

DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES EN CUANTO A LA
INSEGURIDAD NOCTURNA DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA
DE BOGOTÁ MEDIANTE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE INTERPOLACIÓN
IDW



Lady Johana Gomez Garzon
Código: 3101443

Artículo para optar por el título de Especialista en Geomática

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Especialización en Geomática
Bogotá D.C., Colombia
Julio, 2019

DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES EN CUANTO A LA INSEGURIDAD NOCTURNA DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ MEDIANTE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE INTERPOLACIÓN IDW

DETERMINATION OF VULNERABLE ZONES IN RESPECT OF NIGHT INSECURITY OF THE PUBLIC SPACE IN THE BOGOTA URBAN AREA APPLYING THE IDW INTERPOLATION METHOD

Lady Johana Gomez Garzon
Ingeniera Catastral y Geodesta
Estudiante Especialización en Geomática de la Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia
U3101443@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La generación de representaciones espaciales del terreno ha tenido una evolución con respecto a su aproximación a la realidad, gracias a los diferentes procesos que se han implementado dentro de los análisis espaciales como lo es la interpolación. En el presente artículo se analizan las zonas con un índice de seguridad entre bajo y muy bajo, obtenidas mediante la aplicación del método de interpolación IDW, realizada a partir de la información resultado de un estudio desarrollado por la secretaria de la mujer en el año 2015, donde fueron capturados en campo 19770 puntos georreferenciados después de las 6 de la tarde, en los que fueron ponderados 7 factores asociados a la seguridad urbana y abstraídos estrictamente de la observación mas no de dinámicas sociales o culturales en vías principales e intermedias, caracterizando así el espacio público de la ciudad de Bogotá. Para la modelación de esta superficie se establecieron 3 escenarios en los que se variaron los parámetros de potencia y radio de búsqueda de la muestra como variables de sensibilidad del método de interpolación IDW, posteriormente seleccionó como mejor escenario aquel que presentará menor error cuadrático medio ya que es el que mejor representa la realidad de los datos, determinando así, las zonas más vulnerables en cuanto a seguridad nocturna en la ciudad. Una vez seleccionada la superficie interpolada, y definida la categorización de la zonificación, se encontró que los barrios San Jose De Bavaria I, II, III y IV Sector (Suba), Parque Nacional (Santa Fé) y El Carmen (Suba) son los 3 barrios con la mayor cantidad de área acumulada con los índices más bajos de seguridad de acuerdo con los factores iniciales.

Palabras clave: Seguridad, urbana, espacio público, interpolación, IDW, zonificación.

ABSTRACT

The generation of spatial representations of the land has had an evolution related to its approach to reality, thanks to the different processes that have been implemented within spatial analysis such as interpolation. In this article we analyze the areas with a low and very low security index, obtained through the application of Inverse Distance Weight - IDW interpolation method, based on information resulting from a study developed by the Women Secretary in 2015, where 19770 georeferenced points were captured after 6 PM, evaluating 7 factors associated with urban safety, abstracted strictly from the observation but not from social or cultural dynamics in main and intermediate roads, thus characterizing the public space of the city of Bogotá. For the modeling of this surface, 3 scenarios were established in which the power and the search radius of the sample were altered, variables of the interpolation method IDW, to later select the scenario with the lowest mean square error in order to define the zoning with the best approach to reality and thus determine which are the most vulnerable areas in terms of night security in the city. Once the interpolated surface was selected and the zoning was defined, it was found that the neighborhoods of San Jose De Bavaria I, II, III y IV Sector (Suba), Parque Nacional (Santa Fé) y El Carmen (Suba) are the 3 neighborhoods with the largest amount of accumulated area with the lowest safety indices according to the initial factors.

Keywords: Urban, security, public space, interpolation, IDW, zoning.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, Colombia ha tenido una dinámica social caracterizada por un constante cambio, el cual ha estado sujeto a las políticas gubernamentales de paz que han impactado al país en toda su extensión y se ha hecho evidente en todos los aspectos de la sociedad, desde la seguridad, pasando por la economía, el turismo, las comunicaciones, el transporte, la movilidad entre otros, razón por la cual la interacción de la sociedad con el territorio tuvo un cambio significativo, el espacio público pasó de ser un espacio hostil a un territorio de conciliación social.

Por su parte Bogotá a pesar de considerarse como una zona aislada de esta situación, se ha convertido en una ciudad que concentra el resultado cultural de diferentes zonas del país e incluso de países extranjeros, esto a su vez está ligado a una confluencia de problemáticas sociales como flujos ilícitos transnacionales y los grupos armados ilegales (Programa de Conflicto, Seguridad y Desarrollo del IISS, 2018) no solamente heredadas de las comunidades entrantes sino también generadas por un crecimiento poblacional que no ha sido incluido en la planificación, estos factores han tenido un impacto en la seguridad urbana y se convierte en uno de los principales componentes de los planes de desarrollo.

El espacio público es el lugar donde se materializan estas problemáticas descritas, que en Bogotá se desarrollan en medio de dinámicas multiculturales, por lo tanto se vuelve fundamental volver al concepto de espacio público orientado a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas de acuerdo con lo establecido en la Ley 009 de 1989 (LEY 9, 1989), pues se define como un territorio de igualdad y con condiciones propias para el libre acceso, siendo este el espacio donde se desenvuelve y se forja la comunidad, determinando el curso de las diferentes dimensiones del territorio como las aborda Mario Sosa, las más importantes y generales de acuerdo relación geo-eco-antrópica corresponden a las dimensiones social, económica, política y cultural (Sosa Velásquez, 2012).

En la búsqueda de herramientas para la planeación y el óptimo uso del territorio, se ha incluido de manera progresiva la información espacial en los procesos territoriales, pues puede ser considerada como la base principal para la elaboración de modelos que buscan replicar procesos desarrollados sobre el territorio (Shumeev, 2010), esto incluso se ha reflejado en la normatividad colombiana, pues se ha empezado a establecer el uso de bases de datos espaciales lo que posiciona el componente geográfico en el centro de análisis y toma de decisiones en cuanto al manejo territorial del país.

Con respecto a la disponibilidad de información en Colombia, se ha generado una apertura a partir de la Ley 1712 de 2014 (LEY 1712, 2014) de Transparencia y Acceso a la Información Pública, para la aplicación de orientaciones y buenas prácticas en el desarrollo de estrategias de apertura y reuso de datos abiertos, en consecuencia se incentiva la divulgación entre el público general la información de las entidades públicas, y a su vez la información espacial, por lo que la generación de visores geográficos se han convertido no solamente en un repositorio de la información, sino también en una herramienta práctica que incentiva al conocimiento y la puesta en marcha de procesos de la comunidad con su territorio.

De esta manera la integración de sistemas de información geográfica y la disponibilidad centralizada de la información por parte de las entidades estatales dan paso al desarrollo de análisis como el presentado en este artículo, pues al no contar con uno de estos dos elementos se presentaban situaciones como la existencia de grandes volúmenes de información inutilizada en entidades del estado y muchas veces convirtiéndose en material obsoleto por la temporalidad del mismo; como también una contraparte de contar con las herramientas de análisis para la información por instituciones académicas e incluso empresas privadas pero con grandes limitantes de acceso a información. Otra situación estaba relacionada con la estructuración de la información, pues esto ha sido de alguna manera una forma de estandarización de los datos que teniendo en cuenta la cantidad de entidades, los diferentes procesos y estructuras a nivel interno de cada una (Secretaría de la Mujer, 2016).

En el año 2010, el plan de desarrollo “Bogotá Mejor para todos” adaptó una aplicación creada por la organización *ALS SAFETIPIN* localizada en la ciudad de Nueva Delhi con la que se busca georreferenciar puntos en los que se evalúan factores que amenazan la seguridad de las mujeres a lo largo de las calles de la ciudad después de las 6 de la tarde.

Siendo esto un resultado de la integración de herramientas tecnológicas y accequibles tales como las aplicaciones de celular, con el análisis geográfico que geolocaliza características del territorio, y necesidades sociales cuyo manejo puede ser determinante en el bienestar de la comunidad en general, de manera que como producto se puede obtener una herramienta óptima para la planeación y la toma de decisiones efectiva que tenga un impacto en las zonas más vulnerables.

1. MATERIALES Y MÉTODOS:

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al área urbana de Bogotá establecida mediante el acto administrativo: Resolución 228 de 2015, localizado entre la longitud -74,223581 y -74,012062 y la latitud 4.468614 y 4.830661, establecidas en el sistema geográfico GCS MAGNA con Datum Magna.

1.2. DATOS

Inicialmente se cuenta con puntos de evaluación que representan el índice de seguridad para las mujeres en el espacio público nocturno del área urbana de Bogotá los cuales fueron tomados en el marco del plan de desarrollo “Bogotá Mejor para todos” por la Secretaría Distrital de la Mujer con el fin de implementar estudios que permitieran determinar los factores que constituyen barreras dentro del espacio público partiendo de la reivindicación de los derechos de la mujer.

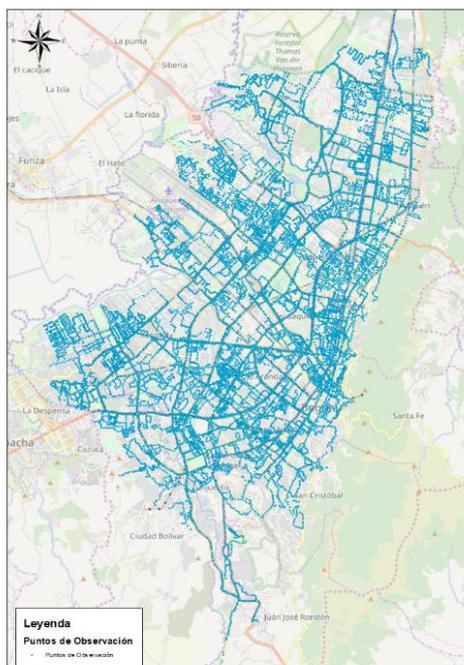


Figura 1. Puntos de Evaluación de Seguridad Nocturna para las Mujeres. Bogotá D.C.

Fuente: (Secretaría Distrital de la Mujer - Gestión del Conocimiento, 2018)

A pesar de que el proyecto inicial en el que fueron capturados los datos estaba orientado al análisis de la seguridad para las mujeres, se tiene en cuenta para este proyecto que las variables analizadas no corresponden a variables que exclusivamente afectan al género femenino, si no que en su lugar son una evaluación de las condiciones que tiene el espacio público para generar un ambiente seguro en cuanto características visibles, es decir que para este caso no se tienen en cuenta factores sociales. Fueron 8 variables evaluadas en 19.970 puntos sobre las vías principales urbanas de Bogotá D.C. las cuales fueron calificadas con los evaluadores: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto. Las variables fueron las siguientes (Secretaría de la Mujer, 2016):

- **Iluminación:** Este es un factor asociado a la existencia de alumbrado público y la calidad del mismo en el punto, siendo estos elementos determinantes para la visibilidad necesaria para el libre desplazamiento, y teniendo en cuenta que la evaluación se realiza para el horario nocturno, su relación con la seguridad es muy alta. Los datos iniciales dicen que más del 70% de los puntos este factor esta evaluado entre alto y muy alto.
- **¿qué veo? Apertura:** Este factor evalúa las posibilidades de salida desde cada punto, de manera que no se encuentren calles cerradas u obstáculos que bloqueen el paso en caso de una emergencia. Esta variable por estar tomada sobre calles principales el 98% esta evaluado como alto.

- Visibilidad (quien me ve): este factor evalúa elementos como ventanas o puertas desde los que puede ser visto el punto evaluado para que en caso de emergencia se pueda evidenciar el hecho y acceder. Factor con una distribución menos polarizada, pero con más del 50% en un término medio de la evaluación.
- Presencia de suficientes personas: Este factor es clave en la percepción de seguridad, debido a que las calles desiertas son oportunidades para cometer diversos delitos y dificultan la identificación de amenazas. Se determinó que en la mitad de los puntos no había nadie y que otro gran porcentaje restante diviso menos de 10 personas. Ultimando que la ciudad de Bogotá necesita un crecimiento temporal para ofrecer otras alternativas a sus habitantes.
- Presencia de seguridad: Este ítem hace referencia a la presencia de seguridad privada proveniente de conjuntos residenciales, locales, empresas, entre otros, en lugar. Hallando que su incidencia en la seguridad del espacio público es insipiente y voluntaria, debido a que dedican sus esfuerzos puertas adentro. Mencionando también que la seguridad pública es ejercida por la policía que se encuentra concentrada en sus puntos de fijos de trabajo. Razones por las cuales en el 83% de lugares no contaba con presencia de seguridad ni privada, ni pública.
- Sendero: Corresponde al estado de los senderos o caminos cercanos en caso de necesitar algún desplazamiento. En el 63% de los puntos georreferenciados existían buenas condiciones.
- Transporte público: Referido a que a disposición exista la posibilidad de acceder a algún medio de transporte público, señalando que este en la ciudad no funciona las 24 horas y que en muchos casos las personas necesitan realizar desplazamientos previos. Señalando que el 74% de los puntos georreferenciados se encuentran entre 2 y 5 minutos a pie de un punto de acceso al transporte público.
- Presencia mixta: Sugiere que la existencia de personas de ambos sexos influye en la percepción de seguridad de un individuo. Refiriendo que el 87% de los puntos georreferenciados en la ciudad no contaba con la presencia de mujeres, niños o niñas.

Para generar la categorización para la determinación de puntos potencialmente seguros e inseguros se realizó una equivalencia numérica a las categorías cualitativas con las que fueron evaluadas cada una de las variables, esto con el fin de establecer un rango continuo entre 0 y 1 y posteriormente una ponderación de todas las variables en un índice de seguridad donde 0 corresponda a una zona insegura y 1 a zonas que presentan características de garantía para la seguridad de la comunidad.

Por otra parte se cuenta con la información de localización de 157 Comandos de Atención Inmediata – CAI de Bogotá, publicada por la Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia - Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos a noviembre de 2018. Los CAI están definidos en el decreto 503 de 2003 (DECRETO 346, 2006) como Unidad policial con recursos humanos y materiales asignados a una jurisdicción, que en forma organizada con la comunidad a través de la instrucción permanente, busca la solución de problemas de seguridad. Su instalación se realiza de acuerdo con: Indicadores de inseguridad (asociado a eventos criminales), Capacidad de respuesta (relacionado con las áreas de servicio con un tiempo de atención de 5

minutos y la relación entre cantidad de personal y población a atender) y Criterios Urbanísticos (como la densidad poblacional, usos que generen conflicto, accesos y disponibilidad de predios).

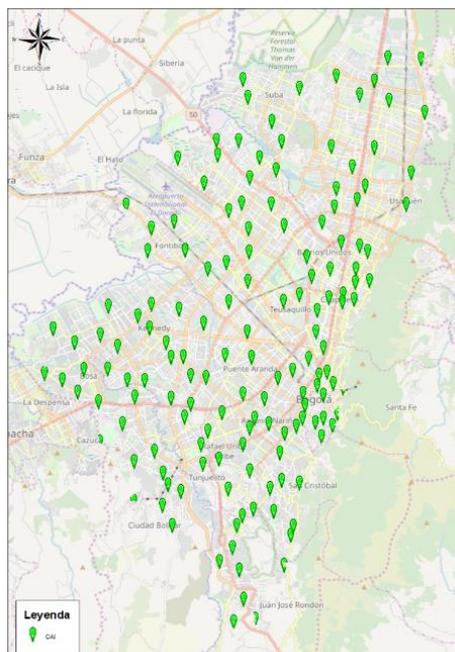


Figura 2. Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia - Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos a noviembre de 2018.

Fuente: (Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia - Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos, 2018)

Adicionalmente se tuvo en cuenta la información de vías publicada en el portal de la Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá - IDECA, a septiembre de 2018 para determinar los accesos a los CAI y así sus áreas de servicio.

1.3. MÉTODO DE INTERPOLACIÓN

Partiendo de que la información de los factores que pueden constituir un área potencialmente insegura en el espacio público, fue capturada como una caracterización de tipo punto con una geolocalización contigua a las vías de la zona urbana de Bogotá, y el objetivo del presente proyecto está orientado a la representación gráfica de un factor social como lo es la seguridad sobre la superficie de Bogotá y de manera subsiguiente la obtención de zonas, en primera medida se hace necesario la generación de una superficie de interpolación donde esta sea fiel a los valores tomados en cada punto.

Existen diferentes formas de representar una superficie: están las isocurvas, las redes de triangulación irregular y las matrices (Childs, 2004), para el caso de los puntos potencialmente inseguros se utilizó una matriz como la forma de representación del territorio de estudio para la generación de la superficie de interpolación.

Inicialmente, la distribución espacial de los puntos denota además de una uniformidad generalizada en cuanto al distanciamiento entre sí, una buena cobertura del espacio público del área de estudio (especialmente porque los factores analizados pueden ser extensivos a nivel de un lado de manzana), por estos motivos un método determinístico es ideal, pues se busca que los datos de entrada lo más próximos a los valores de la

superficie resultado y los valores de las celdas localizadas fuera de los puntos georreferenciados sean valores obtenidos a partir de una ponderación lineal entre los puntos conocidos, es decir que se generen valores graduales entre sí; de acuerdo con esto, el método que se utilizará para la interpolación de puntos es la técnica de distancia inversa ponderada o Inverse Distance Weight IDW.

El método IDW permite el llenado de la matriz que representa la superficie del área de estudio, de tal forma que los valores de cada una de las celdas son establecidos a partir de la ponderación lineal de un conjunto de puntos próximos a la celda evaluada, elevando a una potencia de manera inversa la distancia a cada punto (Robinson & Metternicht, 2006), expresado en la ecuación (1).

$$Z(\chi_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{h_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^b}} \quad (1)$$

Dónde $Z(\chi_0)$ es el valor interpolado, n es el total de puntos a incluirse en el conjunto de ponderación, x_i es el valor de cada punto, h_{ij} es la distancia entre la celda evaluada y los puntos del conjunto de datos, y b es la potencia.

Una vez definido el concepto del método elegido se determinan las variables a definir (ESRI, 2019):

- La potencia: este valor al ser inverso genera una mayor ponderación a menos distancia, debido a lo cual al aumentar esta potencia la celda estará más influenciada por los valores cercanos al de la celda evaluada y los puntos lejanos pierden influencia, lo que a su vez generará una superficie menos suave y con zonas más puntuales.
- La definición del conjunto de puntos: esta definición puede estar dada de dos maneras, la primera es definir la cantidad de puntos que participarán de forma independiente a la distancia que se encuentre, una segunda manera es definir la distancia a la que se encuentran los puntos a incluir.

La elección de esta variable está directamente asociada a la cantidad de puntos de entrada con los que se cuenta, su distribución y el objetivo de la interpolación; como es el caso del presente artículo, las variables evaluadas representan las características de una zona no mayor a dos lados de manzana puesto que corresponde a la línea de vista, por lo tanto las características de un punto no deberían influenciar un área mayor a esta, de manera independiente a la cantidad de puntos disponibles para la interpolación

- Las barreras: son elementos que delimitan áreas en los que no se tendrán en cuenta los puntos localizados al interior de ellas.

Para este caso se generaron 3 escenarios en los que se estableció como parámetro para la definición del conjunto de puntos que participan en la ponderación para cada celda, un radio fijo de búsqueda con distancias elocuentes con lo que correspondería en promedio una línea vista que se puede tener desde cada punto capturado en campo y que sería el área en el espacio público que puede estar representada en cuanto a sus características observadas en cada uno de los factores:

1. Un primer escenario se realizó con una potencia de 2 con 150 metros en el radio de búsqueda.

2. Un segundo escenario se realizó con una potencia de 3 con 150 metros de radio de búsqueda.
3. Un tercer escenario se realizó con una potencia de 2 con 100 metros en el radio de búsqueda.

1.4. VALIDACIÓN MEDIANTE ERROR MEDIO CUADRÁTICO

Para la elección de uno de estos tres escenarios con los que posteriormente se hará la zonificación, existen muchos índices que permiten evaluar la precisión de una interpolación, uno de los métodos más utilizados y que permite evaluar el error de estimación general, como también su sensibilidad es el error medio cuadrático (Rocha Salamanca & Gómez Martínez, 2014). De manera que se aplica la ecuación (2) (Santana, 2006).

$$MSE = \frac{1}{h} \sum_{k=1}^h e_{t+k}^2 \quad (2)$$

Dónde e_{t+k}^2 es el error de la interpolación y h el tamaño de la muestra. Por lo tanto se calculan las varianzas de cada uno de los puntos, y la sumatoria de sus cuadrados se divide entre la totalidad de los puntos teniendo así el error para cada escenario de interpolación.

1.5. GENERACIÓN DE ÁREAS DE SERVICIO

Por otra parte, se requiere la generación de las áreas de servicio de los Centros de Atención Inmediata - CAI, para lo cual se busca generar isocronas, las cuales corresponden a líneas trazadas entre los diferentes puntos que se pueden alcanzar en un mismo periodo de tiempo desde o hacia los puntos analizados (Bauer, y otros, 2008), teniendo en cuenta las vías de acceso (sin tener en cuenta restricciones de sentido vial pues se considerara el acceso peatonal) y los tiempos de recorrido fijados en función a las distancias y una velocidad promedio de recorrido de 5 km/h.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

2.1. GENERACIÓN DE ESCENARIO DE INTERPOLACIÓN

Como producto de los tres escenarios de interpolación realizados para la zonificación de los puntos iniciales, se obtuvieron los siguientes resultados representados a continuación mediante una rampa de colores.

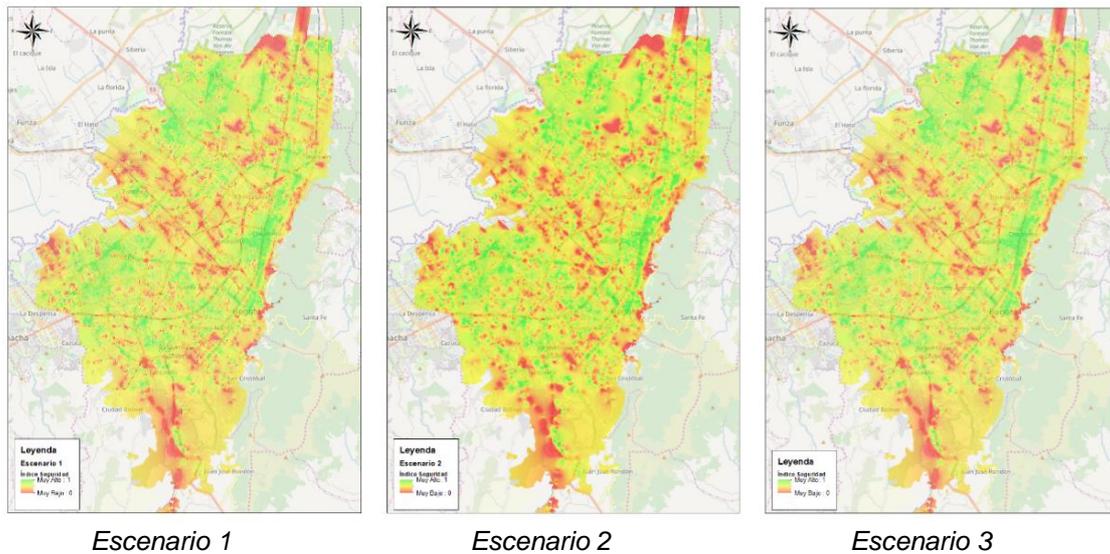


Figura 3. Mapas de calor resultado de la interpolación con los escenarios 1, 2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Las representaciones de la figura 3 muestran la totalidad del área de estudio, por lo tanto esta realizada en una escala pequeña en la que no se evidencian fuertes diferencias entre los escenarios, por lo tanto podemos revisar el comportamiento de la modificación de las variables a una escala más grande con el siguiente caso: se observa la siguiente relación:

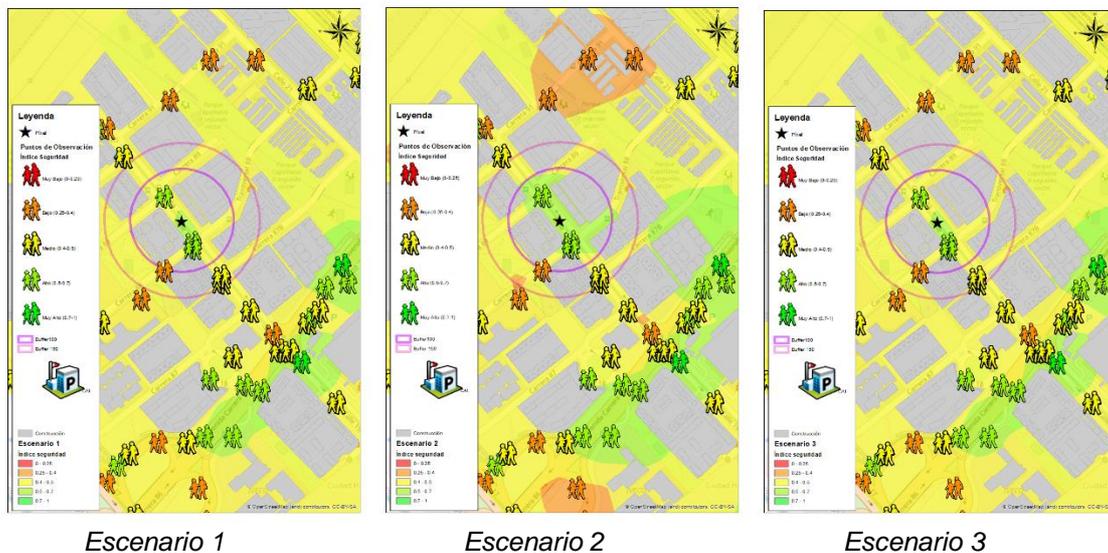


Figura 4. Resultado las interpolaciones realizadas en los escenarios 1, 2 y 3 (a escala 1:3.500).

Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 1, se evidencia que se pierde un poco la correspondencia entre el valor de entrada y el resultado de la interpolación, pues se observan algunos puntos aislados donde se le da mayor relevancia a los circundantes que en este caso están clasificados como media, pero el valor de entrada era alto, entonces los puntos que se encuentran dentro del buffer de 105 metros generan una mayor influencia en el píxel evaluado. El escenario 3 es muy similar al 1, pues las áreas resultantes tienen muy pocas variaciones entre sí pero se observa una diferenciación en zonas con escasos valores de entrada, donde se da relevancia a los puntos más próximos a pesar de tener menos cantidad.

Con respecto al escenario 2, a pesar de que el área es un poco mayor al escenario 3, la influencia de los puntos cercanos al pixel evaluado aumenta notablemente, lo que permite que a pesar de existir muchos puntos de entrada con una categoría, la presencia pocos puntos con categoría diferente prevalece en la superficie interpolada, tal y como se observa en el pixel evaluado en la figura 5.

1.1. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ÓPTIMO DE INTERPOLACIÓN

Se evalúa el error medio cuadrático como estadístico de selección de escenario ya que determina cual genera mayor ajuste a los datos y por ende representa mejor el fenómeno de estudio obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1. Error medio cuadrático por escenario de interpolación.

Interpolación	Error medio cuadrático
1	0.004100687
2	0.002626827
3	0.004100757

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 1, el escenario de interpolación con menor error cuadrático fue el segundo, con un valor de 0.002626827, que teniendo en cuenta las observaciones anteriormente mencionadas es el más fiel a los datos iniciales y permite una zonificación más cercana a la caracterización establecida en los puntos de campo.

De esta manera al comparar los escenarios 1 y 2 se hace visible el efecto de la variación en la potencia, de manera que su aumento tiene una relación directa con la preservación de valores aislados, y al disminuirse realiza una generalización más amplia.

Comparando los escenarios 1 y 3, en los que se generan las variaciones en los radios de búsqueda dentro de los rangos de las líneas de vista posibles dentro del espacio público, que para este caso fueron definidos entre 100 y 150 metros, las diferencias son muy pequeñas tanto en una revisión visual como en los resultados del error medio obtenidos.

Finalmente se puede definir la potencia como el parámetro con mayor impacto dentro de la función de interpolación, pues su influencia en los resultados obtenidos al generar una variación son los que más diferencias presentan.

En este escenario se tuvo las siguientes áreas en cuanto al índice de seguridad:

Tabla 2. Áreas totales por índice de seguridad.

Índice de seguridad	Área en Km2	% de área
Muy Baja	2.553127402	0.62%
Baja	69.6117751	17.00%
Media	276.5223134	67.52%
Alta	60.54684701	14.78%
Muy Alta	0.300387068	0.07%

Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores se evidencia que el 67% del área de estudio se encuentra con un índice de seguridad medio, por lo tanto en más de la mitad del área los factores no conforman un espacio propio para el desarrollo libre de los transeúntes, pues la medición de estos demuestra que no son suficientes ya sea por una baja evaluación compensada con otros factores, o una evaluación regular de todos los factores.

Con respecto al área evaluada entre alta y muy alta del índice de seguridad, se acerca al 15% por lo tanto se evidencia una gran falta de condiciones en la mayor parte de la ciudad, la infraestructura puede encontrarse muy centralizada en puntos específicos y esto mostraría una baja equidad del aseguramiento de la población en el espacio público.

Finalmente las áreas evaluadas con un índice de seguridad entre bajo y muy bajo corresponden al casi 18%, superando las áreas menos vulnerables (índice alto y muy alto), en las que la ponderación de los 7 factores es muy baja y por lo tanto podría considerarse como zonas intransitables en la noche. Estas zonas serán detalladas a continuación:

1.2. ÍNDICE DE SEGURIDAD BAJO:

A partir del escenario 2 de interpolación, las áreas resultantes en la categoría de índice de seguridad bajo fueron las siguientes:

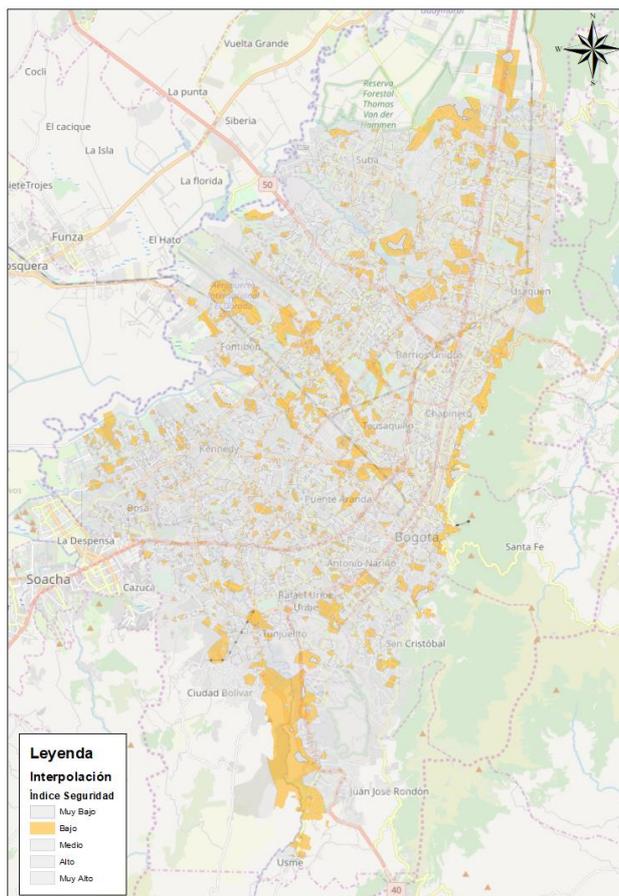


Figura 5. Zonas resultantes con índice de seguridad Bajo.

Fuente: Elaboración propia.

Puntos aproximados con las 5 áreas más grandes calificadas como bajo en índice de seguridad:

Tabla 3. Direcciones aproximadas de los centroides correspondientes a las áreas más grandes clasificadas con índice bajo de seguridad.

Dirección del centroide	Área en Km2
CL 73A SUR con 14	15.091863
AC 201 con 67	11.775181
CL 25 D con 95 A	2.013725
KR 5 E con 19 ^a	1.703914
KR 1A con 45B	1.602737

Fuente: Elaboración propia.

Los 10 barrios con mayor área de índice bajo son los siguientes:

Tabla 4. Los 10 barrios con mayor área de índice bajo.

Localidad	Barrio	Área Km2
Ciudad Bolívar	VEREDA EL MOCHUELO II	3.1017
Suba	VEREDA LA CONEJERA	1.2704
Suba	LA CONEJERA II ETAPA	1.0919
Usaquén	JARDINES DE PAZ	0.9423
Fontibón	AEROPUERTO EL DORADO	0.9168
Suba	VEREDA CASABLANCA SUBA	0.9067
Usme	BARRIO EL MOCHUELO ORIENTAL	0.90293
Usme	HACIENDA CANTARRANA	0.8088
Ciudad Bolívar	BARRIO EL MOCHUELO ORIENTAL	0.80643
Suba	PARCELACION SAN JOSE	0.6362

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos los lugares en la ciudad de Bogotá donde más se percibe la inseguridad (con un índice bajo) son direcciones ubicadas en las localidades de Ciudad Bolívar, Suba, Usaquén, Fontibón y Usme; locaciones ubicadas en la periferia de la capital, donde se percibe cierto aire de ruralidad, el acceso a las viviendas se ve sujeto a desplazamientos en la mayoría de casos extensos desde los lugares de trabajo, en los cuales se hacen distintos recorridos por más de dos medios de transporte e incluso a pie.

Algunos de estos espacios ubicados en las laderas de la montaña, lo que implica condiciones particulares en las situaciones que se presentan en el entorno, desde largas escaleras que impiden el acceso de las autoridades a las casas, a calles con difícil movilidad en lugares donde residen personas que padecen diversas patologías.

Sumado al fenómeno de asentamiento de diferentes migrantes resultantes de distintas realidades de la ciudad, el país e incluso el mundo; presentando una multiculturalidad en el ambiente que se refleja desde la cotidianidad.

1.3. ÍNDICE DE SEGURIDAD MUY BAJO:

A partir del escenario 2 de interpolación, las áreas resultantes en la categoría de índice de seguridad muy bajo fueron las siguientes:

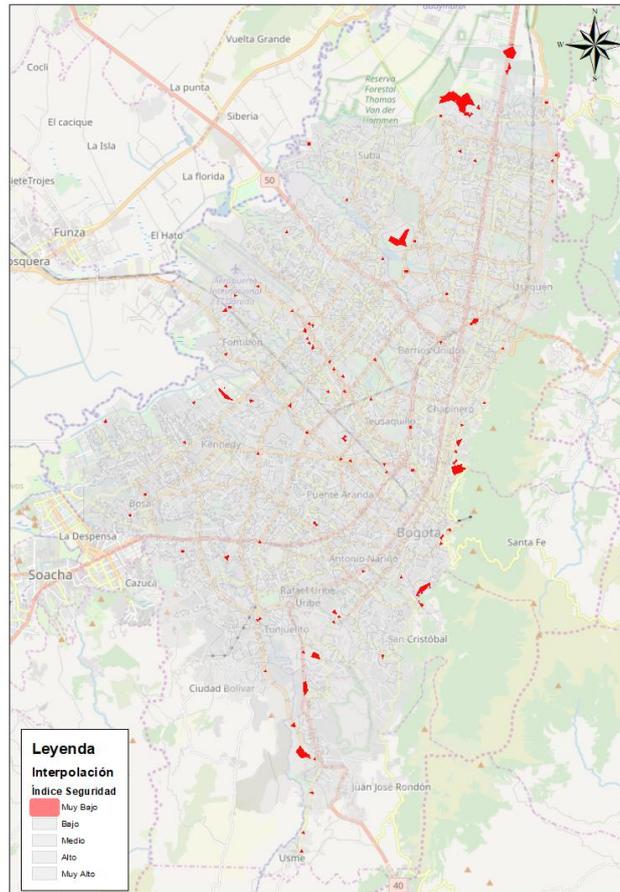


Figura 6. Zonas resultantes con índice de seguridad Bajo.

Fuente: Elaboración propia.

Puntos aproximados con las 5 áreas más grandes calificadas como muy bajo en índice de seguridad:

Tabla 5. Direcciones aproximadas de los centroides correspondientes a las áreas más grandes clasificadas con índice muy bajo de seguridad.

Dirección del centroide aproximada	Área en Km2
CL 182 con 76	0.791558
KR 81 con 127 A	0.255094
DG 38 con 1 ESTE	0.227715
CI 3 SUR con 7 ^a	0.217021
AK 45 con 208	0.174268

Fuente: Elaboración propia.

Los 10 barrios con mayor área de índice muy bajo

Tabla 6. Los 10 barrios con mayor área de índice muy bajo.

Localidad	Barrio	Área Km2
Suba	SAN JOSE DE BAVARIA I, II, III Y IV SECTOR	0.5085
Santa Fé	PARQUE NACIONAL	0.1632
Suba	EL CARMEN	0.1616
Usaquén	JARDINES DE PAZ	0.1177
Suba	LA CONEJERA II ETAPA	0.09722
Suba	AGRUPACION DE VIVIENDA EL BALCON DE LINDARAJA	0.09360
Kennedy	CASA FUNDICION OTERO DE SAN FRANCISCO	0.09024
Usme	HACIENDA CANTARRANA	0.08341
Suba	BARRIO ALMIRANTE COLON	0.0701
Santa Fé	BARRIO EL DORADO	0.4611

Fuente: Elaboración propia.

Según las zonas con un índice de seguridad muy bajo se encuentran en las localidades de Suba, Kennedy, Usaquén, Usme y Santa Fé; en barrios donde el estrato socioeconómico oscila entre el 1 y el 2, y son densamente poblados, razón por la cual para las personas que aquí residen se dificulta la satisfacción de necesidades básicas, entre las cuales se puede contar la alimentación, la salud y la educación de calidad.

Algunas de las zonas resultantes, estas condiciones de vulnerabilidad se acentúan por las diferentes expresiones de violencia son en muchos casos culturales y se convierten en hábitos donde los individuos distorsionan realidades y límites. Además, donde la educación juega un papel incipiente en la dinámica social, debido a los altos índices de deserción y desescolarización, convirtiendo a los individuos en mano de obra económica, no capacitada; limitando las posibilidades a la hora de acceder a un trabajo, asistir a la universidad o adquirir algún bien.

Resaltando la presencia de otras problemáticas como el acceso, consumo y venta de sustancias psicoactivas en el mismo territorio donde permanecen niños, niñas, adolescentes e incluso ancianos, alterando así la percepción de legalidad. Y permitiendo que en la cotidianidad se cometan diversos delitos y crímenes.

Generando que la vulnerabilidad en cuanto a las condiciones de las áreas determinadas por un índice de seguridad muy bajo, cruzado con la amenaza que constituye cada uno de estos factores sociales se convierta en un detonante para la el aumento de actos criminales e importantes afectaciones a la comunidad.

1.4. Relación del índice con áreas de servicio de los CAI

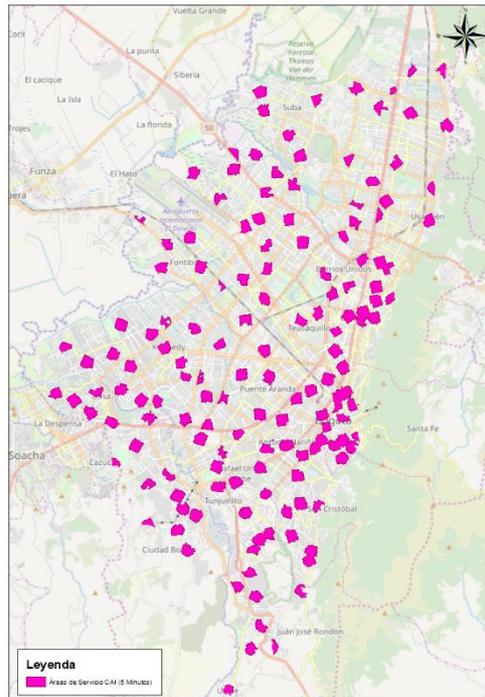


Figura 7. Áreas de servicio de acceso a los CAI en 5 minutos.
Fuente: Elaboración propia.

Al delimitar un área de servicio de los CAI circundante con acceso aproximado de 5 minutos caminando, se evidencian las siguientes cantidades de área por tipo de índice de seguridad

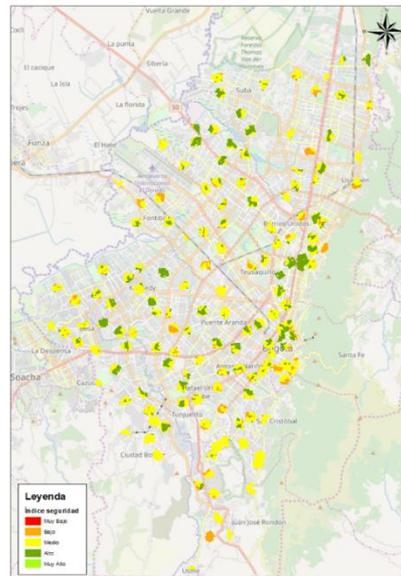


Figura 8. Áreas de servicio de CAI clasificadas por índice de seguridad
Fuente: Elaboración propia.

Visualmente prevalece el índice de seguridad medio (amarillo) para las áreas de servicio de los CAI, seguido por el índice evaluado como alto (verde oliva), con algunas zonas

más escasas categorizadas en bajo; los categorías extremas tanto muy bajo como muy alto no son evidentes en una escala pequeña como la mostrada en la figura. Lo anterior se valida con la información porcentual relacionada en la Tabla 7.

Tabla 7. Distribución de las áreas de servicio de los CAI por índice de seguridad.

Índice de seguridad	Área en Km2 en zonas de servicio de CAI	% de área
Muy Baja	0.03199	0.08%
Baja	4.73921	12.09%
Media	23.329435	59.51%
Alta	11.03628	28.15%
Muy Alta	0.06842	0.17%

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Para la realización de una interpolación es fundamental conocer los datos, su cubrimiento del área de estudio y sobre todo comprender la aplicación de la información que representa, en el caso del presente artículo, los puntos georreferenciados representaban la zona de observación que se tenía desde cada uno, por lo tanto cada punto conocido era una representación del área que se encontraba dentro de la línea de vista desde el lugar de la toma, considerando una línea de vista entre 100 y 150 metros. Por estas razones es que se concluyó que un método determinístico y matemático como lo es IDW es adecuado para la ejecución de una interpolación con las características de los datos de entrada.

Una vez se define el método para interpolar se hace necesario evaluar las variables y su efectividad en cuanto al objetivo de la interpolación, por esta razón hallar el error medio cuadrático entre diferentes escenarios permite una calibración de los parámetros del modelo, relacionando el conocimiento del valor y distribución espacial de los datos, y especialmente el objetivo para el cual se va aplicar. En el presente estudio se observó el parámetro de potencia es el que mayor diferencias generó en el modelo, pues los escenarios que evidenciaban su cambio no solamente presentaron mayores diferencias en el MSE sino también visualmente podía verificarse como se modificaba la zonificación, mientras que el parámetro radio de búsqueda se ve restringida dada la interpretación de los datos, por lo que su variación no influyó dentro del modelo pero que el rango asignado permitió delimitar las zonas que cada observación representaba.

Las zonas obtenidas que fueron calificadas como baja y muy baja se encuentran en las localidades de Suba, Kennedy, Usaquén, Usme y Santa Fé, con dos contextos principalmente: un primer contexto se desarrolla en las zonas veredales que tienen una muy baja densidad poblacional y constructiva, especialmente barrios localizados en las periferias de la ciudad, y por lo tanto a pesar de estar delimitadas como zonas urbanas, no cuentan con la infraestructura correspondiente y por la misma baja densidad de transeúntes la atención brindada por las autoridades, planeación entre demás entidades relacionadas es más baja, debido a que son los factores determinantes para inversión en seguridad urbana. Un segundo contexto se presenta en barrios con una alta concentración poblacional.

Estas son zonas que requerirían una atención especial y una revisión de la necesidad de tránsito de la comunidad por ellas, pues además de limitar el libre acceso por medio de malas condiciones que aseguren su uso, pueden convertirse en focos de criminalidad

al ser determinadas y efectivas en cuanto a la escasa atención por grupos al margen de la ley.

Por otra parte, se puede concluir que las medidas aquí utilizadas pueden ser subjetivas y también pueden estar sujetas al día y época del año de la observación, en algunos casos se evidenciaban puntos muy próximos a menos de 10 metros con evaluaciones distintas por lo tanto se haría necesario una segunda fase de evaluación en campo con expertos, seguimiento en diferentes e inclusión de una variable temporal permitirían un mejor detalle en las zonas aquí delimitadas.

Con respecto a la caracterización del área de servicio de los CAI la relación es similar a la encontrada en todo el área de estudio pues más de la mitad está calificada como media, pero se evidencia un aumento en las áreas calificadas como altas lo que indica que la presencia de CAI puede impactar positivamente las zonas y la instalación de estos comandos puede ser una solución a la conformación de un espacio urbano seguro, pues a su vez las áreas señaladas como bajas tienen una disminución ligera en cuanto a su relación porcentual.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bauer, V., Gamper, J., Loperfido, R., Profanter, S., Putzer, S., & Timko, I. (2008). Computing isochrones in multi-modal, schedule-based transport networks. *I. (2008). Computing isochrones in multi-modal, schedule-based transport networks. Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems - GIS.*
2. Childs, C. (2004). Interpolating Surfaces in ArcGis Spatial Analyst. *ESRI Education Services*, 32-35.
3. DECRETO 346. (1 de Septiembre de 2006). Bogotá, D.C., Colombia: Registro Distrital.
4. ESRI. (2019). *ArcGis for Desktop*. Obtenido de Cómo funciona IDW: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>
5. LEY 1712. (06 de Marzo de 2014). Colombia: Gaceta de la Corte Constitucional.
6. LEY 9. (11 de Enero de 1989). Colombia: Diario Oficial No. 38.650 de República de Colombia - Gobierno Nacional.
7. Programa de Conflicto, Seguridad y Desarrollo del IISS. (2018). *Paz y Seguridad en Bogotá: Transformaciones y Perspectivas Después del Conflicto Armado*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá.
8. Robinson, T., & Metternicht, G. (Comput. Electron. Agric. 50, 97–108. de 2006). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50, 97–108.
9. Rocha Salamanca, M., & Gómez Martínez, D. (2014). ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN ESPACIAL UTILIZANDO DATOS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN POST-STACK. *MEMORIAS Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia*.
10. Santana, J. (2006). Predicción de series temporales con redes neuronales: una aplicación a la inflación colombiana. *Revista Colombiana de Estadística*, 77- 92.
11. Secretaría de la Mujer. (2016). El derecho de las mujeres al disfrute de la ciudad y la noche. *8 Boletín informativo de la Secretaría Distrital de la Mujer*, 32.
12. Secretaría Distrital de la Mujer - Gestión del Conocimiento. (27 de Noviembre de 2018). *Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital IDECA* -

- Subgerencia de Operaciones.* Obtenido de <https://serviciosgis.catastrobogota.gov.co/arcgis/services/mujeres/seguridad/MapServer/WFSServer?request=GetCapabilities&service=WFS>.
13. Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia - Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos. (16 de Noviembre de 2018). *Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital IDECA - Subgerencia de Operaciones.* Obtenido de https://oaiee.scj.gov.co/agc/services/Tematicos_NR/EquipamientoPMSDSCJ/MapServer/WFSServer?request=GetCapabilities&service=WFS.
 14. Shumeev, S. S. (2010). GIS and territorial planning. *ICCCBE*, 1.
 15. Sosa Velásquez, M. (2012). *¿Cómo entender el territorio?* Guatemala: Cara Parens.