



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
LA CALIDAD DE SUPERFICIE DE CARRETERAS  
USANDO LA RED DE USUARIOS MÓVILES”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

**DIEGO JAVIER PEZO SERRANO**

**WLADIMIR ROBERTO BARZOLA JARAMILLO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres quienes me han apoyado siempre en todos los aspectos, un agradecimiento muy especial a mi tía Edith Jaramillo, porque gracias a ella pude continuar con mis estudios y seguir en la universidad.

A mis compañeros y amigos tanto de la universidad como del trabajo que me apoyaron en todo momento en esta etapa de mi vida.

**WLADIMIR ROBERTO BARZOLA JARAMILLO**

A cada uno de los que conforman mi familia, a mi padre Mauro Pezo, mi madre Delia Serrano, mis abuelos, mis tíos; por su apoyo incondicional durante toda mi carrera y que me ha llevado hasta donde estoy ahora.

A mis profesores quienes han sido una excelente guía y que gracias a sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.

A mis compañeros de profesión y amigos de los que he aprendido mucho.

**DIEGO JAVIER PEZO SERRANO**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado mi familia, compañeros y profesores, puesto que con su apoyo incondicional y con sus conocimientos me brindaron las herramientas necesarias para poder cumplir con esta meta.

A mis compañeros de trabajo, porque tuvieron la paciencia de darme todos los recursos y tiempos necesarios para alcanzar este objetivo.

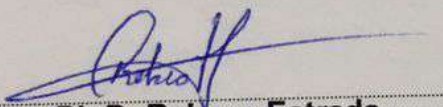
**WLADIMIR ROBERTO BARZOLA JARAMILLO**

El presente trabajo es dedicado a mi familia que han sido parte fundamental con su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona, hemos salido adelante han sido el soporte necesario para alcanzar esta meta.

A las personas que pusieron la confianza en mí, que me demostraron que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes retos.

**DIEGO JAVIER PEZO SERRANO**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



**Ph.D. Rebeca Estrada**

PROFESOR EVALUADOR



**Ing. Néstor Arreaga**

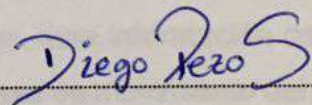
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Wladimir Roberto Barzola Jaramillo



Diego Javier Pezo Serrano

## RESUMEN

Hoy en día, una de las problemáticas que perciben los ciudadanos de Guayaquil es la presencia de baches en las calles principales y avenidas de la ciudad, los baches son causados por varios factores, pero comúnmente se forman al introducirse agua en el pavimento y que con el transitar de vehículos la superficie se derrumba formando estos molestos hoyos en las calles, el exceso de baches es notorio sobre todo en época de lluvias causando malestar a los ciudadanos y sobre todo a los dueños de vehículos que circulan diariamente.

En algunas ciudades del mundo se han implementado sistemas de monitoreo y detección de baches, pero son ineficientes e irregulares debido a que se basan en capturar información de manera manual.

Recientemente ha surgido un nuevo paradigma conocido como Mobile Crowdsensing System, donde la tarea de recopilar información sobre un fenómeno particular de interés se distribuye entre una multitud de usuarios que voluntariamente comparten información de su entorno a través de los sensores de sus dispositivos móviles.

El sistema propuesto permite la recopilación de información de manera participativa de dispositivos móviles pertenecientes a los usuarios, esta información corresponde a su ubicación geográfica y a la captura por los sensores de movimiento del dispositivo cuando se detectan los baches, de esta manera se comparte la información con los demás usuarios y se avisa a las autoridades pertinentes.

En las pruebas realizadas se comprobó que existen diferentes condiciones que afectan la recopilación de datos respecto a la superficie de la carretera, a pesar de las diferencias de hardware en términos de precisión de GPS, los errores con respecto al ruido y tasa de errores del acelerómetro, se pueden detectar de manera correcta los baches. Sin embargo, para asegurar que el sistema funcione sin grandes índices de error, es necesaria investigación adicional, tales como la combinación de múltiples algoritmos y la recolección de mayor cantidad de datos para tener un análisis más representativo.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. MARCO GENERAL.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Delimitación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Mobile Crowdsensing.....	5
2.2 Ventajas de Mobile Crowdsensing.....	5
2.3 Clasificación Mobile Crowdsensing.....	6
2.3.1 Detección Manual Participativa.....	6
2.3.2 Detección Automática Oportunista .....	6
CAPÍTULO 3.....	8
3. DESARROLLO DEL SISTEMA.....	8
3.1 Metodología.....	9
3.1.1 Descripción del proyecto .....	9
3.1.2 Arquitectura del sistema de monitoreo .....	10
3.2 Herramientas de Hardware.....	10

3.2.1	Sensor Acelerómetro .....	10
3.2.2	Controladora Arduino Nano .....	11
3.2.3	Módulo bluetooth HC-05 .....	11
3.2.4	Smartphone con Android .....	12
3.3	Herramientas de Software .....	12
3.3.1	Aplicación Móvil .....	12
3.3.2	Script para el sensor externo .....	13
3.3.3	Servicios .....	13
3.4	Funcionalidad. ....	14
3.4.1	Aplicación Móvil .....	15
3.4.2	Servidor Web .....	15
3.5	Resultados.....	16
3.5.1	Reporte de baches generados.....	16
3.5.2	Resultados del grado satisfacción de los usuarios .....	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		19
BIBLIOGRAFÍA.....		20
ANEXOS.....		21



# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO GENERAL.

Los sistemas de telecontrol o monitoreo de baches en las calles que se han implementado anteriormente no han sido eficientes, debido a que la información recopilada por estos sistemas ocurre de forma manual y basada en reportes individuales. Estos métodos son irregulares y poco confiables. Otros sistemas de monitoreo de baches que se han implementado lo hacen a través de sensores instalados dentro de los vehículos, pero estas soluciones implican añadir costos a la implementación del proyecto.

Recientemente, ha emergido un paradigma llamado Mobile Crowdsensing System, que ha generado un enorme impacto en la sociedad, el cual permite a un gran número de teléfonos móviles ser utilizado para intercambiar información entre los usuarios y ayudar a resolver problemas de interés común [1].

Crowdsensing participativo es un enfoque colaborativo que permite a los usuarios habilitar sus sensores dentro de sus dispositivos y enviar activamente los datos a un servidor central. En un futuro se espera que los teléfonos móviles y a Android como sistema operativo conformaran una plataforma de detección colectiva poderosa y ampliamente utilizada por las personas en muchas aplicaciones. En este proyecto se examinan los teléfonos móviles con Android en el contexto del monitoreo de la calidad de superficie de carretera.

### 1.1 Descripción del problema.

En Guayaquil existen varios sectores donde hay baches que perjudican el flujo normal de los vehículos, y que provocan accidentes de tránsito en las calles, los conductores de vehículos y buses son los más afectados por el mal estado en que se encuentran las calles, aunque no se finalizaron esos estudios para determinar que vías necesitan ser reparadas de urgencia en Guayaquil, en una de las principales avenidas es la Carlos Luis Plaza Dañín, ya se ha reparado esas vías agregando el asfalto faltante.

En la avenida 25 de Julio, la Dirección de Obras Públicas ha hecho un contrato para reparar esas vías dichos trabajos se lo realizarán en horarios nocturnos para impedir que el tránsito de vehículos no se vea afectado.

El Municipio ha destinado 8'500.00 dólares para realizar estos trabajos que forman parte del plan de reparación vial, según las cifras citadas por las autoridades pertinentes, quienes dicen que los trabajos se realizan diariamente hasta finalizar el año y que cuentan con un presupuesto anual total de 16 millones de dólares.

La calidad del asfalto se debe tener en consideración, debido a que el material utilizado actualmente tiene una durabilidad de cinco años, mientras que el material que se utilizaba anteriormente duraba solo dos años en óptimas condiciones. Y agregó que se están haciendo más reparaciones en la avenida Delta, se agregaran una nueva capa de asfalto en esas vías dañadas.

Por otra parte, los ciudadanos esperan que se intervenga avenidas no principales pero que son muy transcurridas. Por ejemplo, en el suburbio de Guayaquil y por donde circulan varias líneas de buses, se forman baches que obstaculizan el tránsito. Keyla Bajaña, una moradora que vive en esa zona se queja por los baches, pues ella maneja un expreso escolar y circula frecuentemente por esa misma calle [2].

## **1.2 Justificación.**

El sistema de monitoreo de baches va a proporcionar información a las personas en la ciudad acerca de su infraestructura vial, la aplicación ayudará a que las personas del sector colaboren mediante el uso de sus teléfonos móviles de manera participativa en el mantenimiento de las calles.

Los beneficios que se obtienen con la aplicación móvil, se detallan a continuación:

- Fácil acceso a la información sobre baches en las calles de la ciudad.
- Información actualizada y confiable a los usuarios y a las autoridades.
- Prevención de accidentes de tránsito y congestionamiento vehicular.
- Recompensas al usuario por colaborar enviando sus datos a la aplicación.

Debido a estos beneficios se ha propuesto crear una solución donde el usuario sea el beneficiado y benefactor. Pese a que en nuestro país no existen sistemas que utilicen este enfoque colaborativo a gran escala, se agregan elementos innovadores en el uso de esta reciente metodología.

### **1.3 Delimitación del problema.**

El proyecto se pretende entregar como producto final un sistema de monitoreo de baches basado en Mobile Crowdsensing para que las autoridades administren la reparación de baches en las calles, por lo tanto, se define el alcance geográfico del proyecto como las calles de la ciudad de Guayaquil, la implementación del proyecto puede extenderse a otras ciudades del país.

Se define la limitación del presente proyecto como la zona donde se va a trabajar en esta etapa del proyecto, siendo esta zona las calles del centro de la urbe, enfocándose en las calles donde circulan los buses de transporte urbano.

### **1.4 Objetivos.**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de monitoreo y detección de baches en una zona específica y generar reportes del estado actual de las carreteras a las autoridades pertinentes.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar un aplicativo móvil para la recolección de datos por parte de los usuarios de manera participativa.
- Evaluar la información recolectada por medio de uso de algoritmos de detección de eventos empíricos en el sistema y medir los falsos positivos.
- Elaborar una funcionalidad para la verificación de datos, documentando los problemas de manera más específica.
- Diseñar una interfaz web para presentar los resultados mediante un mapa y que describa cada problema en la carretera.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO.

Mobile Crowdsensing es utilizada principalmente para monitorear un solo individuo, para proporcionar alertas personalizadas o asistencia. Public Mobile Sensing, que comúnmente se denomina Mobile Crowdsourcing, mediante la participación activa de teléfonos inteligentes de los usuarios para aportar datos de sensores, principalmente reportando datos manualmente desde sus dispositivos. Los datos podrían ser accidentes de tráfico o nuevos patrones de tráfico, tomar fotos para el periodismo ciudadano, etc. la información pública útil se puede compartir con los usuarios a gran escala.

Los avances de la investigación en crowdsourcing, y específicamente mobile crowdsourcing, han establecido el rumbo para la adopción masiva y la automatización de mobile people-centric sensing. La nueva tecnología resultante, como se ilustra en Figura 2.1, es Mobile Crowdsensing, este nuevo tipo de detección puede ser escalable y rentable para la cobertura de detección densa en grandes áreas, en muchas situaciones, no es necesario que las organizaciones sean propietarias de una red de sensores; pueden usar mobile people-centric sensing y solo deben pagar por el uso real (es decir, los datos recopilados) [3].

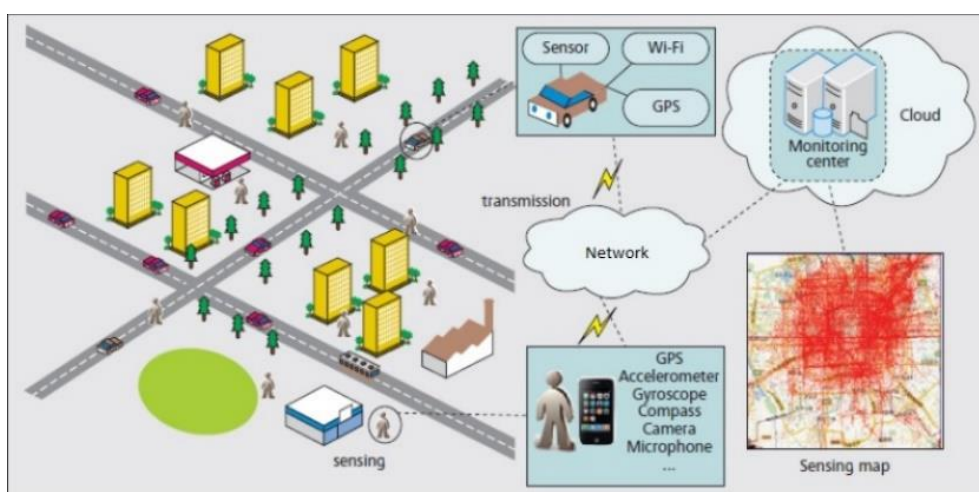


Figura 2.1: Mobile Crowdsensing.

## **2.1 Mobile Crowdsensing.**

Mobile Crowdsensing, se ha ido popularizando cada vez en todo el mundo. Esto se debe a que se utilizaran todos los dispositivos de los usuarios que se encuentren dentro de una misma red móvil.

El objetivo primordial de utilizar estos dispositivos, es el de juntar datos que son importantes para un determinado conjunto de usuarios a que están vinculados, de esta manera los datos que son recopilados resuelven alguna problemática de interés común para los usuarios.

El concepto se puede aplicar a todo dispositivo móvil inteligente, es decir a aquellos que permitan una comunicación entre varios dispositivos bajo diferentes protocolos de comunicación, como por ejemplo Bluetooth, WIFI, etc.

El dispositivo móvil más utilizado en la actualidad es el teléfono celular, el cual trae consigo muchos sensores internos que pueden ser utilizados para el desarrollo de esta metodología, cabe mencionar que hay otros dispositivos que poseen diferentes sensores y que se utilizan para ciertas tareas cotidianas, se los puede encontrar en electrodomésticos o incluso vehículos.

## **2.2 Ventajas de Mobile Crowdsensing.**

Mobile Crowdsensing permite a las personas y organizaciones (clientes) acceder a un gran número de personas dispuestos a ejecutar tareas de detección simple para las que se les paga, permite a los usuarios de teléfonos inteligentes detectar colectivamente los datos, lo que ayuda en el monitoreo de fenómenos de gran escala que no pueden ser fácilmente medidos por un solo individuo.

Por ejemplo, las organizaciones gubernamentales en las ciudades metropolitanas pueden requerir monitoreo de la congestión del tráfico y monitoreo del nivel de contaminación del aire para una mejor planificación de las ciudades inteligentes.

Este tipo de monitoreo a gran escala puede medirse precisamente sólo cuando muchas personas proporcionan información sobre la velocidad de conducción y la calidad del aire de sus desplazamientos diarios, que luego se agregan en función de la ubicación y el tiempo para determinar la congestión del tráfico y los

niveles de contaminación en las ciudades, como estos existen muchos ejemplos de aplicaciones donde se perciben beneficios usando Mobile Crowdsensing.

### **2.3 Clasificación Mobile Crowdsensing.**

El modelo de Mobile Crowdsensing trata a cada persona que lleva un dispositivo móvil como un potencial nodo sensor y forma una red de sensores grande aprovechando la población.

Crowdsensing puede ser clasificado en dos categorías principales:

- Detección manual participativa.
- Detección automática oportunista.

#### **2.3.1 Detección Manual Participativa**

En la detección participativa, cada tarea de detección implica que el participante directamente complete ciertas acciones, como capturar las fotos de lugares o eventos.

Por lo tanto, en este método, los participantes tienen mayor control de cuándo, dónde, y qué detectar al decidir qué tareas de detección aceptar y completar, según su disponibilidad.

En la detección participativa, es posible que la detección se realiza automáticamente, pero los participantes pueden controlar el tiempo en que la detección puede hacerse, las políticas de intercambio de información, así como otros parámetros en caso que se requieran.

#### **2.3.2 Detección Automática Oportunista**

En la detección oportunista, la detección real se realiza automáticamente y el participante no está involucrado en la actividad de detección. Los dispositivos móviles hacen las decisiones apropiadas e inician la recopilación y el intercambio de datos de detección.

Este modelo de detección transfiere la carga de los participantes a un sistema de detección central para determinar el cuándo, dónde y en qué

dispositivos del participante se realizará la detección automática para satisfacer las necesidades de la aplicación de detección.

El sistema considera los aspectos sociales de los participantes al tomar decisiones con respecto a la programación de tareas de detección.

Estos aspectos incluyen ubicación actual, posible ubicación siguiente, actividad actual, patrones regulares diariamente y estado de salud; entonces este aspecto de detección se llama detección centrada en las personas.

## CAPÍTULO 3

### 3. DESARROLLO DEL SISTEMA.

Actualmente la mayoría de personas usan sus dispositivos móviles para muchas actividades cotidianas, debido a esta demanda los fabricantes de dispositivos móviles han añadido sensores con nuevas y mejores características a sus nuevas versiones de dispositivos, por lo tanto cada vez existen más dispositivos capaces de analizar el entorno de una manera eficiente, se ha considerado el enfoque participativo como metodología para el desarrollo del proyecto, las personas decidirán voluntariamente si colaborar a otros usuarios para mejorar las condiciones de su infraestructura vial en su ciudad.

Mediante la metodología participativa de Mobile Crowdsensing se tienen grandes ventajas con respecto a otras tecnologías como redes de sensores con whaspmote, debido a que se aprovecha el hardware de gran demanda en el mercado los teléfonos inteligentes y que avanza en constante mejoría debido a la competencia de grandes empresas como Samsung, Huawei entre otros. Mobile Crowdsensing va a surgir muchos cambios beneficiosos en aspectos de la calidad y fiabilidad de los datos, así como también mejoras en las técnicas de intercomunicación que se necesita para transportar la información hasta su almacenamiento.

El sistema de monitoreo de baches permite al usuario obtener información de los sensores de una manera confiable eliminando costos elevados de inversión en la implementación del proyecto ni mantenimiento de los equipos, en caso que si se agrega un sensor externo al sistema no elevará en gran medida los costos del proyecto, este sensor esta implementado con hardware disponible en el mercado local y además son de bajo costo para los usuarios y para la empresa que va a monitorear las calles, es decir no representa un alto costo en infraestructura, aunque en el mercado existen otros sensores que demandan un mayor costo de inversión inicial es posible capturar los datos eficientemente y sin problemas con estos sensores de bajo costo disponibles en el mercado local.



### 3.1 Metodología.

El desarrollo del sistema de monitoreo de baches generalmente está conformado de la siguiente manera:

- Crear una aplicación móvil, la cual estará disponible solo para dispositivos con sistema operativo Android.
- Utilizar un acelerómetro externo al dispositivo móvil para la captura de los datos de los baches, para suplir deficiencias de dispositivos de gama baja.
- Utilizar un servidor web para visualizar la información detallada de los problemas encontrados en las calles.

#### 3.1.1 Descripción del proyecto

Creación de una aplicación para dispositivos Android llamada “bachesgye”, que permite al usuario de forma participativa enviar información capturada por los sensores del teléfono, entre los sensores usados está incluido el GPS para detectar la ubicación actual y el acelerómetro para detectar baches, luego de que los datos del sensor son recibidos, estos son almacenados en la base de datos en un servidor remoto, luego son consumidos por el servidor web donde se administra la información de los baches.

La aplicación móvil debe de ser de fácil uso y con interfaz amigable. Como detalle breve de lo que se podrá realizar en la aplicación tenemos:

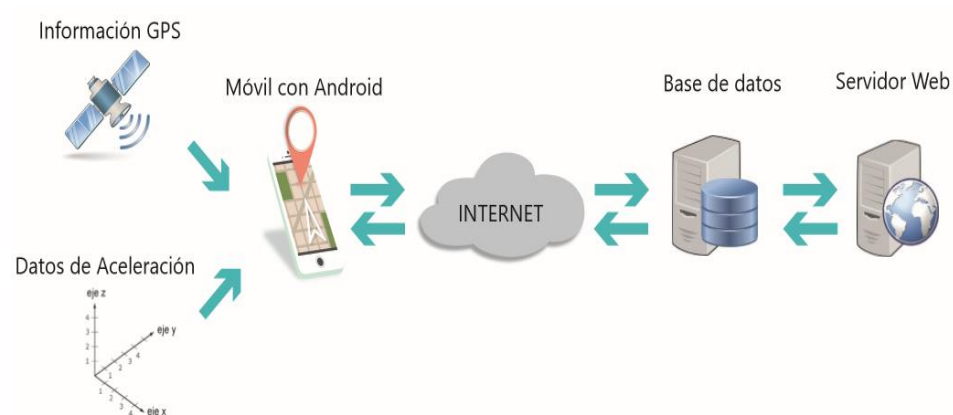
- Autenticación del usuario mediante un nombre de usuario y la contraseña del usuario.
- Captura y envío de datos del usuario hacia el servidor principal.
- Capturar y mostrar datos del usuario en la aplicación móvil.
- La página web servirá para ver información detallada de todos los problemas en las calles.

La aplicación del servidor en la PC es una aplicación web en Nodejs con una base de datos MongoDB basada en el framework MEAN. Se utiliza la API de Google Maps para la visualización de baches.

### 3.1.2 Arquitectura del sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo está conformado principalmente por los dispositivos que los usuarios lleven consigo mientras conduzcan sus vehículos, cuando el usuario desee colaborar, la aplicación comienza a recopilar los datos del GPS y los del sensor de movimiento, cuando finalice la recopilación de datos se envía los datos a través de internet al servidor donde se encuentran los datos y poder consumirlos desde el servidor web.

En la figura 3.1 se puede apreciar los componentes del sistema así también de donde reciben los datos y donde se los envía.

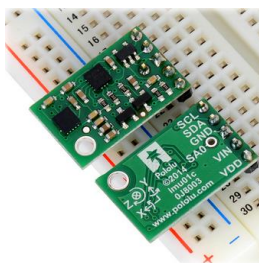


**Figura 3.1: Arquitectura del sistema de monitoreo.**

## 3.2 Herramientas de Hardware.

En esta sección se describen en detalle los componentes de hardware utilizados para el sistema de monitoreo de baches.

### 3.2.1 Sensor Acelerómetro



**Figura 3.2: Sensor Acelerómetro Pololu.**

En la Figura 3.2 se puede apreciar el modelo del sensor utilizado y el cual se describirá a continuación:

El MinimU-9 de Pololu es una unidad de medición inercial (IMU) que empacó un sensor girocompás de 3 ejes, L3GD20H, y un sensor acelerómetro de 3 ejes, LSM303D, sobre una diminuta placa de 0,8 "x 0,5". Una interfaz I<sup>2</sup>C accede a nueve medidas independientes de rotación, aceleración y magnéticas que pueden usarse para calcular la orientación absoluta del sensor [4].

### 3.2.2 Controladora Arduino Nano



**Figura 3.3: Arduino Nano CH340.**

En la Figura 3.3 se muestra el controlador utilizado en el proyecto y se describe de la siguiente manera:

Arduino Nano CH340, la nueva versión basada en un microcontrolador ATmega328P con el mínimo tamaño al que puede ser fabricada, para los proyectos en los que el tamaño importa [5], las características del dispositivo se las puede apreciar en el ANEXO A.

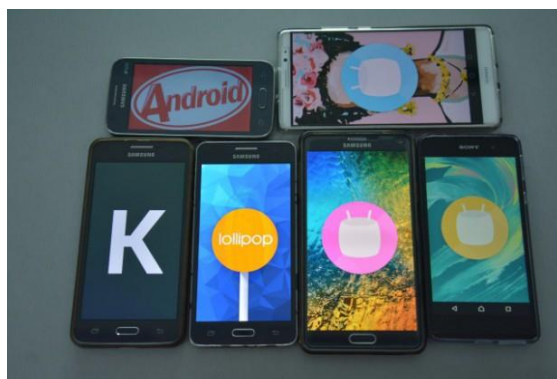
### 3.2.3 Módulo bluetooth HC-05



**Figura 3.4: Módulo Bluetooth HC-05.**

En la Figura 3.4 se muestra el HC-05, es un módulo bluetooth muy utilizado porque ofrece mejor relación entre costo y características, sirve para comunicar el controlador con el dispositivo móvil por ondas de radio, la característica en detalle se lo puede visualizar en ANEXO B.

### 3.2.4 Smartphone con Android



**Figura 3.5: Dispositivos con Android.**

La Figura 3.5 muestra los diferentes teléfonos inteligentes que son muy utilizados por las personas en su vida cotidiana, para el proyecto se necesita un dispositivo móvil con sistema operativo Android para utilizar la aplicación bachesgye a través de la cual se podrán capturar los datos utilizando la información emitida por los sensores con los que viene el dispositivo y se puede adaptar a sensores externos de diferentes fabricantes.

## 3.3 Herramientas de Software.

En esta sección se detallan los componentes del software utilizados en el sistema de monitoreo de baches.

### 3.3.1 Aplicación Móvil

Las partes que conforman el desarrollo de aplicaciones móviles basadas en Android se describen a continuación:

- **Java:** es un lenguaje de programación multiplataforma. La característica principal es que es un lenguaje orientado a objetos, permite crear muchas aplicaciones de escritorio, web y móviles,

cumplen con los mejores estándares de seguridad ya que es un lenguaje compilado y combinado con buenas prácticas de desarrollo se convierte en una potente herramienta para los desarrolladores [6].

- **API de geolocalización de Google Maps:** es una interfaz http que retorna una ubicación (latitud y longitud) con mucha precisión y que depende de la red celular y nodos de Wifi cercanos al usuario para poder detectar su ubicación [7].

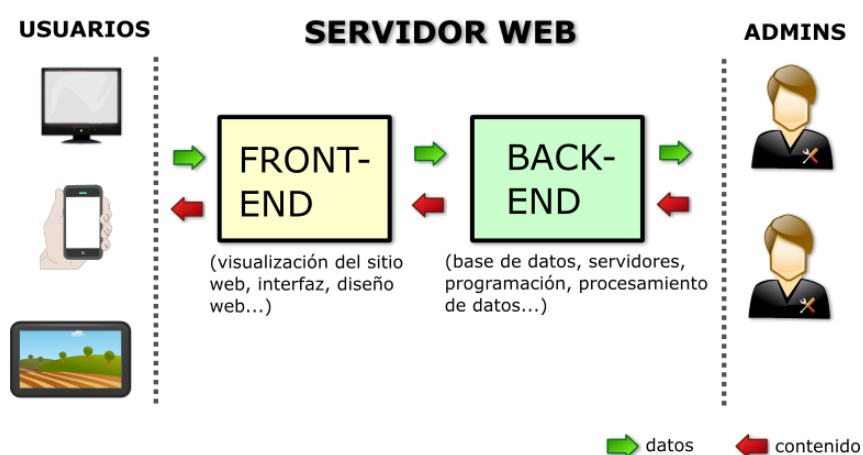
### 3.3.2 Script para el sensor externo

El código utilizado sobre el Arduino nano para capturar datos permite comunicar el sensor acelerómetro con el dispositivo móvil del usuario, el script es compatible con el IDE Arduino y así como el sensor acelerómetro como el módulo bluetooth son compatibles con la tarjeta controladora Arduino.

El script utilizado en el sensor externo que utilizaremos en el proyecto, se lo puede visualizar en ANEXO C.

### 3.3.3 Servicios

En esta sección, se describen aquellos elementos que conforman el sistema de almacenamiento, presentación y manipulación de datos, definidos en el modelo de abstracción que se visualiza en la Figura 3.6.



**Figura 3.6: Modelo de abstracción para el diseño web.**

Se define una máquina virtual como servidor backend de un API para el consumo de datos con las siguientes características: 2 GB memoria RAM, 4 vCPUs, 100 GB disco duro, sistema operativo Debian 9 Stretch, se instalarán las siguientes herramientas:

- **MongoDB:** es un sistema de base datos no relacional, creado para brindar escalabilidad, rendimiento y gran disponibilidad, acoplándose a los nuevos tipos de aplicaciones [8].
- **Nodejs:** es un entorno de desarrollo multiplataforma del lado del servidor, basado en el lenguaje javascript, con una arquitectura orientada a eventos y es muy utilizada para crear aplicaciones web en tiempo real [9].

Por otra parte, se define una segunda máquina virtual como servidor frontend para la presentación y administración del sistema de monitoreo de baches con las siguientes características: 512 MB memoria RAM, 4 vCPUs, 50 GB disco duro, sistema operativo Debian 9 Stretch, esta parte se utilizó una herramienta que facilita el desarrollo de páginas web, el cual se describe a continuación:

- **Angularjs:** es un framework de desarrollo para el lenguaje javascript utilizando TypeScript como medio de desarrollo web del lado del cliente, creado por Google, la actual versión es la 4 pero esa versión es considerada solo como Angular [10].
- **Typescript:** es un lenguaje orientado a objeto con tipado estático y objetos basados en clases, a diferencia de javascript que normalmente no maneja tipado en la declaración sus variables.

### 3.4 Funcionalidad.

El desarrollo del proyecto consiste en dos partes principales, la primera parte corresponde al desarrollo de la aplicación móvil y la segunda parte corresponde al desarrollo de los procesos que se ejecutan en los servidores, cuyo funcionamiento se detallan a continuación.

### **3.4.1 Aplicación Móvil**

El desarrollo de aplicaciones Android se lo ejecuta utilizando el IDE de programación impulsado por Google, Android Studio, es el IDE más utilizado para la creación de aplicaciones móviles, permite el uso de muchas herramientas en la parte de diseño de interfaces, librerías y cuenta con su propio emulador de dispositivos Android para una amplia gama de modelos.

El diseño de la aplicación es muy sencillo y visualmente agradable, tomando en cuenta el tiempo de implementación del proyecto, se procedió a hacer un prototipo que contenga elementos simples, enfocando el desarrollo a la parte de funcionalidad, cuyo funcionamiento de la aplicación se lo puede observar en el manual de usuario definido en el ANEXO D.

### **3.4.2 Servidor Web**

En la parte de Back-end en el servidor, el desarrollo se fundamentó en definir las funciones principales del servidor, en primer lugar, aceptar las peticiones de los terminales para registrar usuarios e iniciar sesión; el desarrollo de estas funciones se las realizó en una plataforma basada en Node.js ya que existe mucha documentación sobre como levantar servidores REST de manera rápida y que funcione correctamente en base a los requerimientos del proyecto.

La base de datos también se encuentra implementada en este servidor, mongodb, no necesita definir estructura de datos debido a que es una base de datos no relacional, tiene como principal ventaja ser más rápida al momento de consultar datos y es altamente escalable; servirá para almacenar los datos de los usuarios como la información que detecten en sus dispositivos.

El uso de herramientas como cliente http de la librería de Retrofit para Android, facilitaron la tarea de consultas por parte de la aplicación móvil, y para el caso cliente web, Typescript maneja las peticiones de manera

sencilla y posee una documentación completa de cómo implementar estos servicios.

El desarrollo web del lado del cliente para la administración del sistema de monitoreo se la realizó en angular, al finalizar el desarrollo bajo este framework permite compilar el código y generar archivos html y javascript muy ligeros para su ejecución en el servidor, y posee una gran comunidad de desarrolladores en el cual respaldarte al momento de tener dudas sobre Angular, el funcionamiento de la aplicación se lo puede observar en el manual de usuario definido en el ANEXO E.

### 3.5 Resultados.

En esta sección se detallarán las opciones del sistema las cuales la empresa que monitorea las calles, manipulará la información reportada por los usuarios, permitiendo controlar los procedimientos que se efectúan en los baches, como la reparación de cada bache, así como el manejo de estados en cada problema de la calle.

Se realizaron pruebas con los dispositivos, para verificar su funcionamiento, sobre un escenario real, donde se condujo un vehículo con el sensor instalado en el mismo y se obtuvo resultados satisfactorios, los reportes se los puede visualizar en el cliente web donde se presentan los datos en un mapa.

#### 3.5.1 Reporte de baches generados

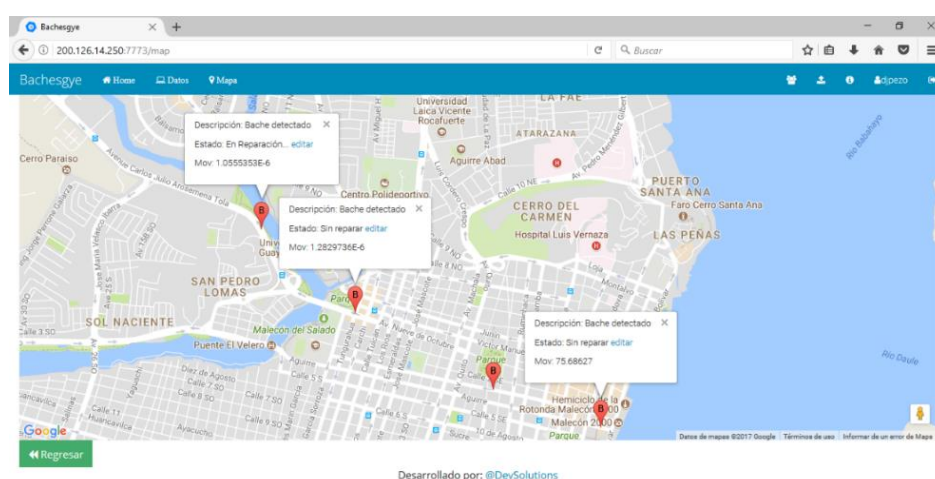
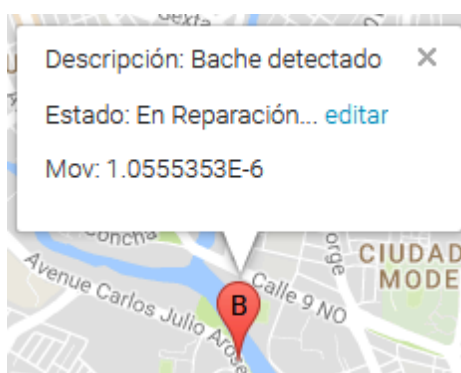


Figura 3.7: Reporte de baches detectados.

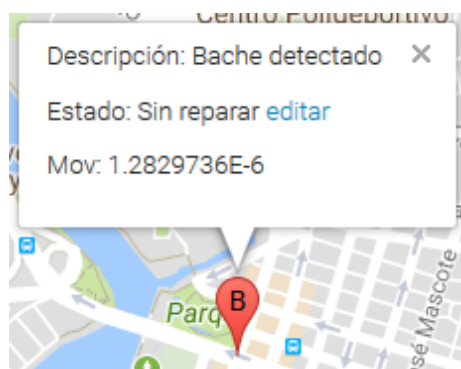


La organización que se encarga de monitorear las calles del centro de Guayaquil podrá ver en detalle, ver Figura 3.7, los problemas que fueron detectados por los usuarios y gestionará los arreglos de los mismo, mediante un campo que se llama estado del deterioro, que puede estar en reparación o por reparar, y finalmente podrá dar de baja a los baches reparados con éxito.



**Figura 3.8: Detalle de bache detectado en reparación.**

El monitoreo permitirá manejar opciones para la reparación de baches, por medio de un estado que se podrá editar en caso de que se arreglen los baches, en la Figura 3.8 se puede apreciar el detalle de los baches, en el campo descripción se detalla porque método fue detectado el bache.



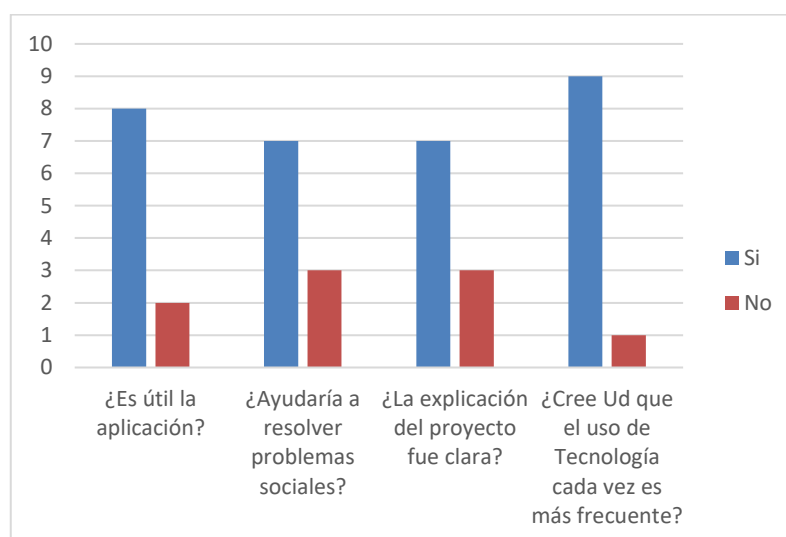
**Figura 3.9: Detalle de bache detectado sin reparar.**

En la Figura 3.9 se visualiza un bache detectado en el estado por defecto, sin reparar, este estado es administrable mediante el sistema, para gestionar las reparaciones por parte de las autoridades, es decir la

persona que administre el sistema será capaz de cambiar el estado de la reparación en el caso de que el problema sea resuelto.

### 3.5.2 Resultados del grado satisfacción de los usuarios

Mediante una encuesta en línea se procedió a medir el grado de satisfacción por parte de posibles usuarios del sistema, a través de cuatro preguntas sobre la aplicación, cuyos resultados arrojaron números positivos con respecto al proyecto, las personas ven con buena cara este tipo de soluciones que ayudan a toda una comunidad dentro de una ciudad. En la Figura 3.10 se muestra un gráfico de barras con las respuestas dadas por los usuarios.



**Figura 3.10: Gráfico de barras acerca encuesta de satisfacción por parte de los usuarios.**

Finalmente se tiene en cuenta muchos factores para definir nuevas fases del proyecto, como que enfoque podríamos establecer en otros problemas locales en nuestra ciudad y que pueden resolverse mediante esta metodología y que no ha sido aplicada en la resolución de problemas.

Los usuarios que usarían estos sistemas ven con buena cara este tipo de iniciativas que benefician a la comunidad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología presentada está basada Mobile Crowdsensing tiene la ventaja de obtener datos del entorno con ayuda de los teléfonos móviles que hoy en día sirven de sensores para la recolección de información. Basado en modelo de colaboración se reflejan muchas ventajas para el análisis de algún tipo de interés, es decir, que cualquier persona pueda aportar con apoyo de información útil para solucionar diferentes problemáticas.

Se consideró el uso de tecnologías muy utilizadas para mostrarle al usuario fácilmente la información, como el uso de la API Google Maps para la parte de la geolocalización en el mapa y en conjunto a la creación de simples menús en el sistema operativo Android, con el fin de que el usuario que utilice el sistema, le sea fácil comprender su funcionamiento.

En nuestro país no se ha realizado ningún trabajo para detectar y recolectar baches en las calles por el método Mobile Crowdsensing, agregándole factores innovadores a la implementación del proyecto en el país.

El servidor provee información útil a la empresa que monitoree la calidad de las calles, permitiéndole gestionar de mejor manera la reconstrucción de las calles.

Mobile Crowdsensing como paradigma en términos generales es una opción a tomar en cuenta para el desarrollo de soluciones de alta escalabilidad y brinda muchos beneficios.

Los datos recopilados utilizando la metodología Mobile Crowdsensing necesitan algoritmos de detección más eficientes, de tal manera disminuir los falsos positivos que el sistema capture.

En un futuro no es necesario implementar el uso de un sensor externo debido a que los fabricantes de los dispositivos cada vez agregan más sensores de mejor calidad a sus teléfonos, de esta manera los usuarios podrán enviar y capturar datos de forma más precisa.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Mohan, V. N. Padmanabhan, y R. Ramjee, "Rich Monitoring of Road and Traffic Conditions using Mobile Smartphones," 2008.
- [2] Radio Huancavilca. ( Junio, 2017). En cuatro avenidas principales de Guayaquil se realiza reasfaltado. [Online]. Disponible en: <http://radiohuancavilca.com.ec/noticias/2017/06/03/cuatro-avenidas-principales-guayaquil-se-realiza-reasfaltado/>.
- [3] M. Talasila, R. Curtmola, y C. Borcea, "Mobile Crowdsensing," Taylor & Francis Group, 2016.
- [4] Pololu. (Julio, 2017). MinIMU-9 v2 Gyro, Accelerometer, and Compass. [Online]. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/1268>.
- [5] GeekFactory. (Junio, 2017). Arduino NANO. [Online]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/driver-ch340-para-arduino-chinos-o-genericos/>.
- [6] M. A. Alvarez. (Julio, 2017). Qué es Java. [Online]. Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/497.php>.
- [7] Google. (Junio, 2017) Google Maps Geolocation API. [Online]. Disponible en: <https://developers.google.com/maps/documentation/geolocation/intro?hl=es-419>.
- [8] MongoDB. (Julio, 2017) Reinventando la gestión de datos. [Online]. Disponible en: <https://www.mongodb.com/es>.
- [9] Wikipedia. (Julio, 2017) Nodejs. [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Node.js>.
- [10] Wikipedia. (Julio, 2017) Angular. [Online]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Angular\\_\(framework\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Angular_(framework)).

## ANEXOS

### **ANEXO A: Características técnicas de Arduino nano CH340**

Chip genérico nano ch340, compatible con el Arduino nano original.

Posee un microcontrolador atmega328p.

Rango de alimentación entre 7 a 12 voltios recomendado.

8 pines para entradas analógicas.

14 pines de entradas o salidas digitales y 6 canales de pwm.

32 kb de memoria interna para almacenar programas.

El chip de interfaz usb está basado ch340g, en lugar del ft232rl o atmega14u4, los cuales podemos encontrar en tarjetas originales.

Es compatible con el Arduino uno r3 en hardware como software.

Para conectar al pc se utiliza un cable usb.

### **ANEXO B: Características técnicas del Módulo Bluetooth HC-05**

Especificación bluetooth v2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)

Puede configurarse como maestro, esclavo.

Chip de radio: CSR BC417143

Frecuencia: 2.4 GHz, banda ISM

Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)

Alcance 5 m a 10 m

Sensibilidad:  $\leq -84$  dBm a 0.1% BER

Velocidad: Asíncrona: 2.1 Mbps/160 kbps, síncrona: 1 Mbps/1 Mbps

Seguridad: Autenticación y encriptación (Contraseña por defecto: 1234)

Perfiles: Puerto serial Bluetooth

Módulo montado en tarjeta con regulador de voltaje y 6 pines suministrando acceso a VCC, GND, TXD, RXD, KEY y status LED (STATE)

Consumo de corriente: 50 mA

Voltaje de alimentación: 3.6 V a 6 V

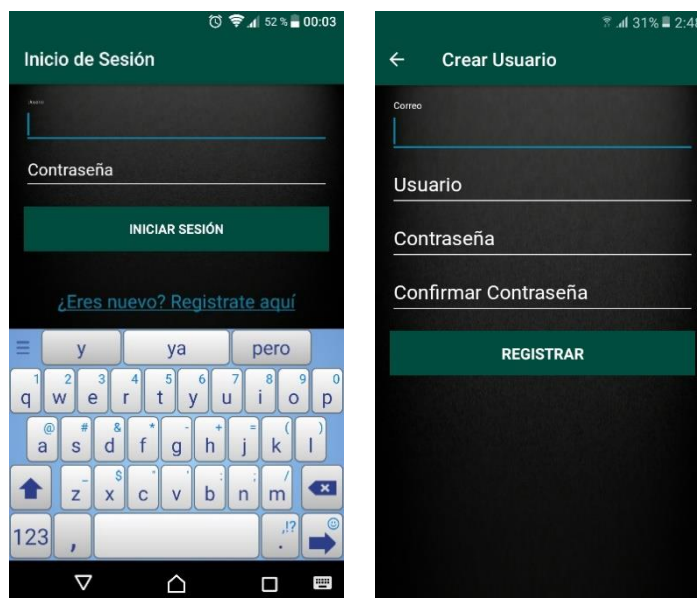
### **ANEXO C: Script implementado en el sensor externo**

Esta rutina permite recopilar los datos del sensor acelerómetro externo, creando una conexión lógica a través del puerto serial y enviando los datos hacia la aplicación del móvil.

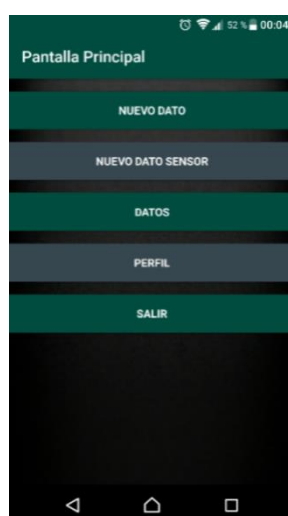
```
#include <Wire.h>
#include <LSM303.h>
LSM303 compass;
char report[80];
char inbyte = 0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  compass.init();
  compass.enableDefault();
}
void loop(){
  compass.read();
  snprintf(report, sizeof(report), "# %6d %6d %6d ~", compass.a.x, compass.a.y,
compass.a.z);
  Serial.println(report);
  delay(200);
}
```

## ANEXO D: Manual de usuario de aplicación móvil

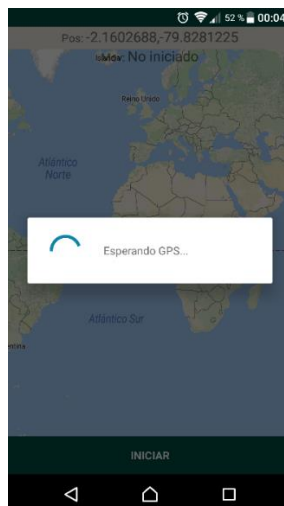
El usuario va registrarse en el sistema mediante un formulario de registro, luego podrá iniciar una nueva sesión en el sistema con el nombre de su usuario y su contraseña.



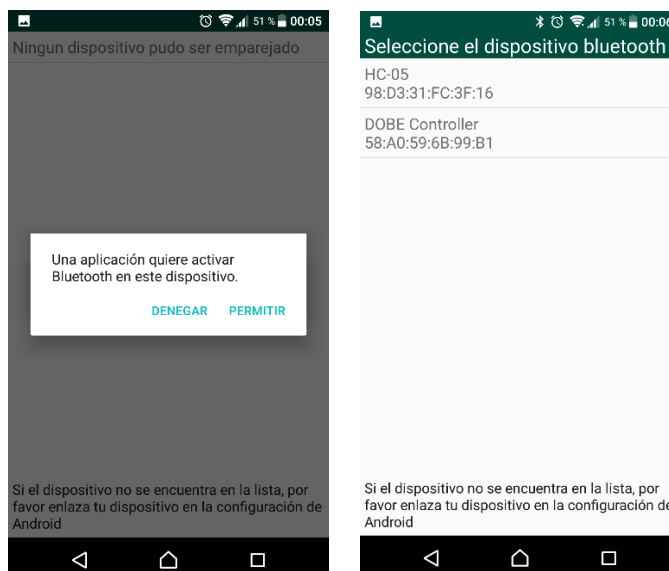
El usuario mediante la interacción con la aplicación, podrá elegir las siguientes opciones del menú principal, el usuario se le permite capturar los datos del sensor acelerómetro interno del dispositivo móvil con la opción NUEVO DATO y también se le permite capturar los datos utilizando el sensor externo con la opción NUEVO DATO SENSOR, la opción DATOS le permite ver sus datos capturados.



Al elegir crear NUEVO DATO, la aplicación inicializará el servicio de geolocalización por GPS para ubicar al usuario, y una opción para iniciar la captura de los datos, como se observa a continuación.

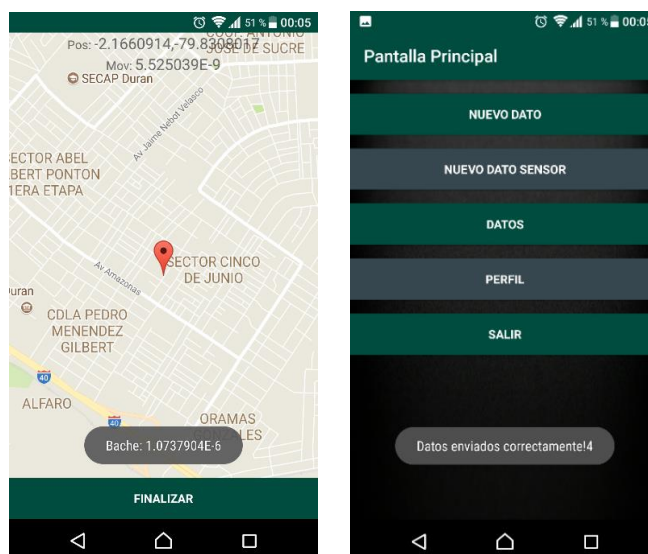


Al elegir crear NUEVO DATO SENSOR, la aplicación permitirá conectarse al sensor externo mediante bluetooth, pidiendo permisos y enlazando dispositivos procediendo luego a recolección de datos del sensor externo.



El sistema estará capturando los movimientos a través del sensor acelerómetro, el sistema seguirá capturando los baches que detecten hasta que el usuario finalice la captura de datos.

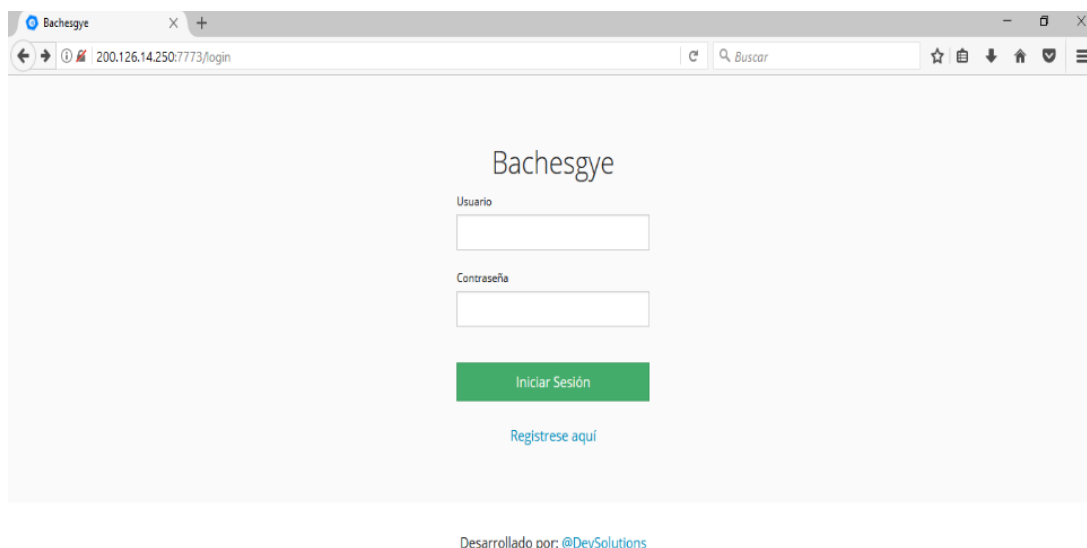




El sistema tiene la opción de ver el perfil del usuario, donde se visualizará los datos de su cuenta y un valor de confianza establecido por el sistema de acuerdo a la cantidad de datos que se hayan enviado al servidor de manera correcta.

## ANEXO E: Manual de usuario de aplicación Web

Primero se inicia sesión con el usuario de administración del sistema de monitoreo, está es la página inicial se muestra a continuación:

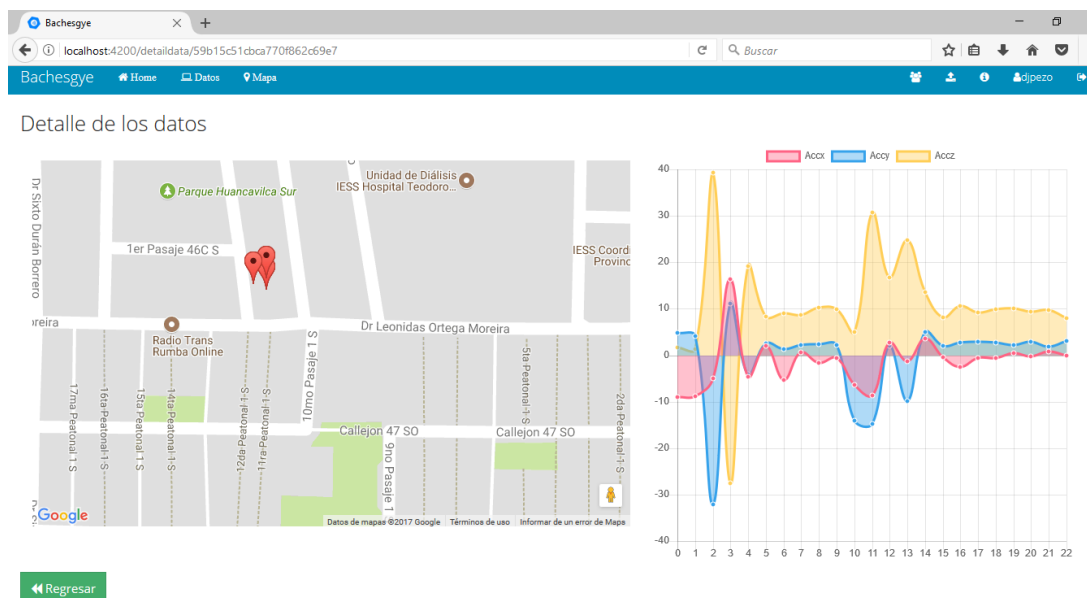


La pantalla de registro de nuevos usuarios al sistema de monitoreo, aparecerá si le da click a regístrate aquí. Al iniciar sesión, se muestra al usuario la página principal del sistema con los datos guardados por todos los usuarios y se visualizan sus respectivas opciones.

Usuario	Baches	Fecha de creación	Estado	Datos	Opciones
wbarzola	2	2017/08/18 11:52:36	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	3	2017/08/12 07:37:30	NUEVO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
wbarzola	3	2017/08/18 11:50:26	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	4	2017/08/14 21:03:16	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	5	2017/08/16 21:14:05	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	4	2017/08/17 18:23:46	NUEVO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	3	2017/08/17 17:37:46	NUEVO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	4	2017/08/17 17:33:13	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
djipezo	7	2017/08/20 15:40:32	SELECCIONADO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
wbarzola	4	2017/09/01 01:05:23	NUEVO	<a href="#">ver detalle</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>

Desarrollado por: @DevSolutions

En esta parte el usuario puede seleccionar, descartar o eliminar datos de los usuarios, para ser tomados en cuenta en el análisis de datos. Además, podemos ver el detalle de cada uno de los datos guardados por el usuario.



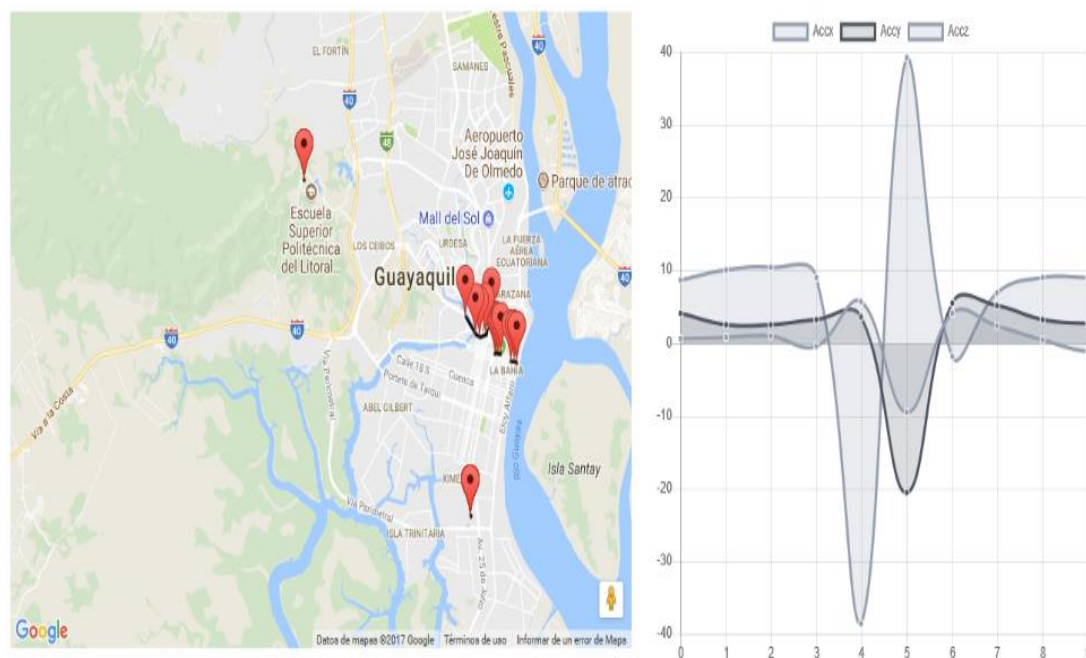
El mapa muestra las posiciones GPS del usuario, y en el gráfico se muestra las mediciones del sensor acelerómetro en detalle, se muestra los cambios en las gráficas donde se detectan los baches, estableciendo un marco para verificar los datos reportados por el usuario.

The screenshot shows the 'Análisis de datos:' (Data Analysis) page. It contains a table with the following columns: 'Usuario', 'Baches', 'Fecha de creación', 'Estado', 'Datos', and 'Opciones'. The table lists several data points for users 'wbarzola', 'dipezo', and 'test'.

Usuario	Baches	Fecha de creación	Estado	Datos	Opciones
wbarzola	2	2017/08/18 11:52:36	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
wbarzola	3	2017/08/18 11:50:26	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
dipezo	4	2017/08/14 21:03:16	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
dipezo	5	2017/08/16 21:14:05	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
dipezo	4	2017/08/17 17:33:13	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
dipezo	7	2017/08/20 15:40:32	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>
test	11	2017/09/07 01:21:06	SELECCIONADO	<a href="#">ver gráfico</a>	<a href="#">Seleccionar</a> <a href="#">Descartar</a> <a href="#">Eliminar</a>

En esta sección se muestran los datos seleccionados por el administrador del sistema, donde se pueden verificar los datos del sensor acelerómetro como los movimientos en cada posición, permitiendo visualizar el recorrido de cada persona

que haya guardado los datos y el gráfico del mapa muestra todos los datos de los usuarios seleccionados por el administrador del sistema.



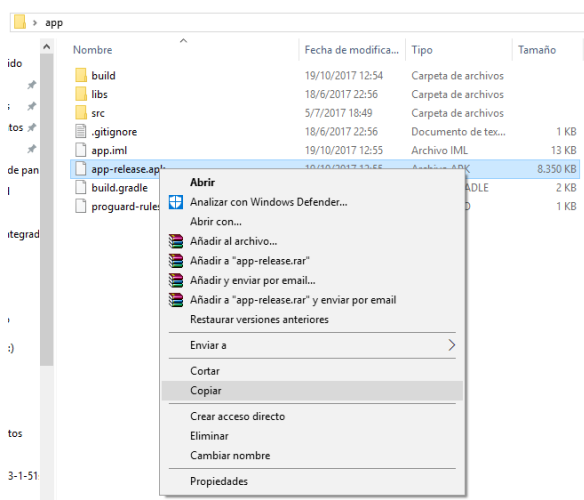
Permitiendo ver todos los datos juntos para poder verificarlos mediante la concurrencia en determinadas posiciones en el mapa, ayudando a filtrar más los datos eliminando los errores por datos o falsos positivos reportados por usuarios dentro del sistema.

## ANEXO F: Manual de instalación de aplicación en Android

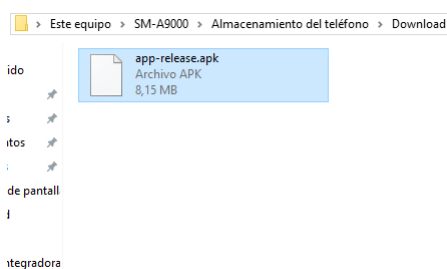
Generar y firmar el APK desde el código fuente, y buscar en el directorio del proyecto la siguiente ruta:

bachesgye\app

Donde bachesgye es la raíz del proyecto en Android.



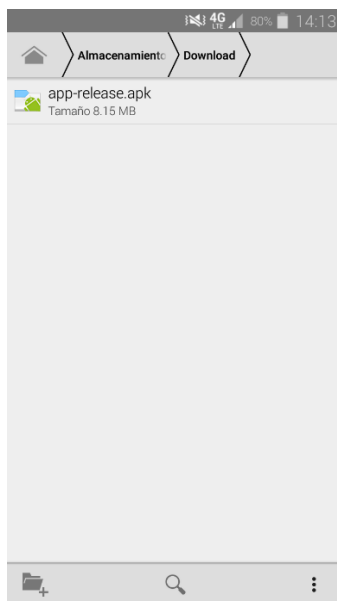
Cambiamos de nombre al apk si se desea, y copiamos el apk al dispositivo que se requiere instalar, esto se puede realizar en cualquier sistema operativo que el usuario desee.



Luego de esto, el archivo APK ya se grabó en la memoria del dispositivo, ahora desconectamos de forma segura el dispositivo (como un pen drive) y desconectamos el cable USB.

Ahora, en el móvil debe buscar el Administrador de archivos (su nombre puede variar, pero la mayoría de veces es representado con el dibujo de una carpeta, este file

manager es un de explorador de archivos de la memoria SD dentro de la cual buscaremos la carpeta donde se guardó el APK.



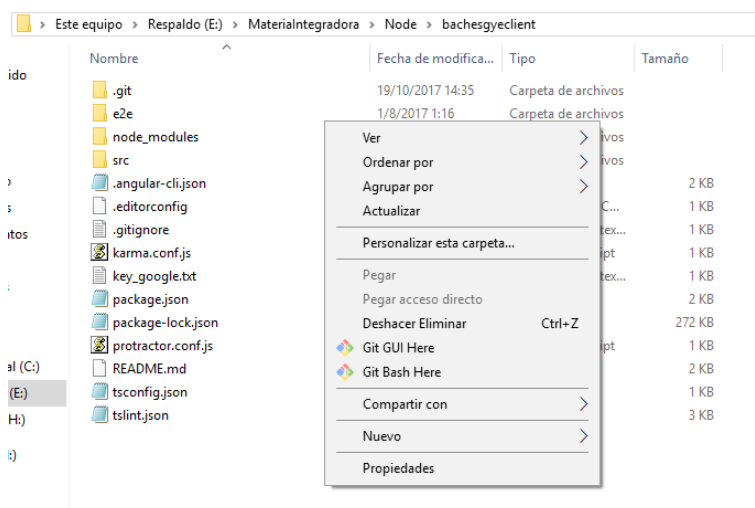
Le damos click al app-release.apk y aparecerá una ventana de confirmación.



Ahora finalmente, presionamos instalar y se instalará la aplicación.

## ANEXO G: Manual de instalación de aplicación Web

Con la herramienta Git Bash instalada en nuestro ordenador, se ejecuta en el directorio donde se encuentra el proyecto bachesgyeclient.



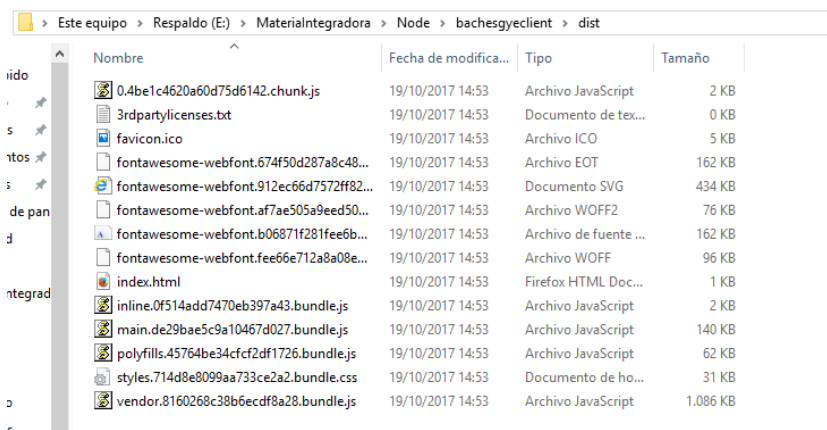
En la consola que se abrirá se ejecuta el comando `ng build --prod`, se generará el archivo ejecutable de la aplicación el cual nos servirá para levantar el servicio web del lado del cliente.

```

MINGW64:/e:/MaterialIntegradora/Node/bachesgyeclient
Home@DESKTOP-NVD01GE MINGW64 /e/MateriaIntegradora/Node/bachesgyeclient (master)
$ ng build --prod
Your global Angular CLI version (1.3.1) is greater than your local
version (1.2.5). The local Angular CLI version is used.

To disable this warning use "ng set --global warnings.versionMismatch=false".
10% building modules 0/1 modules 1 active ...dora/Node/bachesgyeclient/src/main
10% building modules 1/2 modules 1 active ...Node/bachesgyeclient/src/polyfills
10% building modules 2/3 modules 1 active ...a/Node/bachesgyeclient/src/styles.
10% building modules 3/4 modules 1 active ...a/Node/bachesgyeclient/src/styles.
10% building modules 4/5 modules 1 active ...de_modules/css-loader/lib/css-base
10% building modules 5/6 modules 1 active ...les/font-awesome/css/font-awesome.
10% building modules 6/7 modules 1 active ...dora/Node/bachesgyeclient/src/main
10% building modules 6/8 modules 2 active ...Node/bachesgyeclient/src/polyfills
10% building modules 7/8 modules 1 active ...Node/bachesgyeclient/src/polyfills
10% building modules 8/9 modules 1 active ...lient/src/environments/environment
11% building modules 9/10 modules 1 active ...$$_gendir/app/app.module.ngfactor
11% building modules 10/11 modules 1 active ...wser/@angular/platform-browser.e
11% building modules 10/12 modules 2 active ...es/@angular/core/@angular/core.e
11% building modules 10/13 modules 3 active ...bachesgyeclient/src/app/app.modu
11% building modules 11/13 modules 2 active ...es/@angular/core/@angular/core.e
11% building modules 11/14 modules 3 active ...hesgyeclient/src/app/app.compone
11% building modules 12/14 modules 2 active ...es/@angular/core/@angular/core.e
  
```

Al finalizar el proceso de generación de archivos ejecutables, se creará automáticamente una carpeta con nombre `dist` dentro del directorio del proyecto, dentro de esta carpeta se encontrarán los archivos generados, los cuales copiaremos en el directorio donde se encuentran los recursos del servidor apache.



Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
0.4be1c4620a60d75d6142.chunk.js	19/10/2017 14:53	Archivo JavaScript	2 KB
3rdpartylicenses.txt	19/10/2017 14:53	Documento de tex...	0 KB
favicon.ico	19/10/2017 14:53	Archivo ICO	5 KB
fontawesome-webfont.674f50d287a8c48...	19/10/2017 14:53	Archivo EOT	162 KB
fontawesome-webfont.912ec66d7572ff82...	19/10/2017 14:53	Documento SVG	434 KB
fontawesome-webfont.af7ae505a9eed50...	19/10/2017 14:53	Archivo WOFF2	76 KB
fontawesome-webfont.b06871f281fee6b...	19/10/2017 14:53	Archivo de fuente ...	162 KB
fontawesome-webfont.fee66e712a8a08e...	19/10/2017 14:53	Archivo WOFF	96 KB
index.html	19/10/2017 14:53	Firefox HTML Doc...	1 KB
inline.0f514add7470eb397a43.bundle.js	19/10/2017 14:53	Archivo JavaScript	2 KB
main.de29bae5c9a10467d027.bundle.js	19/10/2017 14:53	Archivo JavaScript	140 KB
polyfills.45764be34cfc2df1726.bundle.js	19/10/2017 14:53	Archivo JavaScript	62 KB
styles.714d8e8099aa733ce2a2.bundle.css	19/10/2017 14:53	Documento de ho...	31 KB
vendor.8160268c38b6ecdf8a28.bundle.js	19/10/2017 14:53	Archivo JavaScript	1.086 KB

Al copiar estos archivos en el directorio `/var/www/html` en el servidor web y levantar el servicio web de apache, después de eso la página estará disponible en `localhost:4200` y estará lista para usarse.

