

## ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE RUTAS PARA EVITAR EL ACOSO CALLEJERO

Ana Sofía Rodríguez Orozco  
Universidad Eafit  
Colombia  
asrodrigo@eafit.edu.co

Sebastian Aguilar Carballo  
Universidad Eafit  
Colombia  
jsaguilarc@eafit.edu.co

Andrea Serna  
Universidad Eafit  
Colombia  
asernac1@eafit.edu.co

Mauricio Toro  
Universidad Eafit  
Colombia  
mtorobe@eafit.edu.co

### RESUMEN

Para escribir un resumen, debe responder a las siguientes preguntas en un solo párrafo:

¿Cuál es el problema?

R/= El acoso callejero y la delincuencia que se presenta en varias zonas de la ciudad, haciendo de las calles un lugar peligroso, principalmente para las mujeres.

¿Por qué es importante el problema?

R/=Es importante ya que las mujeres conviven a diario con el temor y evitan caminar a solas de noche o por lugares poco transitados por miedo a ser agredidas, e incluso en transporte público son víctimas de acoso

¿Cuáles son los problemas relacionados?

R/=Los problemas relacionados se pueden presentar en la mujer de manera psicológica como lo es la inseguridad, el miedo e incluso llegar a la aceptación del acoso, también se puede llegar a crear una brecha muy grande de desigualdad de género.

El algoritmo utilizado para la resolución del problema planteado es Dijkstra, un algoritmo capaz de buscar el camino más corto entre dos puntos en grafos con peso. Para este caso nuestro programa arroja tres caminos, el primero con la distancia y el acoso mínimo de un punto a otro, el segundo solo con el acoso mínimo y el tercero solo con la distancia mínima y en los tres casos podemos ver resultados diferentes en cuanto a la distancia y el acoso callejero, concluyendo así en que en Medellín la problemática es bastante visible.

### Palabras clave

Camino más corto, acoso sexual callejero, identificación de rutas seguras, prevención del crimen.

### 1. INTRODUCCIÓN

Sabemos que en varias partes del mundo se presenta a diario casos de acoso callejero y delincuencia, más que todo hacia las mujeres y mayormente por parte de hombres, enfatizando que existe una gran desigualdad de género y normalmente el acoso es originado puesto que a las mujeres se les ve como un objeto sexual.

La atracción que hay de los hombres por las mujeres, o viceversa, porque también se presentan casos, unido a la falta de educación y de respeto hacia el otro o el mismo género que conduce a expresar con miradas, palabras o actos soeces e inapropiados dichos sentimientos de atracción, generando un ambiente inseguro.

#### 1.1. Problema

El acoso callejero que se presenta hacia las mujeres; el impacto que genera en la sociedad es la desigualdad de género

#### 1.2 Solución

Para esta problemática del acoso callejero hemos optado por crear un programa que haga la búsqueda de un camino de un punto a otro teniendo en cuenta la distancia y el riesgo de presentarse acoso callejero. Para ello hemos utilizado Dijkstra, un algoritmo que se usa para la determinación del camino más corto, siendo capaz de manejar grafos demasiado grandes, muy útil en este caso ya que estamos trabajando con el mapa de Medellín, y encontrar la ruta más corta en grafos ponderados.

#### 1.3 Estructura del artículo

A continuación, en la Sección 2, presentamos trabajos relacionados con el problema. Posteriormente, en la Sección 3, presentamos los conjuntos de datos y los métodos utilizados en esta investigación. En la Sección 4, presentamos el diseño del algoritmo. Después, en la Sección 5, presentamos los resultados. Finalmente, en la Sección 6, discutimos los resultados y proponemos algunas direcciones de trabajo futuro.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

A continuación, explicamos cuatro trabajos relacionados con la búsqueda de caminos para prevenir el acoso sexual callejero y la delincuencia en general.

**2.1 Un enfoque metaheurístico basado en datos para predecir secuencias de rutas de entrega.** Este trabajo fue participante de un concurso realizado por Amazon. El problema que se buscaba resolver con este trabajo era el de la gran brecha que existe entre la planificación teórica de rutas y la ejecución de estas en la vida real, se buscaba encontrar, para los repartidores de Amazon, la ruta más segura, eficiente y sostenible a partir de las experiencias de varios repartidores, el algoritmo que se utilizó fue el algoritmo de GRASP con VND. El trabajo fue realizado por ingenieros de EAFIT y de UDEA y de entre 222 participantes, estos quedaron entre el top 10. [1]

### 2.2 Safetipin:

Es una aplicación que permite registrar los lugares más peligrosos para las mujeres y crear rutas seguras, fue creada en India pero ha sido implementada en la ciudad de Bogotá, busca resolver el problema de la poca seguridad que se presenta en las calles para las mujeres, ya que según datos del Instituto de Medicina Legal, de 2010 a 2014, 680 mujeres fueron asesinadas, otras 16.300 violentadas sexualmente y más de 53.000 agredidas físicamente en Bogotá, en el artículo no especificaron el algoritmo que utilizaron, gracias a esta aplicación, el gobierno ha utilizado la aplicación para mejorar la iluminación en varias zonas de la ciudad, además varias mujeres afirman sentirse más seguras. [2]

**2.3 Prevención del acoso sexual a través de un algoritmo de búsqueda de rutas utilizando la búsqueda cercana:** Hicieron un del riesgo asociado con tomar cada ruta y encontrar la más segura mediante el análisis de mapas de calor para prevenir casos de acoso sexual, el algoritmo utilizado fue el algoritmo de Bresenham junto a alguna apis de Google maps, [3]

### 2.4 SafeRoute: Aprendiendo a circular por las calles de forma segura en un entorno urbano

Este trabajo propone una solución novedosa al problema de navegar por las ciudades expuesto al acoso callejero y la delincuencia. Utiliza un algoritmo que consiste en el aprendizaje por refuerzo profundo el cual aprende a tomar decisiones con ensayo y error. Los resultados que obtuvieron fue que en algunas zonas de Boston, new york y san francisco mejoraron con éxito los métodos más avanzados hasta en un

17% en la distancia promedio local de los delitos y al mismo tiempo redujeron la longitud de la ruta hasta en un 7%, [4]

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección, explicamos cómo se recogieron y procesaron los datos y, después, diferentes alternativas de algoritmos de caminos que reducen tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

### 3.1 Recogida y tratamiento de datos

El mapa de Medellín se obtuvo de *Open Street Maps* (OSM)<sup>1</sup> y se descargó utilizando la API<sup>2</sup> OSMnx de Python. El mapa incluye (1) la longitud de cada segmento, en metros; (2) la indicación de si el segmento es de un solo sentido o no, y (3) las representaciones binarias conocidas de las geometrías obtenidas de los metadatos proporcionados por OSM.

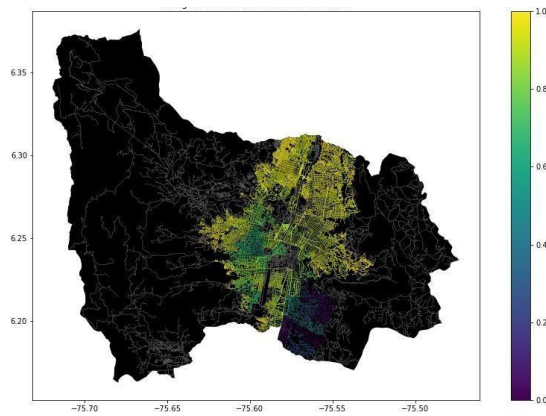
Para este proyecto, se calculó una combinación lineal (CL) que captura la máxima varianza entre (i) la fracción de hogares que se sienten inseguros y (ii) la fracción de hogares con ingresos inferiores a un salario mínimo. Estos datos se obtuvieron de la encuesta de calidad de vida de Medellín, de 2017. La CL se normalizó, utilizando el máximo y el mínimo, para obtener valores entre 0 y 1. La CL se obtuvo mediante el análisis de componentes principales. El riesgo de acoso se define como uno menos la CL normalizada. La Figura 1 presenta el riesgo de acoso calculado. El mapa está disponible en GitHub<sup>3</sup>.

**Figura 1.** Riesgo de acoso sexual calculado como una combinación lineal de la fracción de hogares que se sienten inseguros y la fracción de hogares con ingresos inferiores a

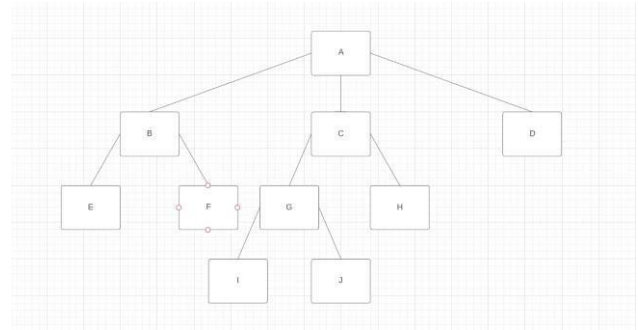
<sup>1</sup> <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>2</sup> <https://osmnx.readthedocs.io/>

<sup>3</sup> <https://github.com/mauriciotoro/ST0245Eafit/tree/master/proyecto/Datasets/>



los nodos.



los

Su complejidad es  $O(V+E)$ , donde  $V$  y  $E$  son el número total de vértices y aristas en el grafo.

un salario mínimo, obtenidas de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, de 2017.

### 3.2 Alternativas de caminos que reducen el riesgo de acoso sexual callejero y distancia

A continuación, presentamos diferentes algoritmos utilizados para un camino que reduce tanto el acoso sexual callejero como la distancia.

#### 3.2.1 (DFS) BUSQUEDA EN PROFUNDIDAD

Una búsqueda en profundidad (DFS) es un algoritmo de búsqueda para lo cual recorre los nodos de un grafo. Su funcionamiento consiste en ir expandiendo cada uno de los nodos que va localizando, de forma recurrente (desde el nodo padre hacia el nodo hijo). Cuando ya no quedan más nodos que visitar en dicho camino, regresa al nodo predecesor, de modo que repite el mismo proceso con cada uno de los vecinos del nodo. Cabe resaltar que, si se encuentra el nodo antes de recorrer todos los nodos, concluye la búsqueda. La búsqueda en profundidad se usa cuando queremos probar si una solución entre varias posibles cumple con ciertos requisitos; como sucede en el problema del camino que debe recorrer un caballo en un tablero de ajedrez para pasar por

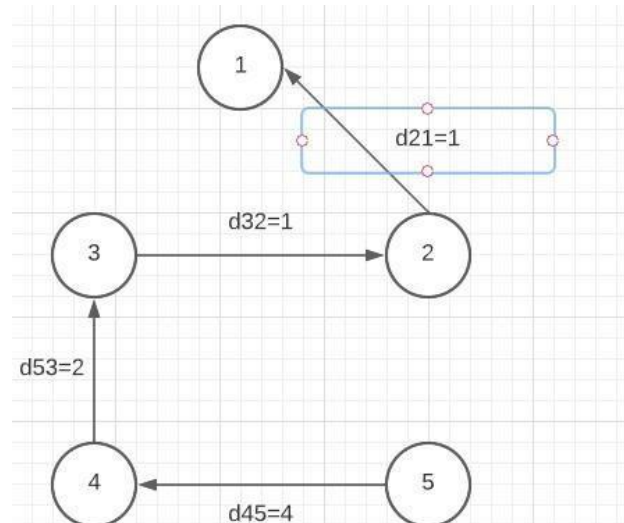
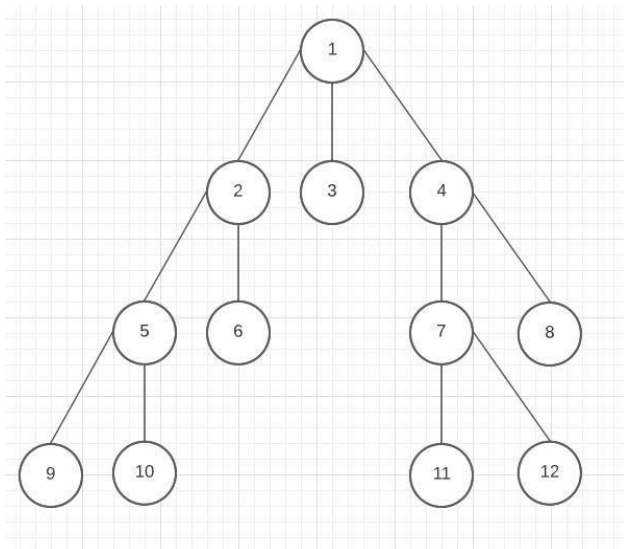
#### 3.2.2 (BFS) Búsqueda en anchura las 64 casillas del tablero.

En la figura a continuación se muestra un grafo no conectado, con ocho nodos, donde las flechas naranjas indican el recorrido del algoritmo DFS sobre recorrer los nodos de un grafo, comenzando en la raíz (eligiendo algún nodo como elemento raíz en el caso de un grafo), para luego explorar todos los vecinos de este nodo

Su complejidad es  $O(V+E)$

donde  $V$  y  $E$  son el número total

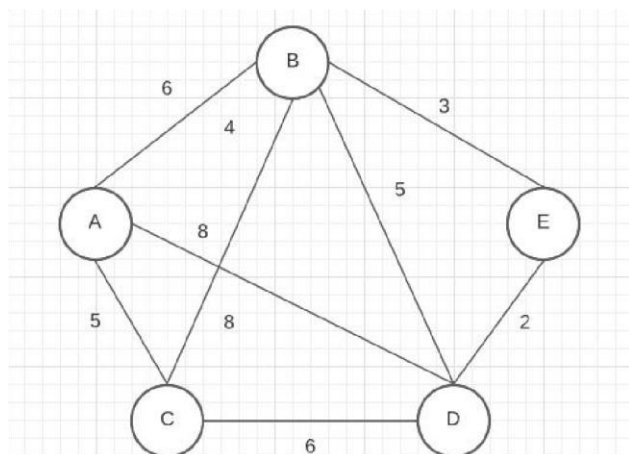
de vértices y aristas en el grafo



#### 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

##### 3.2.3 Dijkstra

es un algoritmo eficiente (de complejidad  $O(n^2)$  donde  $n$  es el número de vértices) que sirve para encontrar el Page 2 camino de coste mínimo desde un nodo origen a todos los demás nodos del grafo, su complejidad es  $O(n^2)$  donde  $n$  es el número de vértices que tiene el grafo.

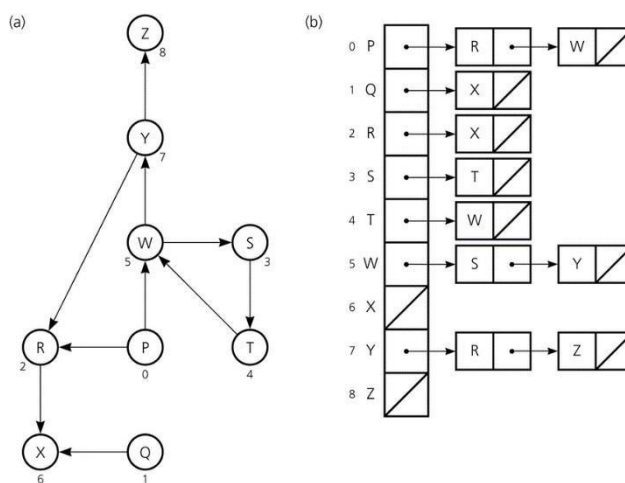


##### 3.2.4 Bellman-Ford

genera los caminos mínimos desde un nodo origen de un grafo ponderado al resto de nodos del mismo. Soluciona el problema de la ruta más corta o camino mínimo desde un nodo origen, de un modo más general que el Algoritmo de Dijkstra, ya que permite valores negativos en los arcos. su complejidad es  $O(|V| |E|)$ .

A continuación, explicamos las estructuras de datos y los algoritmos utilizados en este trabajo. Las implementaciones de las estructuras de datos y los algoritmos están disponibles en Github<sup>1</sup>. **4.1 Estructuras de datos**

Como estructura de datos utilizamos listas de adyacencia con diccionarios. Para representar el mapa de la ciudad de Medellín nos dieron los datos en un archivo csv y usamos Pandas para limpiar el archivo, después para representar el gráfico utilizamos la lista de adyacencia con diccionarios. La



estructura de los datos se presenta en la Figura 2.

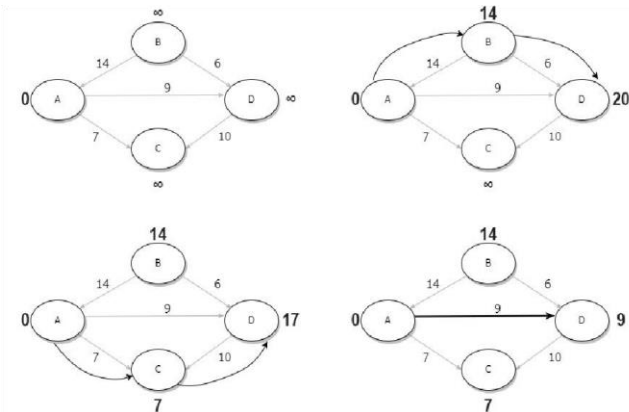
**Figura 2:** Un ejemplo de mapa de calles se presenta en (a) y su representación como lista de adyacencia en (b). (Por favor, *siéntase libre de cambiar esta gráfica si utiliza una estructura de datos diferente*).

### 4.2 Algoritmos

En este trabajo, proponemos un algoritmo para un camino que minimiza tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

#### 4.2.1 Algoritmo para un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

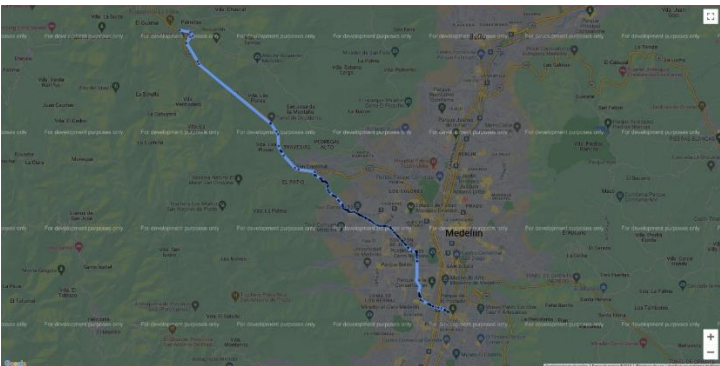
El algoritmo que decidimos utilizar es Dijkstra. Usamos un diccionario que representa la distancia desde el primer nodo hasta los demás nodos. Al principio el primer nodo tiene una distancia de cero y los demás nodos (que aún no se han visitado) tienen una distancia de infinito. A partir de la distancia dada en el diccionario se calcula la distancia de cada nodo, esto se hace con una cola con todos los nodos no visitados, entonces sacamos un nodo de la cola que en ese momento tenga el valor mínimo de distancia en el diccionario, y si la distancia encontrada más la distancia dada en el gráfico es menor que la distancia en el diccionario, entonces se actualiza la distancia de los nodos adyacentes al nodo que sacamos de la cola. Como vemos en la gráfica, tenemos tres opciones para llegar al nodo D, el camino ABD, el camino ACD o el camino AD, y al final determinamos que el camino más corto es el AD. La misma estrategia se utilizó para el nivel de acoso callejero. El algoritmo se ejemplifica en la Figura 3.



**Figura 3:** Cálculo de un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso.

#### 4.2.2 Cálculo de otros dos caminos para reducir tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

Los otros dos caminos que se encuentran son uno que llegue de un punto a otro en una distancia mínima y el otro con el más mínimo acoso callejero y su búsqueda se hace de la misma forma que con el camino principal. El algoritmo se ejemplifica en la Figura 4.



**Figura 4:** Mapa de la ciudad de Medellín donde se presentan tres caminos para peatones que reducen tanto el riesgo de acoso sexual como la distancia en metros entre la Universidad EAFIT y la Universidad Nacional.

### 4.3 Análisis de la complejidad del algoritmo

A partir del peor caso de tiempo y de espacio de memoria se puede sacar la complejidad temporal y de la memoria para nuestro algoritmo, que en este caso es Dijkstra.

Algoritmo	Complejidad temporal
Dijkstra	$O( E + V )$

**Tabla 1:** Complejidad temporal del Dijkstra, donde V es el número de vértices y E el número de aristas. D es una función que disminuye el número de nodos(vértices), utilizando solo los que se utilizarán para encontrar el camino de un nodo a otro. Y C es el camino más corto o el de menos riesgo.

Estructura de datos	Complejidad de la memoria
Listas de adyacencia	$O(V^2)$

**Tabla 2:** Complejidad de memoria de las listas de adyacencia es  $O(V^2)$  y en el tiempo de  $O(V)$ , donde V representa los vértices.

### 4.4 Criterios de diseño del algoritmo

Dijkstra es un algoritmo bastante eficiente ya que la idea principal del algoritmo es bastante sencilla. Iremos construyendo un grafo a partir del nodo de origen. En cada paso miraremos todos los nodos a los que podamos llegar directamente desde ese nodo, y añadiremos el nodo adyacente al nodo inicial cuya distancia sea mínima, así hasta llegar al nodo destino y en ese momento el algoritmo terminará. Dado que en cada iteración siempre agregamos el nodo con menor distancia podemos estar seguros de que daremos con el camino más corto. Este algoritmo es eficiente

ya que es parecido al BFS, así que no haremos uso de nodos que se encuentren más allá del nodo destino.

## 5. RESULTADOS

En esta sección, presentamos algunos resultados cuantitativos sobre los tres caminos que reducen tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

### 5.1 Resultados del camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

A continuación, presentamos los resultados obtenidos de *tres caminos que reducen tanto la distancia como el acoso*, en la Tabla 3.

Origen	Destino	Distancia	Riesgo
Eafit	Unal	10.8 km	0.85
Eafit	Unal	11.7 km	0.79
Eafit	Unal	10 km	0.84

**Tabla 3.** Distancia en metros y riesgo de acoso sexual callejero (entre 0 y 1) para ir desde la Universidad EAFIT hasta la Universidad Nacional caminando.

### 5.2 Tiempos de ejecución del algoritmo

En la Tabla 4, explicamos la relación de los tiempos medios de ejecución de las consultas presentadas en la Tabla 3.

Cálculo de v	Tiempos medios de ejecución (s)
$v = (\text{riesgo} + \text{distancia})/\text{distancia}$	81.08 s
$v = \text{riesgo}$	79.43 s
$v = \text{distancia}$	77.96 s

**Tabla 4:** Tiempos de ejecución de *Dijkstra* para cada uno de los tres caminos calculados entre EAFIT y Universidad Nacional.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados que nos da el programa, visualizamos que la diferencia de riesgo callejero no es muy grande como se esperaría, por lo cual el acoso callejero se presenta mucho en la ciudad. Como mencionamos varias veces la problemática del acoso callejero en Medellín es un problema muy normalizado en la ciudad, por lo cual el proyecto serviría para dar cuenta de las consecuencias de este tipo de acoso, tanto psicológicas como en varios casos, físicas e implementarlo sería de gran ayuda no solo para las mujeres, que son las más vulnerables al acoso callejero, sino para una gran cantidad de personas. En cuanto a la eficiencia

del algoritmo es bastante obvio que su tiempo de ejecución puede mejorar y el código se puede optimizar, y lo más viable es que si este proyecto se llevara a cabo para una aplicación móvil o web se hiciera la búsqueda del camino más corto y el acoso callejero más mínimo.

### 6.1 Trabajos futuros

Una de las cosas que nos gustaría mejorar de nuestro programa es el tiempo de ejecución, ya que normalmente un programa eficiente para buscar caminos, tales como Google Maps, tienen un tiempo de ejecución bastante reducido, haciendo que la espera por el camino más corto no sea tediosa. Así que uno de nuestros futuros objetivos es ser capaces de optimizar lo mejor posible el programa para que su uso sea de lo más agradable que se pueda ofrecer. Además de que también nos gustaría

### AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a varios de nuestros compañeros de clase por la ayuda que nos ofrecieron durante toda la realización del proyecto.

Y a los monitores por tomarse el tiempo de corregir minuciosamente nuestros errores en cada una de las entregas

Los autores agradecen al profesor Juan Carlos Duque, de la Universidad EAFIT, por facilitar los datos de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, de 2017, procesados en un archivo *Shapefile*.

### REFERENCIAS

1. Mesa J.P, Montoya. A, and Ramos-Pollán. R. 2021. A Data-Driven Metaheuristic Approach to Predict Delivery Route Sequences. Amazon Last Mile Routing, Research Challenge, Technical Proceedings. VIII, 86-98. URI: <https://hdl.handle.net/1721.1/131235>
2. Viswanath. K, and Basu. A. 2015. Safetipin: an innovative mobile app to collect data on women's safety in Indian cities. Gender and Development. 23:1 45-60. <https://doi.org/10.1080/13552074.2015.1013669>
3. Daniel Ma. 2020. Preventing Sexual Harassment Through a Path Finding Algorithm Using Nearby Search. <https://omdena.com/blog/path-finding-algorithm/>
4. Sharon Levy, Wenhan Xiong, Elizabeth Belding, and William Yang Wang. 2020. SafeRoute: Learning to Navigate Streets Safely in an Urban Environment. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 11, 6, Article 66. <https://doi.org/10.1145/3402818>

<sup>1</sup> <http://github.com/sebastianaguila/ST0245-002>

