MEDELLÍN SEGURA: ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN AL ACOSO SEXUAL CALLEJERO.

Juan Camilo Villa Correa
Universidad Eafit
Colombia
jcvillac@eafit.edu.co

Kristian Restrepo Osorio
Universidad Eafit
Colombia
krestrepoo@eafit.edu.co

Emanuel Patiño Vera
Universidad Eafit
Colombia
epatinov@eafit.edu.co

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

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

RESUMEN

El acoso sexual callejero hacia las mujeres en la ciudad de Medellín se ha convertido en un problema que con el pasar del tiempo ha aumentado a un ritmo sin precedentes, así lo demuestran las denuncias presentadas ante la fiscalía, las cuales pasaron de 4 en 2008 a más de 10.000 en 2018[12]. Esto hace que Medellín no sea seguro para las mujeres y que se generen problemas aún más graves como agresiones. Debido a esto, se hace necesario buscar una solución que ayude a disminuir este problema. Este proyecto, implementa el algoritmo de Dijkstra con el objetivo de generar rutas seguras entre dos puntos específicos. Dicho algoritmo logró calcular tres rutas que disminuye tanto la distancia como el riesgo de acoso, cada una de estas rutas con formas diferentes de combinar las variables. Tiene un tiempo de ejecución promedio de 5 segundos y su complejidad de tiempo es O (V + E log V). Dichas rutas presentas diferencias que convierte a unas en mejor opción que otras. Concluimos así que, este proyecto busca conseguir un equilibrio entre la distancia y el riesgo de acoso al mismo tiempo, para conseguir una ruta segura a la vez que corta.

Palabras clave

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

1. INTRODUCCIÓN

Lo que nos motivó a realizar esta alternativa de solución, es buscar el vivir en una sociedad mejor, donde las personas sientan seguridad al realizar cualquiera de sus cometidos diarios, sin pensar en que pueden encontrarse con alguien quien los puede acosar sexualmente y producir un sentimiento de riesgo y miedo. Es importante para nosotros buscar que las personas no se expongan ante dicho peligro, y además de esto, que puedan llegar de la manera más rápida a su lugar de destino, por lo tanto, buscamos generar 3 caminos por donde las personas puedan evitar ese tipo de peligro.

Desde hace ya varios años atrás, sabemos lo que es en nuestro país este tipo de problema, y más específico en nuestra región, Antioquia, donde se han evidenciadomuchos casos de acoso sexual, principalmente ante las mujeres. Es frustrante escuchar tantos casos sobre este problema y que no se haga nada al respecto, así que es una motivación buscar dar un paso por el bien común y por la seguridad de quienes queremos.

1.1. Problema

El problema que abordaremos consiste en calcular tres caminos diferentes que reduzcan tanto la distancia como el riesgo de acoso, esto siendo vital para ayudar a las personas a buscar el camino más seguro. El impacto que este problema tiene en la sociedad principalmente radica en la inseguridad de las personas para desplazarse de un lugar a otro y, por tanto, además de ser útil resolver este problema por medio de la tecnología, también se ha vuelto una necesidad realizarlo ya que no es justo para nadie el "vivir con miedo", y si existen herramientas con la capacidad de crear un tipo de solución a problemas como estos, es una obligación hacer uso de ellas para buscar el mejoramientode la sociedad, que tanto las mujeres, como quienes son acosados sexualmente, tenga una alternativa para evitar pasar por momentos traumáticos y evitar ciertos peligros más que se generan a partir de esto.

1.2. Solución

Para solucionar este problema, utilizaremos el Algoritmo de Dijkstra, el cual procesará los datos almacenados en forma de grafo, y nos brindara una serie de coordenadas que representan la ruta más corta y segura entre un origen y un destino particular. De forma breve, se explica en que consiste el algoritmo de Dijkstra en el siguiente párrafo tomado de un artículo publicado por la UDB:

Dijkstra es un algoritmo eficiente que sirve para encontrar el camino de coste mínimo desde un nodo origen a todos los demás nodos del grafo. Este algoritmo es un típico ejemplo de algoritmo ávido, que resuelve los problemas en sucesivos pasos, seleccionando en cada paso la solución más óptima con el objeto

de resolver el problema.
El fundamento sobre el que se basa este algoritmo es el principio de optimizar: si el camino más corto entre los vértices "u" y "v" pasa por el vértice "w", entonces la parte del camino que va de "w" a "v" debe ser el camino más corto entre todos los caminos que van de "w" a "v". [11]

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 La Ruta -Segura

La aplicación **La Ruta - Segura** se centra en lidiar con el creciente problema relacionado con la seguridad. Muchas de las aplicaciones que se utilizan para calcular la ruta más corta entre dos puntos, como lo es el caso de Google Maps, pueden llegar a poner en peligro la vida de las personas al viajar, ya que no toma en cuenta la seguridad de las rutas. Es por esto que, **La Ruta - Segura** se enfoca en la necesidad de una solución que sugiere una ruta segura y que, gracias a la ayuda de tal solución, las personas puedan sentirse más seguras mientras viajan.[1]

Así, la aplicación puede:

- Predecir una ruta segura haciendo uso de los datos de delincuencia y accidentes, sin dejar de lado la distancia entre el punto de origen y el destino.
- Divide la ciudad de Nueva York en pequeñas regiones de riesgo aplicando un agrupamiento anidado de los datos, brindando mejores predicciones ya que también se toman en cuenta las áreas de riesgo más pequeñas.
- Calcula la puntuación de riesgo basándose en la puntuación de riesgo de los clústeres más cercanos.

Como se puede ver, la aplicación se desarrolla tomando datos de la ciudad de Nueva York en Estados Unidos, esos datos son brindados por las autoridades locales y se basanen índices de criminalidad de la ciudad. Se debe tener cuidado al utilizar aplicaciones de este tipo, ya que también tienden a presentar algunas desventajas como:

- Se utilizan sólo datos de delitos que son de naturaleza altamente subjetiva.
- Los datos no se actualizan.

Los enfoques utilizados ignoran las áreas delictivasmás pequeñas.

El algoritmo toma datos de NYC DataAbierta, los cuales indican los tipos de crímenes cometidos y su recurrencia en lugares de la ciudad

Después, se siguen algunos pasos:

- Inicializar la API de Google Maps y configurar su función Gmaps, la cual es necesaria para realizar diferentes operaciones.
- Se procesan los datos cargados de NYC Data Abierta, una base de datos.

El siguiente paso es el etiquetado de puntuación de accidentes de un punto (AS) y puntuación de delincuencia de un punto (CS). Se tiene mucho cuidado al asignar valores (CS) a diferentes tipos de delitos ofensas. La asignación de valores (CS) a diferentes delitos es una suposición basada en la clase a la que pertenece el delito y el tipo de pena de prisión entregado al sospechoso. El conjunto de datos de arrestos se utiliza en este documento para averiguar qué tipo de crimen ocurrió en qué lugar. En la siguiente tabla se muestran los valores de diferentes delitos. La puntuación de incidentes de un punto (AS) se calcula como se muestra:

DELITO	PUNTUACION CRIMEN
Violación	15
Crímenes sexuales	15
Homicidio-vehículo negligente	14
Asesinato y Homicidio involuntario	14
Homicidio-negligente	14
Delitos relacionados con niños	13

- AS = PK *2 + CK *2 + MK*2 + PI + CI + MI
- Los valores asignados en esta ecuación corresponden a suposiciones después de un análisis exhaustivo [1].

Resultados:
El programa muestra la ruta más corta y segura (con menos puntuación de crimen) para ir de un punto A, a un punto B, como se observa a continuación:

2.2 Recomendador de ruta segura

Es una aplicación que busca resolver el problema de aplicaciones como Google Maps, las cuales solo se centran en encontrar la ruta más corta o rápida entre dos puntos, pero dejan de lado la seguridad de esas mismas rutas. *Safe Path Recommender* es una aplicación web que, basada en la investigación, encuentra la ruta más segura considerando el índice de peligro de los caminos posibles.[2]

Esta aplicación es desarrollada por un grupo de estudiantes en Delhi, capital nacional de La India, la cual ha sido considerada como un centro de crímenes como asesinatos, secuestros, robos, entre otros. La gente camina por las calles, pero no están seguras, regresan del trabajo, fiestas, cenas nocturnas, parques, etc. Ni siquiera los niños están seguros al volver de la escuela.

Para la aplicación, se utilizó información de los sitios "delhistats.com" and "datagov.in"(Open Government Data (OGD) Platform India). De los dos conjuntos de datos, uno contiene datos de Crímenes en India, mientras que el otro contiene datos de Crímenes en Delhi.

Aquí algunos detalles sobre el desarrollo de la app:

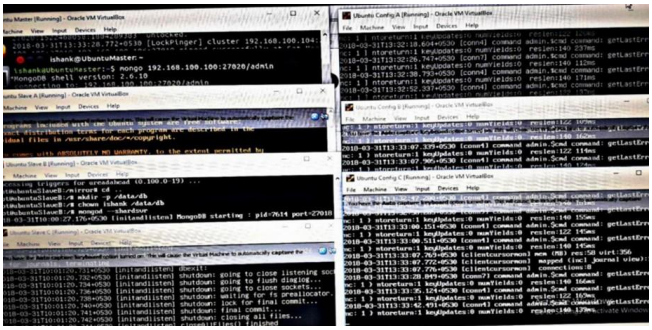
· Para la investigación se implementó una aplicación web en Cloud 9, proporcionada por AWS- amazon web services.

· Se dividió el Backend en base de datos distribuida en 4 nodos, los cuales representan zonas diferentes (Este, Oeste, Norte, Sur). Siendo “Norte” el “Master node” y los demás los “Slave nodes”.

· Se utilizó la base de datos MongoDB, la cual es un programa de código abierto que se utiliza para documentación, esta usa documentos json con esquemas.

· Se utilizó Google Maps Api de geocodificación inversa usando las longitudes y latitudes del conjunto de datos para ser más precisos. En los datos sobre "Crimen en la India" que se implementaron más API como:

  - API de JavaScript de Google Maps
  - API de inserción de Google Maps
  - API de indicaciones de Google Maps
  - API de geolocalización de Google Maps
  - Servicio web de la API de Google Places:



Estas con algunas de las imágenes compartidas por sus desarrolladores en las que se muestra la configuración de los servidores y cada uno de los nodos.[2]

Resultados:

· La aplicación web muestra diferentes rutas clasificadas por colores de acuerdo con el nivel de riesgo en cada una de ellas.

· El algoritmo muestra una calificación de 0-4 de acuerdo al nivel delictivo del camino.

· Una calificación de peligro de '0' significa que el lugar es relativamente seguro (con menos antecedentes penales en el pasado), mientras que un índice de 4 significa que el lugar tiene altos antecedentes penales en el pasado.

Aplicación web que muestra una ruta segura entre "Saket, Nueva Delhi, India" y "Karkardooma, Nueva Delhi, India" con los diferentes marcadores (Calavera, Triángulo de signo de exclamación, Smiley, Green Ticks, etc.)[2]

2.3 Encontrando rutas seguras

El objetivo de esta aplicación desarrollada por estudiantes universitarios de México, es proporcionar rutas seguras con un sistema de información móvil para aumentar el nivel de confianza de los ciudadanos que utilizan la infraestructura urbana de la ciudad. Para esto, el enfoque combina datos estadísticos obtenidos de información oficial, con la percepción de las personas a diario y reflejada por datos de colaboración abierta. Por lo tanto, se toman en cuenta eventos para un tiempo en particular, y se realizan actualizaciones continuas para proporcionar eventos recientes que ocurren en un momento específico, lugares que son reportados por una comunidad de redes sociales. El método basado en crowdsourcing considera una gran base de datos de tweets, que fueron recopilados por la aplicación móvil, mientras que los datos oficiales fueron dados por las autoridades locales.[3]

- Para la realización de esta app se desarrollan 5 etapas:
- Recuperación de fuentes de datos sobre delitos
- El depósito de datos sobre delitos
- El procesamiento de los datos
- La agrupación de los datos
- Generación de rutas seguras

Al basarse en fuentes de información no oficiales como lo son usuarios de Twitter, se desarrolló un algoritmo que permite dar un valor a cada delito de acuerdo a su naturaleza.

Información oficial

Event type	Year: 2012				Year: 2013			
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
Robbery of passenger in public transport	159	175	154	111	102	134	115	86
Robbery of passer without violence	47	80	54	79	73	46	49	57

Input: $N = n_1, n_2, \ldots, n_k$ Set of nodes
n_s start node
n_f finish node
Result: $D = d_1, d_2, \ldots, d_k$ Set of distance values (weighted crime rate)
(1) Assign distance values $d(n_i) = 0$, $d(n_i) = \infty \forall n_i \neq n_s$
(2) Let $U = N - n_s$
(3) Let current node $n_c = n_s$
(4) **while** *exists*(n_c) **do**
(5) **foreach** *neighbor*(n_c) **do**
(6) Let be n_j = *neighbor*(n_c)
(7) **if** $d(n_j) > length(n_j, n_c) + d(n_c)$ **then**
(8) $d(n_j) = length(n_j, n_c) + d(n_c)$
(9) $U = U - n_j$
(10) **if** $n_j \notin U$ or $\min(length(n_i, n_j)) = \infty \forall n_i,\ n_j \in U$ **then**
(11) return $d(n_k) \forall n_k \in N$
(12) **else**
(13) $n_c = d(n_i) = \min(d(n_j)) \forall n_j \in U$

Crímenes reportados por los usuarios de twitter

SSPDFVIAL	Mexico City	07.14.2010	369,115	154.65	Yes	http://ssp.df.gob.mx/
PolloVial	Mexico City	01.31.2013	667	71.91	No	No website
Trafico889	Mexico City	05.14.2009	137,099	90.54	No	http://siempre889.com/trafico/
Alertux	Mexico City	10.16.2012	179,574	35.59	No	http://www.alertux.com/
072AvialCDMX	Mexico City	10.20.2010	83,535	134.71	Yes	http://www.agu.df.gob.mx/
RedVial	Mexico City	03.09.2010	63,702	44.81	No	http://rvial.mx/

Resultados:

La aplicación móvil se implementó en Android 4.0, y las pruebas se realizaron en dispositivos móviles. El repositorio de eventos reportados, está compuesto por 5.441 sucesos, que fueron recopilados y procesados a partir de los tweets y correlacionado con informes oficiales. Basando en este conjunto de datos, se genera la tabla que indica el número de veces que cada atributo aparece, dados eventos como robo y crimen. Aquellos valores con menos frecuencia, nos indican cuando una ruta es segura. Todos los valores se asignan a los correspondientes nodos en la red. Además de la probabilidad de que un evento ocurra en algún lugar, también se calcula la fecha específica y se almacena en una tabla de información.[3]

2.4 Ruta segura más corta

Debido al creciente interés en los sistemas de transporte avanzados, este trabajo, busca obtener la información sobre el camino más corto en una gran red dinámica en tiempo real y, por lo tanto, el problema de la ruta más corta dependiente del tiempo. Además de esto, se busca dar solución al problema de la seguridad de dichas rutas.[4]

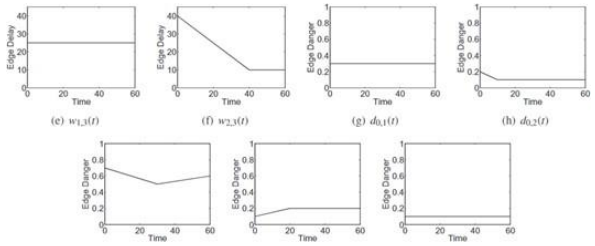
El algoritmo del programa **Ruta segura más corta**, se basa en tres pasos o condiciones principales que determinan la seguridad de las rutas:

- Caso 1: existe tanto una ruta segura con un tiempo de viaje relativamente largo, como una ruta insegura con un tiempo de viaje relativamente corto al mismo tiempo. En este caso devuelve la ruta segura.

- Caso 2: todas las rutas son seguras. En este caso devuelve el más corto.

- Caso 3: no existe un camino seguro para el recorrido dado. En este caso, devuelve un camino inseguro, pero más corto. La cual se podría decir que no es una opción tan buena.

Vemos que, en cada uno de estos casos se habla acerca de la vía más corta y su seguridad, pero ¿Cómo se determinan dichos atributos? Bien, para esto se desarrolla un algoritmo teniendo en cuenta múltiples factores como en todos los casos anteriormente descritos. A continuación, se presentan algunas de las imágenes compartidas por los autores del trabajo sobre su algoritmo utilizado.[4]



Todas estas, son gráficas que comparan el nivel de riesgo en función del tiempo de la ruta.

Resultados

Después de la realización de varias pruebas, el programa logró ser implementado usando C++, en una memoria CPU/1G de 3,0 GHz PC con XP. Además, se puso a prueba el algoritmo en un conjunto de datos reales con 16326 nodos y 26528 intersecciones (los nodos representan el inicio, el final y las intersecciones de las carreteras, mientras que los bordes representan la carretera). A partirde esto se generó una base de datos dependiente del tiempo y subgrafos que corresponden a las subáreas del experimento.

También se generaron funciones de factor de peligro lineales por partes continuas, estableciendo parámetros como el promedio de factores de peligro y la longitud del camino.[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)[1] y se descargó utilizando la API[2] 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[3].

[1] https://www.openstreetmap.org/

[2] https://osmnx.readthedocs.io/

[3] https://github.com/mauriciotoro/ST0245Eafit/tree/master/proyecto/Datasets/

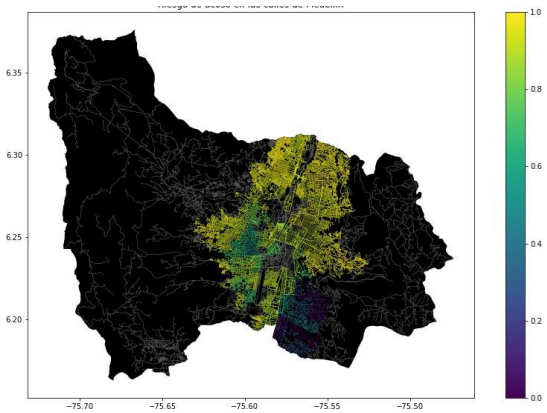


Figura 1. Riesgo de acoso sexual calculado como una combinación lineal de la fracción de hogares que se sienten inseguros y la fracción de hogares con ingresos inferiores a un salario mínimo, obtenidas de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, de 2017.

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 Algoritmo Dijkstra

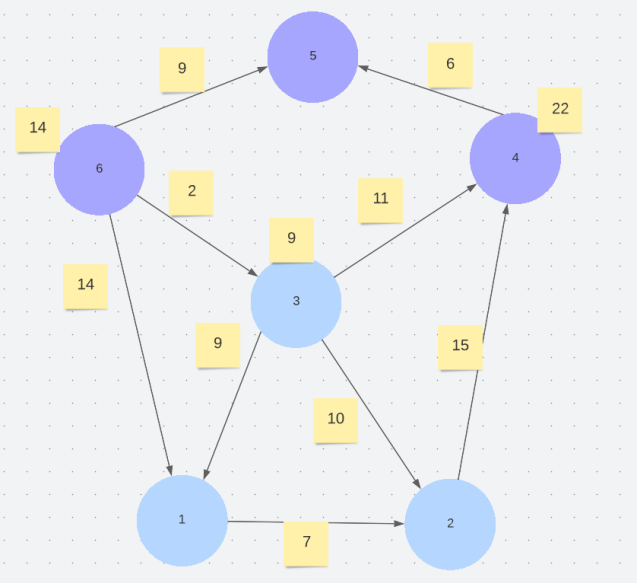
También llamado algoritmo de caminos mínimos es un algoritmo para la determinación del camino más corto dado un vértice origen al resto de los vértices en un grafo con pesos en cada arista. Este algoritmo fue descubierto por Edsger Dijkstra, un científico de la computación de los Países Bajos. La idea subyacente en este algoritmo consiste en ir explorando todos los caminos más cortos que parten del vértice origen y que llevan a todos los demás vértices; cuando se obtiene el camino más corto desde el vértice origen hasta el resto de los vértices que componen el grafo, el algoritmo se detiene.[6]

Pasos del algoritmo: primero Establezca todas las distancias de los vértices = infinito excepto el vértice deorigen establezca la distancia de origen=0.[5]

En segundo lugar, empuje el vértice de origen en una cola de prioridad mínima en la forma (distancia, vértice), ya que la comparación en la cola de prioridad mínima será según las distancias de los vértices. [5]

En tercer lugar, haga estallar el vértice con la distancia mínima de la cola de prioridad (al principio, el vértice reventado = fuente.[5]

En cuarto lugar, Actualiza las distancias de los vértices conectados al vértice emergente en el caso de "distancia del vértice actual + peso del borde <distancia del siguiente vértice", luego empuje el vértice con la nueva distancia a la cola de prioridad. En quinto lugar, si el vértice reventado se visita antes, simplemente continúe sin usarlo. Aplique el mismo algoritmo nuevamente hasta que la cola de prioridad esté vacía.[5]
La complejidad de este algoritmo es de O(|V|²), sin utilizar cola de prioridad y con cola de prioridad es de O(|A| log |V|)



3.2.2 Algoritmo de Bellman Ford

El algoritmo de Bellman Ford se usa para encontrar las rutas más cortas desde el vértice de origen hasta todos los demás vértices en un gráfico ponderado. El algoritmo de Dijkstra resuelve este mismo problema en un tiempo menor, pero requiere que los pesos de las aristas no sean negativos, salvo que el grafo sea dirigido y sin ciclos. Por lo que el Algoritmo Bellman-Ford normalmente se utiliza cuando hay aristas con peso negativo. Este algoritmo fue desarrollado por Richard Bellman, Samuel End y Lester Ford.[7]

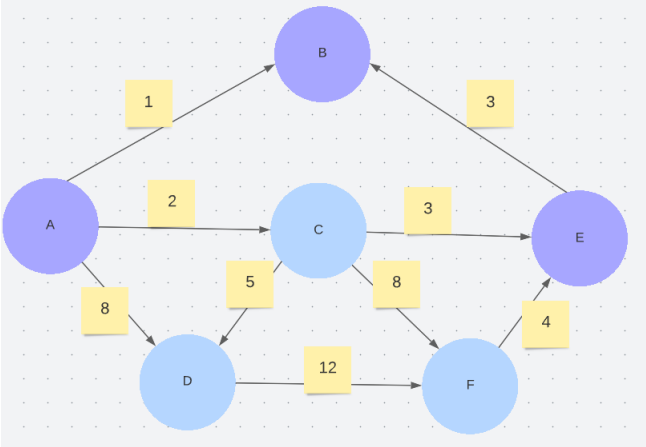
Pasos del algoritmo:

En primer lugar, el bucle exterior atraviesa desde 0: n−1.

En segundo lugar, recorra todos los bordes, verifique si la distancia del siguiente nodo> distancia del nodo actual +peso del borde, en este caso, actualice la distancia del siguiente nodo a "distancia del nodo actual + peso del borde". [5]

Este algoritmo depende del principio de relajación en el que la distancia más corta para todos los vértices se reemplaza gradualmente por valores más precisos hasta llegar finalmente a la solución óptima. [5]

Al principio, todos los vértices tienen una distancia de "Infinito", pero solo la distancia del vértice de origen =0, luego actualice todos los vértices conectados con las nuevas distancias (distancia de vértice de origen + pesos de borde), luego aplique el mismo concepto para los nuevos vértices con nuevas distancias y así sucesivamente.[5]
Además, la complejidad de este algoritmo es de O(VE)



3.2.3 Algoritmo de Floyd-Warshall

Al igual que los demás algoritmos su función es encontrar las rutas más cortas en un gráfico ponderado dirigido con borde positivo o negativo.[8]

Pasos del algoritmo:

Formar las matrices iniciales C y D, donde C es la matriz de adyacencia, y D es una matriz del mismo tamaño cargada con valores iniciales Dij = i. Se toma k=1.[10]

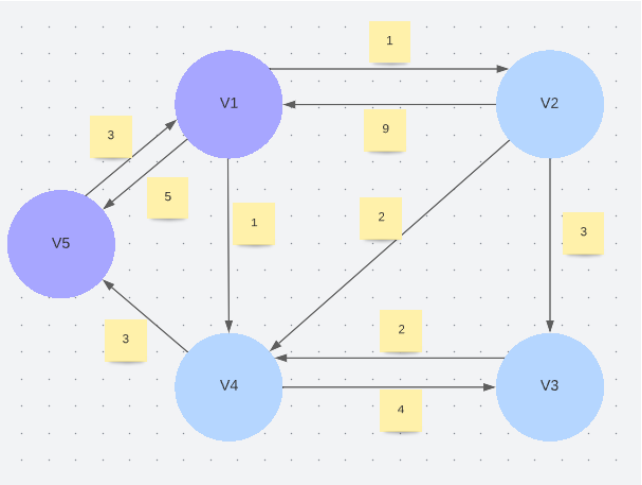
Se selecciona la fila y la columna k de la matriz C y entonces, para i y j, con i≠k, j≠k e i≠j, hacemos:

Si (Cik + Ckj) < Cij → Dij = Dkj y Cij = Cik + Ckj. Encaso contrario, dejamos las matrices como están.[10]

Si k ≤ n, aumentamos k en una unidad y repetimos el paso anterior, en caso contrario páramos las iteraciones.[10]

La matriz final C contiene los costes óptimos para ir de un vértice a otro, mientras que la matriz D contiene los penúltimos vértices de los caminos óptimos que unen dos vértices, lo cual permite reconstruir cualquier camino óptimo para ir de un vértice a otro.[10]

Además su complejidad algorítmica es O (| V | 3).



3.2.4 El algoritmo de Johnson

El problema es encontrar los caminos más cortos entre cada par de vértices en un gráfico dirigido ponderado dado y los pesos pueden ser negativos. Usando el algoritmo de Johnson, podemos encontrar los caminos más cortos de todos los pares en tiempo O(V 2 log V + VE). El algoritmo de Johnson usa Dijkstra y Bellman-Ford como subrutinas.[9]

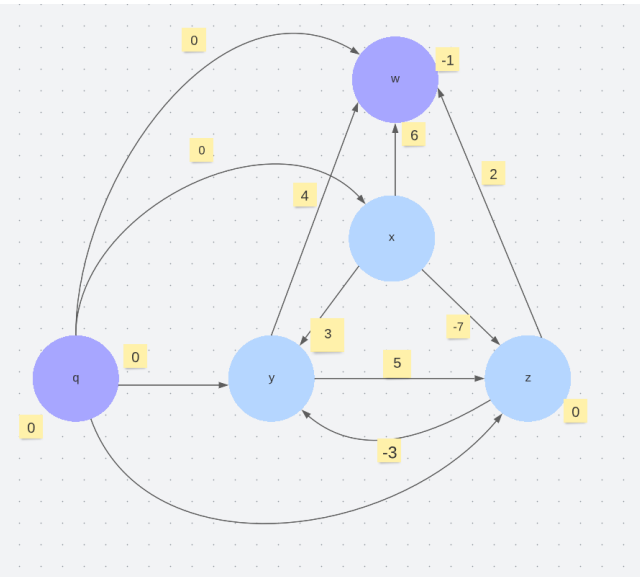
Pasos del algoritmo:

Sea G el gráfico dado. Agregue un nuevo vértice “s” al gráfico, agregue aristas desde el nuevo vértice a todos los vértices de G. Sea G' el gráfico modificado.[9]

Se ejecuta el algoritmo Bellman-Ford en G' con s como fuente. Sean las distancias calculadas por Bellman-Ford h[0], h[1], .. h[V-1]. Si encontramos un ciclo de peso negativo, entonces regresa. Tenga en cuenta que el ciclo de peso negativo no puede ser creado por nuevos vértices ya que no hay borde en s. Todas las aristas son del s.[9]

Vuelva a ponderar los bordes del gráfico original. Para cada borde (u, v), asigne el nuevo peso como "peso original + h[u] – h[v]".[9]

Elimine los vértices agregados y ejecute el algoritmo de Dijkstra para cada vértice.[9]



4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

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 [1].

4.1 Estructuras de datos

Pala leer y almacenar la información contenida en el archivo CSV sobre las calles de Medellín, se utilizó un grafo, el cual se encuentra representado por un diccionario que contiene otros diccionarios en su interior, esto se debe a que existen vías denominadas "oneway", las cuales nos demuestran que un origen también puede ser un destino. En dicho diccionario, las claves son las coordenadas y los valores contienen tanto el riesgo como la distancia almacenados en una tupla, que nos permite obtener el peso de cada nodo de la lista de adyacencia.

La estructura de los datos se presenta en la Figura 2.

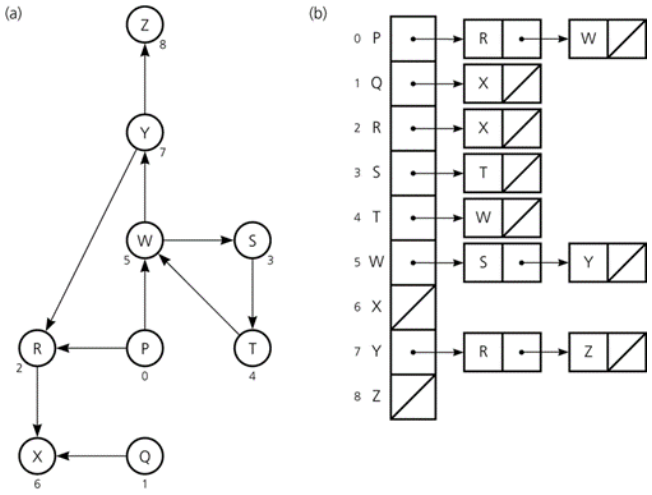


Figura 2: Un ejemplo de mapa de calles se presenta en (a) y su representación como lista de adyacencia en (b). En esta lista, observamos cada uno de los nodos o calles adyacentes que pueden existir en el grafo ya diseñado como se mencionó anteriormente.

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 de Dijkstra

Para el diseño del algoritmo, nuestro equipo utilizó el algoritmo de Dijkstra, para implantarlo en primer lugar realizamos la creación de un grafo, por medio de un diccionario de diccionarios el cual iba tener sus respectivos nodos y sus aristas, las cuales definían su peso mediante una tupla que contenía la longitud y el riesgo, entonces entre más grande fuera la longitud o el riesgo más peso iba tener la arista.

Una vez teniendo el grafo implantamos Dijkstra para encontrar el camino más corto y con menos riesgo entre un punto y otro, implementamos una función la cual recibía el grafo y la coordenada de inicio (desde donde iba a comenzar nuestro camino) y el punto final o en otras palabras nuestro destino.
El primer paso que realizamos en la función fue crear un diccionario el cual iba almacenar todos los orígenes y otro diccionario que iba inicializar el grafo con todos los nodos con una distancia de infinito y estos serán los nodos que tendremos que ir visitando, en este quedaran todos los nodos previos, los cuales fueron la mejor opción con respecto a su peso, implementamos un cola de prioridad donde iba a estar almacenado el primer nodo con su respectiva distancia que era 0 ya que este es el nodo inicial.

Creamos un nodo actual, y de ese nodo actual estaremos visitando sus vecinos y guardándolos en la cola de prioridad si la distancia que tiene es menor a la actual.
La cola de prioridad los guardará de forma decreciente según su distancia, que se define mediante la suma de la distancia actual más la multiplicación entre la longitud y el riesgo de ese nodo vecino, y se actualizará esa distancia en caso que la distancia actual sea menor, además a ese nodo vecino se le asignara como valor al nodo actual, en el diccionario de nodos previos, este proceso se repite con todos los vecinos de ese nodo actual, luego hacemos este mismo proceso con el primer nodo que estaba en la cola de prioridad ya que era el que tenía una menor distancia, entonces ese nodo se convierte en nuestro nodo actual, y de ese nuevo nodo actual iteramos entre sus vecinos para encontrar distancias menores e ir actualizándolas y así encontrar el mejor camino.
Entonces en el diccionario de todos los nodos previos se guardó el camino más corto a cualquier parte del grafo, esos nodos previos serán como todos los caminos con sus menores distancias y riesgos de acoso a **cualquier destino** pero no al destino final, sino a cualquier destino, puesto que para calcular el camino más corto a **un destino en específico** creamos otra función, esa nueva función recibirá el inicio(nuestro punto de partida), el destino(nuestro punto de llegada) y todos los nodos previos que había generado la otra función, los cuales tienen el camino más corto del inicio a cualquier lugar, creamos una lista vacía en cual se irán almacenando todos los nodos necesarios para llegar al destino, creamos un nodo actual que será nuestro destino, creamos un ciclo el cual se detendrá cuando ese nodo actual sea igual al final y en cada iteración del ciclo ira almacenando cada nodo(origen) por el que paso hasta poder llegar al inicio finalmente almacenamos el inicio y posteriormente invertimos la lista, ya que había quedado al "revés". Finalmente, lo que retorna esa función es una lista con todos los orígenes(nodos) necesarios para llegar desde el inicio hasta el destino, siendo este el camino con menos distancia y menos riesgo de acoso, solucionado así el problema planteado en este proyecto.

El algoritmo se ejemplifica en la Figura 3.

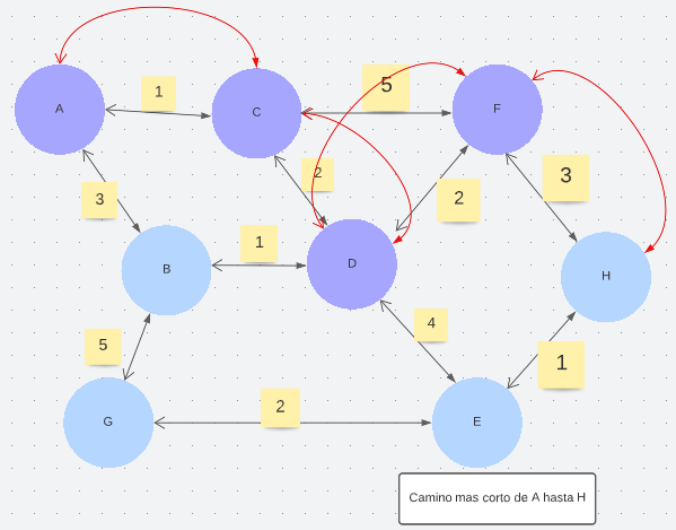


Figura 3: Cálculo de un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso.

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

Para el cálculo del segundo camino, el cual esta representado por el color amarillo en el mapa, nuestro equipo de trabajo utilizo el mismo algoritmo de **Dijkstra** con cola de prioridad, una vez haciendo el recorrido, el peso de cada arista se define mediante la distancia elevada 10 veces por el riesgo, dándonos como resultado un camino totalmente diferente al primer camino que en el mapa esta representado por el color azul y que en cuestión de cifras el camino tenía mayor distancia y mayor riesgo con respecto a los demás caminos siendo la pero opción entre los tres generados.

Para el tercer camino, el cual está representado por el color verde, al igual que los demás caminos se utilizó el algoritmo de **Dijkstra,** cambia la forma en que definimos el peso de cada arista, en este caso se definió mediante la multiplicación de la distancia por 30, más el riesgo multiplicado por 500 dándonos un camino más optimo que el anterior tanto en riesgo como distancia, ya que en ambos casos es menor con respecto a los dos caminos siendo esta la combinación más acertada para definir el peso de cada arista

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

Como ya se mencionó anteriormente, para conseguir el objetivo de nuestro trabajo, utilizamos el algoritmo de Dijkstra. Este algoritmo, trata de comparar un peso asociado a una arista de un grafo especifico con su nodo vecino, es decir, comparamos el peso del camino entre dos nodos o vértices con el de su vecino y determinamos cuál de los dos es el menor. Dicho proceso se sigue ejecutando hasta haber recorrido todos los nodos y haber obtenido la menor "distancia" o menor peso entre dos vértices. La complejidad de este algoritmo es $O(V^2)$, en donde V representa el número de vértices asociados y en su peor caso en el cual no encuentre un vértice, deberá recorrer por completo el grafo y realizar las dos comparaciones correspondientes por nodo para obtener el menor peso.

En nuestro caso, implementamos además una cola de prioridad la cual nos permite disminuir dicha complejidad anteriormente mencionada y en este caso pasamos a O (V +E*log V), gracias a esta estructura de datos, estamos dando prioridad a unos nodos por encima de otros al momento de compararlos.

Algoritmo	Complejidad temporal
Algoritmo de Dijkstra (entrega anterior)	$O(V^2)$
Algoritmo de Dijkstra con cola de prioridad	O (V+ E*log V)

Tabla 1: Complejidad temporal del algoritmo de Dijkstra y su respectiva versión con cola de prioridad, donde V es el número de vértices y E es el número de arcos o aristas.

Para la estructura de datos utilizada, en este caso el grafo descrito anteriormente, obtenemos una complejidad de O(V*E) cuales son el peor de los casos si el algoritmo no encuentra destinos y orígenes repetidos, debe anexar al diccionario cada origen con su respectiva tupla de riesgo y distancia.

Estructura de datos	Complejidad de la memoria
Lista de adyacencia.	O(V)

Tabla 2: Complejidad de memoria del Grafo, donde V es el número de vértices y E es el número de arcos o aristas.

4.4 Criterios de diseño del algoritmo

Lo más importante para nosotros al momento de conseguir nuestro objetivo es conseguir el más bajo tiempo y la mayor facilidad para que los usuarios utilicen el programa. Para eso nuestra idea es que a partir de las coordenadas de un punto de inicio y final, se pueden generar tres rutas de acuerdo con los criterios que hemos descrito en el documento.

En el proceso de la realización del algoritmo para solucionar el problema de hallar el camino más corto y con menor riesgo, en nuestra primera implementación del algoritmo Dijkstra usamos un enfoque el cual no nos favoreció en la realización de un algoritmo eficiente en términos de tiempo y complejidad, ya que estábamos revisando todos los nodos, buscando cual tenía menor distancia, todo esto porque habíamos utilizado una lista.

En la segunda implementación del Dijkstra tuvimos un enfoque diferente haciendo una búsqueda en amplitud, entonces al buscar a el siguiente nodo con la menor distancia se saca el primer elemento de la cola de prioridad así no estamos revisando y comparando con todos los nodos de lista, para encontrar la menor distancia implementando así un algoritmo más eficiente, que se ve respaldado por el tiempo en que demora su ejecución ya que la primer implantación que utilizamos duraba 52,28 segundos en ejecutarse mientras que la segunda implementación duró 0,061 segundos mejorando de manera significativa su tiempo de ejecución, y con la cola de prioridad su complejidad.

Además, elegimos utilizar la librería GmPlot para graficar el

mapa y las respectivas rutas generadas por el algoritmo que se implementó, realizamos esta elección ya que nos parece que cuenta un una documentación clara y lo bastante profunda para lograr nuestro objetivo.

4. 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	14094.736	0.397
Eafit	Unal	23694.62	0.74
Eafit	Unal	8261.893	0.67

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 = d*r	0.063
v = d ^10*r	0.078
v = 30d +500r	0.071

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

6. CONCLUSIONES

Los caminos que generó nuestro algoritmo son muy diferentes, esto le permitirá al usuario ver las diferentes alternativas y los diferentes riesgos que contiene cada ruta, escoger entre la ruta con mayor distancia, pero con menor riesgo o una ruta con mayor riesgo pero menor distancia, siendo este proyecto de gran utilidad para ciudad aumentado en si la percepción de seguridad que tienen las mujeres, siendo una alternativa para ayudar a combatir la inseguridad en la ciudad haciendo de esta forma un aporte social a calidad de vida de la mujeres.

En cuanto a los tiempos de ejecución, son óptimos para el usuario a la hora de buscar una ruta, puesto que el programa tarda menos de un segundo en generar el camino, y no más de 5 segundos en llevar a cabo toda la ejecución del programa, así, quien está haciendo uso de esta herramienta, goza de una solución a su requerimiento, lo cual es importante a la hora de buscar cualquier servicio en general.

En términos de eficiencia, el programa funciona bastante bien y consideramos que cuenta con unos tiempos de ejecución buenos, esto teniendo en cuenta que solo lo estamos realizando con datos de la ciudad de Medellín, ya que si se convierte en un programa más macro con datos que acumulen varias ciudades, se puede convertir en una solución no tan eficiente.

De los caminos podemos concluir que, al implementarlo en una situación "real", el usuario al usar esta herramienta buscará una ruta que no le implique ni recorrer una distancia exageradamente larga, con un riesgo muy bajo, ni tampoco una distancia muy corta, con un riesgo muy alto, más bien, se busca que la ruta generada sea un término medio entre distancia y riesgo, para así lograr que esta sea un camino "productivo" y "realista", por así decirlo. Por ejemplo, en nuestro caso, en la ruta generada desde la Universidad EAFIT a la Universidad Nacional, utilizando la formula (30*d + 500*r), se generó una ruta adecuada en términos de distancia y riesgo (en comparación a las otras dos rutas), la cual puede ser útil para el usuario a la hora de ir desde su punto de origen al destino.

En nuestra consideración, podemos concluir que este programa cumple con los objetivos que nos propusimos, al generar rutas que disminuyen tanto la distancia como el riesgo de acoso de forma rápida y fácil de utilizar para el usuario, se pueden implementar interfaces gráficas para convertirlo en un programa más amigable, pero esto ya es tema para un trabajo futuro.

6.1 Trabajos futuros

Nos pareció muy interesante a la vez que importante trabajar en un software que ayuda a mejorar el bienestar de las personas de la ciudad de Medellín, en este caso disminuyendo el riesgo de sufrir acoso sexual callejero. Para un futuro, nos gustaría continuar desarrollando el proyecto expandiéndolo a otros ámbitos que contribuyan igualmente al desarrollo de Medellín, como lo puede ser el problema de la movilidad vehicular cada vez más presente en la ciudad. Sería lo ideal continuar trabajando en este proyecto y optimizarlo más para lograr resultados más eficientes e incluso llevarlo a una tecnología más avanzada como lo puede ser una inteligencia artificial que nos ayude a caminar más seguros por las calles de nuestra ciudad.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente apoyada por los monitores del curso de Estructuras de Datos 1 de la Universidad EAFIT a los cuales agradecemos por su disposición.

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. Sandeep, C., Gauri Shankar, V., Soni, S. 2019. Route-The Safe: A Robust Model for Safest Route Prediction Using Crime and Accidental Data. Recuperado agosto 13, 2022 de https://www.researchgate.net/publication/338096313_Route-The_Safe_A_Robust_Model_for_Safest_Route_Prediction_Using_Crime_and_Accidental_Data

2. Agarwal, I. 2021. Safe Path Recommender based on Crime Statistics using Distributed Database. Recuperado agosto 13, 2022 de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=38

33474

3. Felix Mata, M., Torres, M., Guzmán, G. Quitero, R. 2016. A Mobile Information System Based onCrowd-Sensed and Official Crime Data for Finding Safe Routes: A Case Study of Mexico City.Recuperado agosto 13, 2022 de https://www.researchgate.net/publication/298331916_A_Mobile_Information_System_Based_on_Crowd-Sensed_and_Official_Crime_Data_for_Finding_Safe_Routes_A_Case_Study_of_Mexico_City

4. Jigang, W., Jin, S., Ji, H. Srikanthan, T. 2011. Algorithm for Time-dependent Shortest Safe Path on Transportation Networks. Recuperado agosto 13, 2022 de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050911001591

5. Algoritmos de ruta más corta. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de hackerearth: https://www.hackerearth.com/practice/algorithms/graphs/shortest-path-algorithms/tutorial/

6. Algoritmo de Dijkstra. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Dijkstra#:~:text=Teorema%3A%20El%20algoritmo%20de%20Dijkstra,%F0%9D%91%BB_%F0%9D%92%85%F0%9D%92%8C%2B%7Cv%7C.

7. Algoritmo de Bellman-Ford. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Bellman-Ford

8. Algoritmo de Floyd-Warshall. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Floyd%E2%80%93Warshall_algorithm

9. Algoritmo de Johnson para caminos más cortos de todos los pares, 2022. Recuperado el 14 de agosto de 2022 de GeeksforGeeks: https://www.geeksforgeeks.org/johnsons-algorithm/

10. Algoritmo de Floyd-Warshall. Recuperado el 14 de agosto de 2022 Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Floyd-Warshall#:~:text=En%20inform%C3%A1tica%2C%20el%20algoritmo%20de,y%C3%A9rtices%20en%20una%20%C3%BAnica%20ejecuci%C3%B3n.

11. UDB, Facultad de Ingeniería. Algoritmos para la ruta más corta en un Grafo. Recuperado el 16 de octubre de 2022 de https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/informatica-ingenieria/programacion-iv/2019/ii/guia-10.pdf

12. Porras M. 2019. El Acoso Callejero a las Mujeres en Colombia: ¿Más Penas o Más Educación?. Recuperado noviembre 7, 2022 de https://www.revistalevel.com.co/contenido/el-acoso-callejero-a-las-mujeres-en-colombia-mas-penas-o-mas-educacion