

# **DISEÑO DE UN ALGORITMO PARA LA DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE HUECOS EN VIAS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

**Laura María Santofimio Celis**  
**Código: 3101259**

**DOCENTE:**

**Camilo Alexander León Sanchez**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**ESPECIALIZACION EN GEOMATICA**

**Bogotá D.C.**

**2015**

# **DISEÑO DE UN ALGORITMO PARA LA DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE HUECOS EN VIAS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

## **DESIGN OF THE ALGORITHM FOR AUTOMATIC DETECTION OF HOLE IN VEHICULAR ROUTES OF BOGOTA**

**Laura María Santofimio Celis**  
**Ingeniera Agroecóloga**  
**Ingeniera de Sistemas de Información Geográfica**  
**CDM Smith**  
**lauritamariasc@gmail.com**

### **RESUMEN**

Se diseñó un modelo matemático para la detección automática de zonas de alta densidad de daños en la superficie del pavimento de la malla vial en la ciudad de Bogotá, usando los sensores del acelerómetro y GPS del dispositivo móvil Android.

### **ABSTRACT**

A mathematical model for automatic detection of areas of high density of damage to the pavement surface of the road network in the city of Bogota, using the accelerometer sensors GPS and Android mobile device was designed.

### **INTRODUCCIÓN**

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) para el año 2015 realizo un inventario de huecos de Bogotá donde se identificaron 9.305 huecos, “la captura de datos fue visual mediante recorridos en vehículos por los corredores viales de la malla vial arterial no troncal con material asfáltico” y “el proceso de georreferenciación se realizó a partir de detalles cartográficos. La ubicación de los huecos es aproximada”. (IDU, 2015)

El proyecto a desarrollar pretende mejorar el proceso de captura de la ubicación de los huecos de Bogotá donde el ciudadano participen activamente, usando en su teléfono inteligente una aplicación que captura de manera automática las coordenadas del GPS cuando se presenta una variación significativa en el acelerómetro del teléfono inteligente, debido a que se pueden presentar falsos reportes de huecos, en la alta concurrencia de los datos lo que permite identificar zonas donde se presentan alta densidad de huecos.

Para el año 2014 Bogotá tenía registrado 1.492.483 Vehículos particulares (Oab, 2015a), 418.844 Motocicletas (Oab 2015b), 52.360 Vehículos de Transporte Público Individual (Oab, 2015c) y 16.440 Vehículos de Servicio Público Colectivo (Oab, 2015d), para un total de 1'980.127 vehículos registrados en Bogotá, los cuales se movilizan en una malla vial con una longitud de 15.557 km-carril (IDU, 2015b) de los cuales el 57% se encuentra en regular o mal estado, este problema afecta a la movilidad de Bogotá ya que se generan tráfico lento y en el peor de los casos la muerte para conductores de carros y motos, esta situación ha generado campañas en las redes sociales como *en twitte y facebook*, las cuales en algunos casos pasaron de ser una campaña virtual a generar un impacto real demarcando los huecos con pinturas para aumentar su visibilidad, estas iniciativas tienen un bajo impacto porque para demarcar un hueco se necesita hacer una inversión económica y de tiempo.

Por este motivo se pretende desarrollar un algoritmo para aplicación Android que ayude a identificar de manera automática las zonas de mayor densidad de huecos en la ciudad de Bogotá con la mínima inversión de tiempo y recursos del ciudadano.

Utilizando el sensor del acelerómetro de un celular Android ¿es posible identificar de manera automática los huecos profundos de la ciudad de Bogotá?

### Materiales y Métodos

#### MATERIALES

Para el desarrollo de la metodología se utilizó las siguientes herramientas:

HERRAMIENTA	CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Android Studio</li> <li>• Base de datos PostgreSQL 9.1.19</li> <li>• PostGis 2.0</li> <li>• ArcGis 10.1</li> <li>• Excel</li> </ul>	Desarrollo del algoritmo y el procesamiento de la información.
Dispositivo de captura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Celular Motorola Moto G</li> </ul>	Aplicación instalada
Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motocicleta</li> </ul>	Recolección de datos.

Tabla 1. Herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto

## METODOLOGÍA

### *Diseño del algoritmo*

Para el diseño del algoritmo se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- Acelerómetro
  - Aceleración del eje x ( $ax_i$ )  $m/s^2$
  - Aceleración del eje y ( $ay_i$ )  $m/s^2$
  - Aceleración del eje z ( $az_i$ )  $m/s^2$
- GPS
  - Longitud
  - Latitud
  - Velocidad de desplazamiento (Km/h)

En base a las variables anteriores se calculó las siguientes variables:

- Vector de la amplitud de la aceleración

$$a_i = \sqrt{ax_i^2 + ay_i^2 + az_i^2}$$

### *Captura de datos*

Antes de hacer el recorrido para detectar los huecos de manera automática se realizó un levantamiento de los puntos donde están ubicados los huecos, con el fin de tener información para comparar los resultados del algoritmo con la realidad.

Se realizó recorridos en el mismo vehículo por las vías seleccionadas para el proyecto. El dispositivo móvil fue colocado en la barra de la dirección de la motocicleta usando un soporte con el fin de evitar alteraciones de los datos por el movimiento del operador.

### *Registro de la información en la base de datos:*

Para el análisis de la información se registra los datos en una base de datos local en el dispositivo móvil que será sincronizada en la base de datos central con tecnología Postgres-PostGis.

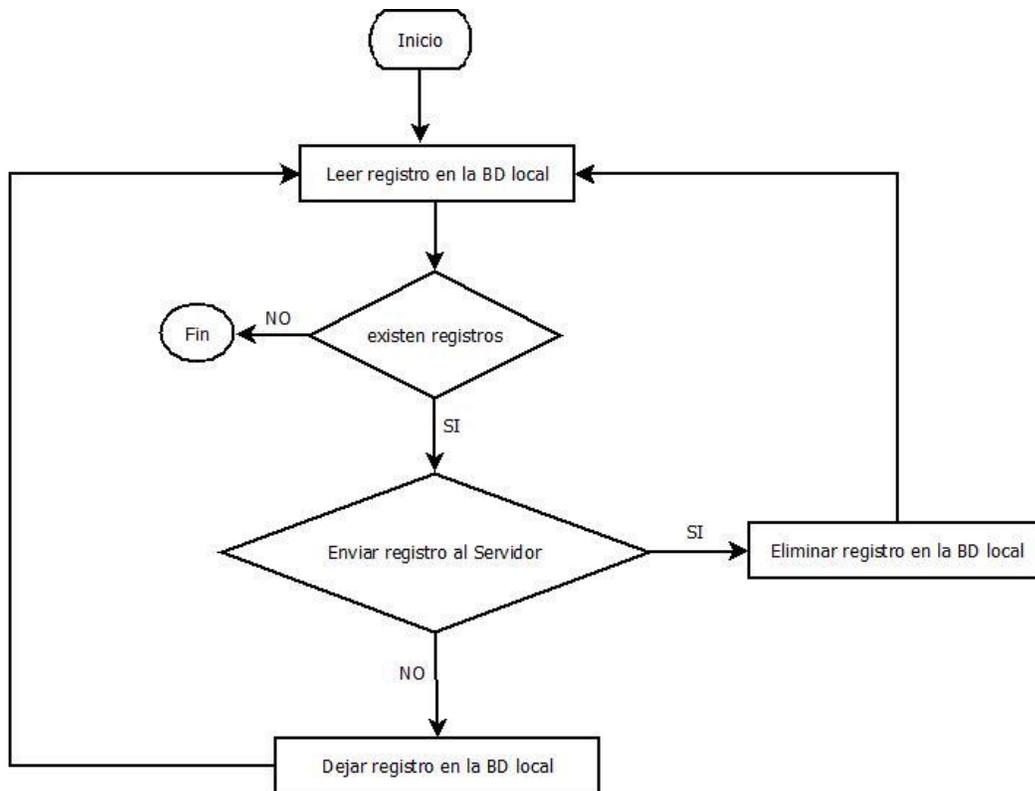


Figura 1. Sincronizar registros en la base de datos central

*Identificación de zonas con alta densidad de huecos.*

Para identificar las zonas con alta densidad de huecos se utilizó la herramienta densidad de Kernel con el software ArcGis 10.1

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

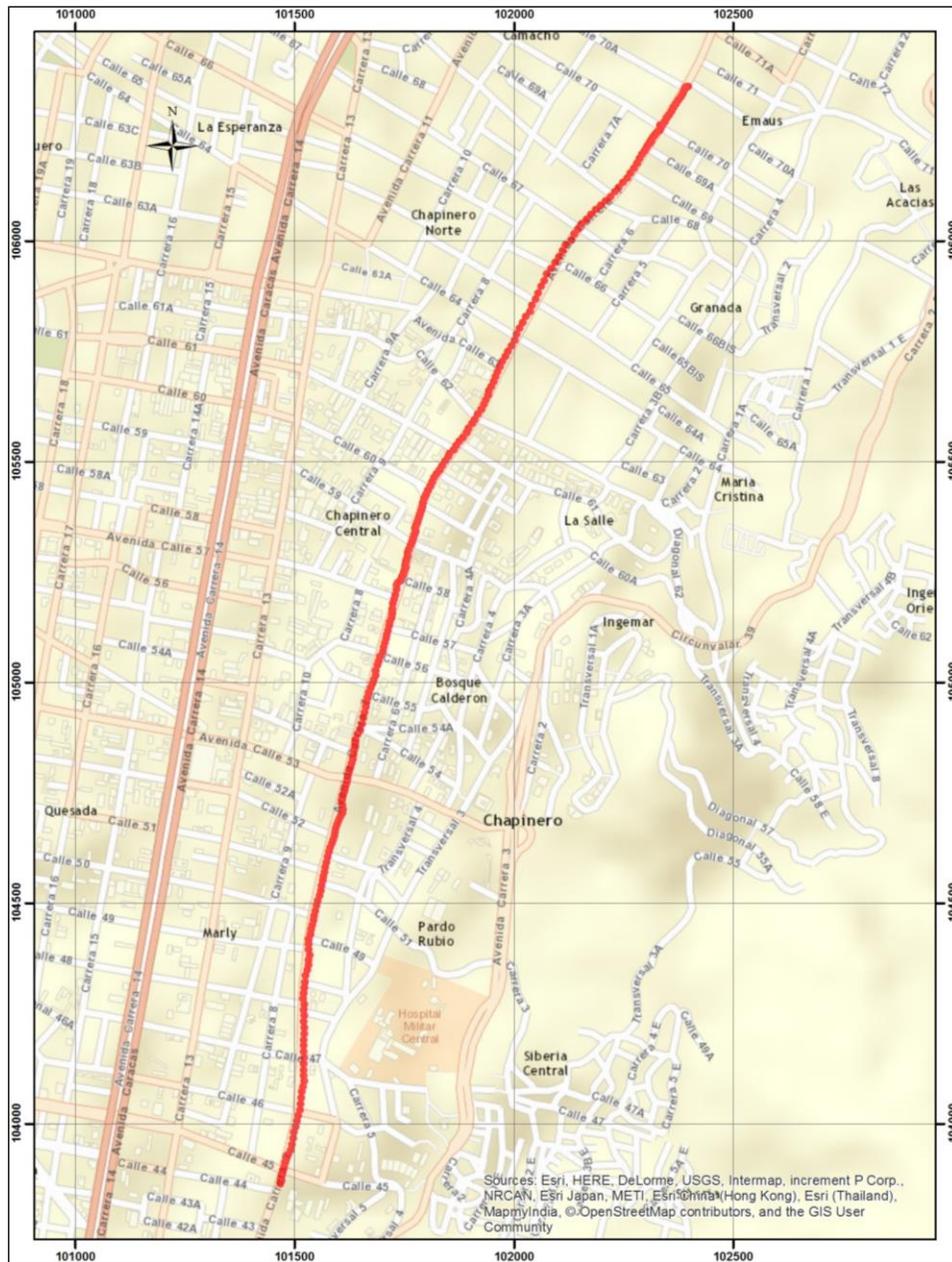


Figura 2. Ruta del recorrido

El trayecto se escogió como recorrido de prueba la carrera 7 entre las calles 45 y 72 en ambos sentidos de la vía en la ciudad de Bogotá con una longitud de 2.6 km por.

### Diseño del algoritmo para la aplicación Android:

El primer recorrido se realizó tomando la totalidad de los datos registrados por el dispositivo móvil, tomando 5 datos por segundo, se observó picos en la gráfica de aceleración debido al proceso normal de conducción como frenado, arranque y giros.

Por tal motivo se decidió tomar el promedio de los últimos 5 datos y no la aceleración puntual en ese instante de tiempo.

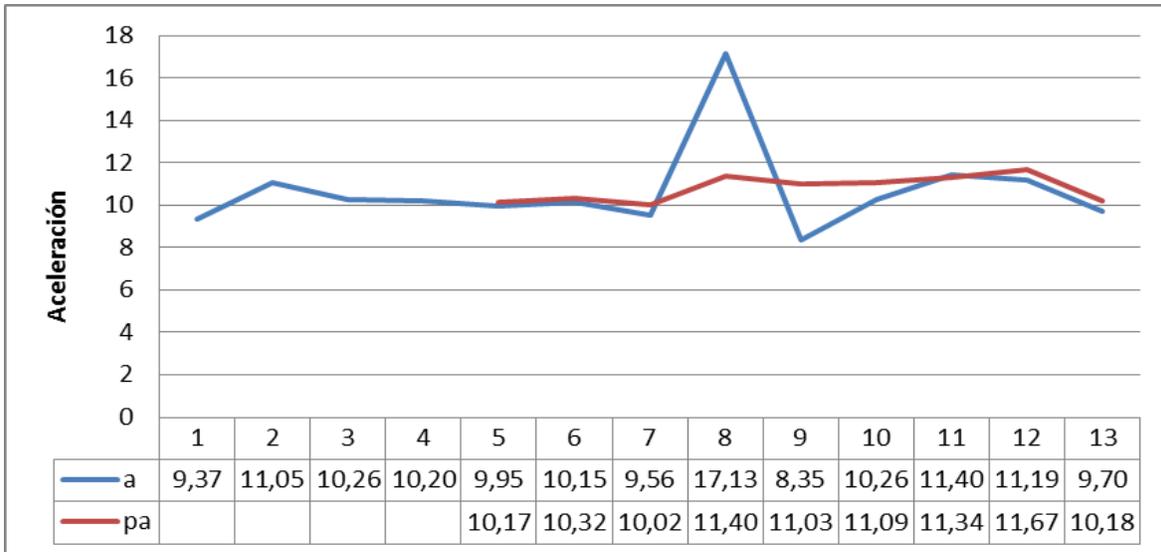


Figura 3. Comparación de la aceleración con respecto al promedio de la aceleración de los últimos 5 datos

- Promedio de la amplitud de aceleración de los últimos 5 registros

$$pa_i = \sum_{j=0}^4 a_{i-j} / 5$$

- Al realizar nuevos recorridos con el cálculo del promedio no fue posible identificar un valor del umbral porque no se tuvo en cuenta la variable velocidad, por este motivo se decidió incluir esta variable en una función lineal para tomar la decisión si es un hueco o no es un hueco.

Se observó que el mismo hueco a mayor velocidad genera un mayor promedio de aceleración.

En los puntos 6 al 11 corresponden al mismo hueco a diferentes velocidades ver figura 4.

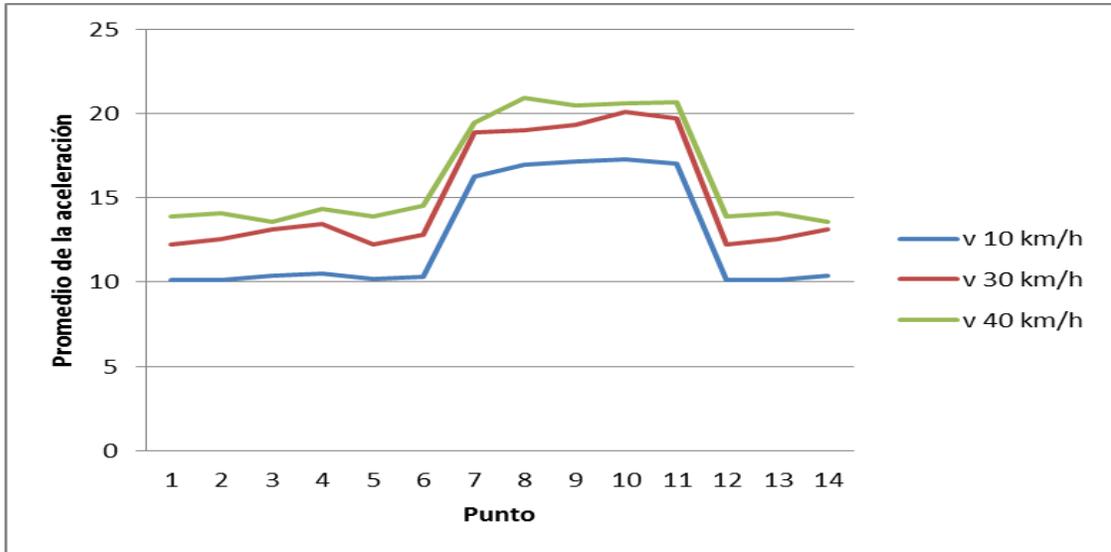


Figura 4. Promedio Aceleración del mismo hueco a diferentes velocidades

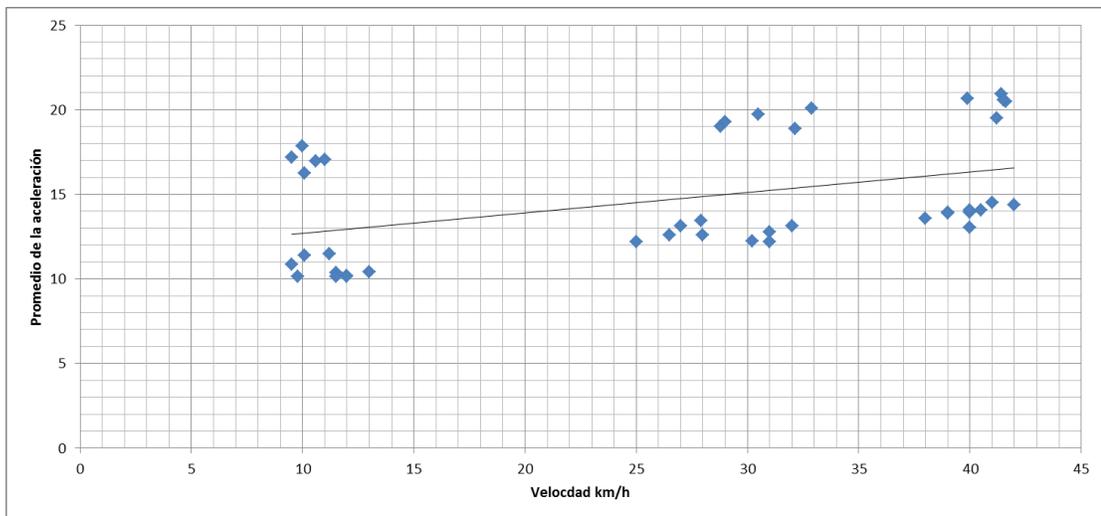


Figura 5. Dispersión lineal del promedio de la aceleración respecto a la velocidad

Para obtener los ajustes de los coeficientes 0.1 y 11 que definen la recta, se realizó varios recorridos sobre el mismo hueco para encontrar los valores, el método de ajuste fue intuitivo ya que para poder determinar estas variables se basó en el conocimiento de otras variables seleccionadas pero que no se ajustaban al modelo.

$$si\ pa_i \geq (v_i * 0.1) + 11\ es\ hueco$$

## Validación de los datos en campo

El sistema operativo Android permite realizar fotografías georreferenciadas, de forma que las coordenadas de la posición de la cámara se guardan junto con la imagen en la cabecera del archivo .jpg. La realización de este tipo de fotografías, es muy sencilla y no requiere ninguna Aplicación. (SITNA, 2013)

Para verificar la información registrada por el dispositivo móvil se realizó un recorrido a pie, tomando fotos georreferenciadas con el mismo dispositivo donde está instalada la aplicación de los huecos. Durante el recorrido se identificaron 17 huecos con su dirección aproximada.

<p>F1 cra 7-53</p> 	<p>F2 cra 7-53</p> 	<p>F3 cra 7-54</p> 
<p>F4 cra 7-59</p> 	<p>F5 cra 7-59</p> 	<p>F6 cra 7-61</p> 
<p>F7 cra 7-61</p> 	<p>F8 cra 7-61</p> 	<p>F9 cra 7-61</p> 

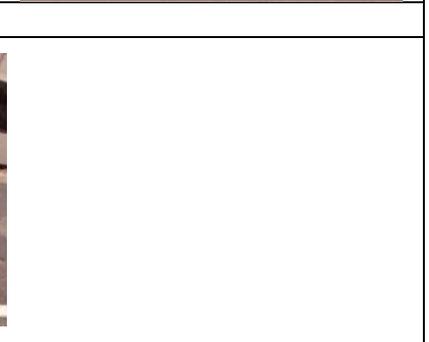
<p>F10 cra 7-62</p> 	<p>F11 cra 7-63</p> 	<p>F12 cra 7-65</p> 
<p>F13 cra 7-65</p> 	<p>F14 cra 7-65</p> 	<p>F15 cra 7-70</p> 
<p>F16 cra 7-70A</p> 	<p>F17 cra 7-71</p> 	

Figura 7. Huecos registrados a lo largo del recorrido sobre la carrera 7

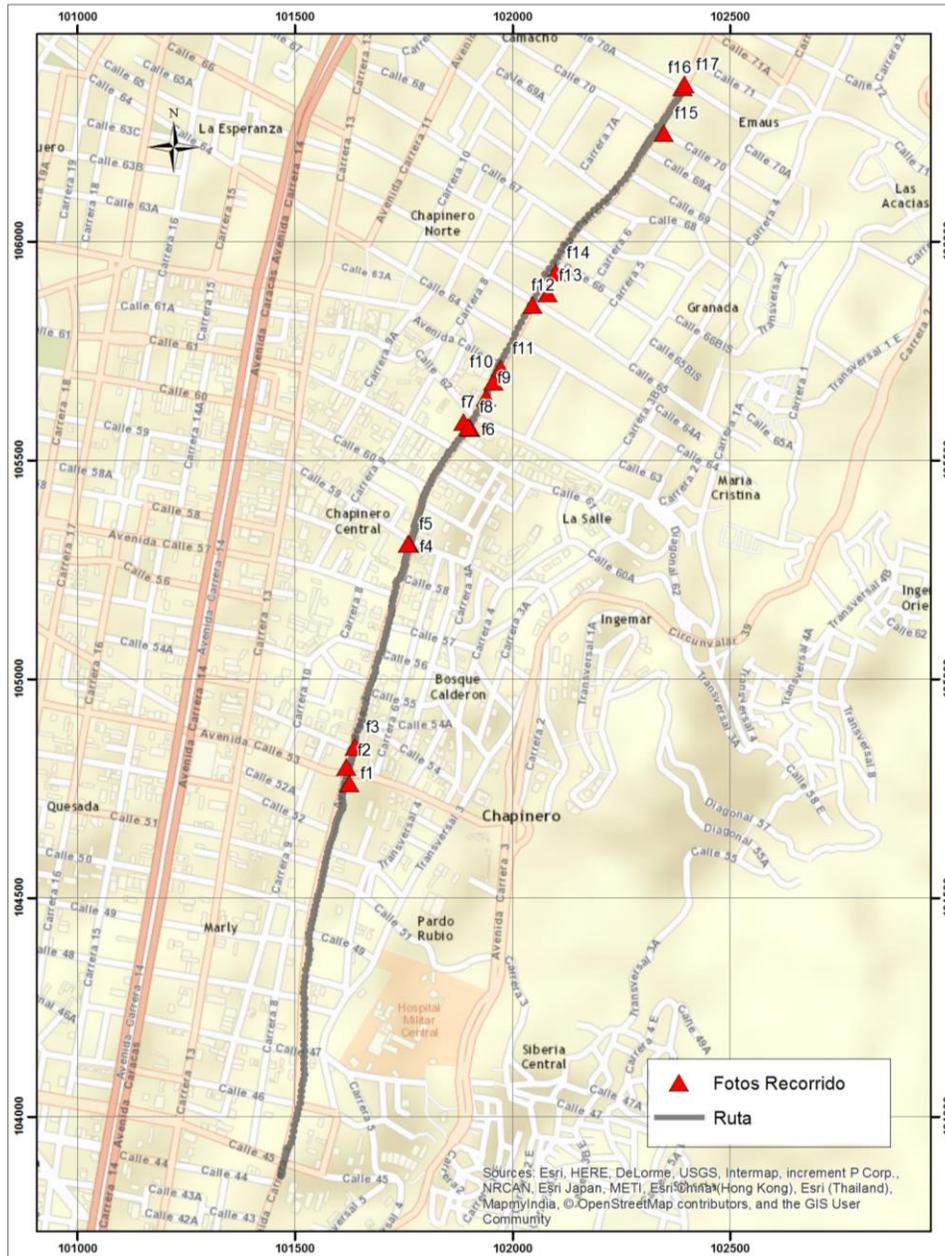


Figura 6. Localización de los huecos georreferenciados sobre la carrera 7

### Análisis de zonas con alta densidad de huecos

Se realizó un análisis espacial para identificar las zonas donde se concentran la mayor cantidad de huecos reportados con el dispositivo, no se pretende identificar la cantidad y ubicación exacta de los huecos debido a que se reconoce que el GPS que tienen los dispositivos móviles no tienen una alta precisión.

En la figura 8 se identifican 6 zonas que presentan problemas en la malla vial lo que puede ser muy útil para el IDU determinar áreas prioritarias para su intervención correctiva.

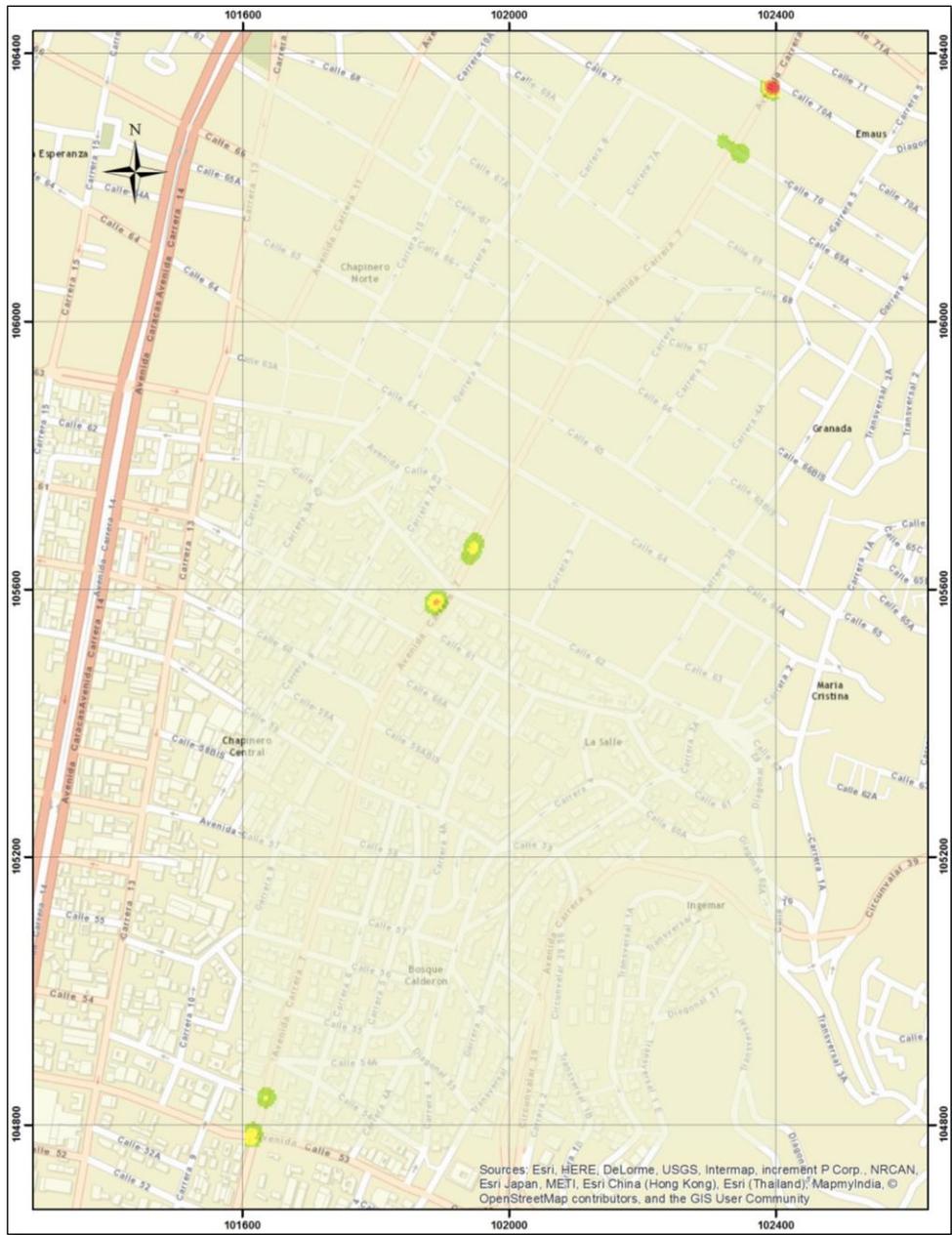


Figura 8. Zonas de alta densidad de huecos

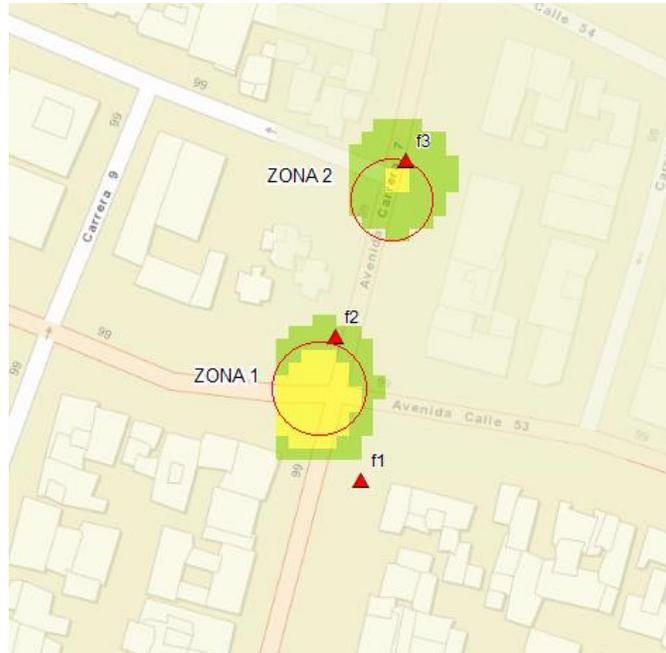


Figura 9. Zonas 1 y Zona 2

En la figura 9 se observa un buen resultado de aproximación de los huecos y las zonas identificadas, la Foto 1 (f1) se encuentra por fuera de la zona debido al error del GPS.



Figura 10. Falso positivo

En la imagen se puede observar que en el recorrido a pie no se identificó un hueco, pero en el mapa de densidad aparece como una zona de huecos, este falso positivo no tiene la intensidad roja o amarilla posiblemente fue una aceleración o frenado del vehículo lo que causó este falso positivo, este error se puede minimizar si la aplicación es usada por miles de ciudadanos que transitan por las vías de la ciudad.

## CONCLUSIONES

La aplicación generaría un impacto positivo siempre y cuando un número significativo de ciudadanos que tienen vehículos lo usen para que el reporte de la información obtenida sea confiable.

Permite al ciudadano aportar en la identificación de los huecos de una manera segura sin la interacción con el celular evitando que el conductor se distraiga mientras conduce.

La información capturada por los ciudadanos ayudará al distrito a focalizar los recursos disponibles en las zonas donde se reportan huecos.

## REFERENCIAS

- IDU 2015a informe de Inventario de Huecos 2015  
<http://app.idu.gov.co/geodata/doc/InventarioHuecos2015.xlsx>
- IDU 2015b informe Malla vial Urbana de Bogotá  
[http://app.idu.gov.co/geodata/doc/visor\\_malla\\_vial\\_2015\\_i.xlsx](http://app.idu.gov.co/geodata/doc/visor_malla_vial_2015_i.xlsx)
- Oab 2015a Número de Vehículos Particulares- NVP  
<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=272>
- Oab 2015b Número de Motocicletas Particulares- NMtP  
<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=269>
- Oab 2015c Número de Vehículos de Transporte Público Individual- NVTPI  
<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=271&v=l>
- Oab 2015d Número de Vehículos de Servicio Público Colectivo NVTPC  
<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=270&v=l>
- SITNA 2013. Taller sobre información geográfica en móviles con TwoNav  
[http://ww2.pcypsitna.navarra.es/Aprende/formacion/Documentacion1/Actualizaci%C3%B3n%20Taller%20para%20m%C3%B3viles%20offline/IGMOV\\_01\\_2013\\_1%20Instalaci%C3%B3n%20de%20TwoNav.pdf](http://ww2.pcypsitna.navarra.es/Aprende/formacion/Documentacion1/Actualizaci%C3%B3n%20Taller%20para%20m%C3%B3viles%20offline/IGMOV_01_2013_1%20Instalaci%C3%B3n%20de%20TwoNav.pdf)