AAT 6375

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

Desarrollo de una plataforma que permita detectar la ocurrencia de un posible sismo a través del análisis de registros generados por dispositivos móviles en Android.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: ONCE (11)

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: SIMY ZLOMEX	Nombre: RAFAEL LARA CAMPOS	Nombre Wilmer Pereira

REALIZADO POR	**Daniel Alejandro Rendón Sosa**
PROFESOR GUÍA	**Wilmer Pereira**
FECHA	**Diciembre 2017**

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

Desarrollo de una plataforma que permita detectar la ocurrencia de un posible sismo a través del análisis de registros generados por dispositivos móviles en Android.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN INFORMÁTICA

REALIZADO POR **Daniel Alejandro Rendón Sosa**

PROFESOR GUÍA **Wilmer Pereira**

FECHA **Diciembre 2017**

A mis padres Herbert Rendón y Lucy Sosa,

Que desde el comienzo de mi educación

quisieron verme con éxito.

Por todos los sacrificios que hicieron

por verme feliz

Los regaños y enseñanzas

fueron parte de mi aprendizaje.

Gracias por confiar siempre en mí

Y que esto sea un producto de su esfuerzo

como padres.

Daniel Alejandro Rendón Sosa

Error! Reference source not found.AGRADECIMIENTO

A Dios por estar ahí en todo momento a pesar del estrés y los días que no fueron fructíferos, siempre logró mostrar un camino y fuerzas para seguir adelante con el objetivo.

A mi papá, Herbert Rendón ya que no estuvo ahí solo como padre, que me aconsejara y me apoyara, de manera que persistiera durante toda mi carrera, sino también como tutor sismológico, donde estuvo ahí guiándome en la teoría, en la factibilidad del trabajo de grado y por siempre buscar una buena solución a los problemas que se presentaban, así era necesario trasnocharse.

A mi mamá, Lucy Sosa que a pesar de que no poder aportar mucho en la teoría, logró hacer lo posible por entender lo que hacía, y estuvo apoyándome no solo en el periodo del trabajo de grado, sino desde el primer día de colegio, para que lograra ser alguien en la vida, un profesional en lo que me gustara.

A mi hermana Claudia Rendón, que por llevarme once años de edad, es casi como una segunda madre, donde pudo aconsejarme y criarme para ser mejor persona cada día y siempre estando preocupada por mi éxito.

A mis compañeros, que más que eso son amigos o hermanos que uno elige. Estando en los buenos y malos momentos de la carrera, y nunca faltando la frase: “Si nos vamos a graduar!”

Contenido

AGRADECIMIENTO 4

ÍNDICE DE FIGURAS 9

ÍNDICE DE TABLAS 11

SINÓSPSIS 12

INTRODUCCIÓN 13

CAPITULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1. Objetivos 17

1.1 Objetivo General 17

1,2 Objetivo Específicos 17

2. Alcance y Limitaciones 19

3. Justificación 27

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO 30

1. Sismología 30

1.1 Sismo 31

1.2 Amplitud 31

1.3 Acelerógrafo 32

1.4 Sismógrafo 32

1.5 Acelerómetro 33

1.6 Onda P 34

1.7 Concepto de Magnitud 34

2. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) 37

3. Android 37

4. Global Positioning System (GPS) 39

5. Firebase 39

6. Python 40

7. Flask 41

7. Spyder 41

CAPITULO III – METODOLOGÍA 42

1. Introducción de Scrum 42

2. Sprint 43

3. Product Backlog 43

4. Sprint Backlog 43

5. Sprints 43

5.1 Sprint 0 – Fase de planificación 43

5.2 Sprint 1 – Creación de la aplicación móvil 45

5.3 Sprint 2 – Implementación del "LocationListener" 46

5.4 Sprint 3 – Implementación de Google Maps 46

5.5 Sprint 4 – Calibración del celular con el acelerómetro 47

5.6 Sprint 5 – Implementación de escritura del registro en TXT 47

5.7 Sprint 6 – Implementación del guardado del registro en Firebase 48

5.8 Sprint 7 – Creación de la aplicación Web 48

5.9 Sprint 8 – Implementación del reconocimiento (parte 1) 49

5.10 Sprint 9 – Implementación del reconocimiento (parte 2) 49

5.11 Sprint 10 – Implementación del reconocimiento (parte 3) 50

5.12 Sprint 11 – Implementación de la página web con información 50

5.13 Sprint 12 – Creación de la aplicación móvil del administrador 51

5.14 Sprint 13 – Conexión y automatización entre las distintas aplicaciones 51

6. Fase de Cierre 52

CAPITULO IV - DESARROLLO 53

1. Introducción 53

2. Creación de proyectos en Android 53

3. Estructura de Ucabquake (Aplicación móvil) 54

4. Descripción del acelerómetro de Android 55

5. Calibración del acelerómetro 56

6. Filtro pasa bajo 59

7. Grabado de la información del acelerómetro 60

8. Locación del dispositivo móvil 62

9. Firebase 63

10. Configuración de funciones en Firebase 65

11. Aplicación móvil del administrador 65

12. Servidor del sistema 67

12.1 Algoritmo de reconocimiento 67

12.2 Conocer los instantes de tiempo del eje coordenadas Z 68

12.3 Conocer fechas y horas de Z 69

12.4 Sistema de ecuaciones con más de dos celulares 69

12.5 Amplitud del sismo 72

13. Automatización entre las aplicaciones 73

14. Características de un sismo 74

15. Desplegar información resultante 75

CAPÍTULO V - RESULTADOS 75

CAPÍTULO VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

CAPÍTULO VII - BIBLIOGRAFÍA 81

APÉNDICES 84

1. ARTEFACTOS DE LA METOGOLOGÍA 84

1.1 Sprint Backlog 84

1.2 Product Backlog 89

2. ARTEFACTOS DEL DESARROLLO 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Error! Reference source not found.

Ilustración 1 Registro acelerográfico de 80 segs 57

Ilustración 2 Detalle del golpe 58

Ilustración 3 Nivel de ruido registrado 59

Ilustración 4 Diagrama de epicentro 71

Ilustración 5. Sistema de Ecuaciones 72

Ilustración 6 Diagrama de estructura del sistema. 90

Ilustración 7 Ecuación para hallar epicentro 91

Ilustración 8: Sistema de ecuaciones 3 incógnitas 91

Ilustración 9 Artificio matemático 92

Ilustración 10 Pantalla de activación del acelerómetro 92

Ilustración 11 Mapa del usuario común 93

Ilustración 12 Menú aplicación móvil administrador 93

Ilustración 13 Lista de terremotos (aplicación móvil administrador) 94

Ilustración 14 Detalle del terremoto (aplicación móvil administrador) 94

Ilustración 15 Detalle del terremoto (aplicación móvil administrador) 95

Ilustración 16 Pantalla de simulación (aplicación móvil administrador) 95

Ilustración 17 Mapa de la aplicación móvil del administrador 96

Ilustración 18 Nodos de la base de datos en Firebase 96

Ilustración 19 Lista de terremotos (aplicación web) 97

Ilustración 20 Detalle del terremoto (aplicación web) 97

Ilustración 21 Sismogramas en los celulares de la simulación 1 98

Ilustración 22 Sismogramas en los celulares de la simulación 2 98

Ilustración 23 Mapa con la ubicación de los sismos y dispositivos móviles en ambas simulaciones 99

Ilustración 24 Diagrama actividades aplicación móvil usuario 99

Ilustración 25 Diagrama actividades algoritmo de reconocimiento 100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de Amplitud máxima 58

Tabla 2. Sprint Backlog 001 84

Tabla 3. Sprint Backlog 002 84

Tabla 4. Sprint Backlog 003 84

Tabla 5. Sprint Backlog 004 85

Tabla 6. Sprint Backlog 005 85

Tabla 7. Sprint Backlog 006 85

Tabla 8. Sprint Backlog 007 85

Tabla 9. Sprint Backlog 008 86

Tabla 10. Sprint Backlog 009 86

Tabla 11. Sprint Backlog 010 87

Tabla 12 Sprint Backlog 011 87

Tabla 13. Sprint Backlog 012 87

Tabla 14. Sprint Backlog 013 88

Tabla 15. Product Backlog 89

SINÓSPSIS

En este trabajo de grado, se quiere desarrollar un sistema el cual detecte y reconozca terremotos. por medio de una red de celulares Android, utilizando los acelerómetros internos de cada uno de estos dispositivos móviles. Para eso se debe implementar una aplicación en Android que recolecte la información y se desarrolle un servidor el cual analice el conjunto de todos los datos suministrados.

El sistema desarrollado llamado Ucabquake, fue desarrollado bajo el marco de trabajo llamado Scrum, el cual con una serie de sprints, se logró implementar por completo el proyecto. La elaboración del sistema, consta de una aplicación móvil encargada de utilizar el acelerómetro, desarrollada en Android Studio, un servidor implementado en Python el cual pudiera realizar los análisis, una aplicación web con la función de mostrar la información procesada, una aplicación móvil usada como administrador para el recibo y envío de notificaciones, y por su puesto una base de datos en la nube, donde se pudiera almacenar la data necesaria.

INTRODUCCIÓN

En el día a día las personas utilizan sus celulares por distintos motivos, desde usuarios que simplemente desean realizar llamadas o enviar y recibir mensajes de texto, hasta desarrolladores que necesitan de una idea para transformar un proyecto, en algo que cambie la vida de las personas en cuanto a la tecnología. Estas ideas ocurren simplemente con la realización de las tareas cotidianas, y es cuando uno encuentra un problema, ocurre la chispa de la innovación. Es por eso que juntar la creatividad con las habilidades de un desarrollador hace la creación de grandes cosas.

Muchas personas se preguntan en su día a día cosas como: ¿cuándo viene el próximo terremoto? O ¿de cuánto fue el sismo de ayer?, entre varias otras. Observar este comportamiento, hizo dar a luz a la idea de un sistema que detectara terremotos. Por supuesto otra serie de interrogantes surgen como: ¿Cómo se realizaría? O ¿con qué tecnología?, etc. Es allí donde se une la creatividad con las habilidades de un informático, para lograr desarrollar un prototipo de un sistema. En este trabajo de grado se buscó obtener grandes resultados con la mínima cantidad posible de tecnología. Hacer uso de un dispositivo móvil no solo para el entretenimiento, sino para lograr experimentar con sus funcionalidades, fue el principal motivo para la creación del proyecto llamado Ucabquake.

CAPITULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, y gracias a la evolución de la tecnología, los dispositivos móviles o celulares se han desarrollado con sensores capaces medir el medio ambiente que les rodea. Uno de estos sensores que posee el teléfono, es el llamado acelerómetro el cual puede medir la aceleración que se le aplica al dispositivo. El fin con el que se utilizará este sensor será para detectar los movimientos que se le apliquen al dispositivo, de manera que se pueda reconocer si verdaderamente es un sismo o de lo contrario un movimiento no proveniente de la superficie terrestre.

El acelerómetro de los teléfonos celulares como bien se había mencionado, puede captar el movimiento y posicionamiento del mismo. Es por eso que será necesario realizar ciertas pruebas en el dispositivo, para asegurarse que los registros que esté midiendo el celular sean los más parecidos a los métodos tradicionales de medición y a su vez observar que no haya ningún tipo de colapso en el dispositivo o red de conexión, luego de un temblor. Para esto se debe comparar los resultados de los dispositivos contra los sismógrafos o acelerógrafos usualmente utilizados para cualquier medición y así poder determinar si un celular puede ser utilizado para estas tareas.

Cabe acotar un punto importante en lo que movimiento del celular respecta. Se debe tener cuidado al evaluar o analizar los movimientos, ya que

alguno de ellos puede originarse debido a que existe la posibilidad de que el usuario pudiera estar manipulando el celular, haciendo que lo registrado no sea válido como temblor. En el caso de que el suelo tiemble a causa de algún tren subterráneo, autobús, construcción o cualquier parecido, se debe despreciar este registro ya que son movimientos antrópicos. Para lograr discernir de un movimiento causado por la superficie terrestre, es necesario analizar y reconocer los registros leídos por los dispositivos móviles, mediante cálculos de reconocimiento.

Para la implementación y uso de los sensores móviles, se utilizará un entorno *Android* ya que es un sistema operativo de código abierto, fácil de programar y a medida que avanza el tiempo adquiere más prestigio. Esto nos permitirá que los *smartphones* con este sistema, puedan registrar los movimientos terrestres con facilidad aprovechándose de los sensores que posee.

Los métodos tradicionales que se utilizan para la medición, son ciertamente bastante precisos, pero a su vez tienen un costo elevado para su construcción e instalación. Para ello se busca una solución más económica y capaz de abarcar variadas zonas de la superficie terrestre. Se quiere obtener una precisión similar a los registrados por los sismógrafos y acelerógrafos, como también lograr abarcar la misma cantidad de terreno.

Los datos que son registrados por los sismógrafos, son guardados en el servidor desarrollado. Si es el caso de los smartphones pudiera traer problemas al almacenar datos, debido a la cantidad de celulares existentes, comparados con los sismógrafos instalados en el país. Puede conllevar a problemas de saturación de la base de datos y el servidor, como a su vez una baja calidad en el motor de búsqueda en el manejador de la base de datos. Es por eso que se pretende utilizar una base de datos localizada en la nube llamada "Firebase", donde se pueden evitar las consecuencias anteriormente mencionadas.

Identificar con exactitud si el movimiento generado por la superficie terrestre es un temblor o no, requiere de un estudio profundo en conjunto con la ayuda de máquinas profesionales. Se debe estudiar la onda con detalle, la superficie en la cual esta viajó y una serie de cálculos estadísticos para determinar si efectivamente el movimiento fue un terremoto o en su defecto una explosión, erupción volcánica o cualquier ruido antrópico. Para el uso de los smartphones se debe estudiar el comportamiento de su acelerómetro interno y entender de qué manera se puede adaptar la señal que registra este, con la de un acelerómetro profesional y determinar así un algoritmo de reconocimiento para dispositivos móviles. El envío de los datos a su vez se encuentra limitado por la red inalámbrica o la red de datos del dispositivo móvil.

Es por esto que a pesar de la cantidad de limitaciones se desea lograr un estudio bastante preciso para la distinción del movimiento ejercido en los celulares.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar una plataforma que permita detectar la ocurrencia de un posible sismo a través del análisis de registros generados por dispositivos móviles en Android.

1,2 Objetivo Específicos

- Evaluar los aspectos teóricos inherentes a la detección de eventos sísmicos, a los fines de establecer las bases de desarrollo de la propuesta.

- Evaluar la plataforma a ser utilizada del servidor, de manera de escoger el óptimo dependiendo de las necesidades de las transacciones y el poder de cómputo instalado en FUNVISIS.

- Desarrollar una aplicación móvil la cual detecte los movimientos y posición de la superficie terrestre, de manera que haga el rol de un sismógrafo, utilizando como insumo el evento sísmico simulado

- Implementar la transferencia de los datos registrados por el dispositivo móvil hacia un servidor.

- Identificar estrategias de reconocimiento que permitan discernir si el evento registrado corresponde a un evento sísmico real o un ruido antrópico.

- Desarrollar en base a las estrategias de reconocimiento identificadas un sistema que permita determinar los eventos registrados por los dispositivos móviles correspondientes a un evento sísmico real.

- Desarrollar una aplicación móvil la cual pueda ser utilizada por un administrador, con la funcionalidad de consultar información y envíe notificaciones de alerta para la toma de decisiones.

2. Alcance y Limitaciones

1. Evaluar los aspectos teóricos inherentes a la detección de eventos sísmicos, a los fines de establecer las bases de desarrollo de la propuesta.

- Para lograr hacer un reconocimiento de la existencia de un sismo, es necesario documentarse y saber las bases teóricas del estudio de los temblores. Se realizarán los cálculos necesarios para determinar la magnitud, intensidad y onda asociada a un sismo, observando el comportamiento de los sismógrafos. Entre los parámetros sísmicos que fueron necesarios evaluar para el reconocimiento del movimiento del terreno, se encuentran, la onda P detectada por los distintos dispositivos móviles, los instantes de tiempo de la llegada de las ondas, la amplitud de la onda, la locación del epicentro del sismo y la cantidad de celulares que detectaron el temblor, donde ayudarán a tomar una decisión más acertada del posible terremoto. El comportamiento de la señal, no será un factor a tomar en cuenta a excepción de la amplitud máxima de la señal y el tiempo de llegada de la misma, debido a que requiere de un estudio mayor en cuanto a los suelos y los distintos tipos de movimientos que existen como por ejemplo el estallido de una explosión, la erupción de un volcán, un tractor o camión, etc. Esto requiere de cálculos estadísticos que evalúen dicha señal. Las ondas viajan a una velocidad de cinco

kilómetros sobre segundo por la superficie terrestre, lo que significa que dependiendo del relieve de dicha superficie como montañas, colinas o planicies, la onda tardará más o menos en llegar a algún dispositivo móvil. Es por ello que se trabajará en un terreno ideal, donde no se tomará en cuenta la variación topográfica ni la variación de la velocidad de la onda de la roca en el medio terrestre, debido a la complejidad de los cálculos que se deben tomar para evaluar el tiempo de viaje de dicha onda.

2. Evaluar la plataforma a ser utilizada del servidor, de manera de escoger el óptimo dependiendo de las necesidades de las transacciones y el poder de cómputo instalado en FUNVISIS.

- Se analizará cual es la plataforma ideal a utilizar para el desarrollo del servidores del trabajo de grado, escogiendo así una plataforma. Se debe observar en que plataformas corren los servidores ya existentes de FUNVISIS y su poder de cómputo. De igual manera al implementar la aplicación con *Android Studio*, es necesario identificar qué tecnología tiene mayor ventaja con el compilador mencionado. Es por ello que el servidor debía tener la posibilidad de un desarrollo back-end y front-end, donde pudiera levantar una aplicación web y realizar los cálculos del análisis de los movimientos. Para esto se escogió Spyder, el cual es un Framework que trabaja bajo el lenguaje

de Python, con el objetivo de hacer la detección de un sismo. En cuanto a la aplicación web, se implementó en Flask, un micro Framework trabajado en Spyder. Para la base de datos se utilizó Firebase, el cual es una herramienta en la nube desarrollada por Google. La ventaja de esta, es que una de sus funcionalidades es la utilización de una base de datos a tiempo real, donde es conectada a cada dispositivo móvil que tenga la aplicación de Ucabquake instalada. Con esta base de datos, es posible alimentarla desde cualquier locación, mientras se tenga red inalámbrica o red de datos del celular. Para lograr esto se debe crear un proyecto en Firebase y vincularlo con las aplicaciones deseadas.

3. Desarrollar una aplicación móvil la cual detecte los movimientos y posición en la superficie terrestre, de manera que haga el rol de un sismógrafo, utilizando como insumo el evento sísmico simulado

- La aplicación a desarrollar se realizará en un entorno Android, de manera que se pueda ejecutar en dispositivos móviles con este sistema operativo instalado. Las funcionalidades del software, serán las de captar los movimientos terrestres tanto sismos como ruido antrópico de manera de reconocer posteriormente la distinción entre ambos gracias a la activación del acelerómetro interno del dispositivo móvil. Se debe presionar el botón de activación de manera que la

aplicación determine si el celular está siendo manipulado o se encuentra en un estado de reposo, con el fin de utilizar este último como una lectura limpia de cualquier ruido antrópico. Luego se encargará de escribir en un archivo de texto planeado lo detectado por el acelerómetro y posteriormente enviarlo a la base de datos. Esta aplicación enviará lo registrado a Firebase y luego el servidor se encargará de leer lo almacenado, con el fin de estudiar las lecturas de los dispositivos. La aplicación móvil tendrá implementado un Google Maps, para saber la locación del celular y también como punto informativo de los sismos ocurridos anteriormente.

4. Implementar la transferencia de los datos registrados por el dispositivo móvil hacia un servidor.

- Todo dispositivo móvil debe lograr capturar los movimientos provocados por algún agente, para luego lograr enviar estos datos al servidor. La transferencia se realizará por medio de WIFI o por la red de datos del dispositivo móvil. La aplicación móvil registrará en un archivo de texto plano dentro de la memoria interna del teléfono, los movimientos a su alrededor en un rango de tiempo determinado. Una vez que finalice dicho rango, el software se encargará de leer el contenido del .TXT, para luego enviarlo por medio de APIs a la base

de datos Firebase. El servidor es el responsable de leer lo registrado en Firebase, donde posteriormente se realizará el análisis de lo registrado.

5. Identificar estrategias de reconocimiento que permitan discernir si el evento registrado corresponde a un evento sísmico real o un ruido antrópico.

- Como es sabido, los movimientos terrestres pueden ser causados por un sismo o cualquier otro ruido antrópico, esto queriendo decir generado por el hombre. Se debe estudiar el conjunto de registros en la base de datos y de ellos reconocer los valores mínimos que pasan el umbral del ruido y máximos generados. Se reconocerán sismos de magnitud mayores a cinco, debido a que son de mayor relevancia ante un usuario y son más sencillos de detectar por un dispositivo móvil. Algunas de las estrategias son captar la llegada de tiempo de la onda P, lo cual significa que el sistema deberá identificar si el dispositivo móvil se encuentra en movimiento o en un estado de reposo, una vez que la aplicación móvil reconozca dicho estado, utilizará el teléfono como una estación sismográfica, con el fin de captar los movimientos que estén a su alrededor. Cuando se tiene registrado una amplitud en la onda de algún movimiento justo después de no haber percibido ningún movimiento, se puede afirmar

que dicho instante de tiempo pudiera ser la primera llegada de la onda de un temblor. Luego es necesario determinar que cada uno de estos instantes de tiempo coincidan con la misma fecha y se encuentren en un rango de horas no mayor a veinte segundos. En este proceso se descartan todos aquellos dispositivos que no cumplan con el requerimiento anterior. Al realizar el conteo de los celulares que si registraron correctamente la onda, se debe tener al menos tres dispositivos para los siguientes pasos. Se debe hallar el epicentro del sismo con un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas, con el cual se sabrá el tiempo origen, la latitud y longitud del sismo y posteriormente hallar las distancias entre los teléfonos y dicho epicentro. Este proceso de hallar el epicentro se debe realizar una serie de veces dependiendo de la cantidad de celulares que lograron captar el temblor. Se debe realizar una combinación entre las distintas estaciones sismográficas (celulares) para determinar el promedio de los epicentros resultantes y así tener una ubicación del epicentro más robusta. Como última estrategia se debe saber la amplitud de lo registrado, ya que si verdaderamente fue un temblor y el epicentro se encuentra en el centro de los dispositivo móviles, la amplitud recibida por los teléfonos serán iguales, en caso contrario los valores de la amplitud serán aleatorios sin ninguna relación, así descartando la posibilidad de un sismo, esto quiere decir que el valor de la amplitud depende de la distancia entre el epicentro y el celular.

Si cada fase anteriormente mencionada se cumple, acertadamente se puede afirmar la existencia de un terremoto.

6. Desarrollar en base a las estrategias de reconocimiento identificadas, un sistema que permita determinar los eventos registrados por los dispositivos móviles correspondientes a un evento sísmico real.

   - Este sistema, será el encargado distinguir entre ambos tipos de movimientos, luego de haber identificado cuales serían las estrategias de reconocimiento. Se debe desarrollar una base de datos donde el sistema podrá leer y procesar los distintos registros y así enviar notificaciones o alertas a los administradores del sistema. Se realizarán los cálculos necesarios con Python, con métodos organizados, donde paso a paso hagan el reconocimiento. El servidor leerá la información encontrada en la base de datos la cual es Firebase.

7. Desarrollar una aplicación móvil la cual pueda ser utilizada por un administrador, con la funcionalidad de consultar información y envíe notificaciones de alerta para la toma de decisiones.

   - Es necesario desarrollar una aplicación móvil utilizada por algún administrador de FUNVISIS o persona de guardia. Esto con el fin de

que al usuario le logren llegar notificaciones de alerta, y así poder tomar decisiones rápidas. El administrador será capaz de consultar la base de datos con la finalidad de estar al tanto de lo registrado a través de una lista con los terremotos ocurridos y el detalle del mismo. De esta manera se podrán tomar medidas preventivas o cualquier tipo de precaución en eventos sísmicos posteriores. A su vez podrá enviar notificaciones de alertas a los usuarios con la aplicación de Ucabquake instalada en sus dispositivos. El usuario de esta aplicación tendrá un mapa, donde pueda observar los sismos que han sido detectados por el sistema y a su vez los distintos celulares que fueron usados para la detección, de manera que pueda saber en qué ubicación se encuentran sus estaciones sismológicas. Dicha aplicación será desarrollada en Android Studio.

3. Justificación

Hoy en día las personas de cualquier edad, pueden utilizar sus celulares para la comunicación, el entretenimiento o incluso juegan un rol importante como parte del empleo del individuo. Además de lo mencionado anteriormente, existen múltiples funcionalidades más, es por eso que los desarrolladores deben ser los encargados de investigar y explotar los funcionamientos que un *Smartphone* puede traer. Para el trabajo de grado a implementar, al usar Android, de código abierto y fácil de implementar, se puede encontrar con el sensor acelerómetro que posee internamente como *hardware, además de* otra gran cantidad de funcionalidades para la creación de nuevas aplicaciones.

Se quiere hacer manejo del acelerómetro como medidor de los movimientos que un dispositivo móvil tendrá al haber un temblor. Uno de los beneficios que conlleva, es utilizar un recurso de bajo costo en comparación con los sismógrafos, que oscilan entre los 30 mil dólares por cada estación sismográfica. De esta manera no es necesario invertir una gran cantidad de dinero para una nueva instalación, puesto a que los celulares pueden cumplir con este trabajo. La *Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas* (FUNVISIS), debe asegurarse de que existan varios teléfonos con esta

aplicación instalada de manera que sean fuente de información en cualquier punto del país.

El aspecto tecnológico es de gran importancia como parte del beneficio de los sensores encontrados en el dispositivo móvil, ya que con la ayuda de Global Positioning System (GPS) se pueden localizar estos celulares en cualquier parte de la nación, incluyendo las zonas urbanas. Los sismógrafos por el contrario deben estar ubicados en lugares rulares alejados del ruido antrópico, para captar mejor los ondas producidas por los temblores. Al utilizar los *smartphones* de los civiles, se pueden abarcar más zonas del país incluyendo urbanas y rulares. De manera que se puede tener mejor captación del sismo. Todo esto luego de distinguir de un movimiento terrestre a un ruido producido por el hombre.

La Universidad de Berkeley de California, desarrolló una aplicación llamada "MyShake", capaz de registrar temblores con su ubicación geográfica y proveyéndole lo leído a la universidad a fines de utilizar estos datos para sus investigaciones. My Shake recolecta información de aplicaciones del mundo entero para el reconocimiento de terremotos, además de predecir segundos antes la sacudida de las placas terrestres, mientras que Ucabquake, será internamente dentro de la nación, utilizando una base de datos encontrada en la nube. Por otro lado, un beneficio en el aspecto organizacional gracias a la monitorización nacional, es el proveerle la información a FUNVISIS de manera

de utilizar estos datos para la toma de decisiones y estrategias de precaución, alarmas o cualquier actividad pertinente. Debido a que los registros sismográficos pueden ser utilizados como datos estadísticos, es imprescindible tomar información relevante por distintas fuentes tales como los sismógrafos instalados en varios sectores del país, como también el uso de los celulares smartphones de los usuarios con la aplicación, el cual hará la simulación de un sismógrafo. Con esta recopilación de datos y los cálculos pertinentes, la persona encargada, puede tomar decisiones y acciones más acertadas.

Es importante destacar que los servidores de FUNVISIS, se encuentran localizados en un lugar físico, los cuales corren peligro ante cualquier catástrofe ambiental o un accidente generado por algún empleado dentro de la instalación. Con la herramienta de "Firebase" se puede almacenar una base de datos en la nube, sin preocupación de fallas físicas o seguridad. Adicionalmente, no tiene relevancia el sistema operativo en el que se está trabajando por ser una plataforma "Cloud-Based".

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

Los términos encontrados a continuación son necesarios para el entendimiento del trabajo de grado, ya que conforman la base de los distintos aspectos a estudiar y algunos de ellos no están relacionados directamente con la carrera de Ingeniería Informática. El conocer la teoría de lo que se plantea permitirá abordar con facilidad el problema y la solución establecida. De esta manera se logra entender con mayor facilidad el funcionamiento de las aplicaciones en relación con los términos sismológicos.

1. Sismología

Sismología proviene de dos palabras griegas *seísmos* (agitación o movimiento rápidos) y *logos* (ciencia o tratado). Significa la ciencia de la agitación o ciencia del movimiento y los terremotos [1]. El movimiento o desplazamiento de las placas tectónicas origina un quiebre en la superficie terrestre, provocando así gran cantidad de energía que se propaga en forma de ondas. El punto de ruptura u origen se le denomina epicentro.

Los sismos son medidos en función de la cantidad de energía liberada (magnitud), como también el grado de destrucción que causan en un área determinada. La magnitud es un concepto originado por Charles Francis Richter en 1935, para medir terremotos y así estimar la energía liberada por ellos de manera de poder compararlos con otros temblores [2].

Es importante destacar que, dependiendo de la magnitud e intensidad del sismo, puede provocar colapsos en cualquier dispositivo móvil en cuanto al *hardware* e inclusive perjudicar la saturación de información en las redes que se implementaron para la detección del mismo celular. Es por eso que es necesario realizar pruebas para comprobar que es posible implementar esas aplicaciones y analizar los resultados sin ningún percance.

1.1 Sismo

Son las sacudidas bruscas del terremoto, ocasionados por los movimientos de las placas tectónicas o disturbios volcánicos. Se genera una liberación de energía transmitiendo ondas elásticas que viajan a través de la superficie terrestre.

1.2 Amplitud

La amplitud es la altura máxima de la onda, donde este tendrá una variación dependiendo de la distancia con respecto al epicentro y el relieve de la superficie terrestre. En cuanto a la forma de la onda, esta se mantendrá igual, pero con menor atenuación si dicha distancia es más alejada.

1.3 Acelerógrafo

Un acelerógrafo es un instrumento capaz de registrar sacudidas fuertes en la superficie terrestre, el cual posee uno o varios acelerómetros que miden las aceleraciones de los movimientos ecternos. Este aparato puede medir la aceleración máxima del suelo durante un terremoto, calcular el tiempo de duración del temblor y realizar estudios de amenaza sísmica mediante ecuaciones matemáticas que logran predecir el comportamiento de un terremoto mediante sus valores máximos en función a la distancia [4]

En la actualidad FUNVISIS posee una Red Acelerográfica Nacional REDAC, donde tienen instalados 134 acelerógrafos distribuidos por todo el país, de manera que puedan tener control y lectura de cualquier tipo de movimiento tectónico, para sus investigaciones pertinentes.

1.4 Sismógrafo

Son instrumentos diseñados para captar y registrar el movimiento producido por un sismo, a objeto de transformarlo en un registro gráfico. Los primeros sismógrafos fueron de gran tamaño y bastante peso, pero a medida que ha avanzado la tecnología, se ha logrado desarrollar sismógrafos más livianos y precisos [1]. Los sismógrafos a diferencia de los acelerógrafos, registran los parámetros del sismo como la hora, fecha, magnitud y epicentro.

El acelerógrafo mide las características del movimiento de la tierra donde se encuentra instalado, como por ejemplo, el valor de los ejes de las coordenadas.

1.5 Acelerómetro

El acelerómetro es un sensor capaz de medir la aceleración en algún objeto. Este *hardware* está instalado en los celulares con sistema operativo *Android,* donde es utilizado para saber la orientación de la pantalla o en video juegos que requieran girar el teléfono. Esta tecnología permite captar los movimientos en los tres ejes de coordenadas distintos, logrando reconocer el dispositivo en su totalidad.

El beneficio de utilizar los *smartphones* como sismógrafo gracias a su acelerómetro interno, es el de lograr captar terremotos por un costo más reducido que cualquier método tradicional de medición.

1.6 Onda P

Es la primera onda, o la más rápida en viajar desde el evento sísmico o epicentro, hasta la localidad donde se hizo la lectura, dicha onda es capaz de viajar a través de líquidos, sólidos y gases.

1.7 Concepto de Magnitud

Un componente fundamental en la caracterización primaría posterior a la ocurrencia de un sismo o terremoto, más allá de su localización epicentral el cual es el punto de ocurrencia del sismo, y tiempo origen, lo constituye la cuantificación, de su tamaño o energía liberada en términos de la magnitud.

El concepto de magnitud fue introducido por Richter en 1935 a partir de las mediciones de amplitud, *A*, registradas con muchos sismos en el Sur de California, con un sismógrafo denominado Wood-Anderson, obteniendo la relación,

$$M = log(A_{inst}) + 2.56 * log(\Delta) - 5.12, \quad (1)$$

donde la Amplitud medida en el instrumento, A_{inst}, debe expresarse en micrometros (µm), y Δ simboliza la distancia epicentral, el cual constituye la distancia entre el epicentro del sismo y la estación que hizo la medición del movimiento, dada en km, con el fin computar la magnitud M. Esta fórmula tiene implícito la definición arbitraria dada por Richter del sismo de referencia o sismo de magnitud CERO, a saber: Sismo que produciría un desplazamiento horizontal máximo de 1 µm en un sismograma, siendo este un registro del movimiento detectado, trazado por un sismómetro, instrumento capaz de medir terremotos, de torsión Wood-Anderson localizado a 100 km de distancia del epicentro. El factor $2.56 * log\Delta$ corrige la atenuación que se tiene con la distancia, para obtener así el mismo valor de magnitud con diferentes registros a diferentes distancias epicentrales. Posteriormente, si se toma en cuenta la amplificación instrumental, efectuando la corrección para expresar la anterior fórmula en términos del verdadero movimiento del terreno, se llega al resultado que nos permite asignar una magnitud a partir del dato del verdadero desplazamiento del terreno

$$M = log(A_{desp}) + 2.56 * log(\Delta) - 1.67 \qquad (2)$$

donde A_{desp} debe leerse en unidades de µm.

Esta expresión para la magnitud pretende medir el tamaño de los sismos, energía liberada, y funciona consistentemente cuando lo que se mide es el desplazamiento del terreno en un régimen de distancias epicentrales cercanas (<600km), con sismos de poca profundidad (<30km) y sea un sismo de magnitud menor a 6.5. Sin embargo, si lo que se mide es la *aceleración* del terreno, o se está cuantificando sismos profundos, regionales o lejanos, o de magnitud superior a 6.5, la fórmula (2) deja de ser válida. Para corregir la deficiencia que presenta la relación (2), se han generado diversas fórmulas que miden de manera efectiva la energía liberada, o magnitud, a partir de su lectura en diferentes porciones de las ondas sísmicas (sismogramas). Las diferentes fórmulas se han desarrollado con el cuidado de definir su rango de validez, a la par que mantiene una continuidad entre ellas, y la consistencia del aumento del valor de la magnitud M en proporción con la energía liberada.

Para el caso que ocupa en este estudio, smartphones equipados con un sensor que generan una medición proporcional a la aceleración del terreno, se usará una relación que determina la magnitud a partir de la medida de la amplitud de aceleración, según se aplica a las condiciones de la geología en Venezuela (2),

$$M = 6.396 * log(A_{acel}) + 5.501 * log(\Delta + 10) - 2.208 \qquad (3)$$

donde A_{acel}, mide la amplitud máxima de la aceleración en m/seg^2 , y Δ denota la distancia epicentral en km.

En el marco de este trabajo se utilizará la relación (3) para estimar la magnitud de un sismo a partir de la medida de aceleración del terreno.

2. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)

FUNVISIS, "*es una institución que promueve de forma permanente investigaciones y estudios especializados en sismología, ciencias geológicas e ingeniería sísmica, con el propósito de contribuir a la reducción de la vulnerabilidad en el país* "

"*Se encarga de divulgar el conocimiento relacionado con las técnicas de prevención a través del programa de Aula Sísmica, promueve la formación del personal especializado en el área sismológica y es el ente encargado de instalar, operar y mantener la Red Sismológica y la Red Acelerográfica Nacional*"[3]

3. Android

Android es un sistema operativo de software libre basado en Linux, instalado en tabletas y dispositivos móviles. Este sistema es utilizado por una

gran cantidad de desarrolladores y usuarios a nivel mundial, en donde las empresas que utilizan esta tecnología, intentan cada vez buscar más capacidades para sus propias soluciones.

Proporciona varias herramientas para lograr facilidad en su desarrollo como su IDE *Android Studio* y *Android Developer Tools*, donde los programadores pueden usar sus habilidades, para crear nuevas aplicaciones. Android posee un *framework* capaz de interactuar con los sensores de los teléfonos siendo uno de ellos el sensor del acelerómetro que posee. Estos sensores ubicados en los celulares, pueden ser de tipo *hardware* o *software*. Utiliza lenguajes como *Java* y *XML* para el diseño y la lógica del programa [6]

Actualmente la mayoría de los teléfonos inteligentes de cualquier tipo de marca, trabajan en torno al sistema operativo Android, brindando una conexión global con los usuarios y desarrolladores, logrando adquirir gran popularidad.

Android ofrece una gran variedad de APIs, el cual facilita la interacción con otros servicios que se encuentran en la nube, ya sean servicios web, el GPS, Google Maps, entre otros. Esta característica o ventaja que posee Android, permite construir un sistema completo, donde se logra abarcar una gran cantidad de funcionalidades.

4. Global Positioning System (GPS)

El GPS es un sistema que permite localizar a un dispositivo móvil mediante satélites, ubicando su posición en cualquier momento sin importar la zona geográfica (campestre o urbana).

Android posee librerías capaces de implementar GPS en las aplicaciones de los dispositivos móviles. De esta manera al activar esta localización, se podrá reconocer la ubicación del celular. Una vez que se tenga en funcionamiento esta tecnología, servirá como estudio del posible temblor ocurrido, ya que aumenta las posibilidades al ser un registro similar entre varios dispositivos provenientes de la misma zona.

5. Firebase

Firebase es una plataforma diseñada por Google, con la funcionalidad de implementar un Back-end almacenado en la nube, sin necesidad de servidores locales, el cual genera una gran cantidad de ventajas al momento de mantener un sistema. Firebase se encuentra disponible para otras plataformas (Android, IOS y Web) en donde existe una comunicación mediante APIS, para la transferencia de datos. [7]

Algunas de las funcionalidades de Firebase más importantes, son la base de datos noSQL, la autenticación, el hosting, el Cloud Messaging y las

notificaciones, donde facilita la implementación de la parte lógica de cualquier aplicación. Con el uso de JavaScript, se pueden generar funciones activándose como disparador cada vez que alguna funcionalidad antes mencionada sea utilizada. [8]

En este Trabajo Especial de Grado se utilizará Firebase como mediador entre la aplicación móvil y web, utilizando ciertas funcionalidades como lo son la base de datos y las notificaciones para la comunicación entre ambas aplicaciones. Para el uso de las notificaciones se debe implementar funciones dentro de Firebase. Para ello en necesario una configuración el cual se mencionará más adelante. Esta función podrá leer a tiempo real la base de datos y saber cuándo el servidor envió una notificación, de manera que Firebase envié a cada celular dicha notificación

6. Python

Python siendo un lenguaje de programación poderoso, debido a las estructuras de datos eficientes, el alto nivel y el enfoque simple pero efectivo a la programación orientada a objetos, permite el desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas. Este lenguaje posee una extensa librería, con la capacidad de relacionarse con otros servicios o plataformas, tales como realizar aplicaciones web y utilizar el API de Firebase.

Python será utilizado como servidor de la página web, el cual se encargará de realizar el análisis de los movimientos terrestres que fueron suministrados. Se implementaran ciertos cálculos dentro de Python, el cual son necesarios para la distinción entre un ruido antrópico o realizado por el hombre, de un sismo.

7. Flask

Flask es un micro framework basado en Python el cual permite la creación de aplicaciones web. Es llamado así, debido a que no requiere la instalación de ninguna librería o herramienta, y su aprendizaje es bastante sencillo y rápido.

7. Spyder

Spyder es un ambiente de desarrollo de Python, con la capacidad de testear, editar y hacer debug a las aplicaciones que se desee realizar. En dicho ambiente se implementara el código necesario para comunicarse con Firebase, levantar la página web y además de las operaciones, análisis y lógica de los movimientos suministrados.

En Spyder se encuentra un explorador de archivos, de manera que se facilite la visualización de cada documento creado y una consola interna, con el fin de observar las impresiones en pantalla o los errores posibles del programa. Spyder será utilizado como servidor local el cual se alimentará de la información de Firebase gracias a los APIs que ofrece el mismo.

CAPITULO III – METODOLOGÍA

1. Introducción de Scrum

El desarrollo de esta aplicación constará de ciertas etapas para su realización, es por eso que se desea utilizar la metodología de Scrum, constituyéndose por tres fases para la elaboración. La fase de planificación donde se elaborarán los requisitos y casos de uso del sistema con base a los objetivos planteados. En esta fase es de gran importancia realizar todas las investigaciones pertinentes al estudio de los sismos y así lograr detallar su comportamiento con el acelerómetro.

Luego encontramos la fase de ejecución y control donde se dividirá por un número de sprints que serán definidos a medida que avance el trabajo de grado. Cada sprint se definirá por la realización de la prioridad de las funcionalidades del sistema a ser desarrolladas. Luego se procederá a revisar el mismo, para posteriormente entregarlo y evaluar el resultado final. Este será un proceso cíclico hasta terminar la cantidad de requerimientos del sistema. Es necesario probar cada entrega y definir la importancia de cada uno de manera que se tenga una jerarquía al momento de desarrollar.

Una vez terminado el paso anterior, comienza la última fase de Scrum, el cual tiene el nombre de fase de cierre, donde se realizan las pruebas y se demuestra que el sistema funciona correctamente, además de las conclusiones y recomendaciones que se deben especificar.

Dentro del marco de trabajo de Scrum, se encuentran los sprints, el product backlog y el sprint backlog.

2. Sprint

Son bloques de tiempo de un mínimo de dos semanas cada uno, el cual cada iteración debe proporcionar un resultado completo o entregable del producto final. [10]

3. Product Backlog

Es una lista de los objetivos del proyecto, donde se ordena por prioridad cada uno de estos requerimientos. La elaboración de dicha lista debe ser en conjunto con el cliente y el equipo de trabajo elaborara el producto. [11]

4. Sprint Backlog

Es la lista de tareas elaborada por el equipo de trabajo dentro de las reuniones de planificación, con el fin de ordenar cada una de las actividades que se deben para completar los objetivos del proyecto. [12]

5. Sprints

5.1 Sprint 0 – Fase de planificación

En la fase de planificación de este trabajo de grado que tuvo una duración de dos meses aproximadamente, se procedió a conversar con un personal capacitado dentro de FUNVISIS, de manera de solventar una serie de preguntas, con el fin de saber que tan factible es realizar un reconocimiento, como también las limitaciones que se pudieran encontrar. Entre ellas se

discutió la magnitud mínima de un terremoto el cual un dispositivo móvil pudiera captar y el terreno donde viajaran las ondas. Esto último significa que las ondas de un sismo normalmente viajan en una superficie con distintas alturas de relieve, colinas, montañas o planicies etc. Si se tomaba este parámetro como un factor para la distinción, se debía realizar un estudio de los suelos con profundidad, como también una serie de cálculos estadísticos el cual podía complicar de gran manera la distinción del movimiento.

Parte de la planificación, fue estudiar qué base de era el óptimo donde se debían guardar los registros. Debido a que dicha base de datos será alimentada por teléfonos localizados en distintas partes, lo más eficiente es utilizar herramienta que estuviese en la nube. Por ello la decisión tomada fue de Firebase, ya que es un Framework implementado por Google al igual que Android Studio, lo que hace más fácil la conexión entre ellos. Otra ventaja que posee Firebase es la capacidad de tener varias aplicaciones tanto web como móviles dentro de un mismo proyecto de Firebase, como es el ejemplo de este trabajo de grado el cual posee dos aplicaciones móviles en Android Studio y uno web en Flask. Además es posible implementar disparados o triggers, los cuales son ejecutados a tiempo real cada vez que haya una modificación en la base de datos.

Como parte de la investigación, es importante determinar bajo que Framework y lenguaje se realizará la lógica del reconocimiento en el servidor y

a su vez que tenga la capacidad de levantar una página web. Por ello el uso de Flask bajo el lenguaje de Python, fue la mejor opción ya que posee ambas funcionalidades, además de lograr una fácil conexión con Firebase.

Antes de implementar cualquier funcionalidad, se debe saber por dónde comenzar, y se llegó a la conclusión de que el uso del acelerómetro de la aplicación móvil debe ser lo primero, seguidamente del manejo de Firebase con los datos almacenados de cada teléfono, luego la aplicación web con el servidor quien discierne de un sismo real a un movimiento antrópico y por último la aplicación móvil del administrador el cual recibe notificaciones de alerta con la ocurrencia de un temblor. La estructuración de la interfaz de las tres aplicaciones es otro factor a evaluar, ya que se quiere tener un diseño amigable sin perder el alcance y objetivos del trabajo de grado. Para ello se determinaron los parámetros más relevantes a mostrar.

Cada sprint del trabajo de grado tuvo una duración de dos semanas aproximadamente, teniendo así un total de doce sprints para todo el proyecto.

5.2 Sprint 1 – Creación de la aplicación móvil

Para el primero de ellos, se hizo la creación de la aplicación móvil que permitiría recolectar los datos del movimiento ejercidos al teléfono, como a su

vez implementar la funcionalidad que active el sensor del acelerómetro en el dispositivo móvil.

5.3 Sprint 2 – Implementación del "LocationListener"

Para el siguiente, se debía conocer la latitud, longitud, hora y fecha del teléfono, con el propósito de utilizar estos parámetros para la evaluación posterior de cada movimiento generado. Para esto fue necesario activar un "LocationListener" dentro de la aplicación que estaría vinculado al satélite o a la red inalámbrica. Como prueba de que esto funcionara, simplemente se determinó que cada uno de estos parámetros se mostrara en la pantalla del celular.

5.4 Sprint 3 – Implementación de Google Maps

Seguidamente se implementó el Google Maps, el cual ubicaría la locación del dispositivo y además se sabrían los lugares donde ha habido otros sismos. Para esto se debía conectar la aplicación de Android Studio con el Google Cloud por medio de una llave API ofrecida por esta. Esta funcionalidad posee una serie de métodos con el fin de personalizar el Google Maps que se está desarrollando.

5.5 Sprint 4 – Calibración del celular con el acelerómetro

En la realización de esta fase fue necesario hacer una comparación entre la medición los movimientos un dispositivo móvil con respecto al mismo movimiento pero medido por el acelerómetro de FUNVISIS. Para esto fue necesario ir hasta este lugar y realizar ciertos experimentos, los cuales consistieron en colocar un acelerómetro y el dispositivo móvil uno al lado del otro. Posteriormente golpear el piso con una mandarria, de forma de tener el mismo movimiento en ambos artefactos. Haciendo esto se puede ver la sensibilidad del celular, con el fin de saber de qué magnitud mínima debe ser el sismo para que el sistema pueda reconocerlo.

5.6 Sprint 5 – Implementación de escritura del registro en TXT

Una vez conocidos todos los parámetros que se utilizarán para la distinción de los movimientos provenientes del celular, se procedió como quinto sprint a almacenar cada uno de estos en Firebase. Al configurar los APIs para lograr esto, se observó que los valores del acelerómetro cambiaban más rápido con respecto a la escritura de los datos en Firebase. Por ello fue necesario buscar otra solución, la cual fue realizar una escritura en un archivo de texto plano dentro del celular, ya que los datos se actualizaban con la misma velocidad que el cambio de los movimientos del acelerómetro, y

posteriormente leer lo escrito y enviarlo a Firebase. En este sprint se hizo enfoque a la escritura del archivo almacenado en la memoria interna del teléfono, estructurando el archivo .TXT para una lectura posterior.

5.7 Sprint 6 – Implementación del guardado del registro en Firebase

En el siguiente sprint, se hizo la lectura del archivo generado por la aplicación luego de obtener los datos del acelerómetro. Una vez sabiendo el contenido del archivo de texto plano, se procede a realizar el guardado del mismo a Firebase con los mismos parámetros anteriormente recolectados. Firebase almacena sus registros en el formato Json, es por ello que para la información del acelerómetro, se guardan los datos dentro de un nodo que tendrá por nombre el token del teléfono y dentro de él, un campo X, Y, Z, fecha, hora, latitud y longitud. Dentro del desarrollo de esta etapa, fue necesario crear un proyecto dentro de Firebase, lo cual significaba la instalación de ciertas librerías en Android Studio y la conexión de la aplicación móvil con el proyecto generado en Firebase.

5.8 Sprint 7 – Creación de la aplicación Web

Culminado los sprints anteriores, se procedió a implementar el lado del servidor con la página web. Por ello para el séptimo sprint se realizó el levantamiento de una aplicación web sencilla, además de la conexión entre

Python con Firebase, con el propósito de asegurar que los datos almacenados en la nube puedan ser leídos correctamente. Al especificar la URL y credenciales del proyecto de Firebase, y el nombre del nodo que se quiere leer, la API te ofrece dicha conexión con el servidor. Junto a este sprint fue necesario probar si lo leído, podía ser efectivamente proyectado en la aplicación web.

5.9 Sprint 8 – Implementación del reconocimiento (parte 1)

Con el paso anterior logrado, se hizo el estudio de cómo hacer el reconocimiento de un terremoto para luego de tener claro dicha teoría, implementarla en el servidor. En este sprint se obtuvo todos aquellos celulares que registraron una onda P en una misma fecha y en un instante de tiempo que no superaba los veinte segundos entre ellos.

5.10 Sprint 9 – Implementación del reconocimiento (parte 2)

Una vez obtenidos la lista de teléfonos que cumplieran con las condiciones anteriores, se debe hacer la locación de cada uno de estos dispositivos móviles, lo cual es logrado ya que dicha información es almacenada en Firebase. Para el noveno sprint se procedió a realizar una combinación entre cada tres celulares que hayan captado el sismo, para hallar varios epicentros con un sistema de ecuaciones de tres incógnitas.

Seguidamente se realizó un promedio entre todos los epicentros y así obteniendo la locación verdadera del sismo.

5.11 Sprint 10 – Implementación del reconocimiento (parte 3)

Como último paso del reconocimiento del temblor y siguiente sprint, se necesita determinar la amplitud del temblor, debido a que a cada dispositivo móvil debe tener un valor coherente en la amplitud del sismo, donde este varía dependiendo de la distancia que tenga con respecto al epicentro, a mayor distancia, más reducida es la amplitud. Si las amplitudes obtenidas por cada teléfono, no tienen relación alguna, significa que la señal recibida provino de algún ruido antrópico.

5.12 Sprint 11 – Implementación de la página web con información

En el sprint número once y once se realizó el despliegue de la información en la aplicación web, donde luego de haber procesado toda la información anterior, esta sea mostrada e identificada hacia algún administrador. La aplicación web implementada bajo el Framework de Flask, no posee más de tres pantallas con el propósito de que sea sencillo y directo para el usuario. En la primera etapa de esta implementación se hizo el diseño de la

página web sin ninguna información procesada. Luego del paso anterior, se procedió a plasmar el análisis previamente realizado para el usuario, de manera que le sea útil para la toma de decisiones.

5.13 Sprint 12 – Creación de la aplicación móvil del administrador

Dentro del trabajo de grado, se definió la realización de una segunda aplicación móvil, pero con un enfoque parecido a la aplicación web, donde solo el usuario administrador pueda manipularlo. Al igual que la implementación de la aplicación web, esta se dividió en dos etapas con dos sprints respectivamente, los cuales fueron el diseño del software, seguidamente de vincular lo analizado por el servidor con la aplicación móvil del administrador. A su vez se hizo el desarrollo del envío de las notificaciones hacia los usuarios comunes cada vez que el administrador requiera de dicha funcionalidad.

5.14 Sprint 13 – Conexión y automatización entre las distintas aplicaciones

Como último sprint se hicieron pruebas entre las conexiones de cada aplicación, el envió de notificaciones, la información que se debía desplegar en cada aplicación fuera la correcta y la revisión del algoritmo encargado a la distinción de movimientos, funcionara de manera idónea.

6. Fase de Cierre

Para la fase de cierre en la metodología SCRUM, se realizaron las últimas pruebas del sistema, revisando así su funcionamiento correcto. Una vez culminado esto, se redactaron los resultados, las recomendaciones y conclusiones del trabajo de grado, de manera que como paso final, se le presente a un cliente o jurado el producto final.

CAPITULO IV - DESARROLLO

1. Introducción

Para el desarrollo del trabajo de grado, se realizó una aplicación móvil para un usuario común, bajo el lenguaje de Java con Android Studio. Esta aplicación móvil, será utilizada por distintos usuarios, el cual conformarán una red de celulares, que actuaran como pequeños acelerómetros. Es por esto que dentro de la aplicación móvil se debe utilizar el sensor del acelerómetro del teléfono inteligente. Una aplicación móvil como administrador, utilizado por un personal capacitado, con el fin de observar la ocurrencia de terremotos, su localización y el envío de notificaciones. Un servidor web bajo el lenguaje Python con Spyder como IDE, el cual realice la tarea de distinguir un sismo de cualquier otro ruido antrópico, y posteriormente almacenar las características de dicho sismo.

2. Creación de proyectos en Android

Al crear un proyecto dentro de Android Studio, son generadas una serie de carpetas y archivos para el funcionamiento de la aplicación. Se encuentra el archivo de manifiesto llamado "AndroidManifest.xml", el cual proporciona información esencial del proyecto, donde se encuentra el nombre del paquete de la aplicación, que es utilizado como identificador del mismo. Describe los componentes como las actividades, los servicios etc. Declara los servicios a

utilizar tales como el manejo de internet, escritura de archivos, el GPS, entre muchos otros. La carpeta de "Java" es donde se encuentra todo lo relacionado con la lógica de la aplicación, en donde es implementada la lógica de las actividades, o servicios a utilizar. Luego dentro de la carpeta "Res" el cual se compone de una serie de subcarpetas, es el encargado de manejar el diseño de la aplicación móvil. Se encuentra la carpeta "drawable" donde se almacenan las imágenes que se quieran aplicar. Luego se encuentra "layout" siendo uno de los más importantes, ya que en él se crea el diseño de la interfaz, "mipmap" con los iconos deseados por el desarrollador y por último la carpeta de "values" con los estilos, colores y dimensiones requeridos para el software. Entre otro de los archivos más destacados al crease el proyecto, se encuentra el "Gradle" con la configuración del proyecto y las librerías pertinentes. En Android cuando se quiere referir a las pantallas o interfaces que puede tener una aplicación móvil, se le tiene por nombre "Actividades". Es por ello que al momento de iniciar la misma, lo que se observa es la "Actividad Principal".

3. Estructura de Ucabquake (Aplicación móvil)

En el trabajo de grado se tiene creado dos actividades "SensorActivity", donde recolecta la información del acelerómetro y "MapsActivity" el cual tiene implementado el "Google Maps". Además de lo anterior se encuentran otras clases utilizadas para graficar la señal leída. Dentro de la carpeta de "Layout", existen dos archivos .xml, "activity_sensor" y "activity_maps" con el diseño del SensorActivity y MapsActivity respectivamente. En la carpeta del manifiesto

tienen los permisos que se utilizan para el proyecto, los cuales son "WRITE_EXTERNAL_STORAGE", para poder escribir en la memoria interna del celular, "ACCESS_FINE_LOCATION" y "ACCESS_COARSE_LOCATION", para utilizar la locación y el GPS del celular, "ACCESS_NETWORK_STATE" y "INTERNET", para usar la red inalámbrica o red de datos del dispositivo móvil. En el archivo de "Gradle" se encuentran las librerías de Firebase y "Google Maps" que están siendo utilizadas.

4. Descripción del acelerómetro de Android

El acelerómetro del celular es capaz de registrar la aceleración en los ejes X, Y y Z, donde en este último, captura además de los movimientos ejercidos sobre el aparato, la fuerza de la gravedad. Basta con implementar el "SensorEventListener" en el código, especificar qué tipo de sensor se va a utilizar "TYPE_ACCELEROMETER" y la velocidad en "Hz" con la que se desea registrar los movimientos. A efectos de poder lograr las pruebas y analizar la data, se desea tener la mayor cantidad de registros por segundo. Dependiendo de la capacidad tecnológica que tenga el celular, este puede captar más o menos datos en un periodo de tiempo. El celular con el que se realizaron las pruebas, siendo este no un teléfono muy moderno, puede monitorear hasta un aproximado de cuarenta (40) muestras por segundo, Es por ello que para el trabajo de grado se hará el análisis con esta cantidad de registros cada segundo.

Se debe saber el comportamiento del acelerómetro del celular en cuanto a su sensibilidad y lo rápido de la tasa de muestro. Es por ello que fue necesario comparar lo grabado del teléfono, con lo que un acelerómetro profesional pudiera captar. Para lograr esto, se colocó en el piso un acelerómetro de Funvisis al lado de un celular, con el fin de golpear varias veces la superficie terrestre y observar y comparar ambas señales.

5. Calibración del acelerómetro

Para poder evaluar la magnitud del sismo, a partir de la relación mencionada, se debe tener una medición de la amplitud máxima del movimiento del terreno en términos de aceleración y en unidades de m/seg^2. Para lograr este objetivo con el dispositivo móvil, se debe realizar una calibración del mismo, apoyados con un instrumento acelerógrafico profesional de la compañía REFTEK, RT130, gentilmente facilitado por FUNVISIS.

Para tales efectos, se colocó uno al lado del otro en concreto firme ambos instrumentos, el acelerógrafo RT130 y el dispositivo móvil; y desde una misma distancia aproximada de 10m, se dieron fuertes impactos al concreto con golpes de mandarria de unos 7 kg de masa aproximadamente. En la figura 1, a continuación, se puede apreciar el resultado de la medición a manera de un registro de 80 segundos posterior al instante 14h:40:20 GMT (equivalente a las 10:40:20 HLV), donde se puede apreciar hasta cuatro impactos de diferente

intensidad dados al terreno con el uso de la mandarria. El segundo impacto no fue registrado por el dispositivo móvil.

Los valores de aceleración anotados en el eje-y vertical de la ilustración 1 se corresponden efectivamente a los arrojados por el equipo REFTEK RT130, de acuerdo a las características y especificaciones técnicas dadas por el fabricante, y se asume que son los VERDADEROS valores de la aceleración que se pretende medir. Por su parte, los valores arrojados en la medición hecha con el dispositivo móvil, color naranja, que deberían corresponderse con los verdaderos valores dados por el RT130, se observa que deben ser corregidos con factor que se debe determinar a continuación, en la siguiente tabla 1.

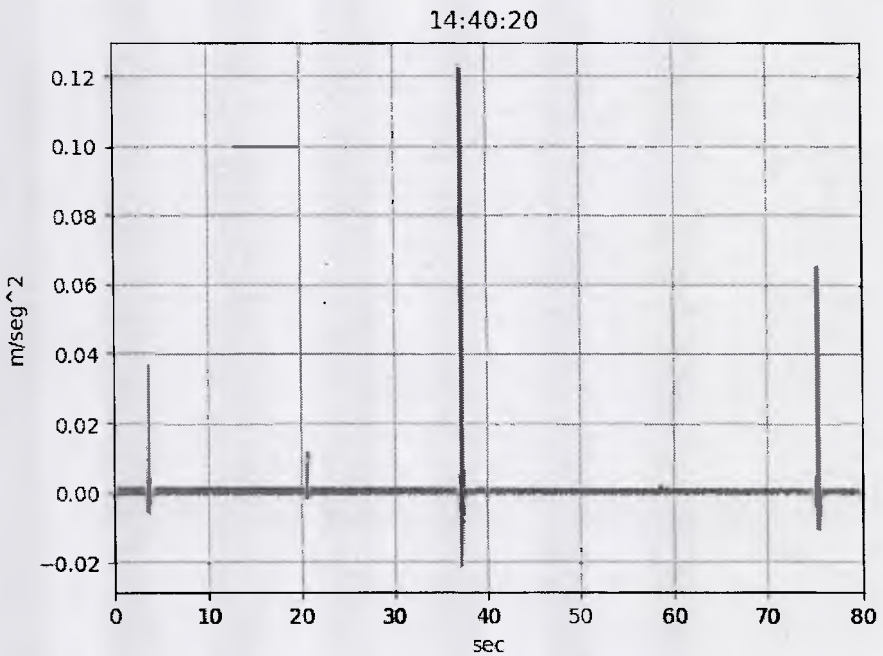

Ilustración 1 *Registro acelerográfico de 80 segs*

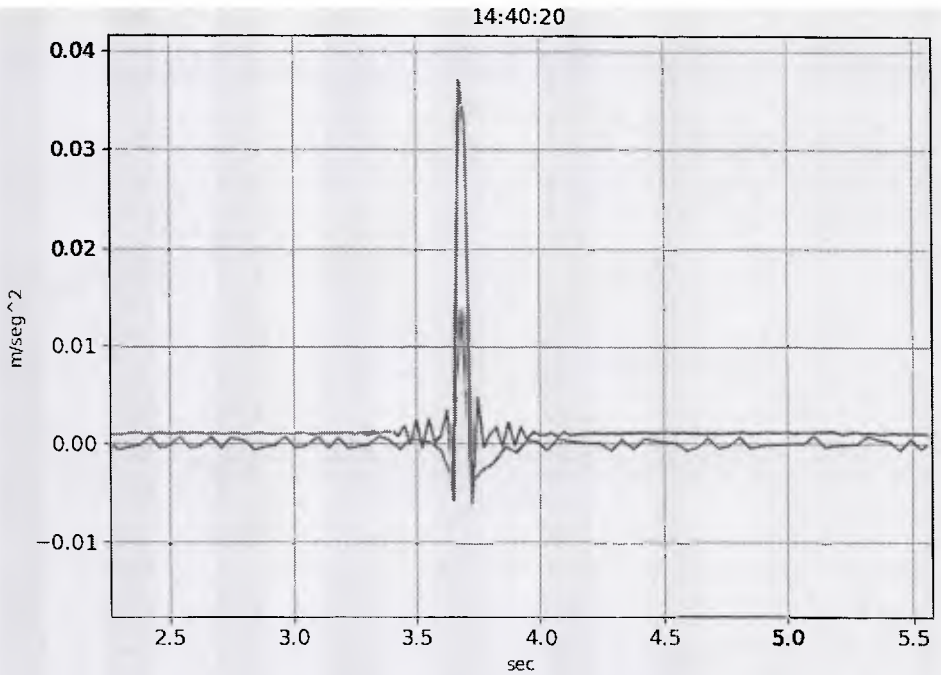

Ilustración 2 Detalle del golpe

Golpe	Amplitud RT130	Amplitud dispositivo	*K* (Factor Corrección)
1	0.036	0.013	2.77
2	0.011	-	-
3	0.122	0.021	5.81
4	0.064	0.016	4.00
			$\overline{K} = 4.2$

Tabla 1 *Valores de Amplitud máxima*

De acuerdo a los resultados obtenidos y resumidos en la Tabla 1, se obtuvo un valor K multiplicativo promedio de corrección que servirá para estimar el valor verdadero de la aceleración del terreno a partir del valor arrojado por la medición con el dispositivo móvil.

Finalmente se muestra una imagen donde se observa el valor o nivel de ruido con que se mantiene el registro del celular, el cual es tomado en cuenta en el diseño de la aplicación a efectos de decidir si estamos frente a un sismo o no.

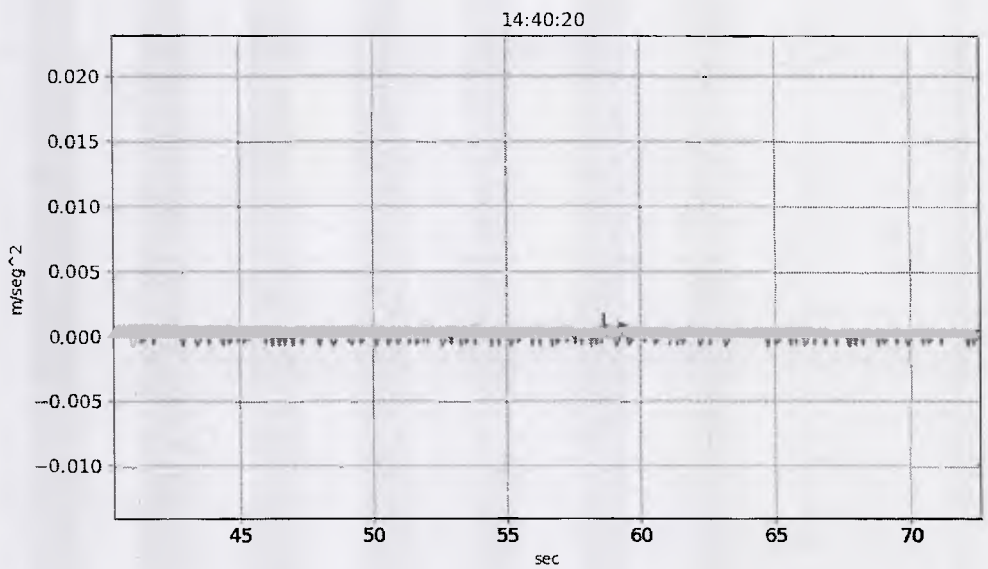

Ilustración 3 *Nivel de ruido registrado*

6. Filtro pasa bajo

Cuando se intentaba graficar lo leído en un determinado rango de tiempo, se podía observar que el sensor del celular, no captaba las señales bajas, como por ejemplo el ruido terrestre, siendo este causado por el mismo

movimiento de la tierra, un camión pasando por alguna vía etc. Para poder solventar esto, se implementó un filtro pasa bajo, con el fin de que el sensor del acelerómetro captara las señales bajas que están siendo ejercidas al celular. Todo esto con el propósito de que el acelerómetro del celular sea más sensible a los movimientos.

7. Grabado de la información del acelerómetro

Al ingresar en la aplicación, se tiene un botón de activación, el cual pone a funcionar el sensor. Teniendo el acelerómetro activo con su velocidad establecida siendo este la más rápida que pudiera registrar el teléfono, comienza un estado de reconocimiento del estado del celular. Mientras en el eje Z los registros del acelerómetro se encuentren en un rango entre -1 y 1 se puede decir que el dispositivo móvil se encuentra en un estado de reposo y así comenzado el grabado de la información en un archivo de teto plano. En caso contrario, donde los valores de Z superen este rango, se asumirá que el teléfono está siendo manipulado y no es apto para comenzar a grabar información externa de algún tipo de movimiento o posible sismo. Todo tipo de movimiento es escuchado, pero únicamente será considerado para el reconocimiento aquella señal limpia de cualquier ruido antrópico. El grabado de los movimientos externos consiste en captar algún posible sismo en un rango de 3 minutos y luego envía a la base de datos dicho contenido, con el fin de cicle dicho proceso hasta que se cierre la aplicación, de no ser así el

acelerómetro estará en constante escucha y detección. Lo enviado a la base de datos será analizado posteriormente por el servidor.

Anteriormente se menciona que para la base de datos se pretende utilizar Firebase. Para que esto logre funcionar, se debe crear un proyecto en la página web de Firebase y configurarle ciertos parámetros, como es el nombre del proyecto de Android con el que se desea realizar la conexión. Dentro de Android Studio, basta con importar ciertas librerías en la aplicación y luego referenciar al proyecto de Firebase creado previamente. Siendo este una base de datos a tiempo real, se procedió a enviar a Firebase todo registro que fuese leído por el acelerómetro del celular. El problema con esta solución, es que debido a la lentitud de la red y lo rápido que cambian los valores del acelerómetro, era posible que se perdieran algunos registros al momento de guardar los datos en la nube.

Para solventar esto, se hizo la implementación de escribir lo leído por el acelerómetro en un archivo .txt dentro de la memoria interna del celular, de manera que posteriormente dicho archivo sea leído por la aplicación móvil y enviado la información del .txt a Firebase, una vez que haya culminado de usarse el acelerómetro. Por supuesto se debía discernir en el archivo .txt cada parámetro separando cada uno de ellos y enviar a Firebase el valor correcto de lo leído. Hay ciertos parámetros necesarios que deben ser guardados para el análisis y distinción de los distintos tipos de movimientos, los cuales son: la

aceleración en los ejes X, Y y Z, la hora, la fecha, la latitud y la longitud. Estos campos son almacenados en Firebase en un formato tipo .json, con el fin de que en el servidor sea donde se lea y analicen los datos.

En el trabajo de grado se desea realizar una red de celulares inteligentes con el fin de que cada uno de estos, actúe como un acelerómetro. Para ello cuando se almacenen los registros en la base de datos, se debe distinguir que datos pertenecen a cual teléfono, Esto se logra generando dentro de la aplicación móvil un identificador llamado "token", el cual es guardado en Firebase para diferenciar cada celular. Al momento de entrar en la aplicación, este genera el "token" y lo envía a Firebase dentro de un nodo llamado "Tokens", sí y solo sí dicho identificador no existe en Firebase. El servidor reconocerá el token y posteriormente leerá toda la información de lo registrado de dicho token (celular).

8. Locación del dispositivo móvil

Anteriormente se mencionó que es necesario conocer la latitud y longitud del dispositivo, para ello se debe implementar el GPS en la aplicación móvil. Es esencial trabajar con el "LocationListener" el cual usa la señal del WIFI o el plan de datos del el celular, para conocer la ubicación exacta del mismo. Es de gran importancia este parámetro, ya que con la ubicación delos dispositivos móviles, es posible saber a qué distancia se encuentran con respecto al epicentro. El GPS puede ser activado por el "GPS_PROVIDER", el cual utiliza la señal de

datos del celular o el "NETWORK_PROVIDER" el cual usa la red inalámbrica para conocer la ubicación. Es posible configurar esta funcionalidad, de manera que cada cierto tiempo, actualice su posición.

Existe una actividad o pantalla dentro de la aplicación móvil con la funcionalidad de "Google Maps" la cual permite saber no solo la locación actual donde se encuentra el dispositivo del propietario, si no a su vez la localidad de los terremotos anteriores que se han detectado por la aplicación. Para lograr esta funcionalidad, es necesario conectar una cuenta de correo electrónico con el "Google Cloud" de manera que se puedan utilizar los API que este ofrece. Para el API de "Google Maps" se debe generar una "API Key", el cual se copia y pega dentro del código de la aplicación móvil. Adicional a esto, se debe implementar "LocationListener" de manera que el "Google Maps" reconozca la locación actual del dispositivo.

9. Firebase

Anteriormente se mencionó que Firebase puede ser utilizada como una base de datos a tiempo real. Lo que significa que para este trabajo de grado se estaría almacenando los registros de los distintos celulares diferenciados por su respectivo token, como también un nodo de "Tokens" el cual guardará únicamente los tokens de los celulares que han abierto la aplicación. Con todos estos tokens almacenados, el servidor que lea dichos identificadores, podrá distinguir cuales registros provienen de cada celular, lo cual es necesario para

el análisis de cada movimiento suministrado. Existirá otro nodo llamado "TokensAdmin" donde se guardaron únicamente los tokens de los celulares que tengan la aplicación móvil de administrador, y al igual que la aplicación móvil de los usuarios comunes, se genera al entrar a la aplicación. "Notification" será el nombre de otro nodo, donde se irá incrementando, cada vez que el servidor detecte un nuevo terremoto. Dicho servidor envía la notificación a Firebase, de manera que este les envíe la alerta a todos los celulares administradores. Para lograr esto se debe utilizar la funcionalidad de "Functions" que posee Firebase, donde permite mediante el lenguaje de JavaScript implementar "triggers". Cada vez que el servidor generase dentro del nodo de "Notifications" un nuevo valor, el trigger implementado enviaría una notificación a cada celular administrador. Se sabe cuáles son celulares son administradores gracias al nodo de "TokensAdmin". El código de JavaScript lee dicho nodo, para luego enviar la notificación a cada teléfono. Un nodo de "sismos" donde se almacenen las características de los terremotos que han sido detectados por el sistema, como por ejemplo, la fecha, la hora, el epicentro y la magnitud. Existirán dos nodos, con el nombre de "LongTerremotos" y "LatTerremotos", con el fin de guardar la locación de cada dispositivo móvil a fin de que el usuario administrador de la aplicación móvil, pueda observar dónde están ubicados las estaciones. Por último se encuentran los nodos donde están registrados la lectura de los celulares con el nombre del token que le corresponde. Estas lecturas serán eliminadas luego de ser procesadas por el servidor y detectar si existe un terremoto o no.

10. Configuración de funciones en Firebase

Para poder lograr utilizar las funciones de Firebase, se deben correr ciertos comandos dentro del "CMD" de Windows. ***Npm install –g firebase-tools***, es el primer comando a utilizar, de manera que se instalen todas las librerías en Windows necesarias para manejar Firebase desde la consola. ***Firebase login,*** con el fin de inicializar Firebase con tu cuenta de correo Gmail. Seguidamente se utiliza el comando ***Firebase init functions,*** el cual genera otras librerías, un archivo "firebase.json" con la configuración del proyecto de Firebase creado y otro archivo "index.js" donde es en este donde se implementa el código con el trigger. Todo esto es almacenando dentro del "path" que se tenga en el CMD. Luego de tener listo el algoritmo deseado en el archivo "index.js" se procede a utilizar el ultimo comando de ***firebase deploy –only functions,*** con el fin de que el proyecto de Firebase encontrado en la nube sepa que existe dicha función creada.

11. Aplicación móvil del administrador

Parte del trabajo de grado es implementar una aplicación móvil como administrador el cual fue desarrollado en Android Studio bajo el lenguaje de Java y conectado con la base de datos de Firebase. Dicha aplicación será utilizada únicamente por aquellas personas encargadas de tomar decisiones al momento de generarse un sismo. Cuando el servidor detecte un terremoto, este enviará una notificación a Firebase y automáticamente el trigger implementado

en la nube notificará con una alerta a cada celular que tenga instalado la aplicación de administrador.

Dentro de este software la persona encargada, podrá consultar los terremotos que se han generado a través de una lista, al pisar en alguno de ellos, podrá saber el detalle del mismo, como también enviar alguna alerta a los usuarios que tengan instalado la aplicación de Ucabquake. A su vez se implementará un mapa con "Google Maps", indicando los lugares del epicentro de los sismos que han ocurrido en el pasado, como también todas las estaciones sismológicas o dispositivos móviles que han aportado al reconocimiento.

En la Actividad Principal de la aplicación es generado el token que es almacenado en Firebase, el cual posteriormente es utilizado para el envío de las notificaciones. En dicha actividad se implementó un menú llamado "DrawerLayout", donde se encuentran las posibilidades de navegar hacia la lista de los terremotos ocurridos o la generación del archivo de simulación, el cual tendrá la funcionalidad de recrear un sismo. Dicho archivo tiene como objetivo observar el comportamiento del sistema ante un sismo existente. Al pisar en la pestaña de "Terremotos", se observará una lista de los sismos que ha detectado el sistema, con la opción de consultar el detalle del mismo y así conocer, la hora, fecha, lugar, magnitud y celulares que reconocieron dicho temblor. En la opción de "Simulación", se podrá enviar a la base de datos

información de un terremoto verdadero que ocurrió en algún momento en Venezuela. Dicha información posee la lectura de cierta cantidad de celulares como por ejemplo, valor en el eje Z, la fecha, el instante de tiempo cada vez que el acelerómetro detectara un movimiento, la latitud y longitud. El servidor del sistema debe leer cada uno de estos parámetros y reconocer si verdaderamente fue un sismo o no.

12. Servidor del sistema

El servidor de este trabajo de grado tendrá la tarea de leer todo lo almacenado dentro de Firebase, trabajarlo y analizarlo, de manera de concluir posteriormente si efectivamente los movimientos leídos son sismos. Para ello se trabajó con el Framework de Spyder bajo el lenguaje de Python, herramienta que tiene la posibilidad de utilizar funciones para cálculos matemáticos complejos, como también el uso de "Flask" para el manejo de la página web con Python.

12.1 Algoritmo de reconocimiento

Dentro del servidor se tiene implementado una serie de funciones para el análisis completo de los datos. Como primera instancia es necesario saber el token o identificador de los celulares que están guardados en Firebase, para ello se deben importar las librerías con las cuales se realiza la conexión entre Spyder y la base de datos. Una vez conocidos dichos códigos, se procede a

leer la data de cada celular anteriormente obtenido, para poder identificar los registros en el eje de coordenadas Z que midió el acelerómetro, los instantes de tiempo de cada marca de la coordenada, la fecha del registro y la latitud y longitud del dispositivo móvil.

12.2 Conocer los instantes de tiempo del eje coordenadas Z

Sabiendo lo anterior, el paso a seguir es detectar si en el valor de Z logró superar el valor del umbral establecido, con la hora exacta en que surgió la superación. Dicho umbral es calculado bajo un terremoto de magnitud 5, ya que son este tipo de terremotos superior a ellos, los que son interesantes para un usuario final. Para esto se espera que el celular se encuentre en un estado de reposo, donde en el eje Z los valores varíen entre un rango de números relativamente pequeños. Esta variación de valores ocurre por el ruido terrestre que es afectado por el celular. Al momento de un temblor se espera un cambio elevado en la señal, donde se observe de un estado de reposo un golpe fuerte. Para lograr esto se necesita saber lo que en sismología es conocido como "la onda P", el cual es el golpe de llegada o golpe inicial del temblor. Esto se sabe si el valor en la coordenada Z es bastante elevado y el valor anterior a dicha coordenada es prácticamente cero. Para este proceso, fue necesario realizar una calibración del celular con respecto a un acelerómetro profesional de FUNVISIS, donde se capta la señal de lo que el celular lee y luego se hace la conversión a la lectura de un acelerómetro profesional, de manera de poder realizar cualquier tipo de cálculos. Una vez logrado detectar el instante de

tiempo en que se superó el umbral, también de debe distinguir la amplitud máxima en valor absoluto de la señal, para poder realizar ciertas comparaciones posteriormente.

12.3 Conocer fechas y horas de Z

Al obtener los instantes de tiempo de cada onda P, se procede a la siguiente parte de la evaluación, la cual consiste en verificar si las fechas y horas registradas se encuentran dentro de un rango de tiempo. Para las fechas, se debe validar que cada registro provenga del mismo día, en cambio para las horas es necesario determinar que el menor y el mayor registro tengan una diferencia de veinte (20) segundos. Esto se debe a que si se tienen cinco teléfonos distribuidos en localidades distintas del país y ocurre un sismo, las ondas llegarán en instantes de tiempo distintos, dependiendo que tan cerca esté el dispositivo móvil al epicentro del terremoto. Todo aquel registro que no esté dentro del rango deseado, no será tomado en cuenta para la siguiente fase de la evaluación. Para la siguiente fase del reconocimiento, es necesario haber detectado como mínimo tres celulares en locaciones distintas.

12.4 Sistema de ecuaciones con más de dos celulares

Al tener identificados una cierta cantidad de celulares dentro del rango tiempo, se puede concluir de un posible sismo. Para la siguiente fase es

necesario que dicha cantidad de dispositivos móviles sea mayores a dos, ya que lo que se quiere averiguar a continuación es el epicentro del temblor. Se identificaran N cantidad de celulares que cumplan la condición de coincidir con un rango de tiempo parecido, con el fin de hallar un epicentro con un sistema de ecuación, realizando todas las combinaciones posibles con tres celulares. Al obtener todos los epicentros posibles, se realizó un promedio entre ellos para tener el lugar exacto. Es posible que al hacer cierta combinación, diverja la solución, resultando un epicentro que no sea parecido entre las otras. En este caso se realizó una validación para no tomarla en cuenta.

El sistema de ecuaciones está definido como, el tiempo de llegada de la onda P es igual al tiempo en el que ocurrió el sismo, más distancia sobre velocidad del en que viaja la onda del terremoto. En la ecuación anterior existirán tres incógnitas, las cuales son el tiempo de ocurrencia del sismo y las coordenadas de latitud y longitud del mismo. Python posee funciones internas donde puede resolver un sistema de ecuaciones, lo cual es una funcionalidad necesaria para seguir con el reconocimiento. Esta etapa del discernimiento del temblor, se procedió a realizar un artificio matemático donde al tener un sistema de tres ecuaciones, se realizaba una resta entre ellos para eliminar el tiempo de ocurrencia del temblor como incógnita. De esta manera se generaban dos ecuaciones con las incógnitas de las coordenadas del epicentro. Una vez encontrado la locación, era necesario hallar el tiempo de ocurrencia del sismo, sustituyendo los valores en la ecuación original. Por último se

hallaban las distancias entre el temblor y cada dispositivo. Es importante obtener la distancia del epicentro con el dispositivo móvil para la siguiente fase del reconocimiento.

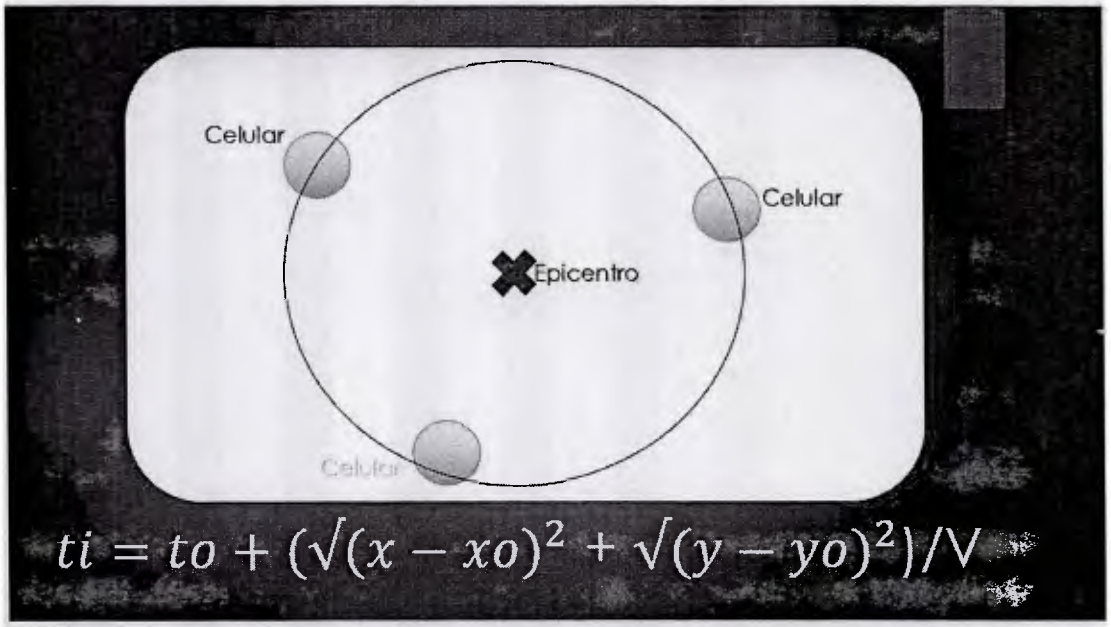

Ilustración 4 *Diagrama de epicentro.*

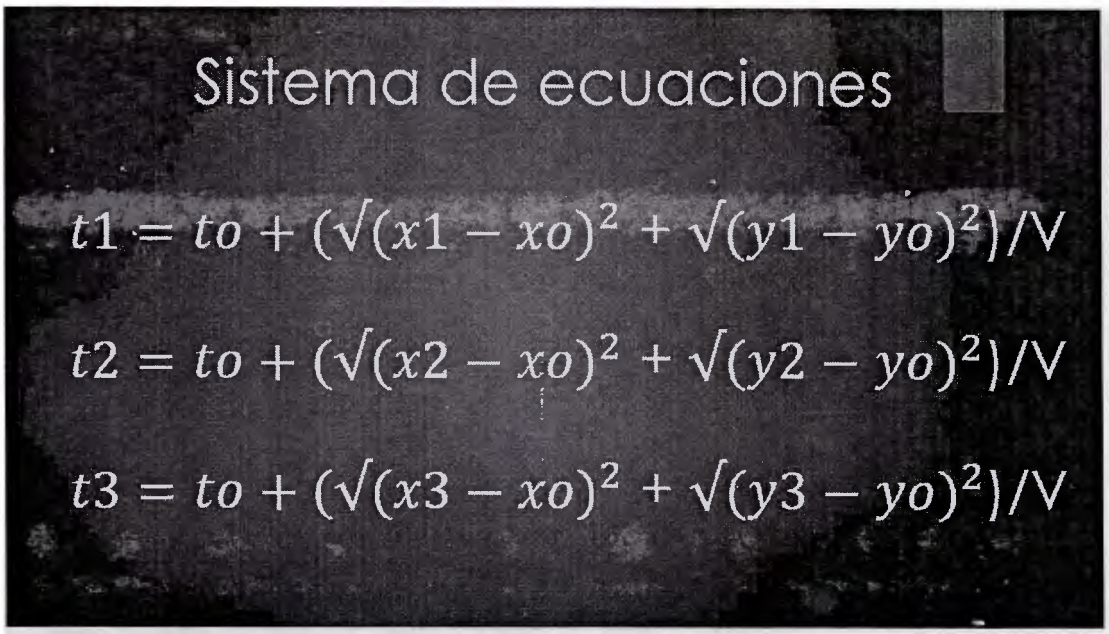

Ilustración 5. *Sistema de Ecuaciones*

12.5 Amplitud del sismo

Cuando ocurre un temblor, existen ciertas características que definen al movimiento. La forma de la onda puede ser vista en una gráfica generada por los dispositivos que están grabando la señal, donde la forma será exactamente igual para todos los celulares, con la diferencia que dependiendo de la distancia con respecto al epicentro, dicha onda se encontrará atenuada. La amplitud de la onda, es la diferencia entre el punto de quiebre desde el estado de reposo con la llegada del sismo, y el punto máximo de la onda P. Dicha amplitud será distinta dependiendo de la lejanía o cercanía encontrada por el dispositivo móvil con respecto al epicentro.

Al evaluar el algoritmo desarrollado en Python, existe la posibilidad de que casualmente tres o más personas dispersas en una zona geográfica le hayan dado un golpe al teléfono al mismo instante de tiempo. Si esto ocurre, el algoritmo aceptará haber encontrado una señal de onda P en tres dispositivos móviles distintos en un rango de tiempo no mayor a veinte segundos entre ellos. A su vez existirá un epicentro, con la peculiaridad de que dicho punto estará a la misma distancia de los tres teléfonos, queriendo decir que las amplitudes deben tener el mismo valor. En caso contrario, fueron tres personas que se pusieron de acuerdo o casualmente dieron un golpe a la superficie donde reposaba el dispositivo. El otro escenario posible, es si los instantes de tiempo no son iguales pero entran en el rango de los veinte segundos. Como se mencionó anteriormente, la amplitud varía dependiendo de la distancia entre el epicentro con respecto al dispositivo, lo que significa que si el tiempo de la onda P es mayor en algún teléfono, la amplitud de la misma por ley debe ser menor. Quiere decir que el algoritmo debe comparar las distancias con respecto a las amplitudes y llegar a una conclusión final, donde se cumpla que a mayor distancia, la amplitud será más reducida.

13. Automatización entre las aplicaciones

El procedimiento por el cual la información es transferida entre las aplicaciones consta que el dispositivo móvil debe encontrarse en un estado de

reposo por aproximadamente un minuto, sin ser interrumpido por ningún otro movimiento, para luego de haber culminado este periodo de tiempo, proceder a escribir la información en un archivo de texto plano interno al celular y posteriormente leer esto y enviarlo a Firebase en su nodo respectivo. Luego de que el servidor analice la información con lo leído de la base de datos, donde este es ejecutado cada cinco minutos, eliminará cada registro de celular ya procesado en caso de comprobar un movimiento antrópico o aleatorio. En caso positivo y afirmar la existencia de un sismo, el servidor guardará la información en un nodo de "Sismos" dentro de Firebase, de manera que posteriormente, esta sección sea leída y mostrada en la aplicación web. Una vez que la información sea guardada y plasmada, debe ser eliminado el registro del dispositivo para que no genere data no deseada en Firebase.

14. Características de un sismo

Luego de que el algoritmo haya analizado todos los aspectos anteriores y afirme de la existencia de un sismo, es necesario conocer las características de dicho temblor como por ejemplo, la fecha, la hora el cual se encuentra con el sistema de ecuaciones, el epicentro o locación del mismo y por supuesto la magnitud. Esto anterior es almacenado en Firebase de manera que la aplicación web y la aplicación móvil puedan tener acceso a esta información y posteriormente reflejarla en el ambiente respectivo. En el caso de que los movimientos procesados no hayan sido sismos, Firebase debe eliminar esta información "basura" para que la base de datos no se encuentre saturada y no

haya confusión con la nueva data almacenada por los dispositivos móviles. Los nodos a eliminar serán los de los registros de los celulares que fueron clasificados como un movimiento antrópico.

15. Desplegar información resultante

Con la ayuda que poseen las APIs de Firebase y Python se puede agregar y eliminar información de esta base de datos. Para lograr mostrar la información en la página web desarrollada con Flask, es necesario leer el contenido de Firebase dentro de un nodo llamado "Sismos", donde se almacenará un historial de terremotos. La aplicación móvil de administrador a su vez podrá alimentarse de esta información con el fin de tener el mismo historial, pero vista desde el dispositivo móvil. Como anteriormente es mencionado, con la existencia de un temblor el servidor enviará a Firebase una notificación, el trigger es ejecutado y automáticamente los teléfonos administradores recibirán la alerta del sismo. Es decisión de dicho administrador si es requerido enviar la alerta a los usuarios comunes que solo poseen la aplicación de Ucabquake.

Cada paso descrito anteriormente, forma parte del desarrollo de ambas aplicaciones móviles y de la aplicación web.

CAPÍTULO V - RESULTADOS

Al concluir con este trabajo de grado, se puede encontrar una serie de dudas referentes al éxito del reconocimiento del sistema. Es por ello que se tuvo que mantener este proceso en un ambiente ideal, lo que significa omitir el estudio de los suelos y el relieve de la superficie terrestre, donde dependiendo de la altura de la misma, la onda tardará más o menos en llegar al dispositivo móvil. El estudio de la forma de la onda es otro aspecto necesario para un reconocimiento más robusto, pero al utilizar esto, se deben evaluar y utilizar cálculos probabilísticos y estadísticos que requieren un análisis de mayor complejidad. Dichos estudios tenían un enfoque con temas sismológicos, los cuales no se encontraban dentro del alcance del trabajo de grado.

Se limitó a trabajar con la red de dispositivos móviles, donde se debía observar los instantes de tiempo de llegada de las ondas, la cantidad de teléfonos que aportaron con la señal con sus amplitudes respectivas, y el cálculo del epicentro con las distancias hacia cada celular. El algoritmo se proyecta a una serie de condicionales y evaluaciones, donde sí y solo si, cumple con todas ellas, se puede afirmar que es un sismo, la señal recibida.

Otro aspecto relevante fue la calibración del celular, ya que con él es posible saber cómo el dispositivo móvil mide con respecto a un acelerómetro profesional, lo cual permite saber de cuanto es la magnitud mínima que el sistema pueda reconocer de un terremoto.

En el caso de reconocer la existencia de un temblor son ciertas las características que se dan a conocer del movimiento como por ejemplo, la fecha y hora de ocurrencia, su locación, la distancia que posee con respecto al celular del usuario y por su puesto la magnitud del sismo.

Para lograr identificar la magnitud de un sismo, con la red de dispositivos móviles, es necesario de una calibración y comparación entre la medición de un celular con una acelerógrafo de FUNVISIS. Esto ocurre por la poca sensibilidad para captar movimientos terrestres, del acelerómetro que posee un Smartphone.

CAPÍTULO VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un trabajo especial de grado requiere de mucha investigación y por supuesto de ensayo y error, donde es posible que se deba cambiar de metodología o de herramientas si se quiere llegar a un éxito con el resultado. No solo se debía pensar en cómo realizar las tres aplicaciones mencionadas, sino también en la conexión existente entre ellas y como lograr esto de una manera eficiente.

Para la aplicación móvil que utilizaría el acelerómetro, se debía ingeniar algún método, en recolectar la información de los movimientos alrededor sin saturar la memoria interna del celular. Para esto se decidió registrar en un archivo cada cierto tiempo la información del acelerómetro e ir reemplazando de dicho archivo constantemente con nueva data. La aplicación móvil del administrador, simplemente mostraría información ya procesada de la base de datos y el envío de notificaciones de alerta.

Existiría un servidor, el cual debe realizar cálculos y leer información de alguna base de datos, de manera que posteriormente pueda mostrar lo

analizado en una aplicación web. Con Python se logró obtener estos resultados de manera exitosa con la ayuda de Firebase, el cual fue el medio entre dichas aplicaciones. Su funcionalidad como base de datos a tiempo real, logró alimentar de información al servidor y a las aplicaciones móviles, gracias a su API.

Si se desea desarrollar un sistema completo, difícilmente se podrá saber las tecnologías que se utilizarán, al comienzo de la investigación ya que se pueden presentar problemas durante el proceso de implementación. Para esto es recomendable ir desarrollando lo deseado por objetivos específicos lo que se desea, al igual de la realización de pruebas con el fin de corroboran que lo requerido es posible.

Es recomendable para el éxito del uso de sensores acelerográficos como lo son los dispositivos móviles, tener en cuenta que es necesario realizar una calibración del celular con respecto a un acelerógrafo profesional, con el fin de saber cómo es la medición del teléfono, ya que este último sensor es menos sensible que los de FUNVISIS, y es necesario corregir dicha sensibilidad.

Para investigaciones posteriores, se recmienda conocer sobre la superficie terrestre venezolana, de manera que sea un factor a tomar en cuenta en el estudio del tiempo y forma de la onda al llegar a los dispositivos móviles. Esto se debe a que si se encuentra con un relieve elevado, la señal durará más

en llegar a su destino. El tipo de suelo puede interferir con la sensibilidad del golpe dependiendo en donde se encuentre el dispositivo móvil, es posible que amplifique o reduzca la forma de la onda.

Al hallar el promedio de los epicentros, de los celulares que estuvieron en reposo y reconocieron una señal de un terremoto, se obtiene cierto valor que pudiera ser más preciso si se tomara en cuenta los dispositivos móviles en que están siendo manipulados por el hombre. Queriendo decir, si una persona se encuentra caminando, trotando etc, La señal puede ser utilizada para así tener más celulares como estaciones sismológicas para el reconocimiento del sismo.

El uso de un giroscopio para el reconocimiento de un sismo no es necesario, a pesar de que los celulares con mejor tecnología lo poseen, debido a que sismógrafos profesionales no necesitan dicho sensor. Este mide es la inclinación de la superficie terrestre, y a pesar de que es necesario conocer el relieve venezolano, no es indispensable que sea el sismógrafo quien posea este característica para el reconocimiento. Este estudio se realiza posteriormente con cálculos estadísticos por profesionales.

Si el acelerómetro es avanzado o cercano a la de un sismómetro, ocurrirían dos ventajas las cuales son, más registros por segundo de la información del acelerómetro y a su vez una menor calibración del dispositivo

móvil, ya que sería muy parecido a la de sismómetro profesional, haciendo que el coeficiente multiplicativo sea menor.

CAPÍTULO VII - BIBLIOGRAFÍA

[1] Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, "La Investigación Sismológica en Venezuela", Capitulo III, [En línea]. Disponible en: http://www.funvisis.gob.ve/archivos/pdf/libros/funvisis_45_80.pdf [Junio 2017]

[2] H. Talavera, "Medidas de un terremoto", Centro Sísmico de Perú. [En línea]. Disponible en: http://www.upv.es/dit/cefire/MedidasTerremoto.htm [Junio 2017]

[3] Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Caracas, Venezuela. [En línea]. Disponible en: http://www.funvisis.gob.ve/ [Junio 2017]

[4] Para qué sirve un acelerógrafo? [En línea]. Disponible en: http://www.lis.ucr.ac.cr/clase_index/tv/inicio/acelerografo.html [Julio 2017]

[6] Developers. [En línea]. Disponible en: https://developer.android.com/index.html [Agosto 2017]

[7] Firebase te ayuda a crear mejores apps para dispositivos móviles y hacer crecer tu empresa. [En línea]. Disponible en: https://firebase.google.com/?hl=es-419 [Agosto 2017]

[8] Que es Firebase? La mejorada plataforma de desarrollo de Google. [En línea]. Disponible en: https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html [Agosto 2017]

[9] Glosario Sismológico. [En línea]. Disponible en: http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php [Septiembre 2017]

[10] Ejecución de la iteración (Sprint). [En línea]. Disponible en: https://proyectosagiles.org/ejecucion-iteracion-sprint/ [Septiembre 2017]

[11] Lista de objetivos/ requisitos priorizada (Product Backlog), [En línea]. Disponible en: https://proyectosagiles.org/lista-requisitos-priorizada-product-backlog/ [Septiembre 2017]

[12] Lista de tareas de la iteración (Sprint Backlog). [En línea]. Disponible en: https://proyectosagiles.org/lista-tareas-iteracion-sprint-backlog/ [Septiembre 2017]

[13] Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México [En línea]. Disponible en: http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf [Julio 2017]

[14] Bullen K. E. y Bolt B., (1985), An Introduction to the Theory of Seismology, Cambridge University Press. London. pp 499.

[15] Quijada, P., Gajardo, E., Franke, M. y Grases, J., (1993), Análisis de amenaza sísmica de Venezuela para el nuevo mapa de zonificación con fines de ingeniería, Memorias del Octavo Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-resistente, Juli0-1993, Mérida.

APÉNDICES

1. ARTEFACTOS DE LA METOGOLOGÍA

1.1 Sprint Backlog

Sprint Backlog	
Número de Historia:	001
Título:	Crear la aplicación móvil
Fecha:	01/05/2017
Descripción:	Se hizo la creación de la aplicación móvil con la funcionalidad de la activación del sensor acelerómetro, donde se pudiera probar los cambios de aceleración al mover el dispositivo móvil.

Tabla 2. *Sprint Backlog 001.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	002
Título:	Implementar el "LocationListener"
Fecha:	15/05/2017
Descripción:	Es necesario tomar ciertos valores del dispositivo móvil, como lo son su latitud y longitud. Para esto, se activa el localizador que utiliza la señal inalámbrica o la red de datos. Con dicha implementación, es posible guardarlos como parámetros para el reconocimiento.

Tabla 3. *Sprint Backlog 002.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	003
Título:	Implementar Google Maps
Fecha:	01/06/2017
Descripción:	Con esta implementación, es posible tener de manera visual la ubicación de cada sismo ocurrido, además de saber la locación del dispositivo móvil que está siendo utilizado.

Tabla 4. *Sprint Backlog 003.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	004
Título:	Calibrar celular con el acelerómetro
Fecha:	15/06/2017
Descripción:	Se estudió y comparó entre un dispositivo móvil y un acelerómetro de FUNVISIS, las señales resultantes ante un mismo golpe, con el fin de saber que magnitud de un sismo puede reconocer el sistema.

Tabla 5. *Sprint Backlog 004.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	005
Título:	Implementar escritura del registro en el TXT
Fecha:	01/07/2017
Descripción:	Se desarrolló esta funcionalidad debido a que, se pierden registros del acelerómetro al guardar directamente a Firebase. La escritura del archivo TXT se realiza con rapidez, de manera que cada registro es almacenado.

Tabla 6. *Sprint Backlog 005.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	006
Título:	Implementar guardado del registro en Firebase
Fecha:	15/07/2017
Descripción:	Luego de la escritura del archivo TXT, este es leído por la aplicación, para posteriormente enviar dicha data a la base de datos Firebase. Es allí donde es almacenado con el identificador del teléfono.

Tabla 7. *Sprint Backlog 006.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	007
Título:	Crear la aplicación web
Fecha:	01/08/2017
Descripción:	Se hizo la creación en Flask bajo el lenguaje de Python con el fin de probar el levantamiento de una página web, y la conexión de este con Firebase.

Tabla 8. *Sprint Backlog 007.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	008
Título:	Implementar reconocimiento (parte 1)
Fecha:	15/08/2017
Descripción:	Se desarrolló la primera fase del reconocimiento, donde se identificaran, todos los celulares con una onda P, y dichas ondas estuvieran en un rango de tiempo no más de veinte segundos.

Tabla 9. *Sprint Backlog 008.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	009
Título:	Implementar reconocimiento (parte 2)
Fecha:	01/09/2017
Descripción:	Con los instantes de tiempo reconocidos, es necesario verificar que la cantidad de celulares sean mayores a dos, con el fin de establecer un sistema de ecuaciones para hallar el epicentro y la hora de ocurrencia del terremoto. Dicho sistema se realiza con la combinación de cada tres celulares que reconocieron el movimiento, y al final hallando un promedio entre ellos.

Tabla 10. *Sprint Backlog 009.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	010
Título:	Implementar reconocimiento (parte 3)
Fecha:	15/09/2017
Descripción:	En la última del reconocimiento, son calculadas las amplitudes, con el fin de determinar si hubo o no un sismo. Es necesario comparar las distancias del epicentro con cada dispositivo y observar sus respectivas amplitudes.

Tabla 11. *Sprint Backlog 010.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	011
Título:	Implementar la página web con información
Fecha:	01/10/2017
Descripción:	Una vez definido la existencia del sismo, esta información debe guardarse en Firebase y mostrarse dentro de la página web, el cual será visto por alguna entidad administradora.

Tabla 12 *Sprint Backlog 011.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	012
Título:	Crear la aplicación móvil del administrador
Fecha:	15/10/2017
Descripción:	Con la misma información almacenada en Firebase, se desarrolló una aplicación móvil utilizada por un administrador, el cual lea dicha data de la base de datos y despliegue lo leído en el software.

Tabla 13. *Sprint Backlog 012.*

Sprint Backlog	
Número de Historia:	013
Título:	Conectar y automatizar entre aplicaciones.
Fecha:	01/11/2017
Descripción:	Se implementó una automatización entre aplicaciones, de manera que el usuario deba hacer lo mínimo posible para que el sistema completo funcione. El servidor ejecutara el reconocimiento cada noventa segundos, de lo almacenado en Firebase. Al reconocer que no existe un sismo, este eliminará

	la información innecesaria de ella. La aplicación móvil enviara los datos cada cierto tiempo una vez que compruebe que el teléfono se encuentre en reposo.

Tabla 14. *Sprint Backlog 013.*

1.2 Product Backlog

Id de la historia	*Enunciado de la historia*	*Alias*	*Estado*	*Sprint*	*Prioridad*
001	Crear la aplicación móvil	Aplicación móvil	Finalizado	1	9
002	Implementar el "LocationListener"	Aplicación móvil	Finalizado	2	8
003	Implementar Google Maps	Aplicación móvil	Finalizado	3	7
004	Calibrar celular con el acelerómetro	Aplicación móvil	Finalizado	4	8
005	Implementar escritura del registro en el TXT	Aplicación móvil	Finalizado	5	8
006	Implementar el guardado del registro en Firebase	Aplicación móvil	Finalizado	6	9
007	Crear aplicación web	Aplicación Web	Finalizado	7	9
008	Implementar reconocimiento (parte 1)	Aplicación Web	Finalizado	8	9
009	Implementar reconocimiento (parte 2)	Aplicación Web	Finalizado	9	9
010	Implementar reconocimiento (parte 3)	Aplicación Web	Finalizado	10	9
011	Implementar página web con información	Aplicación Web	Finalizado	11	9
012	Crear aplicación móvil del administrador	Aplicación móvil administrador	Finalizado	12	7
013	Conectar y automatizar las aplicaciones	Aplicación móvil, móvil administrador y web	Finalizado	13	8

Tabla 15. *Product Backlog.*

2. ARTEFACTOS DEL DESARROLLO

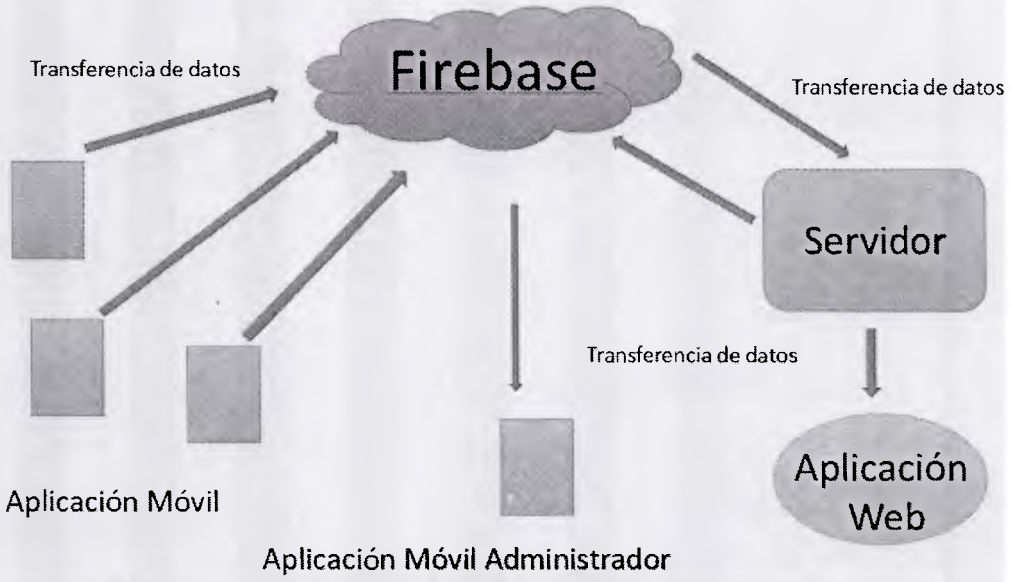

Ilustración 6 *Diagrama de estructura del sistema.*

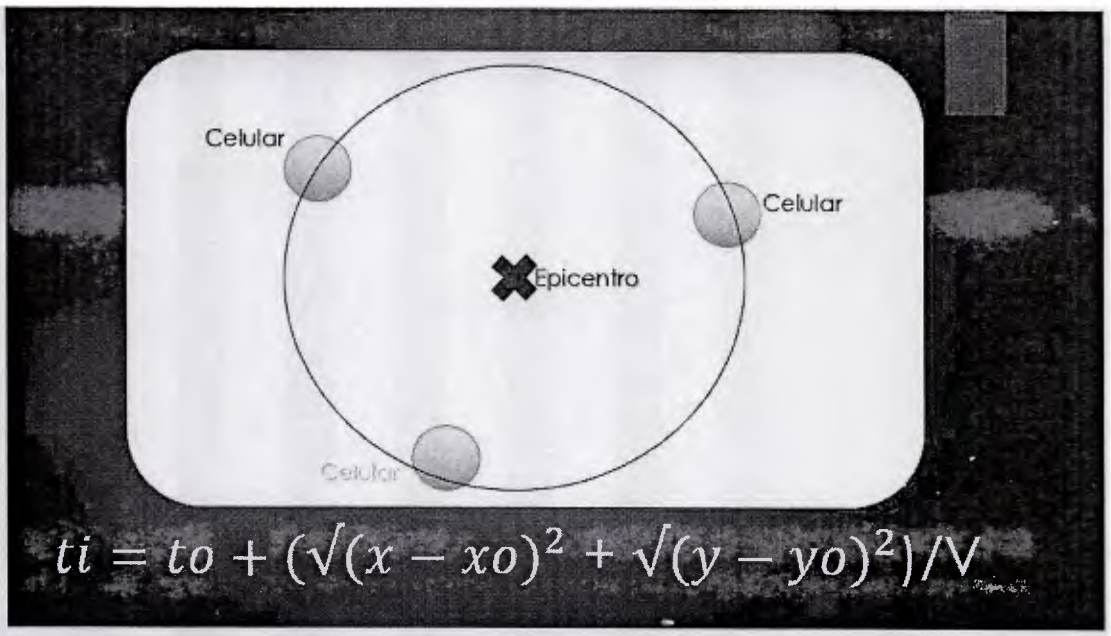

Ilustración 7 *Ecuación para hallar epicentro*

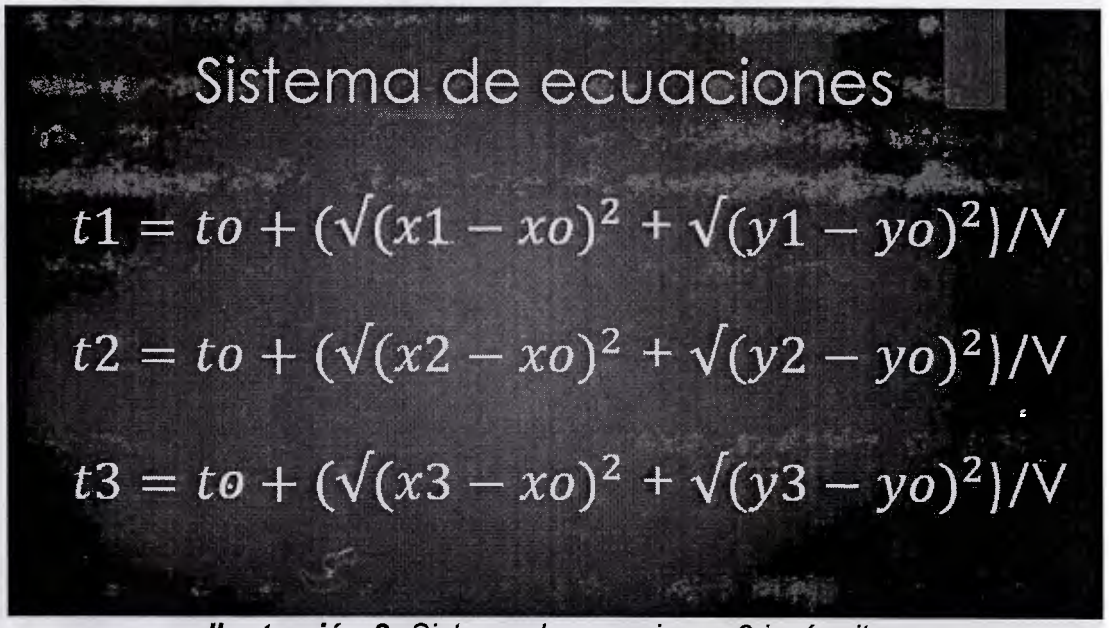

Ilustración 8: *Sistema de ecuaciones 3 incógnitas*

$$t2 - t1 = 0 + \frac{distancia2}{V} - \frac{distancia1}{v}$$

$$t3 - t2 = 0 + \frac{distancia3}{V} - \frac{distancia2}{v}$$

Ilustración 9 *Artificio matemático*

Ilustración 10 *Pantalla de activación del acelerómetro*

Ilustración 11 *Mapa del usuario común*

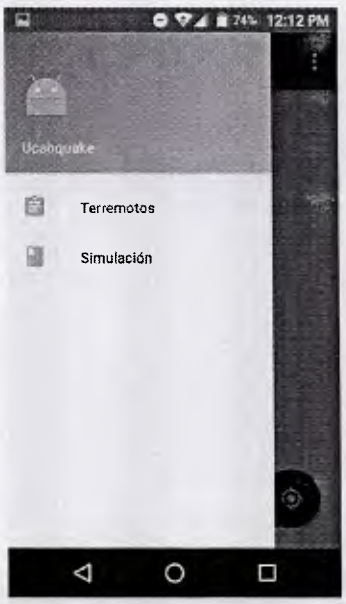

Ilustración 12 *Menú aplicación móvil administrador*

Ilustración 13 *Lista de terremotos (aplicación móvil administrador)*

Ilustración 14 *Detalle del terremoto (aplicación móvil administrador)*

Ilustración 15 *Detalle del terremoto (aplicación móvil administrador)*

Ilustración 16 *Pantalla de simulación (aplicación móvil administrador)*

Ilustración 17 *Mapa de la aplicación móvil del administrador*

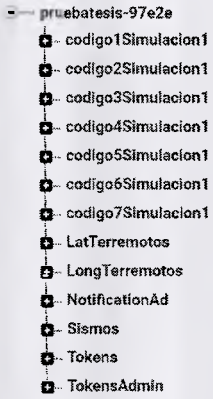

Ilustración 18 *Nodos de la base de datos en Firebase*

Ilustración 19 *Lista de terremotos (aplicación web)*

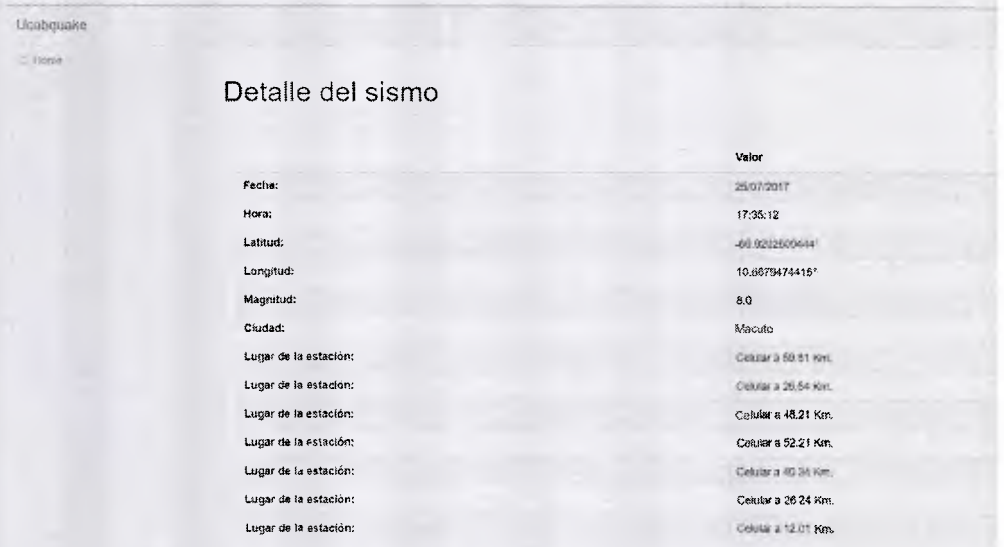

Ilustración 20 *Detalle del terremoto (aplicación web)*

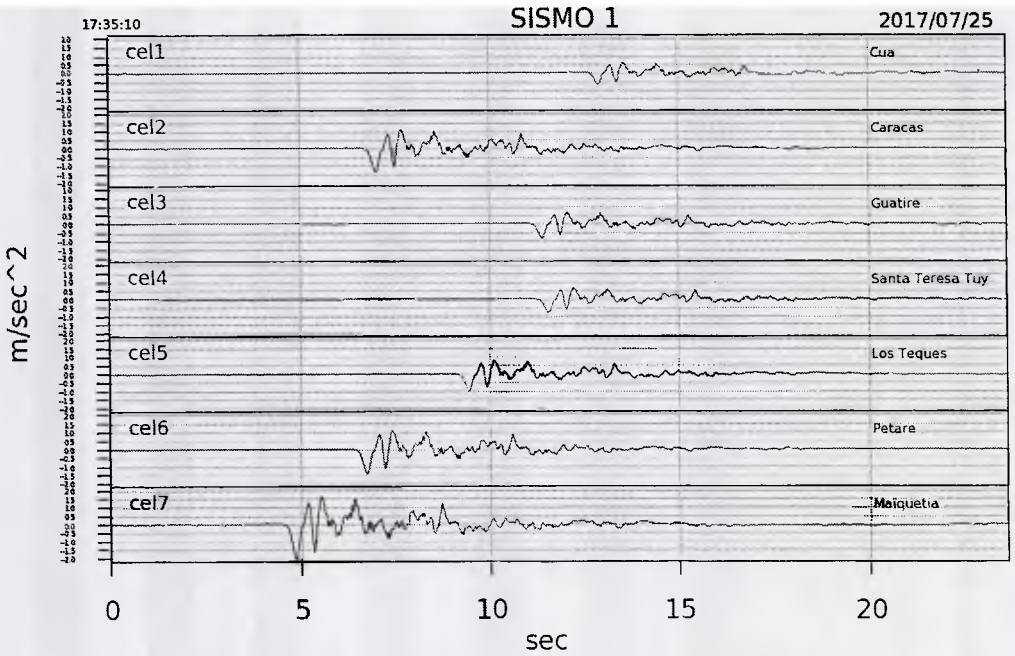

Ilustración 21 *Sismogramas en los celulares de la simulación 1*

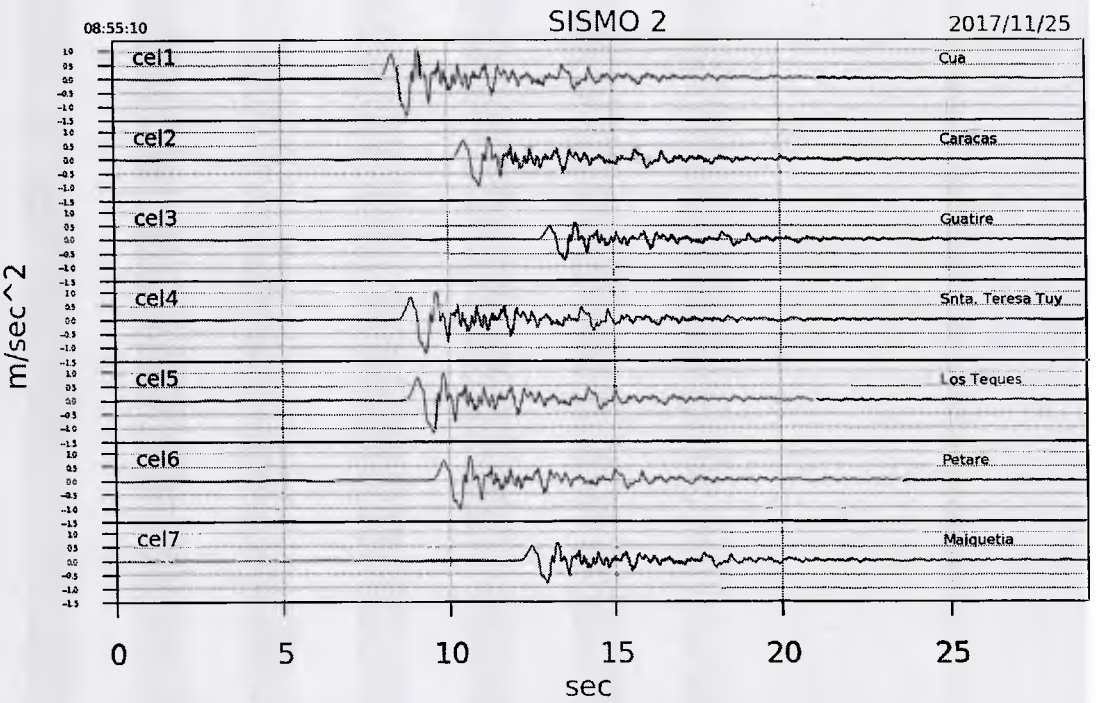

Ilustración 22 *Sismogramas en los celulares de la simulación 2*

Ilustración 23 *Mapa con la ubicación de los sismos y dispositivos móviles en ambas simulaciones*

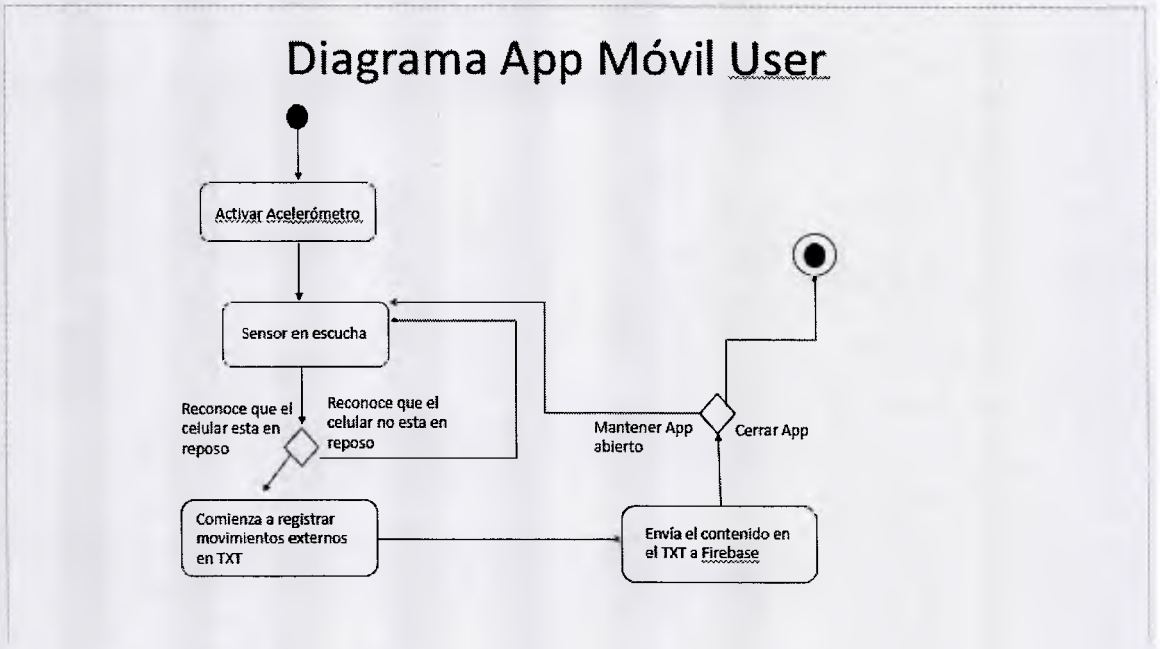

Ilustración 24 *Diagrama actividades aplicación móvil usuario*

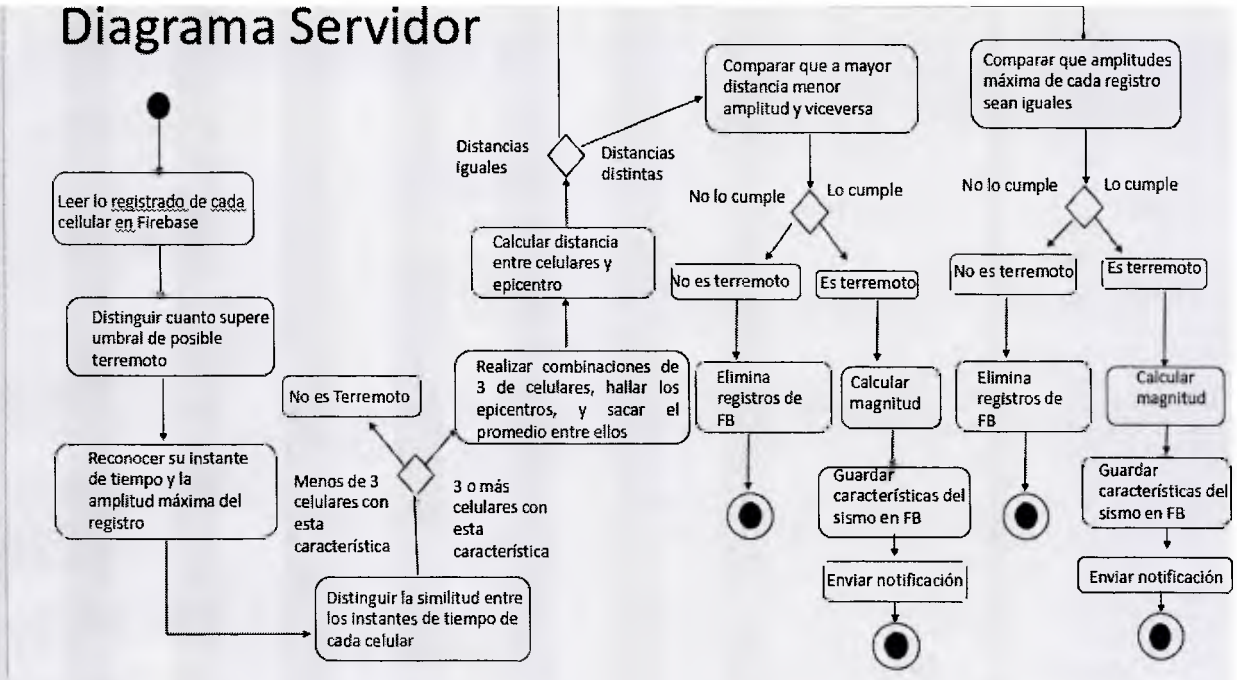

Ilustración 25 *Diagrama actividades algoritmo de reconocimiento*