISTAR, CLARO y CNT alcanzaron un número total de registros de 140827. Se debe considerar que el número de registros es un valor global que agrupa las mediciones dentro y fuera de la ciudad de Sangolquí.

Tabla 28

Número de registros para cada operadora móvil celular

Identificador	Fecha (Inicio-Fin)	Registros en MOVISTAR	Registros en CLARO	Registros en CNT
a	15/04/2019-24/04/2019	25438	15572	3426
b	25/04/2019-04/05/2019	46644	18689	13451
c	05/05/2019-14/05/2019	65538	22588	13525
d	15/05/2019-29/05/2019	74315	23089	13525
e	30/05/2019-13/06/2019	113972	27432	20056
f	14/05/2019-29/06/2019	116513	27453	21861

Las Figuras 67, 68 y 69 muestran el registro gráfico de la identificación de cobertura 3G y 3.5G para las operadoras MOVISTAR, CLARO Y CNT respectivamente, con las fechas establecidas en la Tabla 28. En el primer registro se utilizó como base el tipo de mapa Roadmap, pero a partir del segundo registro se decidió realizar un cambio por el tipo de mapa Hybrid, con el cual se puede obtener una mejor visualización del relieve, montañas y ríos presentes en la ciudad de Sangolquí.

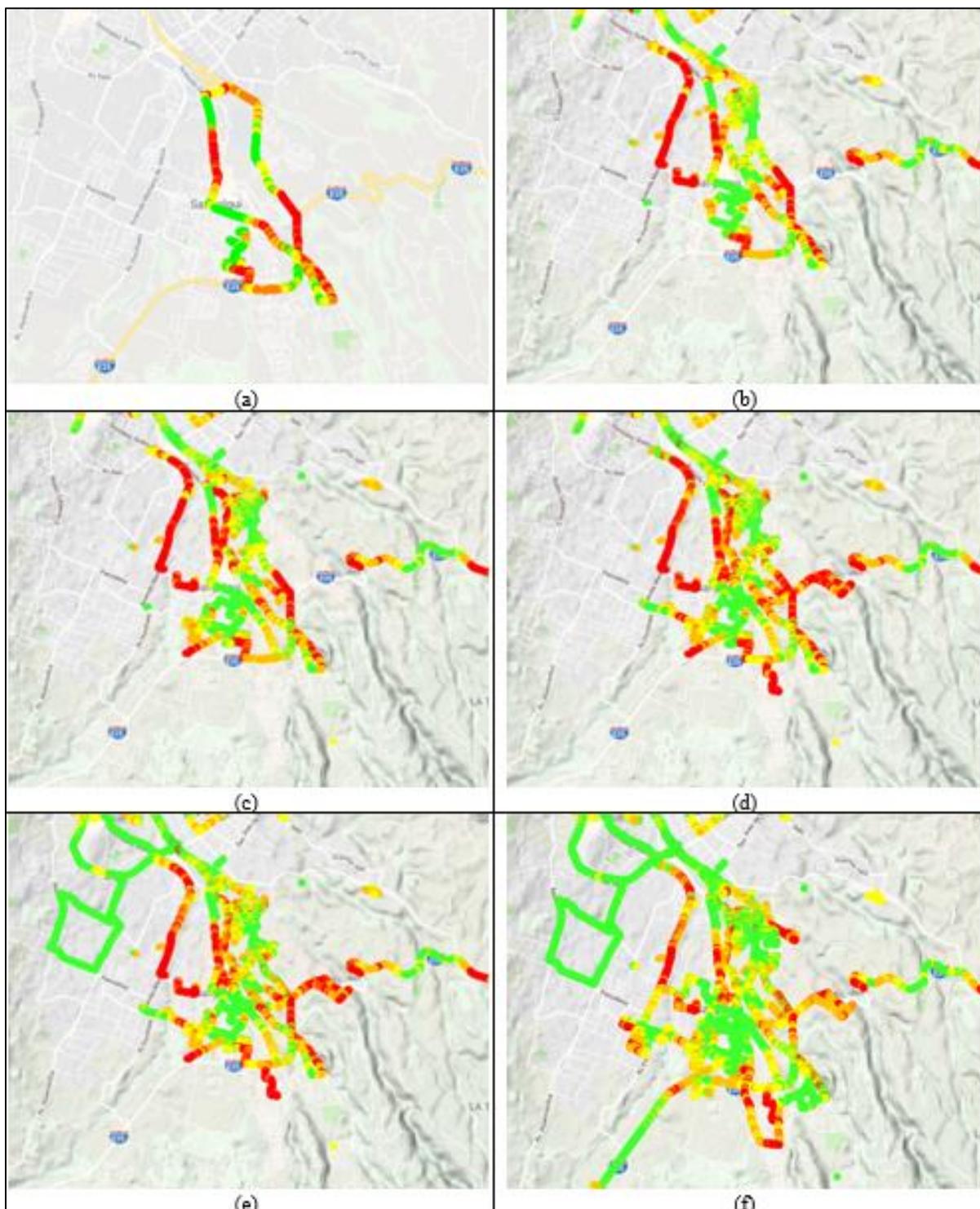


Figura 67 Registro gráfico para la operadora MOVISTAR.

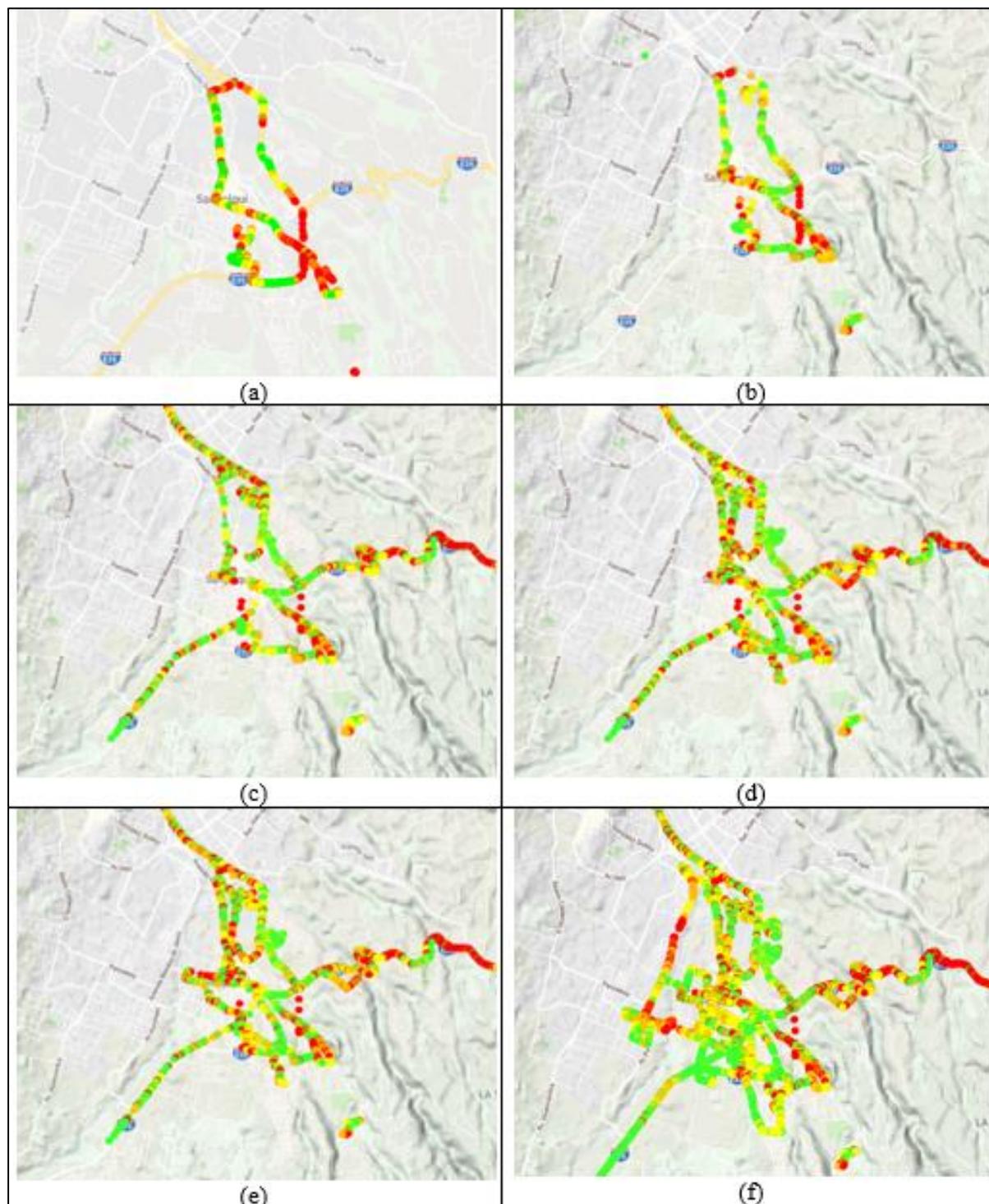


Figura 68 Registro gráfico de operadora CLARO

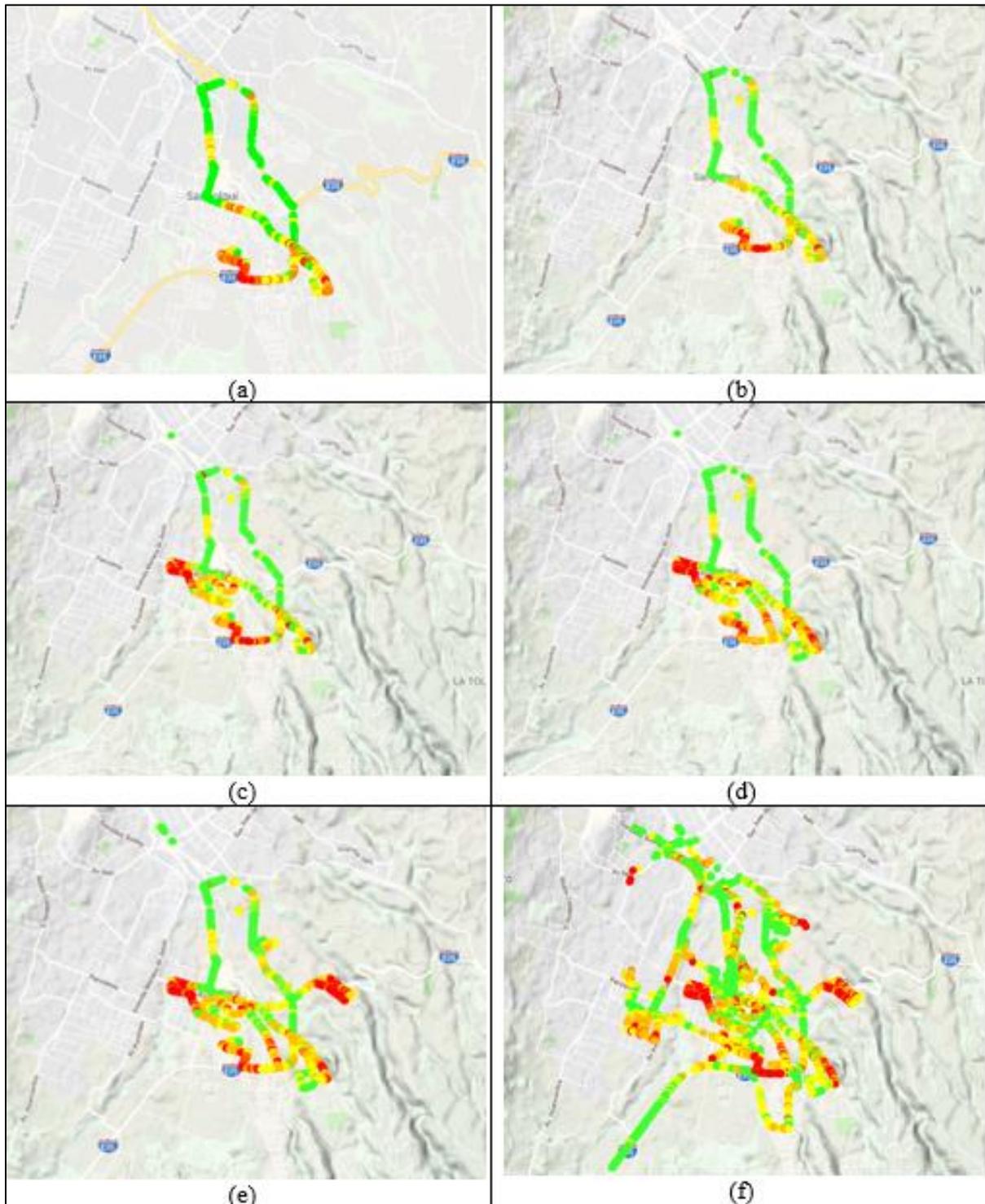


Figura 69 Registro gráfico para la operadora CNT

La Figura 70 muestra los gráficos obtenidos en el último control (14/05/2019-29/06/2019) para las operadoras móviles (a)-MOVISTAR, (b)-CLARO y (c)-CNT.

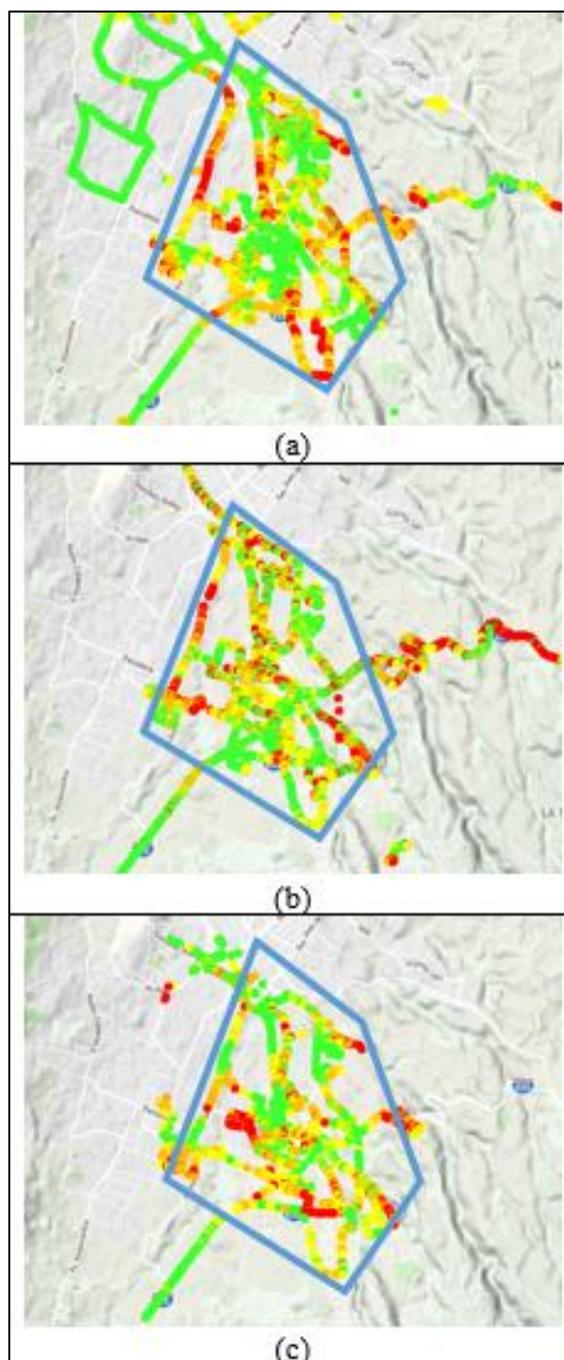


Figura 70 Comparación en las tres operadoras

Como se puede observar cada grafica de las tres operadoras móviles (a, b y c respectivamente), posee un polígono de color azul el cual fue implementado de forma manual y está encargado de limitar el área aproximada que corresponde a la ciudad de Sangolquí.

Por medio de la participación de múltiples usuarios del sistema Mobile Crowdsourcing, se ha conseguido un cubrimiento casi completo para la ciudad en las tres operadoras móviles. Sin embargo, es importante mencionar que existen áreas que no se han logrado cubrir, esto se debe a que no existen vías de acceso, son zonas residenciales restringidas o complejos militares cerrados.

Al analizar los gráficos obtenidos en la Figura 70, se puede observar que la operadora móvil MOVISTAR presenta mejores niveles de RSCP a comparación de las otras dos operadoras, teniendo un mayor porcentaje de cobertura excelente en color verde en el mapa (RSCP > -79dBm).

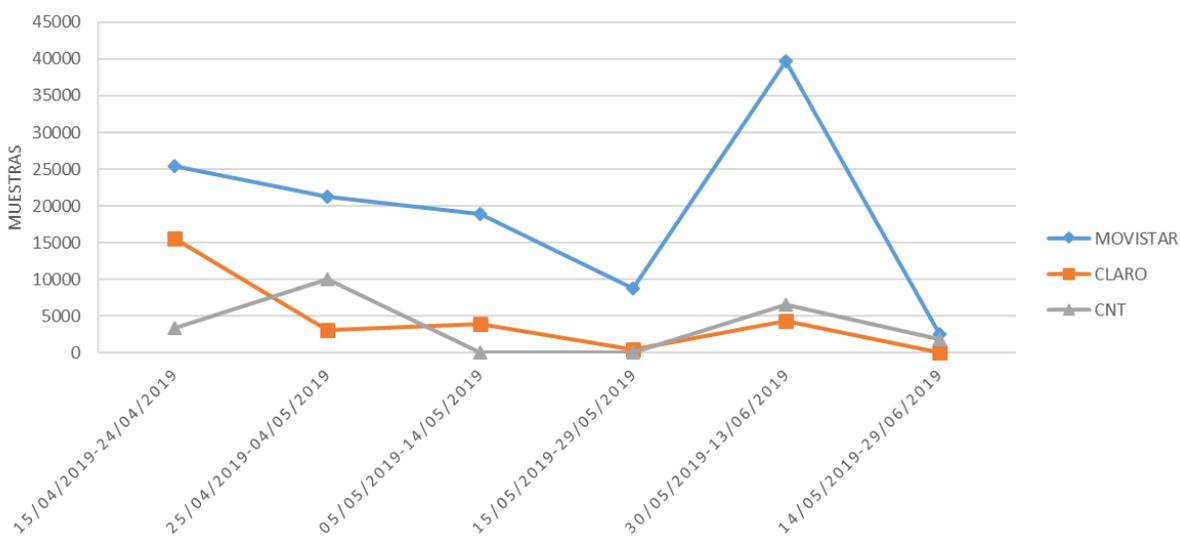


Figura 71 Tráfico generado por los participantes del sistema MCS

La Figura 71 muestra el tráfico generado por los usuarios en cada control realizado en la Tabla 28, como se puede observar existe un mayor número de participaciones para la operadora MOVISTAR que alcanzó 116513 muestras, mientras que CLARO posee 27453 muestras y CNT con el menor número de participaciones 21861 muestras.

4.2.5 Determinar la confiabilidad del sistema de medición comparado con un equipo profesional TEMS Pocket

Para poder determinar la confiabilidad del sistema se ha propuesto realizar pruebas con dos dispositivos uno de Gama Media (Motorola G6 Play) y otro de Gama Alta (Samsung Galaxy S7 SM-G930F), estas pruebas serán comparadas con la medición de un equipo profesional TEMS Pocket. Las principales características de los equipos se muestran en la Tabla 29 y 30 respectivamente.

Tabla 29
Motorola G6 Play

Característica	Tipo
CPU Procesador / Núcleos	Qualcomm MSM8937 Snapdragon 430 octa-core 1.4GHz
Memoria RAM	3Gb
Batería	4000 mAh
Versión de Android	8.0
Almacenamiento	32GB
3G UMTS	B1(2100), B2(1900), B4(AWS), B5(850), B8(900)
Localización	GPS, A-GPS, GLONASS

Fuente: (Motorola, 2019)

Tabla 30
Samsung Galaxy S7 SM-G930F

Característica	Tipo
CPU Procesador / Núcleos	Exynos 8890 Octa-Core 2.3GHz / Snapdragon 820 2.15GHz
Memoria RAM	4Gb
Batería	3000 mAh
Versión de Android	7.0
Almacenamiento	32GB
3G UMTS	B1(2100), B2(1900), B4(AWS), B5(850), B8(900)
Localización	GPS, Glonass, Beidou

Fuente: (Samsung, 2019)

Conforme a los pasos definidos en el protocolo de pruebas, se establecieron dos rutas (Ruta 1 y 2) por las cuales se realizaron recorridos con la aplicación del proyecto en funcionamiento (en los teléfonos de Gama Media y Alta) y la aplicación TEMS Pocket (en el equipo profesional), cada ruta está clasificada con el nombre de Escenario 1 y Escenario 2 respectivamente para la operadora MOVISTAR.

Escenario 1

La Figura 72 muestra el recorrido realizado en el Ruta 1, donde se tomaron 12 muestras de cobertura con una distancia de separación de 500 m (círculos amarillos). La Tabla 31 muestra los resultados obtenidos mientras se realizó el recorrido con los equipos en funcionamiento. El valor del error relativo ha sido calculado por medio de la ecuación 9.

$$\left(\frac{|Valor\ del\ equipo\ profesional - valor\ medido|}{|Valor\ del\ equipo\ profesional|} \right) * 100 \quad (9)$$



Figura 72 Recorrido definido para la Ruta 1

Tabla 31

Mediciones del primer recorrido

#	Distancia Recorrida(m)	Fecha	TEMS POCKET(dBm)	Teléfono de Gama Media(dBm)	Error(%)	Teléfono de Gama Alta(dBm)	Error(%)
1	0	Junio 02 18:43:49	-67	-81	20.90	-60	10.45
2	500	Junio 02 18:45:22	-69	-93	34.78	-64	7.25
3	1000	Junio 02 18:46:27	-74	-103	39.19	-68	8.11

CONTINÚA 

4	1500	Junio 02 18:47:57	-75	-93	24	-70	6.67
5	2000	Junio 02 18:53:19	-56	-61	8.93	-54	3.57
6	2500	Junio 02 18:54:24	-74	-64	13.51	-79	6.76
7	3000	Junio 02 18:55:22	-58	-63	8.62	-54	6.90
8	3500	Junio 02 19:20:57	-70	-77	10	-72	2.86
9	4000	Junio 02 19:22:04	-48	-83	72.92	-54	12.5
10	4500	Junio 02 19:23:26	-55	-93	69.1	-54	1.81
11	5000	Junio 02 19:25:48	-64	-73	14.1	-54	15.62
12	5500	Junio 02 19:27:27	-78	-87	11.54	-80	2.56
PROMEDIO DE ERROR					27.3		7.08

La Figura 73 muestra el registro gráfico del primer recorrido realizado para los teléfonos de Gama Media, Gama Alta y el equipo profesional TEMS POCKET (Figura 69-(a), Figura 69-(b) y Figura 69-(c) respectivamente).

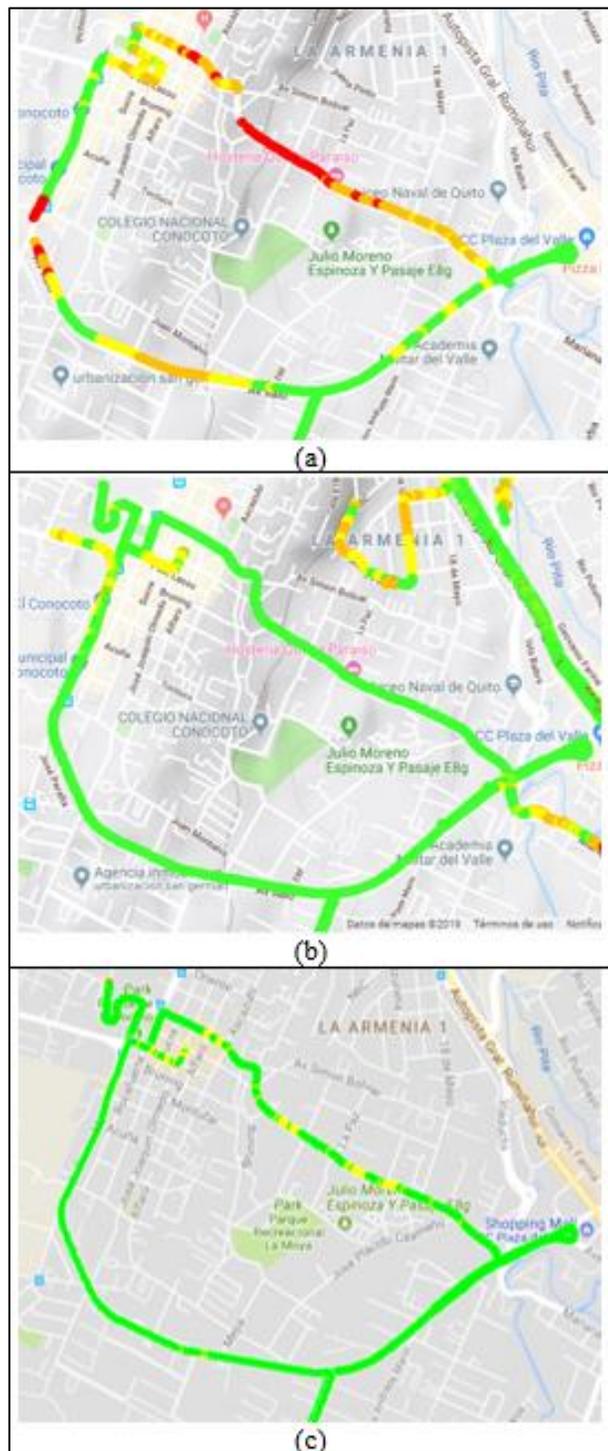


Figura 73 Identificación de la cobertura en la Ruta 1

Al analizar la Tabla 31, se puede verificar que al usar un teléfono de Gama Media existe una variación muy elevada en la identificación de cobertura 3G y 3.5G con respecto al equipo profesional, el teléfono registra en la aplicación niveles más bajos de RSCP (promedio de 16dBm de variación) y además posee un alto margen de error en todas las muestras (promedio de 27.30%). Mientras que el teléfono de Gama Alta se aproxima bastante al equipo profesional, registrando en la aplicación niveles muy cercanos de RSCP al equipo profesional (promedio de 4 dBm de variación) y además posee un margen de error menor al teléfono de Gama Media (promedio de 7.08%).

Con las gráficas obtenidas en la Figura 73 se puede corroborar lo descrito en la Tabla 32, donde el teléfono de Gama Media (Figura 73-(a)) registra marcadores que indican una mala cobertura en algunos tramos e incluso existen lugares donde no realizó la medición (perdida de señal), mientras que el teléfono de Gama Alta (Figura 73-(b)) posee un gráfico muy similar al generado por el equipo profesional TEMS Pocket (Figura 73-(c)).

Con respecto al consumo de batería, al finalizar el recorrido se procedió a verificar el consumo para el teléfono de Gama Alta y el equipo profesional, considerando que los dos poseen el mismo modelo de teléfono (Samsung Galaxy S7 SM-G930F). La figura 74 muestra el consumo en mAh por cada aplicación móvil, el cuadro rojo señala el consumo de la aplicación desarrollada para el proyecto (Movicell) y el cuadro verde el consumo de la aplicación del equipo profesional (TEMS POCKET).

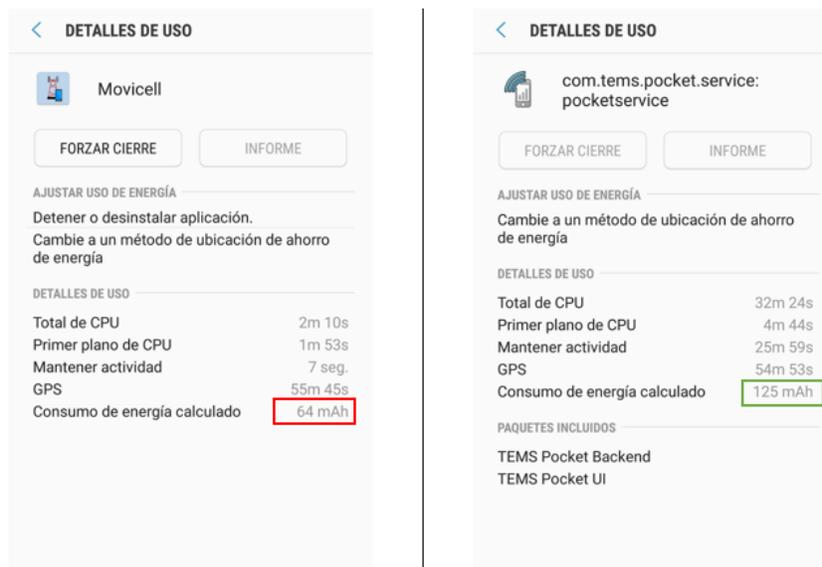


Figura 74 Consumo de batería en el primer recorrido

La figura 75 muestra el porcentaje general de consumo por cada aplicación móvil, el cuadro rojo señala el consumo de la aplicación desarrollada para el proyecto (Movicell) y el cuadro verde el consumo de la aplicación del equipo profesional (TEMS POCKET).

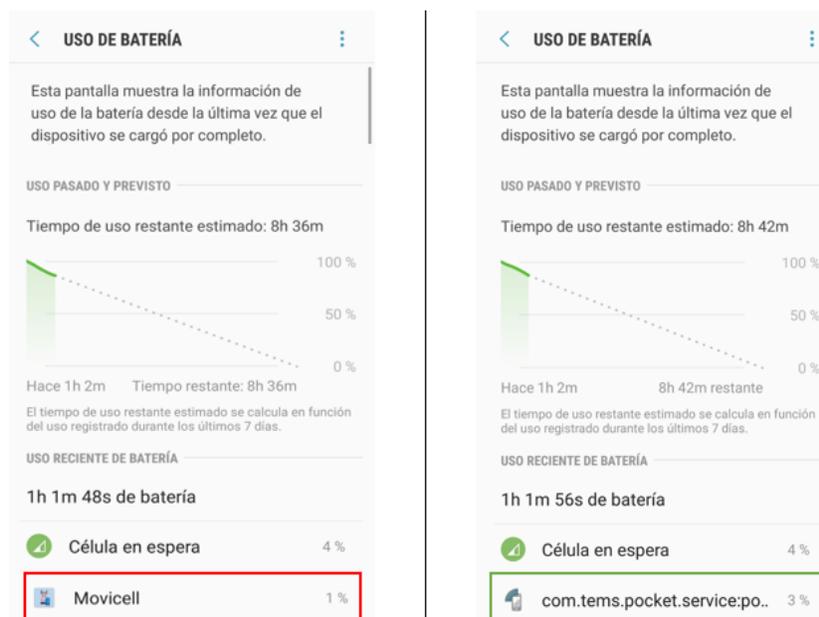


Figura 75 Porcentaje de consumo de batería en el primer recorrido

Al analizar la Figura 74, la cual muestra el consumo en mAh por aplicación. Se puede observar claramente que el uso de la aplicación Movicell (64 mAh) representa un menor consumo de batería con respecto al consumo de la aplicación TEMS Pocket (125 mAh). Esto se puede corroborar con los resultados obtenidos en la Figura 75, donde se puede ver que la aplicación Movicell ha consumido el 1%, mientras que la aplicación TEMS Pocket ha consumido el 3% del porcentaje total de la batería.

Escenario 2

La Figura 76 muestra el recorrido realizado en el Ruta 2, donde se tomaron 10 muestras de cobertura con una distancia de separación de 75 m (círculos amarillos). La Tabla 32 muestra los resultados obtenidos mientras se realizó el recorrido con los equipos en funcionamiento, el valor del error relativo ha sido calculado por medio de la ecuación 9.

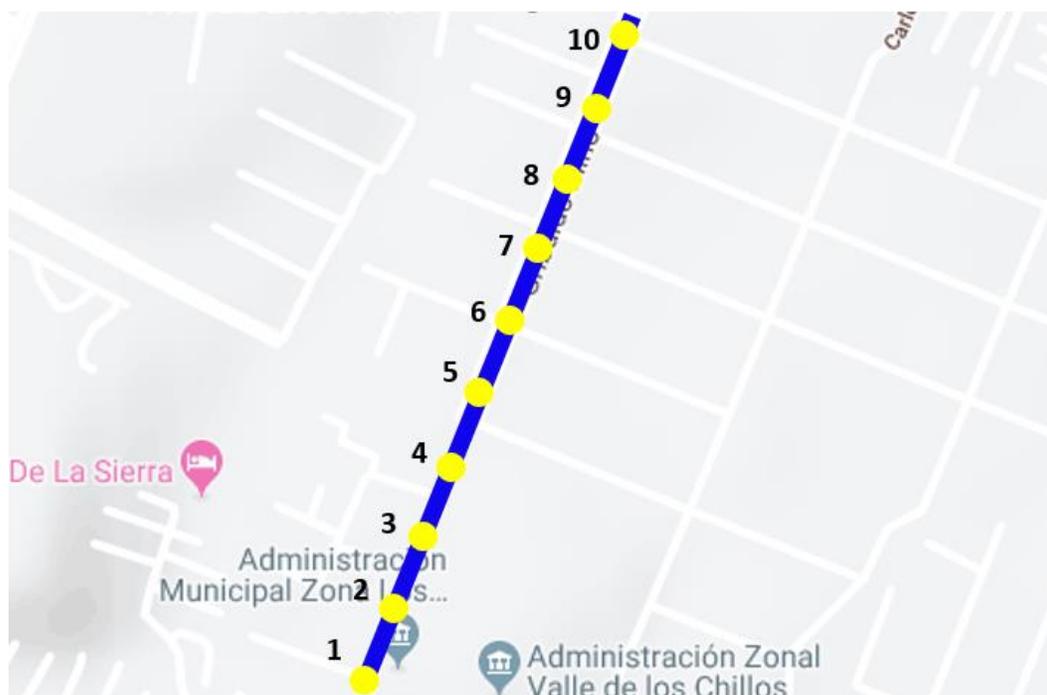


Figura 76 Recorrido definido para la Ruta 2

Tabla 32*Mediciones del segundo recorrido*

#	Distancia Recorrida(m)	Fecha	TEMS POCKET(dBm)	Teléfono de Gama Media(dBm)	Error(%)	Teléfono de Gama Alta(dBm)	Error(%)
1	0	Junio 02 18:57:06	-74	-81	9.46	-70	5.41
2	75	Junio 02 19:12:12	-71	-85	19.72	-66	7.04
3	150	Junio 02 19:12:20	-72	-81	12.5	-64	11.11
4	225	Junio 02 19:12:30	-71	-73	2.82	-64	9.85
5	300	Junio 02 19:12:37	-67	-75	11.94	-62	7.46
6	375	Junio 02 19:12:56	-69	-87	26.08	-72	4.34
7	450	Junio 02 19:13:31	-72	-73	1.38	-70	2.77
8	525	Junio 02 19:13:43	-73	-77	5.47	-75	2.73
9	600	Junio 02 19:13:58	-58	-69	18.96	-60	3.44
10	675	Junio 02 19:14:08	-54	-61	12.96	-54	0
PROMEDIO DE ERROR					12.13		5.41

La Figura 77 muestra el registro gráfico del segundo recorrido realizado para los teléfonos de Gama Media, Gama Alta y el equipo profesional TEMS POCKET (Figura 77-(a), Figura 77-(b) y Figura 77-(c) respectivamente).



Figura 77 Identificación de la cobertura en la Ruta 2

Al analizar la Tabla 32, se puede verificar que de igual forma que en el Escenario 1 al usar un teléfono de Gama Media existe una variación muy elevada en la identificación de cobertura 3G y 3.5G con respecto al equipo profesional, para la segunda ruta el teléfono registra en la aplicación niveles más bajos de RSCP (promedio de 8dBm de variación) y además de igual forma que en la primera ruta posee un alto margen de error en todas las muestras (promedio de 12.13%). Mientras que el teléfono de Gama Alta sigue aproximándose bastante al equipo profesional, registrando en la aplicación la misma variación de RSCP con respecto al equipo profesional (promedio de 4 dBm de variación) y además posee un margen de error menor (promedio de 5.41%) al teléfono de Gama Media.

Con las gráficas obtenidas en la Figura 77 se puede corroborar lo descrito en la Tabla 34, donde el teléfono de Gama Media (Figura 77-(a)) registra marcadores que indican niveles aceptables de cobertura en algunos tramos, mientras que el teléfono de Gama Alta (Figura 77-(b)) posee un gráfico con niveles excelentes de cobertura, muy similar al generado por el equipo profesional TEMS POCKET (Figura 77-(c)).

Con respecto al consumo de batería, de igual forma que en el primer recorrido se procedió a verificar el consumo para el teléfono de Gama Alta y el equipo profesional. La figura 78 muestra el consumo en mAh por cada aplicación móvil, el cuadro rojo señala el consumo de la aplicación desarrollada para el proyecto (Movicell) y el cuadro verde el consumo de la aplicación del equipo profesional (TEMS POCKET).

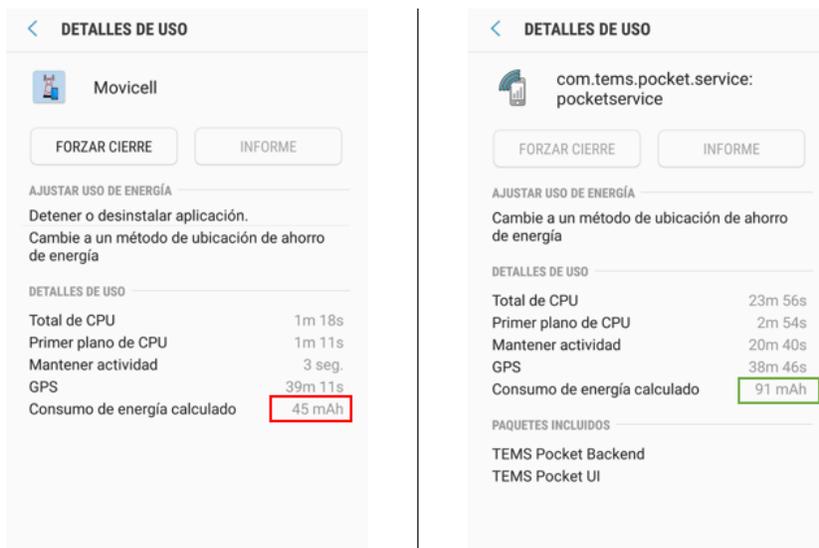


Figura 78 Consumo de batería en el segundo recorrido

La figura 79 muestra el porcentaje general de consumo por cada aplicación móvil, el cuadro rojo señala el consumo de la aplicación desarrollada para el proyecto (Movicell) y el cuadro verde el consumo de la aplicación del equipo profesional (TEMS POCKET).

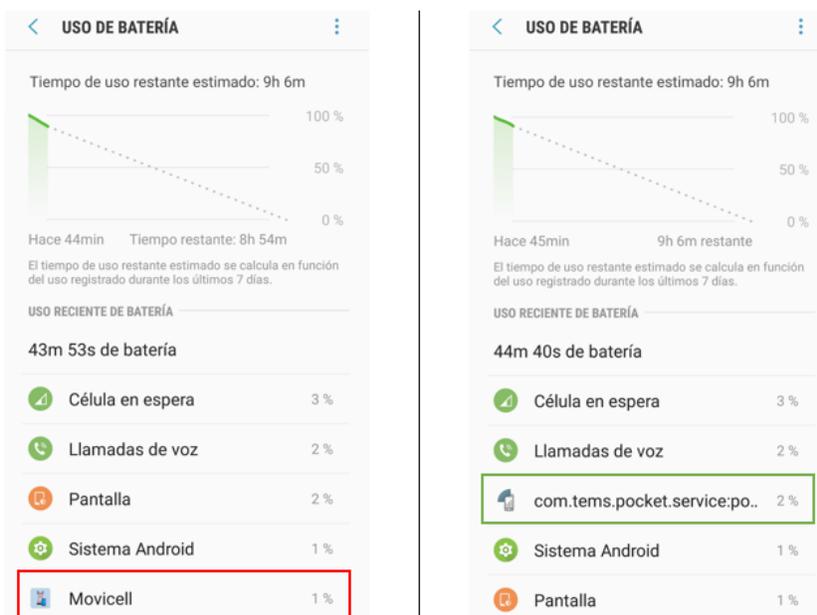


Figura 79 Consumo de batería en el segundo recorrido

Al analizar la Figura 78, la cual muestra el consumo en mAh por aplicación. Se puede observar claramente que el uso de la aplicación Movicell (45 mAh) representa un menor consumo de batería con respecto al consumo de la aplicación TEMS Pocket (91 mAh). Esto se puede corroborar con los resultados obtenidos en la Figura 79, donde se puede ver que la aplicación Movicell ha consumido el 1%, mientras que la aplicación TEMS Pocket ha consumido el 2% del porcentaje total de la batería.

Con la información obtenida en el Escenario 1 y Escenario 2, se puede decir que el uso de la aplicación desarrollada para el proyecto funcionando en dispositivos de Gama Alta, es una buena alternativa a comparación del equipo profesional, ya que presenta una gran similitud en la identificación de cobertura 3G y 3.5G. Además, con las pruebas realizadas presenta un menor consumo de batería, con lo que se podría llegar hacer una medición con casi el doble de recorrido que una medición normal realizada con el equipo profesional TEMS Pocket.

4.2.6 Estimar la ubicación de Radiobases conforme el nivel de RSCP identificado en el sistema Mobile Crowdsourcing

De acuerdo con los pasos definidos en el protocolo de pruebas, se ha seleccionado como operadora base a MOVISTAR, considerando que posee un mayor número de registros e identificación de cobertura en el sistema Mobile Crowdsourcing.

La empresa S3T-TELQUALITY ha proporcionado un archivo con extensión KML con el cual se puede graficar y visualizar las Radiobases de la operadora MOVISTAR sobre el software Google Earth. En la Figura 80 se muestra una captura donde están graficadas las Radiobases 3G (Color verde) presentes en Sangolquí.

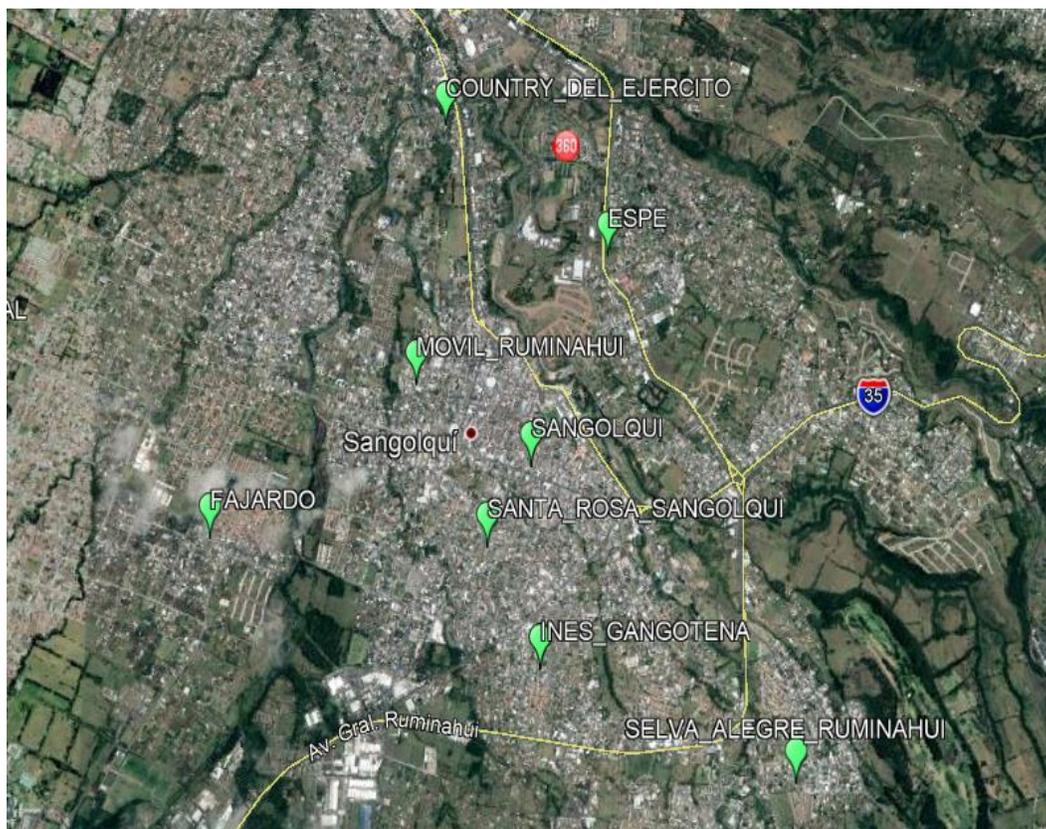


Figura 80 Radiobases presentes en Sangolquí

Los nombres de las estaciones hacen referencia al sitio donde están ubicadas, en Sangolquí se tiene las Radiobases 3G y 3.5G:

- COUNTRY_DEL_EJERCITO
- ESPE
- FAJARDO
- SANGOLQUI
- SANTA_ROSA_SANGOLQUI
- INES_GANGOTENA
- MOVIL_RUMINAHUI
- SELVA_ALEGRE_RUMINAHUI

Para poder realizar una comparación exitosa se ha generado el mapa de calor con el mismo valor de zoom de la Figura 70, adicionalmente se han ubicado las Radiobases (Circulo Azul) sobre el mapa de calor. La Figura 81 muestra el gráfico obtenido con los respectivos nombres de cada Radiobase.



Figura 81 Mapa de calor con Radiobases 3G y 3.5G

Como se puede observar en los alrededores de las Radiobases existen niveles excelentes de señal y conforme va creciendo la distancia de cobertura comienza a degradarse la señal debido a la topología o estructuras que interfieren en la línea de vista de las Radiobases.

La Figura 82 muestra la interferencia física generada por una elevación (círculo rojo) dentro del conjunto “La Colina” para la Radiobase ESPE.



Figura 82 Interferencia generada para la Radiobase ESPE

Esta interferencia se puede corroborar con la ayuda de la herramienta de Google Earth (flecha roja) para verificar el perfil de elevaciones en una ruta. La Figura 83 muestra el perfil de terreno donde se puede evidenciar una elevación de aproximadamente 25 metros de altura y la existencia de cuerpos de agua (Río Pita), lo que obstaculiza la propagación de señal de la Radiobase ESPE considerando que se encuentra a 0.9 km de distancia.

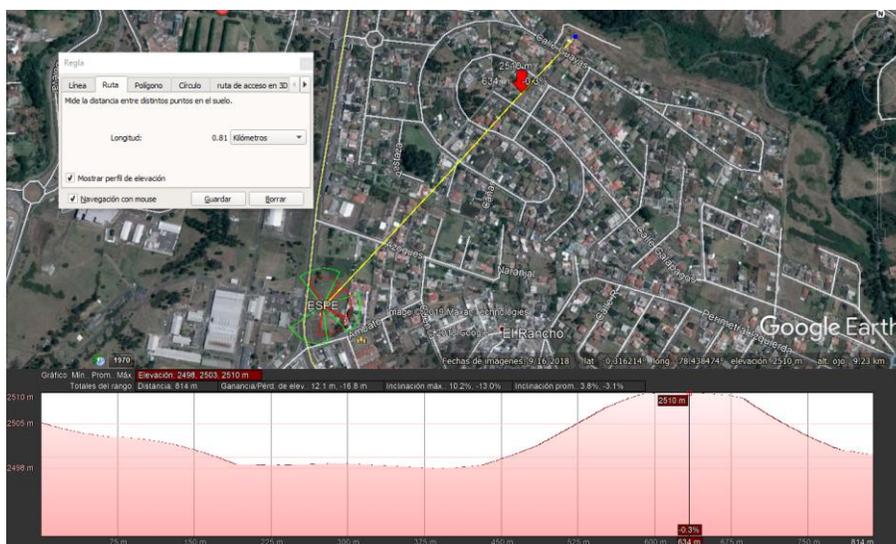


Figura 83 Perfil de terreno para la propagación de la Radiobase

Otro escenario donde se puede observar la degradación de señal generada por la topología del terreno es el mostrado en la Figura 84, donde se muestra una elevación (círculo rojo) en el barrio Albornoz para la Radiobase SELVA_ALEGRE_RUMINAHUI.



Figura 84 Interferencia generada para la Radiobase SELVA_ALEGRE_RUMINAHUI

El perfil de terreno visto con la herramienta Google Earth presenta una elevación (flecha roja) de alrededor de 40m (ver en la Figura 85), lo que afecta directamente a la propagación de señal de la Radiobase SELVA_ALEGRE_RUMINAHUI que se encuentra a 1km de distancia.

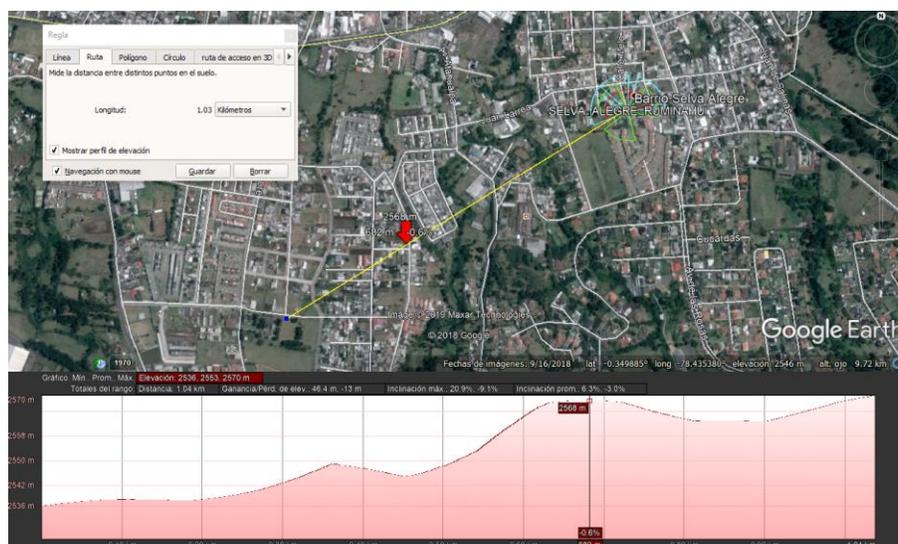


Figura 85 Perfil de terreno para la propagación de la Radiobase

De esta forma se ha comprobado que con el uso del mapa de calor se puede llegar a identificar de una forma rápida la posible ubicación de una Radiobase y además las posibles causas de la degradación de señal, tomando como referencia sus niveles de intensidad de señal registrada y el perfil de terreno mostrado en el mapa.

Continuando con los pasos definidos en el protocolo de pruebas se descargaron las tres bases de datos para cada operadora móvil celular en formato CSV, por medio del botón con un enlace de descarga directa que se encuentra dentro de la aplicación web desarrollada para el proyecto. La figura 86 muestra el resultado al abrir el archivo CSV para la operadora MOVISTAR en Microsoft Excel, este formato se mantiene para las operadoras CLARO y CNT.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	FECHA	GPS	LONGITUD	LATITUD	SC	UARFCN	RCSP	OPERADORA	MNC	MCC	USUARIO
2	Fri Apr 19 00:00	gps	-78.4635755	-0.1282981	117	4412	-82	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
3	Fri Apr 19 00:00	gps	-78.4633977	-0.12825205	117	4412	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
4	Fri Apr 19 01:00	gps	-78.4631957	-0.12819266	435	512	-86	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
5	Fri Apr 19 01:00	gps	-78.4635878	-0.12830154	117	4436	-86	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
6	Fri Apr 19 01:00	gps	-78.4636767	-0.12821441	117	4436	-82	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
7	Fri Apr 19 02:00	gps	-78.4634827	-0.12822623	117	4412	-98	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
8	Fri Apr 19 02:00	gps	-78.463492	-0.12805951	117	4436	-92	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
9	Fri Apr 19 02:00	gps	-78.4637021	-0.12827212	117	4436	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
10	Fri Apr 19 03:00	gps	-78.463649	-0.12827526	117	4436	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
11	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4163175	-0.30929265	42	4436	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
12	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4162249	-0.30950349	42	512	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
13	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4160159	-0.30948711	42	4436	-72	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
14	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4636734	-0.12833926	117	4436	-94	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
15	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4159376	-0.30927412	42	4412	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
16	Fri Apr 19 04:00	gps	-78.4637035	-0.12822376	117	4436	-96	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
17	Fri Apr 19 05:00	gps	-78.4164028	-0.30949314	42	512	-94	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
18	Fri Apr 19 05:00	gps	-78.4636578	-0.12819186	434	4436	-88	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
19	Fri Apr 19 05:00	gps	-78.4760017	-0.15018333	241	4412	-72	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon

Figura 86 Base de datos descargada para la operadora MOVISTAR

Como se puede observar el archivo exportado de la base de datos brinda la información (FECHA, TIPO DE GPS, LONGITUD, LATITUD, SC, UARFCN, RCSP, OPERADORA, MNC, MCC y USUARIO) de cada registro de cobertura. De esta información se va a realizar un filtro en la columna UARFCN, para proceder tabular los resultados obtenidos indicando el número de UARFCN y el total de registros que posee.

La Tabla 33 muestra los valores obtenidos en cada base de datos, se debe considerar que se descartaron valores nulos o erróneos los cuales se generan cuando los participantes utilizan una versión de Android menor a la definida por el sistema Mobile Crowdsourcing.

Tabla 33

Recuento de marcas

OPERADORA	UARFCN	NUMERO DE REGISTROS	FRECUENCIA PORTADORA
MOVISTAR	4412	24348	850
	4436	17720	
	512	21936	1900
	537	5091	
CLARO	4387	21177	850
	587	4739	1900
	612	1537	
CNT	662	17048	1900
	687	4813	

De esta forma se pudo comprobar que con los registros del sistema Mobile Crowdsourcing las operadoras MOVISTAR y CLARO utilizan frecuencias de 850 MHz y 1900 MHz, mientras que CNT utiliza únicamente frecuencias de 1900 MHz. Esto se puede corroborar con el último informe estadístico de “Radiobases por operador y tecnología” proporcionado por la ARCOTEL (2019).

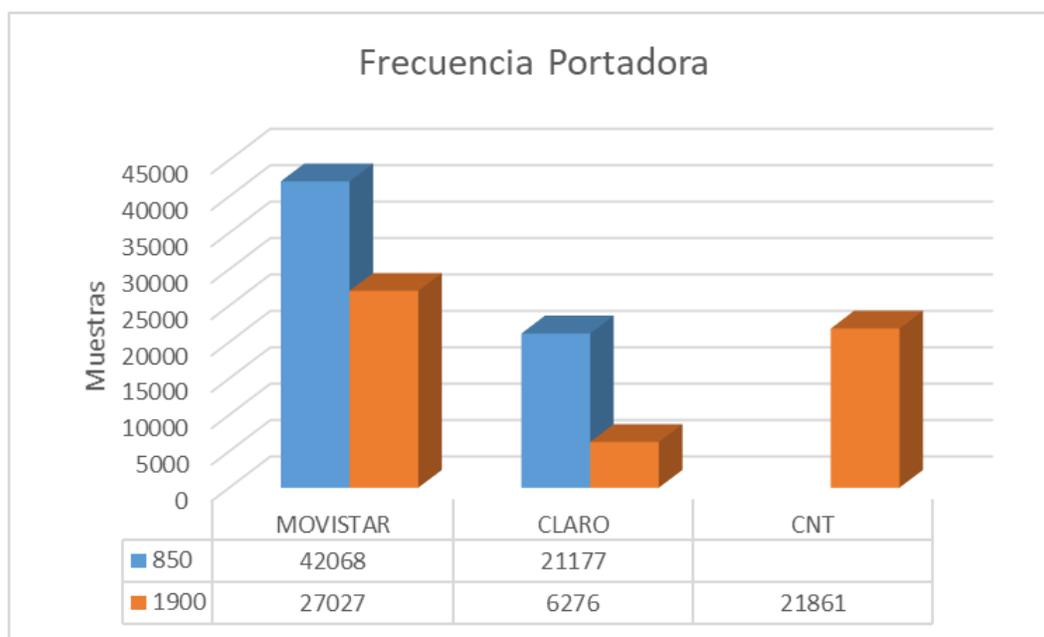


Figura 87 Frecuencias utilizadas en las tres operadoras móviles

La Figura 87 muestra de forma gráfica los resultados obtenidos en la Tabla 33, donde se puede mencionar que:

- MOVISTAR presenta el 60.88% de uso de la frecuencia 850 MHz, mientras que el 39.12% de uso para la frecuencia 1900 MHz del total de mediciones.
- CLARO presenta el 77.13% de uso de la frecuencia 850 MHz, mientras que el 22.87% de uso para la frecuencia 1900 MHz del total de mediciones.
- CNT presenta el 100% de uso de la frecuencia de 1900 MHz del total de mediciones.

Aspecto que puede ser utilizado por el ente de control para auditar la propagación de la señal de las operadoras móviles celulares del país.

4.3 Resultados Obtenidos

El sistema de identificación de cobertura brinda la información sobre las redes 3G y 3.5G en la ciudad de Sangolquí a través de la medición del nivel de señal (RSCP) con múltiples participantes del sistema Mobile Crowdsourcing.

Como se mencionó anteriormente, el sistema posee una aplicación móvil desarrollada para dispositivos móviles con sistema operativo Android (Versión 7.0 o superior). Para poder poner el sistema de medicación con la aplicación en funcionamiento es necesario hacer previamente un registro. La Figura 88 muestra una captura de pantalla de la actividad “registro” que se muestra inicialmente en la aplicación.

Movicell

SOY MIEMBRO DE S3T

USUARIO 1

Ingrese el usuario

CONTRASEÑA

Ingrese contraseña

INGRESAR

¿DESEA INGRESAR COMO INVITADO?

Ingrese su nombre 2

INGRESAR

Figura 88 Actividad de Registro

Como se observa en la Figura 88, existen dos tipos de ingreso (cuadros rojos 1 y 2) que se pueden llenar para ingresar a la actividad principal de la aplicación, el cuadro con el numero 1 indica los datos que se deben ingresar para el personal de la empresa y el cuadro numero 2

indica el nombre del usuario de la persona que va a participar en el sistema Mobile Crowdsourcing.

Una vez validado los datos de la persona miembro de la empresa o registrado el nombre del usuario participante se ingresa a la actividad principal, donde mediante la activación por medio de un botón tipo switch habilita el sistema de medición y empieza a enviar los datos al servidor. Se debe mencionar que se agregó un medidor tipo semáforo de 4 colores para que la medición e identificación del nivel de señal sea más amigable con el usuario.

La Figura 89 muestra un ejemplo de la interfaz gráfica del sistema en funcionamiento, donde se puede observar que el sistema muestra los parámetros medidos y el semáforo indicador de cobertura, donde se agregaron los colores verde, amarillo, naranja y rojo para indicar un nivel de señal excelente, bueno, regular o malo respectivamente. En la figura se muestra el color naranja lo que indica un nivel regular de cobertura.

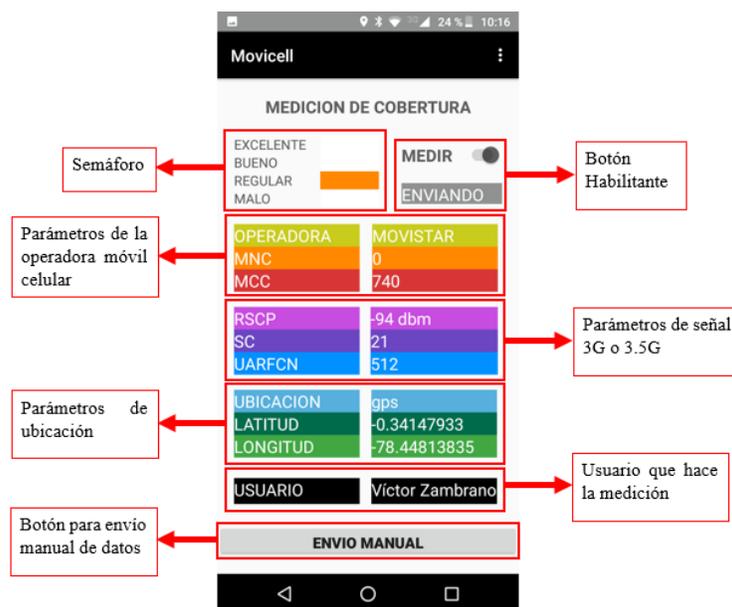


Figura 89 Actividad principal

El menú desplegable como se muestra en la Figura 90, el cual muestra el acceso a las actividades de Instrucciones (para poner el sistema en funcionamiento), Información (sobre cada parámetro medido en la aplicación), Visualización (incorpora un navegador web para visualizar la medición de cobertura) y Salir.



Figura 90 Menú desplegable

La Figura 91 y 92, muestra las actividades de Instrucciones e Información respectivamente. Las actividades son del tipo Scrolling, es decir, muestran el contenido en forma de cadena y se mueven conforme el usuario desplace el dedo sobre la pantalla.



Figura 91 Actividad Información

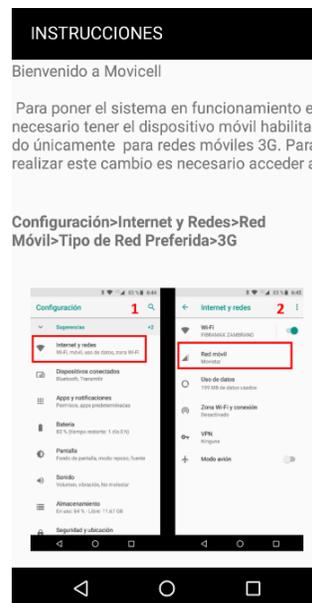


Figura 92 Actividad Instrucciones

Finalmente se incorporó un navegador en la aplicación, el cual tiene predefinido el dominio de la página web de la empresa específicamente en la página de “Medición de cobertura”, esto para que la persona que utilice la aplicación pueda verificar su recorrido de forma gráfica y en tiempo real. La Figura 93 muestra el navegador incorporado en la aplicación y el acceso a un mapa de cobertura.

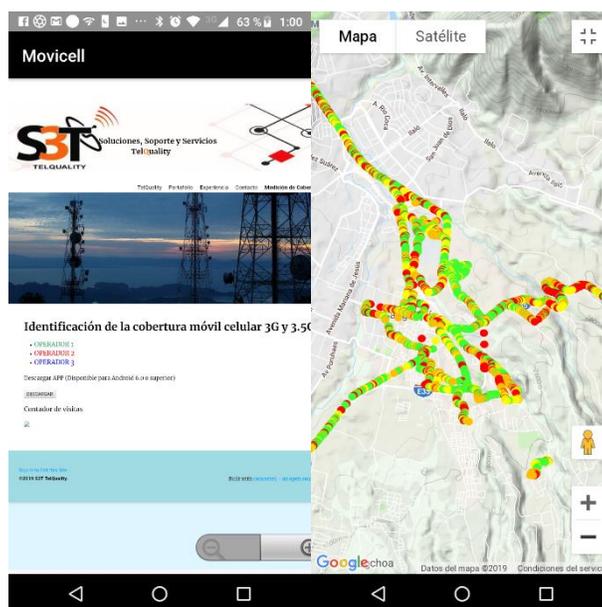


Figura 93 Actividad Visualizar

Para poder visualizar la medición en un computador o tablet se debe ingresar a la página web de la empresa con el dominio de “www.s3t-telquality.com” y dirigirse a la página de “Medición de Cobertura” que fue implementada para el desarrollo del proyecto. La Figura 94 muestra la interfaz de la página web, donde se debe seleccionar de forma manual la operadora que se desee visualizar su mapa de cobertura. La distribución es la siguiente:

- OPERADOR 1 (MOVISTAR)
- OPERADOR 2 (CLARO)
- OPERADOR 3 (CNT)

Adicionalmente se implementó un botón con un enlace de descarga directa para obtener el archivo con extensión APK, el cual debe ser instalado en los teléfonos inteligentes de los participantes del sistema Mobile Crowdsourcing.

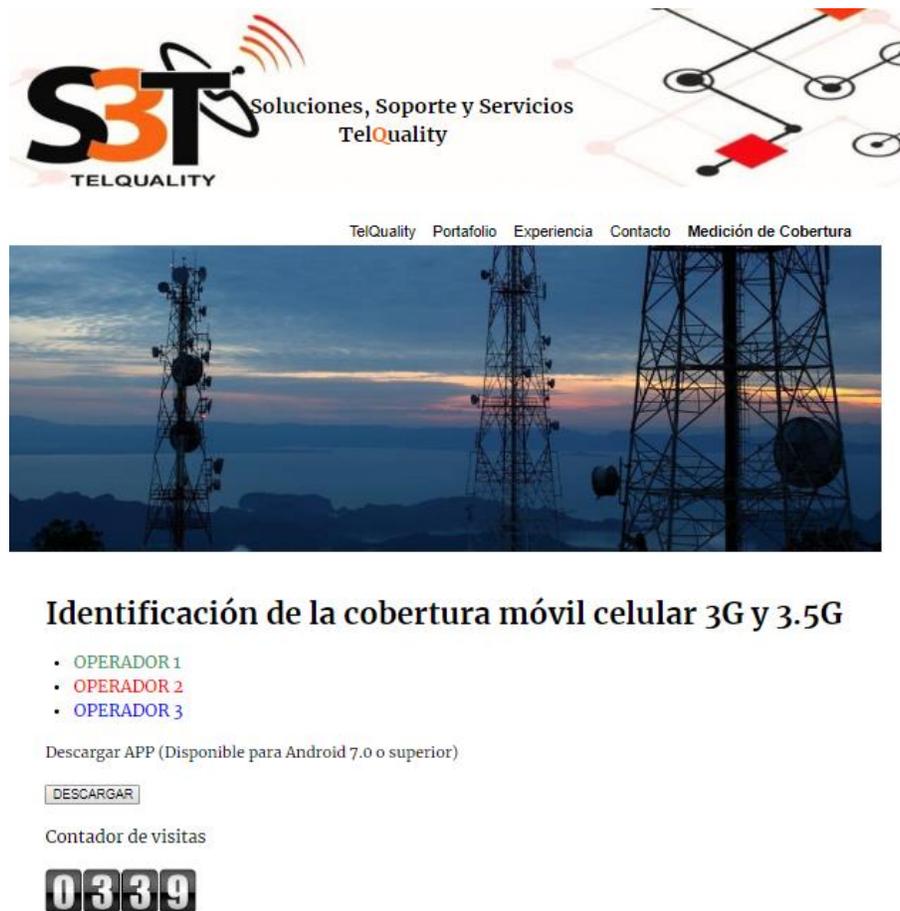


Figura 94 Página “Medición de Cobertura”

La Figura 95 muestra un ejemplo de la interfaz desarrollada para poder visualizar el mapa de cobertura en la operadora MOVISTAR, esta interfaz es replicada para las operadoras CLARO y CNT. Como se observa se tiene en la parte superior la leyenda con los rangos establecidos para mostrar la medición y un panel de navegación para poder ir a los otros mapas de cobertura de las diferentes operadoras. En la parte intermedia se muestra el mapa (tipo Roadmap) y los marcadores de cobertura (al hacer clic sobre un marcador se despliega un

letrero donde se puede visualizar el valor de SC y UARFCN registrado en ese punto). En la figura se muestra la información de un marcador, donde se puede observar sus valores de SC (19) y UARFCN (4412).

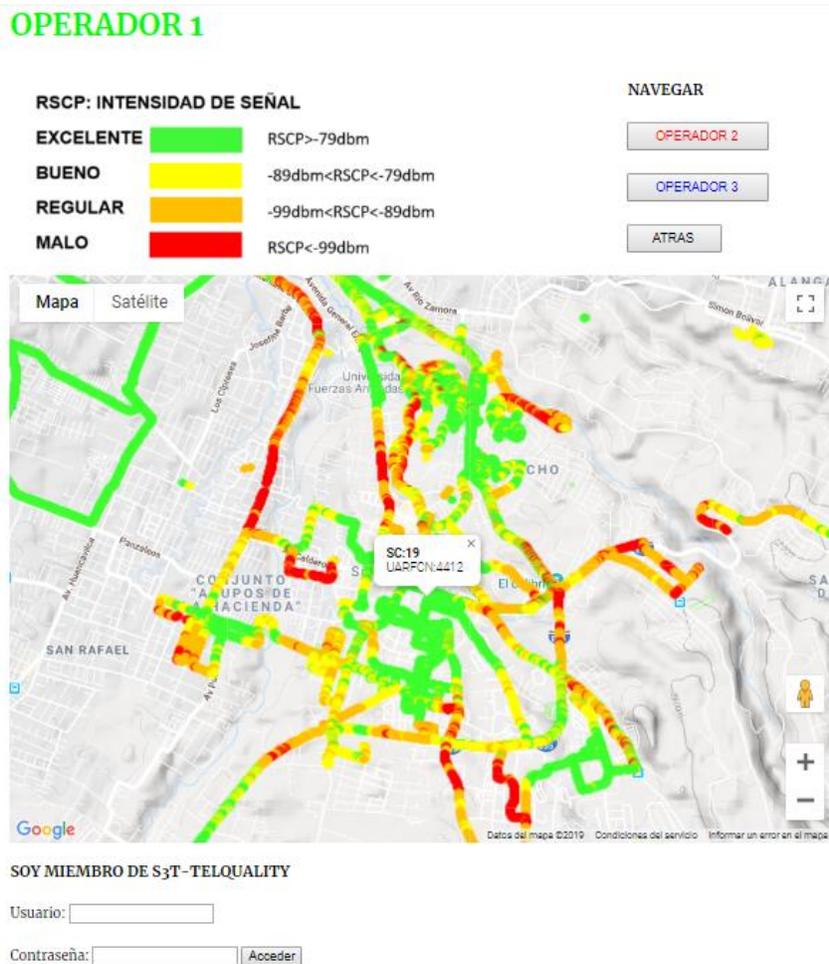


Figura 95 Mapa de Cobertura

Con la visualización obtenida en el mapa de cobertura, el solicitante del sistema Mobile Crowdsourcing podrá analizar de forma gráfica los resultados obtenidos en la identificación de cobertura 3G y 3.5G en la ciudad de Sangolquí, donde por medio de los marcadores dibujados sobre el mapa, se logrará identificar los lugares con niveles de cobertura excelente, buena, regular o mala. Finalmente, en la parte inferior se encuentra un acceso (usuario y contraseña)

destinado solo para el personal de la empresa, donde una vez validados los datos de ingreso se tiene acceso a una nueva página, en la cual se podrá visualizar los mapas de calor para cada operadora.

MAPA DE CALOR - OPERADOR 1

RSCP: INTENSIDAD DE SEÑAL

EXCELENTE		RSCP > -79dbm
BUENO		-89dbm < RSCP < -79dbm
REGULAR		-99dbm < RSCP < -89dbm
MALO		RSCP < -99dbm

NAVEGAR

[MAPA DE CALOR - OPERADOR 2](#)

[MAPA DE CALOR - OPERADOR 3](#)

[SALIR](#)



DESCARGAR BASE DE DATOS

[DESCARGAR](#)

MEDIR LA DISTANCIA ENTRE DOS COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Ingrese las coordenadas del primer punto (Grados Decimales)

Latitud 1 Longitud 1

Ingrese las coordenadas del segundo punto (Grados Decimales)

Latitud 2 Longitud 2

[Calcular](#)

Figura 96 Mapa de calor

La Figura 96 muestra la nueva página web con la interfaz desarrollada para poder visualizar el mapa de calor en la operadora MOVISTAR, esta interfaz es replicada para las operadoras CLARO y CNT. Presenta en la parte superior la leyenda con los rangos de cobertura y un panel de navegación entre los mapas de calor de las diferentes operadoras. En la parte intermedia se muestra el mapa (tipo Terrain) y los marcadores con colores suaves para formar el efecto de calor (al hacer clic sobre un marcador se despliega un letrero donde se puede visualizar el valor de latitud y longitud registrada en ese punto). En la figura se muestra la información de un marcador, donde se puede observar sus valores de Latitud (-0.33768814) y Longitud (-78.44567345).

Por medio de esta interfaz que utiliza el concepto de mapa de calor, se tiene una mejor visualización del cubrimiento que proporcionan las Radiobases de las redes 3G y 3.5G en la ciudad de Sangolquí.

Por último, en la parte inferior se tiene la herramienta desarrollada para calcular la distancia entre puntos y un botón para hacer una descarga directa de la base de datos y obtener un archivo plano en formato CSV con los valores de las mediciones almacenados como se muestra en la Figura 97.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	FECHA	GPS	LONGITUD	LATITUD	SC	UARFCN	RCSP	OPERADORA MNC	MCC	USUARIO	
2	Fri Apr 19 00:	gps	-78.4635755	-0.1282981	117	4412	-82	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
3	Fri Apr 19 00:	gps	-78.4633977	-0.12825205	117	4412	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
4	Fri Apr 19 01:	gps	-78.4631957	-0.12819266	435	512	-86	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
5	Fri Apr 19 01:	gps	-78.4635878	-0.12830154	117	4436	-86	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
6	Fri Apr 19 01:	gps	-78.4636767	-0.12821441	117	4436	-82	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
7	Fri Apr 19 02:	gps	-78.4634827	-0.12822623	117	4412	-98	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
8	Fri Apr 19 02:	gps	-78.463492	-0.12805951	117	4436	-92	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
9	Fri Apr 19 02:	gps	-78.4637021	-0.12827212	117	4436	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
10	Fri Apr 19 03:	gps	-78.463649	-0.12827526	117	4436	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
11	Fri Apr 19 04:	gps	-78.4163175	-0.30929265	42	4436	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
12	Fri Apr 19 04:	gps	-78.4162249	-0.30950349	42	512	-84	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
13	Fri Apr 19 04:	gps	-78.4160159	-0.30948711	42	4436	-72	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
14	Fri Apr 19 04:	gps	-78.4636734	-0.12833926	117	4436	-94	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon
15	Fri Apr 19 04:	gps	-78.4159376	-0.30927412	42	4412	-80	MOVISTAR	0	740	Alex Calderon

Figura 97 Base de datos descargada para la operadora MOVISTAR

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A través de la colaboración masiva de personas con teléfonos inteligentes (Mobile Crowdsourcing), se logró identificar la cobertura móvil celular a través de la intensidad de señal 3G y 3.5G de las operadoras móviles en la ciudad de Sangolquí, utilizando como herramientas de medición y posicionamiento, la antena interna y el sensor GPS del dispositivo móvil (teléfono celular).

Para el diseño de la arquitectura del sistema Mobile Crowdsourcing se utilizó el modelo básico de un sistema Mobile Crowdsensing, el cual consta de tres bloques principales: participantes que utilizan los sensores de dispositivos móviles, la plataforma central donde se realiza el almacenamiento de los datos y los solicitantes que por medio de una aplicación web pueden acceder a los resultados obtenidos.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se optó por el sistema operativo Android considerando que según GlobalStats (2018), la preferencia de usuarios en el país es del 84.26%. Además, se implementó Tareas Asíncronas en el código, para realizar el envío de datos en segundo plano de forma paralela a la medición, evitando que el sistema se cuelgue o genere retardos mientras realiza la actualización de los parámetros de cobertura.

Mediante las pruebas realizadas, se determinó que el proveedor de ubicación GPS_PROVIDER que utiliza A-GPS es más adecuado para funcionar en los dispositivos móviles de los participantes, ya que como resultado de las pruebas alcanzó un menor tiempo para obtener la primera variación de ubicación y una mayor exactitud para detectar movimientos.

En el código de la aplicación móvil se asignó una variación de 5 metros como parámetro de variación de distancia para hacer una nueva medición y registro los datos. Adicionalmente, un tiempo de actualización de la posición de 1 segundo para verificar si existió el desplazamiento, considerando que las mediciones son realizadas por los participantes cuando están caminando o en un vehículo en movimiento.

De acuerdo con los rangos de cobertura identificados para los equipos profesionales y en base a la experiencia empírica del personal analista de la empresa S3T-TELQUALITY en proyectos de medición de cobertura celular, se definieron cuatro rangos representados como semáforo que definen la calidad del nivel de señal (excelente, bueno, regular o malo).

A través de la medición de los parámetros MNC, MCC, RSCP, SC y UARFCN, se pudo obtener la información necesaria para poder identificar y registrar en tiempo real la operadora móvil celular, la intensidad de señal en dBm, la estación servidora y la frecuencia portadora en las redes 3G y 3.5G que sirven a la ciudad de Sangolquí.

Por medio de las pruebas realizadas para determinar el consumo de batería, se pudo verificar que la aplicación móvil desarrollada para el proyecto presenta un menor consumo de batería, con lo que se podría llegar hacer una medición de RSCP con casi el doble de recorrido que una medición realizada con un equipo profesional TEMS Pocket. Sin embargo, se debe considerar que el equipo profesional también realiza la medición de otros parámetros de cobertura lo que ocasiona que tenga un mayor consumo de batería.

Para solventar el problema de lentitud o inmovilidad que se presentó en la navegación sobre el mapa de Google Maps, al sobrepasar el dibujo de 5000 marcadores por medio de CSS. Se optó por realizar nuevos diseños de marcadores en formato PNG, los cuales son cargados sobre el mapa, evitando el uso de CSS para dibujar marcadores.

Para poder garantizar la lectura de todos los parámetros de cobertura MNC, MCC, RSCP, SC y UARFCN, se utilizó como mínimo nivel de API la versión 24 de Android y adicionalmente para realizar la conectividad entre la aplicación móvil y la base de datos, se creó un servicio web para poder registrar los datos en la respectiva tabla de la base de datos.

Para la configuración del servidor de la empresa se utilizó un servicio web con una arquitectura cliente-servidor, donde los datos son transmitidos por medio del protocolo HTTP al servidor y las respuestas se devuelven en formato XML por medio del servidor de página web.

Para el desarrollo de la aplicación Web en la parte de front-end se utilizó Concrete5 para el desarrollo de la interfaz gráfica junto con scripts en los lenguajes: HTML para crear accesos o textos, CSS para el enriquecimiento de los contenidos y JavaScript para poder realizar la graficación de los mapas de cobertura y el enlace con la base de datos. Mientras que en la parte de back-end se utilizaron scripts en lenguaje: PHP para registrar y exportar los datos de la base de datos en formato XML.

Como resultado de las pruebas, se determinó que existe una diferencia entre usar un teléfono de gama media y el de gama alta como terminal de medición, al obtener los valores RSCP y compararlos con la medición del equipo profesional usado como patrón, siendo más exacto en la medición el de gama alta con un error respecto al equipo profesional de alrededor al 5%.

Basándose en los resultados obtenidos, el personal de la empresa S3T-TELQUALITY se mostró conforme con el prototipo de sistema Mobile Crowdsourcing, ya que cumple con el requerimiento de desarrollar un sistema de medición alternativo de bajo costo para realizar mediciones de RSCP en exteriores.

5.2 Recomendaciones

Es indispensable que el teléfono que va a realizar la medición este configurado para funcionar únicamente en redes 3G/3.5G y posea un plan de datos habilitado, para poder realizar el envío de los datos en tiempo real a la nube, de este modo se evitara pérdidas de información de la medición de cobertura por parte de los usuarios participantes del sistema Mobile Crowdsourcing.

Se recomienda que el teléfono inteligente que va a ser usado como dispositivo de identificación de la cobertura sea de al menos gama media-alta y posea una versión de API 24 (Android Nougat) o superior, para evitar datos erróneos en el parámetro UARFCN.

Se recomienda utilizar como iconos de las marcas que se dibujan sobre Google Maps, imágenes en formato PNG sin fondo y no realizar dibujos por medio de CSS, ya que cuando existe una gran cantidad de marcadores y se utiliza CSS el navegador se detiene o deja de responder.

Para evitar retardos o desplazamientos lentos en la interfaz web por la gran cantidad de marcadores que se dibujan en el mapa, se recomienda hacer una división ya sea por ciudades o provincias. Con el fin de no sobrecargar el sistema con marcas de cobertura de diferentes partes del país.

Con respecto al sistema Mobile Crowdsourcing, se recomienda aumentar progresivamente el número de sus usuarios para obtener un mayor cubrimiento y mejor representación de la cobertura celular en las zonas de interés.

Finalmente, se recomienda utilizar la aplicación en exteriores ya que, al ingresar a una vivienda o edificación por el ancho de las paredes o el tipo de techo se pueden generar

variaciones en la medición de cobertura y esto puede reflejar registros con cierta degradación de señal.

5.3 Trabajos Futuros

Como trabajo futuro se puede desarrollar un sistema donde también se realice la identificación de la cobertura de las redes 4G, considerando que actualmente presenta un gran crecimiento junto con las redes 3G en el país y se proyectan a 5G.

Se plantea la posibilidad de incluir el desarrollo de una aplicación que también esté disponible para el sistema operativo IOS, lo que permitirá conseguir un aumento de participantes en el sistema Mobile Crowdsourcing.

Se propone realizar la identificación en zonas de mayor tamaño como las ciudades de Guayaquil, Quito, Cuenca o incluso todo el país. Considerando que esto generará un gran flujo de datos se podría implementar la utilización de herramientas y conceptos de Big Data para analizar los resultados.

BIBLIOGRAFIA

Academia Android. (19 de Marzo de 2016). *Academia Android*. Obtenido de <https://academiaandroid.com/componentes-aplicacion-android/>

Academia Android. (29 de Junio de 2016). *Academia Android*. Obtenido de <https://academiaandroid.com/multitarea-android-clases-async-task-thread-handler-runnable/>

Afolayan , D. (30 de Mayo de 2018). *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/fbdevclagos/4-reasons-why-wire-frame-is-important-during-website-or-mobile-app-development-46fabdf47190>

Agarwal , N. (22 de Marzo de 2018). *FormGet*. Obtenido de <https://www.formget.com/android-views/>

Aguilar, R. (04 de Septiembre de 2018). *Andro4all*. Obtenido de <https://andro4all.com/2018/09/gamas-moviles-android-2018>

Alfocea, J. (26 de Junio de 2017). *ANDROIDSIS*. Obtenido de <https://www.androidsis.com/las-mejores-herramientas-para-desarrolladores-de-aplicaciones-android/>

Android Developers. (2018). *Android Developers*. Obtenido de <https://developer.android.com/guide/components/>

Android Developers. (25 de Marzo de 2018). *Android Developers*. Obtenido de <https://developer.android.com/reference/android/telephony/CellIdentityWcdma>

Android Developers. (20 de Diciembre de 2018). *Android Developers*. Obtenido de <https://developer.android.com/reference/android/location/LocationListener>

ARCOTEL. (19 de Marzo de 2019). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma_3/

ARCOTEL. (1 de Febrero de 2019). *ARCOTEL*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-FEBRERO-2019-Cierre-2018.pdf>

Avvenuti, M., Bellomo, S., Cresci, S., N. La Polla, M., & Tesconi, M. (2017). Hybrid Crowdsensing: A Novel Paradigm to Combine the Strengths of Opportunistic and Participatory Crowdsensing. *International World Wide Web Conference Committee*, 1413-1421.

Baccaglioni, F. (23 de Julio de 2015). *TecnoGeek*. Obtenido de https://www.tecnogeek.com/verpost.php?id_noticia=4029

Blasco, L. (5 de Septiembre de 2016). *BBC*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37247130>

Bultren, D. (26 de Noviembre de 2016). *stackoverflow*. Obtenido de <https://es.stackoverflow.com/questions/34904/cuando-debo-usar-los-m%C3%A9todos-post-y-get>

Cantoni, B. (16 de Noviembre de 2016). *Cantoni*. Obtenido de <http://www.cantoni.org/2013/11/06/capture-android-web-traffic-fiddler>

- Capati, M. K. (31 de Enero de 2015). *maketecheasier*. Obtenido de <https://www.maketecheasier.com/crowdsourcing-mobile-apps/>
- Carrodegas, N. (13 de Noviembre de 2018). *NorfiPC*. Obtenido de Intensidad y nivel de la señal en redes móviles 2G, 3G y 4G: <https://norfipc.com/redes/intensidad-nivel-senal-redes-moviles-2g-3g-4g.php>
- Collado, C. (21 de Diciembre de 2018). *www.andro4all.com*. Obtenido de <https://andro4all.com/2018/12/sensores-movil>
- Concrete5. (3 de Abril de 2019). *Concrete5*. Obtenido de <https://www.concrete5.org/about>
- Condés, Ó. (28 de Mayo de 2016). *TICbeat*. Obtenido de <https://www.ticbeat.com/empresa-b2b/que-es-crowdsourcing-ventajas/>
- Cottafava, D., Magariello, S., Ariano, R., Arrobbio, O., Baricco, M., Barthelmes, V., . . . Vernerio, F. (2019). Crowdsensing for a sustainable comfort and for energy saving. *Energy and Buildings*, 208-220.
- Cunningham, E. (21 de Febrero de 2019). *Android Developers*. Obtenido de <https://android-developers.googleblog.com/2019/02/expanding-target-api-level-requirements.html>
- Dahlman, E., Parkvall, S., & Skold, J. (2016). *4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G*. London: Elsevier.
- Dunn, C., Britch, D., McLemore, M., & Umbaugh, B. (20 de Agosto de 2018). *Microsoft*. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/android/app-fundamentals/android-api-levels?tabs=windows>

Fenollosa, A. (05 de Febrero de 2017). *Programador Web Valencia*. Obtenido de <https://programadorwebvalencia.com/6-mejores-editores-para-web-2017/>

Ganti, R. K., Ye, F., & Lei, H. (2011). Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE Communications Magazine*, 32-39.

Giordana, D. (15 de Noviembre de 2017). *BandaGeek*. Obtenido de <https://bandageek.com/2017/02/el-modelo-entidad-relacion-y-el-modelo-relacional-en-bases-de-datos/>

Gloag, D. (05 de Febrero de 2018). *Study*. Obtenido de <https://study.com/academy/lesson/mobile-app-definition-development-management.html>

GlobalStats. (1 de Diciembre de 2018). *StatCounter GlobalStats*. Obtenido de <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/ecuador/#monthly-201801-201812-bar>

Google Developers. (28 de Febrero de 2019). *Google Developers*. Obtenido de <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/maptypes>

Google Maps. (15 de Abril de 2019). *Google Maps Platform*. Obtenido de <https://developers.google.com/maps/documentation/maps-static/dev-guide>

Google Maps Platform. (2 de Mayo de 2018). *Google Cloud*. Obtenido de <https://cloud.google.com/blog/products/maps-platform/introducing-google-maps-platform>

Google Maps Platform. (08 de Abril de 2019). *Google Cloud*. Obtenido de <https://cloud.google.com/maps-platform/?hl=es>

GPS.gov. (22 de Agosto de 2012). *GPS.GOV*. Obtenido de <https://www.gps.gov/spanish.php>

Grados, J. (20 de Abril de 2017). *DevCode*. Obtenido de <https://devcode.la/blog/que-es-javascript/>

Gupta, P. (2013). EVOLVEMENT OF MOBILE GENERATIONS : 1G To 5G. *International Journal For Technological Research In Engineering*, 152-157.

Gutiérrez, M. J. (19 de Abril de 2015). *El Android Libre*. Obtenido de Análisis y evolución de las redes móviles: <https://elandroidelibre.espanol.com/2015/04/analisis-y-evolucion-de-las-redes-moviles.html>

Harinath, M., Jaswanth, S., & Pramod, N. (2016). Evolution of Mobile Networks: From 1G TO 4G. *Advanced Research in Electrical and Electronic Engineering*, 307-310.

Hayes, D. R. (2015). *A Practical Guide to Computer Forensics Investigations*. Indianapolis: PEARSON.

Holm, H., & Toskala, A. (2010). *WCDMA FOR UMTS: Radio Access for Third Generation*. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

IBM. (18 de Octubre de 2014). *IBM*. Obtenido de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_ibm_i_71/rzaiy/rzaiyisd4.htm

IBM. (13 de Abril de 2019). *IBM*. Obtenido de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSGMCP_5.2.0/com.ibm.cics.ts.webservices.doc/concepts/dfhws_definition.html

IBM. (14 de Febrero de 2019). *IBM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-cloud-storage>

IDC. (22 de Diciembre de 2018). *IDC ANALYZE THE FUTURE*. Obtenido de <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>

Infovista. (2 de Abril de 2019). *Infovista*. Obtenido de https://know.infovista.com/temspocket21/p/1?utm_source=website&utm_medium=release&utm_campaign=temspocket21

ISDI. (16 de Octubre de 2017). *ISID*. Obtenido de <https://www.isdi.education/es/isdigital-now-mexico/blog/empleo-y-talento/que-es-el-crowdsourcing-y-que-ventajas-tiene>

Jarquín, E. (06 de Agosto de 2018). *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/200codeblog/desarrollo-web-moderno-2018-3c92d0d68b07>

Javed , M., & Talha Siddiqui, A. (2017). Transformation of Mobile Communication Network from 1G to 4G and 5G. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 193-197.

Joskowicz, J. (31 de Agosto de 2015). *Universidad de la Republica*. Obtenido de [https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Conceptos%20basicos%20de%20telefon%C3%ADa%20\(presentacion\).pdf](https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Conceptos%20basicos%20de%20telefon%C3%ADa%20(presentacion).pdf)

JustHost. (10 de Abril de 2019). *JustHost*. Obtenido de <https://www.justhost.com/web-hosting>

JustHost. (18 de Enero de 2019). *JustHost*. Obtenido de <https://www.justhost.com/web-hosting>

Kemp, S. (1 de Enero de 2019). *We Are Social*. Obtenido de <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>

Kenton, W. (16 de Mayo de 2018). *Investopedia*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/c/crowdsourcing.asp>

Lam, W. (10 de Julio de 2017). *IHS Markit*. Obtenido de <https://technology.ihs.com/593647/the-rf-front-end-unsung-hero-of-the-premium-smartphone>

Lescuyer, P. (2012). *UMTS: Origins, Architecture and the Standard*. London: Springer.

Linares, I. (04 de Septiembre de 2017). *El Android Libre*. Obtenido de <https://elandroidelibre.lespanol.com/2017/09/que-es-api-software-android.html>

Ling, F. (2017). *Synchronization in Digital Communication Systems*. New York: Cambridge University Press.

LTE-Anbieter. (29 de Junio de 2016). *LTE-Anbieter.info*. Obtenido de ASU parameter - measure and interpret signal strength: <https://www.lte-anbieter.info/technik/asu.php>

Malhotra, A. (1 de Enero de 2018). *IT Training Institute*. Obtenido de <https://www.techaltum.com/fullstack-web-development.html#!#myModal>

Mazhar, N., Ahmad, A., Razzaq, A., Abbas, K., Adnan, M., Abdullah, H., & Rasheed, N. (2019). Mobile Crowdsensing Application of Road. *International Conference on Data Science 2019*, 25-31.

Mcdonald, N. (30 de Enero de 2018). *We are Social* . Obtenido de <https://wearesocial.com/us/blog/2018/01/global-digital-report-2018>

MINTEL. (23 de Agosto de 2018). *Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información de Ecuador*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-los-primeros-paises-mayor-velocidad-banda-ancha-fija-movil-america-latina/>

Morató , D. (16 de Febrero de 2016). *Universidad Publica de Navarra*. Obtenido de https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/ftpr/ftpr13_14/slides/Tema4-3-OBAyFTTH.pdf

Motorola. (22 de Mayo de 2019). *Motorola G6 Play*. Obtenido de <https://www.motorola.com.mx/moto-g6-play/p>

Movistar. (10 de 01 de 2018). *www.movistar.es*. Obtenido de *Cómo conocer la cobertura real de tu móvil:* <https://comunidad.movistar.es/t5/Blog-Movisfera/C%C3%B3mo-conocer-la-cobertura-real-de-tu-m%C3%B3vil/ba-p/3376704>

Mozilla Developers. (18 de Marzo de 2019). *Mozilla Developers*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>

Mozilla Developers. (18 de Marzo de 2019). *Mozilla Developers*. Obtenido de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/Introduction_to_CSS/Como_funciona_CSS

Mozilla Developers. (18 de Marzo de 2019). *Mozilla Developers*. Obtenido de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/JavaScript/First_steps/Qu%C3%A9_es_JavaScript

Mozilla Developers. (18 de Marzo de 2019). *Mozilla Developers*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP/Overview>

Mucito, M. (23 de Enero de 2018). *Code Army*. Obtenido de <https://codearmy.co/el-camino-del-desarrollador-web-en-2018-64efc5b68853>

NFON. (07 de Diciembre de 2018). *NFON: Cloud Telephone System*. Obtenido de <https://www.nfon.com/es/servicio/base-de-conocimiento/base-de-conocimiento-destacar/redes-de-telecomunicaciones/>

NFON. (07 de 12 de 2018). *NFON: Cloud Telephone System*. Obtenido de <https://www.nfon.com/es/servicio/base-de-conocimiento/base-de-conocimiento-destacar/red-telefonica-conmutada/>

OpenStreetMap. (21 de Abril de 2019). *Precision of coordinates*. Obtenido de https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Precision_of_coordinates

Paing, S. N., Zin , M., Othman, M., & Funabiki, N. (2019). A Personal Use Vehicle Anti-Theft Tracking System Using IoT Platform. *International Journal of Computer & Software Engineering*, 141-148.

Parvez. (26 de Junio de 2017). *Phpflow.com*. Obtenido de <https://www.phpflow.com/php/web-service-types-soapxml-rpcrestful/>

Pascual, J. A. (31 de Diciembre de 2016). Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/internet/adsl-vs-fibra-optica-que-conexion-pongo-casa-52104>

Pascual, J. A. (15 de Julio de 2018). *Computer Hoy*. Obtenido de <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/asi-seran-smartphones-futuro-274329>

Patel, S., Shah, V., & Kansara, M. (2018). Comparative Study of 2G, 3G and 4G. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 1962-1964.

Percona. (30 de Febrero de 2019). *Percona*. Obtenido de <https://www.percona.com/software/mysql-database>

Pérez, N., Pinto, Á., Torres, J., & Pérez, T. (2017). *PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS CELULARES Y DE RADIO ACCESO*. Colombia: CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL SINÚ.

PHP. (05 de Marzo de 2019). *PHP.net*. Obtenido de <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>

Qualcomm. (2015). *Qualcomm Research Dual-Cell HSDPA*. San Diego: Qualcomm Technologies, Inc.

Ramírez, I. (21 de Marzo de 2019). *Xatak Android*. Obtenido de <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/historia-y-evolucion-de-android-como-un-sistema-operativo-para-cameras-digitales-acabo-conquistando-los-moviles>

Revelo, J. (13 de Septiembre de 2018). *Hermosa Programacion*. Obtenido de <http://www.hermosaprogramacion.com/2018/09/actividades-ciclo-de-vida/>

Robledo, D. (2017). *Desarrollo de aplicaciones para Android I*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

- Saini, S. (2015). Wireless and Mobile Communications. *Advanced Research in Electrical and Electronic Engineering* , 71-75.
- Salgado, A. (28 de Marzo de 2016). *Coursera*. Obtenido de <https://es.coursera.org/lecture/fundamentos/componentes-de-una-aplicacion-movil-A8qFc>
- Samsung. (22 de Mayo de 2019). *Galaxy S7*. Obtenido de <https://www.samsung.com/es/smartphones/galaxy-s7-g930f/SM-G930FZKAPHE/>
- Samsung. (20 de Abril de 2019). *Samsung*. Obtenido de <https://www.samsung.com/latin/support/mobile-devices/what-is-an-apk/>
- Saraiva, R. (2017). Evolution of Positioning Techniques in Cellular Networks, from 2G to 4G. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 17-23.
- Schiaffarino, A. (12 de Marzo de 2019). *infranetworking*. Obtenido de <https://blog.infranetworking.com/modelo-cliente-servidor/>
- Sepulveda, J. M. (7 de Junio de 2017). *stackoverflow*. Obtenido de <https://es.stackoverflow.com/questions/76615/qu%C3%A9-diferencia-hay-entre-soap-y-rest>
- Sharma, P. (2013). Evolution of Mobile Wireless Communication. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* , 47-53.
- Shukla, S., Khare, V., Garg, S., & Sharma, P. (2013). Comparative Study of 1G, 2G, 3G and 4G. *Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences (JEC&AS)*, 55-63.

Silhavy, R., Senkerik, R., Oplatkova, Z. K., Silhavy, P., & Prokopova, Z. (2016). *Software Engineering Perspectives and Application in Intelligent Systems*. Zlin: Springer.

Studytonight. (25 de Marzo de 2019). *Studytonight*. Obtenido de <https://www.studytonight.com/android/introduction-to-views>

Teleco. (15 de Marzo de 2014). *Teleco español*. Obtenido de http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_2.asp

TRAKER. (13 de Noviembre de 2013). *Localizador GPS Traker*. Obtenido de ¿Qué es el A-GPS?: <https://localizadorgpstracker.com.mx/blog/noticias/que-es-el-a-gps/>

Triggs, R. (3 de Septiembre de 2018). *Android Authority*. Obtenido de <https://www.androidauthority.com/lte-advanced-176714/>

Truong , N. B., Lee, G. M., Um , T.-W., & Mackay, M. (2019). Trust Evaluation Mechanism for User Recruitment in Mobile Crowd-Sensing in the Internet of Things. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 1-1.

Vásquez, G. (30 de Enero de 2018). *Código OnClick*. Obtenido de <https://codigoonclick.com/hilos-android-lo-necesitas-saber/>

Vergara, J. M. (28 de Junio de 2016). *CoriaWeb*. Obtenido de <https://www.coriaweb.hosting/nos-ofrece-phpmyadmin/>

Viswanathan, P. (19 de Noviembre de 2018). *LifeWire*. Obtenido de <https://www.lifewire.com/what-is-a-mobile-device-2373355>

- Viswanathan, P. (20 de Abril de 2019). *LifeWire*. Obtenido de <https://www.lifewire.com/what-is-a-mobile-operating-system-2373340>
- Wang, Y., Jia , X., Jin, Q., & Ma, J. (2017). Mobile crowdsourcing: framework, challenges, and solutions. *Concurrency and Computation*, 1-17.
- Watchity. (17 de Diciembre de 2018). *Watchity*. Obtenido de <https://www.watchity.com/blog/las-5-mejores-plataformas-de-crowdsourcing/>
- Wireshark. (22 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://www.wireshark.org/>
- Younus, J., Fahad, M., & Khana, M. A. (2016). Evaluation and Benchmarking of Maintenance Organization and Planning/Scheduling at Automotive Industries of Pakistan. *ELSEVIER*, 711-715.
- Yufeng, W., Xueyu, J., Qun, J., & Jianhua , M. (2015). QuaCentive: a quality-aware incentive mechanism in mobile crowdsourced sensing (MCS). *The Journal of Supercomputing*, 2924–2941.
- Zamora, J. A. (12 de Octubre de 2015). *El android libre*. Obtenido de <https://elandroidelibre.lespanol.com/2015/10/tutorial-como-incluir-localizacion-en-tu-propia-aplicacion.html>
- Zanetti, N. (2017). Description of Mobile Crowdsensing Mechanisms. *ENTROPY*, 1-20.