

PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
RELACIONES ENTRE LA CRIMINALIDAD Y LOS DIFERENTES SITIOS DE
ESPARCIMIENTO EN BUCARAMANGA, POR MEDIO DE MÉTODOS DE
ANÁLISIS ESPACIAL.

JOSÉ JULIAN RODRIGUEZ ARIAS,
MANUEL LEONARDO NEYRA MOLINA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2021

PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
RELACIONES ENTRE LA CRIMINALIDAD Y LOS DIFERENTES SITIOS DE
ESPARCIMIENTO EN BUCARAMANGA, POR MEDIO DE MÉTODOS DE
ANÁLISIS ESPACIAL.

JOSÉ JULIAN RODRIGUEZ ARIAS,
MANUEL LEONARDO NEYRA MOLINA

TRABAJO DE GRADO

Director: FEISAR ENRIQUE MORENO CORSO
Co-Director: LEONARDO HERNAN TALERO SARMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
INGENIERIA
INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2021

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
RESUMEN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	10
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Justificación	11
2. OBJETIVOS Y PRODUCTOS	12
2.1. Objetivo General	12
2.2. Objetivos Específicos	12
2.3. Productos	12
3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	14
3.1. Antecedentes	14
3.2. Estado del Arte	17
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1. Criminalidad	23
4.2. Cartografía	24
4.3. Análisis Espacial	30
4.4. Teoría del Color	34
5. MARCO METODOLÓGICO	38
5.1. Definición de requerimientos	39
5.2. Casos de uso	40
5.3. Diagramas de secuencia	47
5.4. Interfaz	52
5.5. Desarrollo	57
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7.1. Conclusiones	68
7.2. Recomendaciones	69
Bibliografía	70

ANEXOS	74
Anexo 1:Manual de usuario.	74
Anexo 2: Código fuente del software.	81
Anexo 3: Parques de la ciudad de Bucaramanga.	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	11
Figura 2. Ejemplo de mapa antiguo	25
Figura 3. Latitud y Longitud	26
Figura 4. Proyección cilíndrica.....	27
Figura 5. Proyección cónica.....	28
Figura 6. Proyección Azimutal	28
Figura 7. Designaciones de la zona de la cuadrícula del Universal Transverse Mercator (UTM).....	30
Figura 8. Mapa de calor con KDE	32
Figura 9. Muestra gráfica de I de Morán	34
Figura 10. Rueda del color.....	35
Figura 11. Modelo RGB	36
Figura 12. Modelo CMYK.....	36
Figura 13. Modelo HSV.....	37
Figura 14. Fases del prototipado rápido	39
Figura 15. Casos de uso.....	41
Figura 16. Diagrama de actividades: Cargar KML	42
Figura 17. Diagrama de actividades: Método KDE.	44
Figura 18. Diagrama de actividades: Generar Mapa.	45
Figura 19. Diagrama de actividades: Exportar Mapa.	46
Figura 20. Diagrama de actividades: Calculo I de Morán.	47
Figura 21. Diagrama de secuencia: Carga KML	48
Figura 22. Diagrama de secuencia: Método KDE.....	49
Figura 23. Diagrama de secuencia: I de Moran.	50
Figura 24. Diagrama de secuencia: Mapa.	51
Figura 25. Diagrama de secuencia: Exportar Mapa.....	51
Figura 26. Boceto Interfaz inicial.....	52
Figura 27. Boceto Interfaz seleccionar archivo	53
Figura 28. Boceto interfaz buscador de archivos.....	54
Figura 29. Boceto interfaz valido.....	54
Figura 30. Boceto interfaz calculo KDE	55
Figura 31. Boceto Interfaz mapa.....	56
Figura 32. Boceto Interfaz exportar.....	56
Figura 33. Prueba de software 1	59
Figura 34. Prueba de software 2.....	60
Figura 35. Prueba de software 3.....	61
Figura 36. Prueba de software 4.....	62
Figura 37. Prueba de software 5.....	63
Figura 38. Prueba de software 6.....	64
Figura 39. KML exportado e importado en Google Earth 1.....	65

Figura 40. KML exportado e importado en Google Earth 2.....66
Figura 42. Anexo Manual de Usuario 1.....74
Figura 43. Anexo Manual de Usuario 2.....75
Figura 44. Anexo Manual de Usuario 3.....76
Figura 45. Anexo Manual de Usuario 4.....77
Figura 46. Anexo Manual de Usuario 5.....78
Figura 47. Anexo Manual de Usuario 6.....79
Figura 48. Anexo Manual de Usuario 7.....80

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Productos.....	12
Tabla 2. Estado del Arte	17

INTRODUCCIÓN

El crimen siempre ha sido una de las mayores amenazas dentro de una población, sin embargo, el crimen tiende a concentrarse en algunas zonas más que en otras, ante eso se busca determinar una relación entre su lugar de ocurrencia y los diferentes sitios de esparcimiento. Cada acto de crimen tiene su respectivo dato espacial, el cual está asociado con una referencia geográfica, lo que permite localizarlo dentro de un conjunto de datos.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar un prototipo de herramienta que ayude en la identificación de relaciones entre dos conjuntos de datos, a partir de métodos de análisis espaciales como Kernel Density Estimator (KDE) y una adaptación de la I de Morán, que estima la función de densidad de probabilidad de una variable ayudada con detección de correlación.

Con los métodos de análisis espacial se puede evaluar con el modelo implementado por medio de su aplicación a los dos conjuntos de datos, la criminalidad en el municipio y la cartografía de los sitios de interés y esparcimiento.

RESUMEN

El documento narra el proyecto desde un planteamiento del problema donde se entiende la relevancia del crimen en la sociedad, mostrando así la problemática que se requiere atender y la importancia que el proyecto tiene en esta problemática que sirve como herramienta para analizar el crimen en sectores específicos y espacios de esparcimiento específico encontrando una relación para realizar un determinado análisis profundo, en el capítulo dos se encuentran los objetivos generales y específicos con los cuales se va a realizar para realizar el proyecto, lo cual genera unos productos pertenecientes a esos objetivos, el capítulo tres narra los antecedentes que tiene cada tema a tratar dentro del proyecto y estado del arte como las aplicaciones que tienen características similares a la finalidad del proyecto tratado en este documento, en el marco teórico se trata la definición de los temas que se trata en el documento para un mayor entendimiento a lo que se realizará en el proyecto, los temas tratados son, el crimen, debido a que es el problema planteado, cartografía, debido a que se trata de analizar el crimen desde una ubicación geográfica, análisis espacial que es la manera en la que se hace el análisis del proyecto en relación con el crimen describiendo métodos de análisis espacial, índice de morán debido a la variante que se realiza en el proyecto para el análisis de correlación del problema planteado con el lugar de esparcimiento y por último la teoría del color explicando de que trata para el uso de los colores dentro del mapa de densidades en la elaboración del proyecto, el capítulo cinco trata del marco metodológico explicando las herramientas con las cuales se realiza el proyecto, para luego explicar el desarrollo del mismo, dando paso al análisis de resultados haciendo pruebas del software experimentando el resultado adecuado para realizar la conclusión de la existencia o no del crimen y el lugar de esparcimiento estudiado en este documento, como también el alcance y trabajos futuros.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El crimen es un problema esparcido por todo el mundo, ya sean hurtos, homicidios, actos terroristas, entre otros. Esto no solo afecta al sector social, sino también al sector de la salud pública, en la Cuadragésima Novena Asamblea Mundial de la Salud adoptó la resolución WHA49.25, declarando que la violencia es un problema de salud pública importante y creciente en todo el mundo.(49Th World Health Assembly, 1996). Con respecto a las causas del crimen, estas son altamente discutidas ya que existen varias teorías y estudios que intentan explicar sus causas, en donde ninguna puede considerarse como completa; que determina y explica todas las posibles causas de este suceso. Sin embargo, algunas de las causas objetivas del crimen son: la pobreza, la exclusión, la falta de presencia del Estado, la escasa provisión de servicios sociales y la desigualdad de ingresos o de activos (Sánchez & Núñez, 2001).

Donde Colombia no es una excepción a esto, la tasa de criminalidad desde el año 2011 ha aumentado de un 2,549 noticias criminales por cada 100,000 habitantes a 3,087 noticias para el año 2018 (Nación, 2020), en cuanto a la economía “las fases de la economía influyen al crimen de tal forma que las condiciones de precariedad asociadas con el declive económico están vinculadas positivamente con el incremento de la criminalidad”. (David & Garay, 2014). El crimen en Bucaramanga ha aumentado desde el año 2010 al 2018 de manera significativa de pasar de 8.693 casos de delito en el año 2010 a 13,492 delitos en el año 2018 (Observatorio Digital Municipal de Bucaramanga, 2020), considerando este incremento se ve evidenciado lugares recurrentes en los que los delitos son más recurrentes, es decir, hay lugares en los que el delito es más frecuente que en otros, lugares como por ejemplo San Francisco, el centro y el norte, son lugares en Bucaramanga donde frecuentemente tienen mayor delitos en el año, estos se encuentran entre los cinco barrios con mayor delito en Bucaramanga. Factores socio-demográficos de las localidades, espacios de esparcimiento, concurrencia de personas, entre otras, son factores que pueden contribuir a la relación entre la localidad y el crimen.

Figura 1. Árbol de problemas



Fuente: Los Autores

1.2. Justificación

Este proyecto surge de la problemática del crimen que viene afectando la ciudad de Bucaramanga, problema que afecta tanto al país como a nivel mundial, este proyecto tiene como finalidad analizar el crimen en el municipio de Bucaramanga con el método de análisis espacial KDE que comprende cómo se distribuye un evento dentro de un espacio geográfico, con este método se puede evidenciar de manera gráfica y específica los puntos en los que se encuentra una mayor concentración del crimen en la ciudad de Bucaramanga, al ser un estudio acerca del crimen puede generar una ayuda a los agentes competentes de la labor de orden y seguridad para que pueda intervenir o hacer énfasis en la investigación en estos lugares en los que se haya encontrado una relación estrecha con el crimen.

2. OBJETIVOS Y PRODUCTOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de herramienta que ayude en la identificación de relaciones entre diferentes conjuntos de datos, a partir de métodos de análisis espaciales como Kernel Density Estimator (KDE) y correlación basada en la I de Morán.

2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el prototipo de herramienta software con el método de análisis espacial a implementar, KDE con detección de co-ocurrencia.
- Implementar el módulo de carga de capas cartográficas.
- Implementar la librería de análisis espacial diseñada, junto con el módulo de visualización y exportación de resultados de análisis.
- Evaluar el modelo implementado por medio de su aplicación a dos conjuntos de datos, criminalidad en el municipio de Bucaramanga y cartografía de sitios de interés y esparcimiento.

2.3. Productos

Tabla 1. Productos.

Objetivos específicos	Actividades	Productos
Diseñar prototipo de herramienta software con el método de análisis espacial a implementar, KDE con detección de co-ocurrencia.	Definir los requerimientos a implementar en la herramienta software	Documentos de definición de requerimientos, análisis y diseño. (Sección del libro desde 5.1 al 5.4)
	Definir y detallar los casos de uso de la aplicación tomando como base los requerimientos definidos	
	Diseñar los diferentes componentes software que conformarán la aplicación	

	Diseñar las interfaces de carga, aplicación de métodos y visualización de resultados	
Implementar módulo de carga de capas cartográficas.	Definir el tipo de cartografía a cargar	Módulo de carga de archivos cartográficos. (Anexo 2).
	Implementar el módulo de carga	
Implementar la librería de análisis espacial diseñada, junto con el módulo de visualización y exportación de resultados de análisis	Implementar el formulario de definición de parámetros del método	Módulo software de análisis espacial con implementación KDE. (Anexo 2).
	Implementar el método de análisis espacial	
	Implementar el módulo de visualización y exportación	
Evaluar el modelo implementado por medio de su aplicación a dos conjuntos de datos, criminalidad en el municipio de Bucaramanga y cartografía de sitios de interés y esparcimiento	Seleccionar y depurar la información a analizar	Documentos de aplicación y análisis de resultados. (sección del libro del 5.5 y 6.)
	Aplicar los métodos implementados	
	Realizar el análisis de los resultados obtenidos	

Fuente: Los Autores

3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

3.1. Antecedentes

Desde hace un poco más del año 1800, el análisis espacial despierta el interés de los investigadores por brindar de una manera visual, cartográfica, la distribución de datos en un lugar específico, desde ese momento se usa para interpretar fenómenos del clima, crimen, economía, entre otros.

El crimen ha sido un problema que ha afectado a gran parte de la población mundial y el país de Colombia como la ciudad de Bucaramanga no se salvan de esta problemática, por consecuencia se han desarrollado mecanismos y herramientas para el análisis del crimen.

En 1854 se realiza uno de los primeros mapas cartográficos con análisis espacial hecho por John Snow (Cerdeña Lorca & Valdivia C., 2007) el cual estudiaba la razón por la cual se presentaban brotes de cólera con una inusual intensidad en el área de Broad Street, este tenía la hipótesis de que esto era debido a las tuberías que se transportaban por la zona, es decir que el agua que llegaba a los hogares estaba contaminada y era la razón de este aumento de la enfermedad, realizó un análisis espacial ubicando las bombas de agua de Broad Street y las muertes provocadas por el cólera, con esto se ayudó a que se investigará y se encontrará que a 6 metros bajo tierra la alcantarilla al estar tan cerca del agua de la bomba, se filtra y ocasiona estos olores fétidos, al ser inhabilitada estas fuentes de agua, se encontró un mejoramiento en el contagio de la enfermedad.

En 1954 se (Clark & Evans, 1954) comienzan estudios para proporcionar la distancia de un individuo a otro que proporciona una variable para la medición del espaciamiento que evita el uso de los cuadrantes y, por lo tanto, elimina el efecto del tamaño del cuadrante. La medida de espaciamiento descrita en este documento se ha aplicado a las distribuciones de tres especies de forbs de pastizales.

Para demostrar la simplicidad y facilidad de interpretación de esta medida, se ha aplicado a una distribución aleatoria construida sintéticamente, a la distribución de tres especies de plantas de pastizales cuyos patrones mostraban varios grados de agregación, y a la distribución de árboles en un bosque de robles y nogales donde se sospechaba que el patrón era más uniforme que el aleatorio.

Esta medida requiere un conocimiento de la verdadera densidad de la población. Si se conoce, puede aplicarse a poblaciones en las que se considera poco práctico medir la distancia al vecino más cercano para todos los individuos. En tales casos,

una estimación de la distancia media al vecino más cercano puede ser sustituida por su verdadero valor.

Esta estimación dará resultados más satisfactorios si se basa en una muestra verdaderamente aleatoria de individuos, pero puede obtenerse de cuadrantes seleccionados al azar.

En 1966 (Harvey, 1966) se explora la posibilidad de probar modelos teóricos de localización contra patrones del mundo real utilizando técnicas de muestreo en cuadrantes. Cualquier patrón de puntos puede describirse utilizando esta técnica y, dada la suficiente capacidad matemática, podemos predecir la distribución de probabilidad teórica de los puntos que resultará de cualquier teoría de localización dada. El ejemplo concreto que se examina es el de un modelo de difusión de dos pasos que debería dar lugar a una distribución de probabilidad contagiosa. Cuatro de estas distribuciones se ajustan a los datos cartografiados de T. Hägerstrand sobre la difusión de las innovaciones en el centro de Suecia. Son la Thomas Double Poisson, la Neyman Tipo A, la Polya Aeppli, y la Binomial Negativa. La distribución del Binomio Negativo es la que mejor se ajusta, lo que sugiere que el modelo de flujo de dos pasos está justificado y que el proceso que rige la difusión es de carácter logarítmico. La conclusión sugiere que, a pesar de las limitaciones técnicas, se pueden utilizar técnicas de muestreo en cuadratura para probar dicho modelo. Además, la técnica podría utilizarse para probar cualquier patrón teórico de puntos contra cualquier patrón del mundo real.

Por otro lado y enfocándose en el análisis espacial del crimen, en los 1900 el departamento de policía de Nueva York (Harries, 1995) analizaron los crímenes ocurridos gracias los llamados "Pin Maps", los cuales consisten en poner pines en los distintos lugares en los que ocurrió el crimen por medio de un mapa físico de la ciudad, estos "pin maps" tuvieron ciertas dificultades y limitaciones, como por ejemplo el seguimiento de una acción delictiva en el transcurso del tiempo, lo que llevó a realizar estos procesos de manera virtual casi al final de este siglo.

En los años 90, ESRI (Tate, 2018) desarrolla un Sistema de Información Geográfica denominado ArcGIS, esta herramienta puede capturar, almacenar, administrar y analizar datos, al ser una herramienta cartográfica se puede visualizar e interpretar los datos capturados por el sistema.

Como aplicaciones en 2008 (Xie & Yan, 2008) se realiza la Estimación de la Densidad del Núcleo (KDE) estándar planar que tiene como objetivo producir una superficie lisa de densidad de eventos espaciales en un espacio geográfico de 2-D. Sin embargo, la KDE planar puede no ser adecuada para caracterizar determinados acontecimientos puntuales, como los accidentes de tráfico, que suelen ocurrir dentro de un espacio lineal en 1-D, la red de carreteras. En este documento se

presenta un novedoso enfoque de KDE de red para estimar la densidad de esos acontecimientos puntuales espaciales. Una característica fundamental del nuevo enfoque es que el espacio de la red se representa con unidades básicas lineales de igual longitud de red, denominadas pixel (píxel lineal), y la topología de red conexas. El uso del pixel no sólo facilita la selección sistemática de un conjunto de ubicaciones regularmente espaciadas a lo largo de una red para la estimación de la densidad, sino que también hace factible la aplicación práctica del KDE de la red al mejorar significativamente la eficiencia de los cálculos. El enfoque se aplica en el entorno del ArcGIS del ESRI y se ha probado con los datos de accidentes de tráfico del año 2005 y una red de carreteras en la zona de Bowling Green, Kentucky. Los resultados de las pruebas indican que la nueva red KDE es más apropiada que la red estándar KDE para la estimación de la densidad de los accidentes de tráfico, ya que esta última abarca el espacio más allá del contexto del evento (espacio de la red) y es probable que sobreestime los valores de densidad.

Otra aplicación la podemos ver en 2009 (A Okabe, T Satoh, 2009) cuando se desarrolla un método de estimación de la densidad del núcleo para estimar la densidad de los puntos de una red e implementamos el método en el entorno del GIS. Este método podría aplicarse, por ejemplo, para encontrar "puntos calientes" de accidentes de tráfico, delitos callejeros o fugas en tuberías de gas y petróleo. Primero mostramos que la aplicación del método del núcleo bidimensional ordinario a la estimación de la densidad en una red produce estimaciones sesgadas. En segundo lugar, formulamos una extensión "natural" del método del núcleo univariado para la estimación de la densidad en una red, y demostramos que su estimador está sesgado; en particular, sobreestima las densidades alrededor de los nodos. En tercer lugar, formulamos una función de núcleo discontinua no sesgada en una red, y en cuarto lugar, una función de núcleo continua no sesgada en una red. Quinto, desarrollamos métodos de cálculo para estos núcleos y derivamos su complejidad computacional. También desarrollamos una herramienta plug-in para operar estos métodos en el entorno de los SIG. Sexto, se ilustra una aplicación de los métodos propuestos para la estimación de la densidad de los robos de bolsas en las calles. Por último, resumimos los principales resultados y describimos algunas sugerencias para el uso práctico de los métodos propuestos.

En la actualidad el análisis espacial es de gran importancia cuando se trata de estudiar un fenómeno repetitivo en un área o zona específica. Las autoridades encargadas de la seguridad han buscado estudiar el crimen por medio de cartografía, bases de datos y herramientas software para analizar los actos delictivos, siendo así el análisis espacial una medida útil para el proceso de detectar y visualizar el crimen.

3.2. Estado del Arte

Para las búsquedas del estado del arte de este proyecto se usó Recursos Digitales que brinda Universidad Autónoma de Bucaramanga, de allí se tiene acceso a bases de datos las cuales se usaron: Repositorio Institucional UNAB, Scopus, Science Direct y como complementario que no pertenecía a las bases de datos de Recursos Digitales de la UNAB, Google Académico. Como palabras claves: “Crimen” en Science Direct con 27.095 resultados, Google Académico con 569.000 resultados Repositorio UNAB 20 resultados, Scopus con 267 resultados. “Análisis Espacial” en Science Direct con 428.205 resultados, Repositorio UNAB con 39 resultados, Scopus con 23 resultados, Google Académico con 1.670.000 resultados. “Crimen, Análisis Espacial” en Science Direct con 5.684 resultados, Google Académico con 57.900 resultados, de los cuales se escogieron diez artículos para conformar el estado del arte.

Tabla 2. Estado del Arte

Título	Referencia bibliográfica	Resumen	Que aporta a mi proyecto
Aplicación para el análisis espacial de datos en espacios en redes con netkde y función K para redes	Moreno Corzo, F. E. (2017).	Este trabajo se enfoca en el análisis de patrones de puntos dentro de un área o región para estudiar fenómenos como, por ejemplo, accidentes o crímenes	La realización de un análisis espacial y cómo se realiza, el cual se realiza con la función K para redes y NetKDE
Studying pre-colonial gendered use of space in the Arctic: Spatial analysis of ceramics in Northwestern Alaska	Braymer-Hayes, K., Anderson, S. L., Alix, C., Darwent, C. M., Darwent, J., Mason, O. K., & Norman, L. Y. E. (2020).	Estudio de análisis espacial para notar la segregación de género debido a las actividades y producción entre los pueblos de Iñupiaq en el Alaska	Se realiza un análisis espacial con el algoritmo HDBSCAN en Python se utiliza para analizar y comparar distribuciones de artefactos

<p>A political-economy analysis of the provision of urban anti-crime technologies in a model with three cities</p>	<p>Batabyal, A. A., Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2020).</p>	<p>Estudia por medio de un análisis si se debe controlar el crimen por medio de tecnologías, tales como reconocimiento facial</p>	<p>Medidas de detección del crimen usando tecnologías anticrímenes usadas en ciudades específicas. Alternativa de cómo se puede detectar el crimen con tecnología</p>
<p>Spatio-temporal crime predictions in smart cities: A data-driven approach and experiments</p>	<p>Catlett, C., Cesario, E., Talia, D., & Vinci, A. (2019).</p>	<p>Presenta modelo por medio de análisis espacial y modelos auto-regresivos para predecir el crimen en una determinada región, se realizó con un conjunto de datos de Chicago y Nueva York</p>	<p>Detección del crimen realizando análisis espacial a patrones en conjunto de datos en una ciudad determinada.</p>
<p>Spatial conjunctive analysis of (crime) case configurations: Using Monte Carlo methods for significance testing</p>	<p>Summers, L., & Caballero, M. (2017).</p>	<p>Aplicación de prueba de significación basada en el método de Montecarlo utilizando datos de robos callejeros en Austin. Donde se pretende identificar las combinación de tipos de instalaciones que se encuentran comúnmente en torno a hechos</p>	<p>Pretende identificar una relación entre diversos tipos de instalaciones y hechos delictivos sucedidos. Como esta identificación de los entornos tiene implicaciones en la prevención del delito.</p>

		delictivos	
Mapping crime harm and priority locations in New Zealand: A comparison of spatial analysis methods	Curtis-Ham, S., & Walton, D. (2017).	Ejemplifica un novedoso enfoque geográfico del problema de los daños causados por la delincuencia con repercusiones en la asignación de recursos a nivel nacional y local. Se utilizaron correlaciones bivariadas y un modelo lineal general para determinar las relaciones entre el CHI y el PLI	Dar un enfoque de las repercusiones de la delincuencia con implicaciones en la asignación de recursos a nivel nacional y local. Uso de métodos de análisis espacial para determinar las relaciones.
Do immigrants increase crime? Spatial analysis in a middle-income country.	Leiva, M., Vasquez-Lavín, F., & Ponce Oliva, R. D. (2020).	Evaluar la hipótesis de que la inmigración aumenta la tasa de criminalidad utilizando un enfoque econométrico espacio-temporal. A partir de los resultados la hipótesis se rechazó, donde se presente una relación negativa entre inmigrantes y crimen	A partir de un enfoque econométrico espacio-temporal trataron la hipótesis planteada con resultados que demuestran una relación negativa entre los inmigrantes y el crimen.
Discovering the joint influence of	He, Z., Deng, M., Xie, Z., Wu, L.,	En este estudio se aplicó el método de	Uso de ubicación espacial y

<p>urban facilities on crime occurrence using spatial collocation pattern mining</p>	<p>Chen, Z., & Pei, T. (2020).</p>	<p>extracción de patrones de ubicación espacial y de reconstrucción de patrones para identificar configuraciones espaciales estadísticamente significativas para la ocurrencia de delitos. Los resultados muestran que el enfoque adoptado elimina efectivamente la influencia de los tipos de instalaciones independientes con abundantes instancias, revelando así configuraciones espaciales estadísticamente significativas con mayor precisión.</p>	<p>reconstrucción de patrones para la identificación estadísticas significativas para los delitos.</p>
<p>Spatial and temporal patterns of violent crime in a Brazilian state capital: A quantitative analysis focusing on micro places and small units of time</p>	<p>Valente, R. (2019).</p>	<p>Analiza una variación local del problema de la violencia en Brasil y se centra en Florianópolis, la capital del estado de Santa Catarina. Se realiza un análisis cuantitativo para</p>	<p>Se realiza un análisis cuantitativo para comprobar si la ley de concentración de delitos y la presunción de disimilitud espacio-temporal de los hechos delictivos eran consistentes</p>

		<p>comprobar si la ley de concentración de delitos y la suposición de la disimilitud espacio-temporal de los hechos delictivos eran consistentes para el caso concreto objeto de estudio. Los resultados muestran que la concentración de la delincuencia en Florianópolis es más acentuada y el grado de concentración de los robos callejeros y los homicidios es temporalmente estable.</p>	<p>para el caso concreto a través de prueba de patrón de punto espacial</p>
<p>Mapping harm spots: An exploration of the spatial distribution of crime harm</p>	<p>Fenimore, D. M. (2019).</p>	<p>Esta investigación explora la forma en que la distribución espacial de los puntos de daño utilizando datos de delitos registrados por la policía para Washington DC difiere de los delitos no ponderados. Los resultados sugieren que los puntos de daño se difunden desde el</p>	<p>Busca darle más importancia al daño generado por los crímenes, en vez de solo basarse en la cantidad de crímenes realizados a la hora de determinar lo peligroso que puede ser una zona. Todo a través del uso de análisis espacial.</p>

		centro de la ciudad hacia áreas más residenciales.	
--	--	--	--

Fuente: Los Autores.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Criminalidad

Popularmente tomamos la palabra crimen tal cual del latín que significa “falsa”, “ofensa” o “reproche”, en nuestro lenguaje crimen tiene un significado variante pero que difiere a una falta a la ley y que por lo tanto tiene castigo, el crimen como definición en el Derecho es la acción o conducta indebida e ilegal que atenta contra un individuo directa o indirectamente como también hace referencia a la infracción de una ley, es decir, está enfatizado en conductas ilegales.

El estado por su parte es quien decide acerca de que es o no es legal, es decir determina que es un delito o no, por tanto, algunas conductas que podríamos considerar delitos no son crímenes porque no hay una ley que así lo considere, y como depende del estado también depende de las costumbres de la sociedad y del tiempo en el que el estado considere alguna conducta un crimen.

Como ejemplo de que la conducta o acto criminal depende del tiempo y cultura que se vive en un determinado tiempo, tenemos La ley seca de Estados Unidos de 1921 a 1933, el cual liderado por el movimiento por la templanza se prohíbe cualquier actividad, consumo, distribución o fábrica de alcohol, esto debido a varias acusaciones de iglesias protestantes de que el alcohol era causante de los males de la sociedad, esto debido a que ellos alegaban de que se percibía beber alcohol como algo inmoral y los problemas que generaba el alcohol a la salud, centrando de que el alcohol era un inhibidor de que el dinero entrará al hogar y se gastara en esta bebida inmoral, además de las acusaciones de mujeres víctimas de los maltratos de sus parejas que llegaban influidos por el efecto del alcohol, es decir, se ve evidenciado de algo que era un acto de total legalidad se convierte en ilegal y todo tratamiento de esta acción se considera crimen, como también, así mismo lo que determine el estado una acción que se consideraba crimen, ya no lo sea. (Cal, 2018)

Teniendo en cuenta que el crimen es un fenómeno complejo, donde presenta cambios a través de las culturas, países y tiempos. No se puede hablar de una teoría correcta que explique las causas del crimen. Sin embargo, existen teorías que tratan de explicar las causas del crimen, donde se pueden categorizar en dos enfoques principales: Teorías Biológicas y Teorías Sociológicas. (SCCJR, 2015)

4.2. Cartografía

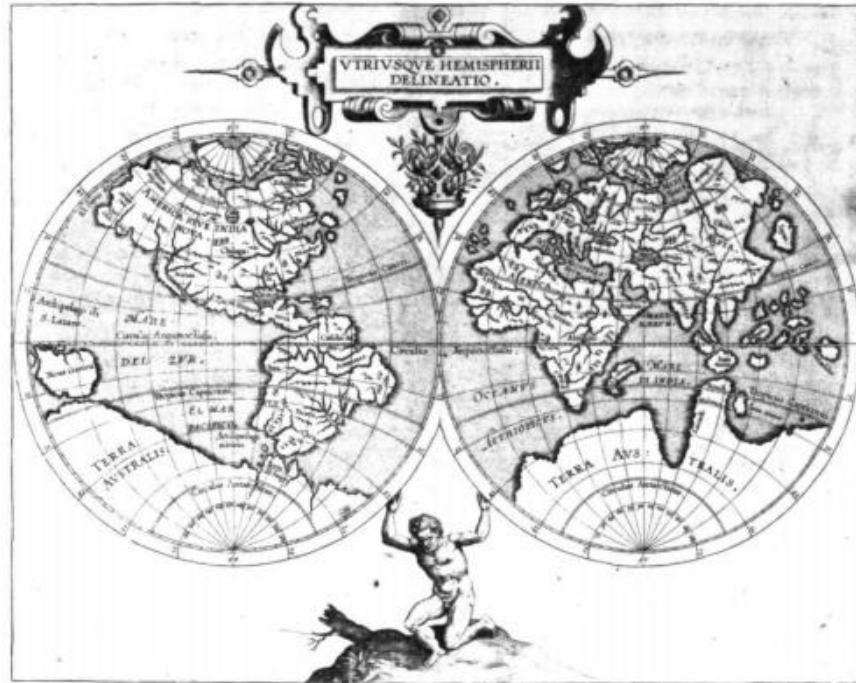
A través de la historia el hombre ha tratado de explicar todo fenómeno dentro y fuera de él, así mismo surge la inquietud de describir también el territorio en el que se encuentra, accidentes geográficos, variaciones de niveles del suelo y todas las figuras o formaciones que tiene, dando existencia a la cartografía.

La cartografía en pocas palabras se trata del estudio y manejo de los mapas, así mismo, como lo define (D. R. F. Taylor, 1991) la cartografía es "La organización, presentación, comunicación y utilización de la geo información en forma gráfica, digital o táctil". Puede incluir todas las etapas, desde la preparación de los datos hasta su utilización final en la creación de mapas y productos de información espacial conexos".

La cartografía también se puede clasificar en cartografía general y temática, la cartografía general se explica cómo los mapas para público general o más bien mapa desde solo la perspectiva del territorio y la cartografía temática como su nombre lo dice es la realización de mapas correspondientes a una temática para un público determinado.

Entendemos entonces como cartografía el estudio de la geografía y por ende maneja temas como la escala, la escala es el nivel de resolución que tiene el sitio geográfico, es decir, un fenómeno geográfico tiene diferentes niveles de resolución, entendiéndose nivel de resolución como los desniveles e imperfecciones que existe en la tierra los cuales se hacen evidentes entre más grande sea la escala, entonces, para un estudio del suelo se deben de tener la interpretación de distintas escalas que existen, para poder mantener una lógica dentro del plano geográfico dando introducción a temas como Generalización Cartográfica el cual explica de manera detallada y simplificada los distintos componentes del territorio, esto con el fin de brindar más información dependiendo de lo que se necesite o el enfoque que se le quiera dar al mapa.

Figura 2. Ejemplo de mapa antiguo



Fuente: (Gardiner, R.A. y Radford, P.J., 1972.)

4.2.1. Sistema de Coordenadas Geográficas

Las Coordenadas Geográficas son un sistema universal de referencia acerca de donde se ubica un espacio en la tierra los cuales se representan por conjunto de anillos imaginarios que rodean toda la tierra estos anillos tienen las direcciones de Este a Oeste y de Norte a Sur. (Miraglia et al., 2010) estos anillos imaginarios se son tratados para ubicar un punto en la tierra consisten en latitud y longitud

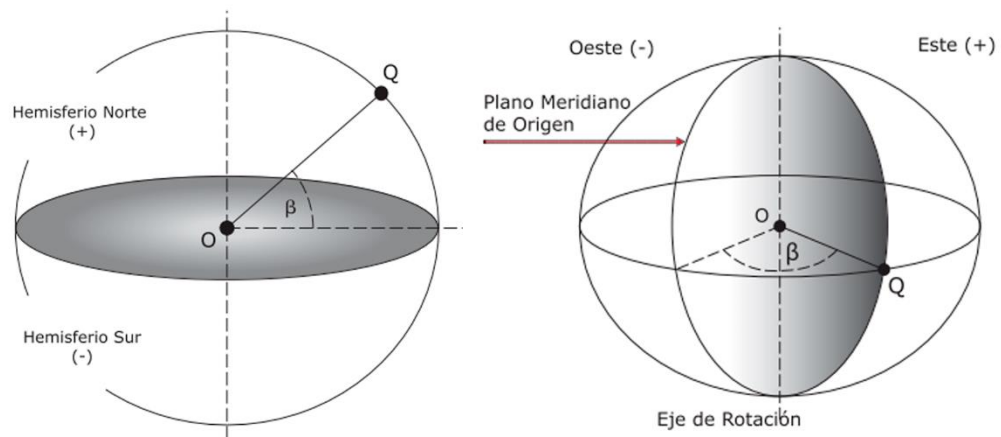
4.2.1.1. Longitud

“Los meridianos de longitud están formados por una serie de líneas imaginarias, que se intersecan tanto en el Polo Norte como en el Polo Sur, y cruzan cada paralelo de latitud en ángulos rectos.” (Taylor, 1987)

4.2.1.2. Latitud

Dados los polos norte, sur y el Ecuador, se forman líneas paralelas partiendo desde el Ecuador como grado 0 hasta los polos como grado 90. Cualquier línea paralela que se encuentre dentro del ángulo formado entre el Ecuador y los polos se le denomina grado de latitud.

Figura 3. Latitud y Longitud



Fuente: (Miraglia, M., Flores, A., Rivarola y Benitez, M., D'liberis, M., Galván, L., Natale, D. y Rodríguez, M., 2010.)

4.2.2. Proyección Cartográfica

Los mapas son representaciones planas de territorio o también de manera general de la tierra, de esta conocemos o tenemos la idea de ella debido a una representación cinematográfica o por alguna foto de libros o sitios web con una forma esférica achatada en los polos, denominada geoide. Entonces, los mapas que tanto usamos para ubicarnos en un lugar o dirigirnos a otro son la representación plana de una superficie técnicamente esférica y el pasar de este tipo de superficie a una plana no es una tarea simple dado a que tiende a tener distorsiones.

La proyección cartográfica es la representación de toda o una parte de una superficie redonda, es decir, la representación de la tierra en un plano, algunos de estos planos dependiendo del requerimiento del mismo, tiene las líneas que definen los meridianos y los paralelos, estas proyecciones de construir un plano de una superficie esférica tienen distorsiones.

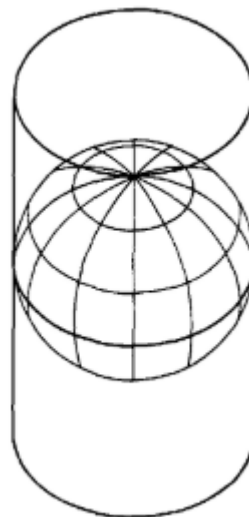
Las distorsiones se deben de disminuir dependiendo del tipo de proyección que se realice y también el tamaño que se va a proyectar, es decir, si se realiza la

proyección de un continente o la tierra se verá totalmente distorsionada, alargada en zonas, mientras que si se hacen en una zona pequeña como una ciudad la distorsión se notará levemente usando varias proyecciones.

4.2.2.1. Proyección Cilíndrica

Según (W. A. Taylor, 1987) una proyección cilíndrica “consiste de meridianos que son líneas rectas paralelas equidistantes, cruzadas en ángulo recto por líneas rectas paralelas de latitud, generalmente no equidistantes.” Esta proyección utiliza un cilindro tangente o secante. (Snyder & Voxland, 1989)

Figura 4. Proyección cilíndrica

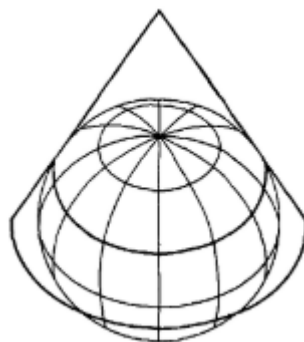


Fuente: (Taylor, W.A., 1980.)

4.2.2.2. Proyección Cónica

Es la “proyección resultante de la proyección de la Tierra sobre un cono tangente o secante, que luego se corta longitudinalmente y se coloca en plano” (W. A. Taylor, 1987). Donde sus meridianos se proyectan como líneas rectas que parten de los polos si el eje del cono coincide con el eje polar.

Figura 5. Proyección cónica

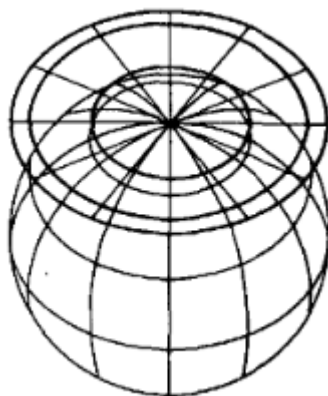


Fuente: (Taylor, W.A., 1980.)

4.2.2.3. Proyección Azimutal

Es la proyección resultante de proyectar un plano tangente desde un punto central a cualquier otro punto. Si se toma un polo como punto central, los meridianos están espaciados en sus verdaderos ángulos y son radios rectos de círculos concéntricos que representan los paralelos. (Snyder & Voxland, 1989)

Figura 6. Proyección Azimutal



Fuente: (Taylor, W.A., 1980.)

4.2.3. UTM

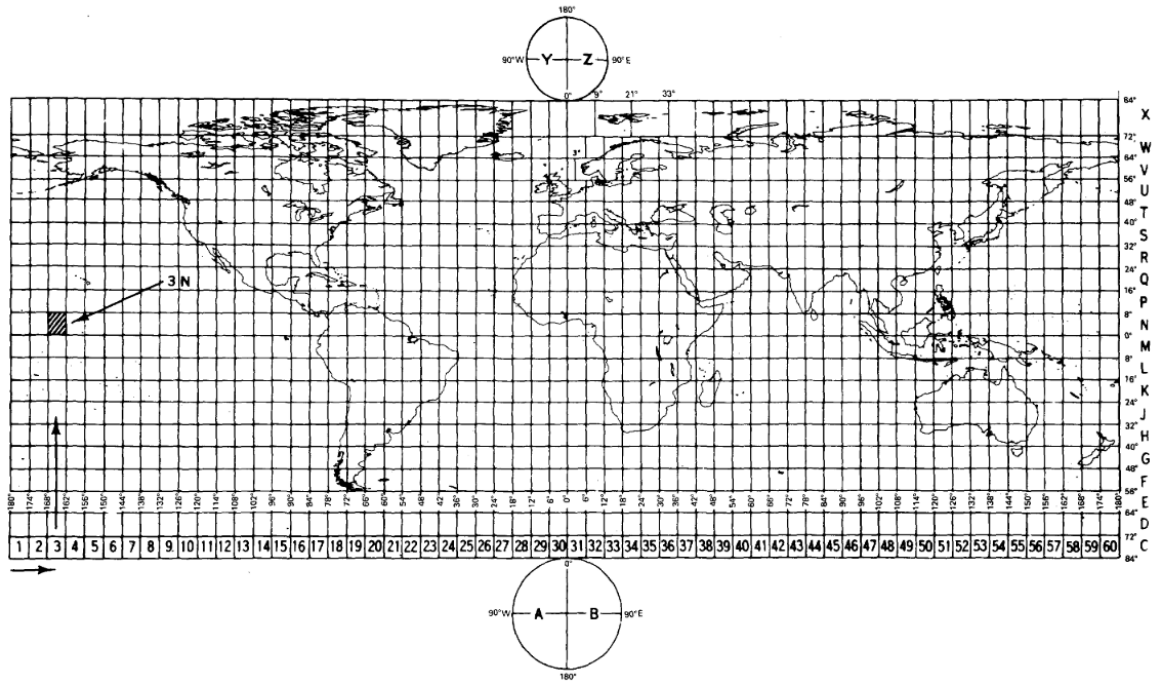
Para designar o referenciar un punto dentro de un mapa referenciando a la ubicación de un lugar en la tierra receptores como GPS proporciona la información en términos de latitud longitud y altura, esta información es útil generalmente pero si se trata de información más específica como también si se trata de la usabilidad de cálculos dentro de un terreno dentro del globo terrestre es pertinente usar una proyección cartográfica, de las proyecciones de mapas más utilizada se encuentra UTM, sistema Universal Transversal de Mercator (Langley, 1998).

Dicho ya anteriormente, al representar una parte de la superficie de la tierra o la tierra en general presentará deformaciones, las proyecciones tratan de disminuir estas deformaciones, pero aun así no son completamente exactas.

Las proyecciones geodésicas son la representación o proyección de la superficie terrestre en donde la esfericidad de la misma influye de manera importante en la misma representación, el Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator el cual es una proyección geodésica se realiza o desarrolla el mapa en forma de una red esto hecho con sus meridianos y paralelos de manera que se mantienen los ángulos originales.

La proyección UTM pertenece a las proyecciones cilíndricas debido a que emplea un cilindro en una posición en la superficie terrestre para proyectar, asimismo, UTM está basado en la proyección Mercator el cual sitúa un cilindro de forma tangente al geoide de la tierra en el ecuador.

Figura 7. Designaciones de la zona de la cuadrícula del Universal Transverse Mercator (UTM)



Fuente: (Taylor, W.A., 1980.)

La red que forma se conoce como una rejilla en donde forma con los meridianos y paralelos una cuadrícula oblicua, dado esto, se forma un ángulo constante con los meridianos debido a la recta oblicua que se encuentra entre dos paralelos.

La proyección transversal Mercator o UTM, toma la proyección de Mercator pero con la diferencia que la posición del cilindro es transversal al eje de la tierra.

4.3. Análisis Espacial

El análisis espacial es la búsqueda por la relación que se puede encontrar entre los fenómenos o acontecimientos los cuales están situados en un lugar dentro de un sitio en la tierra, este estudia los elementos que habitan en cierto lugar y analiza el comportamiento entre las relaciones que se realizan según el estudio.

4.3.1. Patrones de Punto

El origen del análisis de patrones de punto nace gracias a los estudios de ecología vegetal hace más de 50 años. En donde usaban técnicas para explorar la distribución de una especie y su relación con el ambiente (Boots & Getis, 1988). A medida que pasaron los años varios campos de la ciencia como: criminología, epidemiología, astronomía, entre otros; empezaron a interesarse en estos métodos de análisis.

Según (Baddeley, Rubak, Turner, 2015) “un patrón de puntos espaciales es un conjunto de datos que da las ubicaciones espaciales observadas de las cosas o eventos.” Donde se busca analizar el patrón espacial de los puntos. El patrón hace referencia a la disposición espacial de un objeto dada por su espaciado en relación con los demás objetos (Unwin, 1996).

El análisis de patrón de puntos es la serie de puntos puestos dados un dato en un área o lugar en la tierra, estos puntos de alguna manera representan un individuo o un dato específico de un solo agente que a su vez al ser una serie de estos se convierte en un análisis más en conjunto, esta serie de puntos o conjunto crean un patrón que se conoce como patrón de puntos.

Entre estos patrones podríamos encontrar unos ciertos tipos o comportamientos los cuales son: Agregado los cuales en ciertas zonas puede tener una densidad o concentración, Aleatorio, el cual no tiene ningún tipo de estructura o regularidad ni mucho menos concentración, son más bien datos o puntos totalmente dispersos entre sí sin orden, y Regular en donde el comportamiento es constante y los datos o puntos están alejados entre sí pero manteniendo un comportamiento constante, regular.

4.3.2. KDE

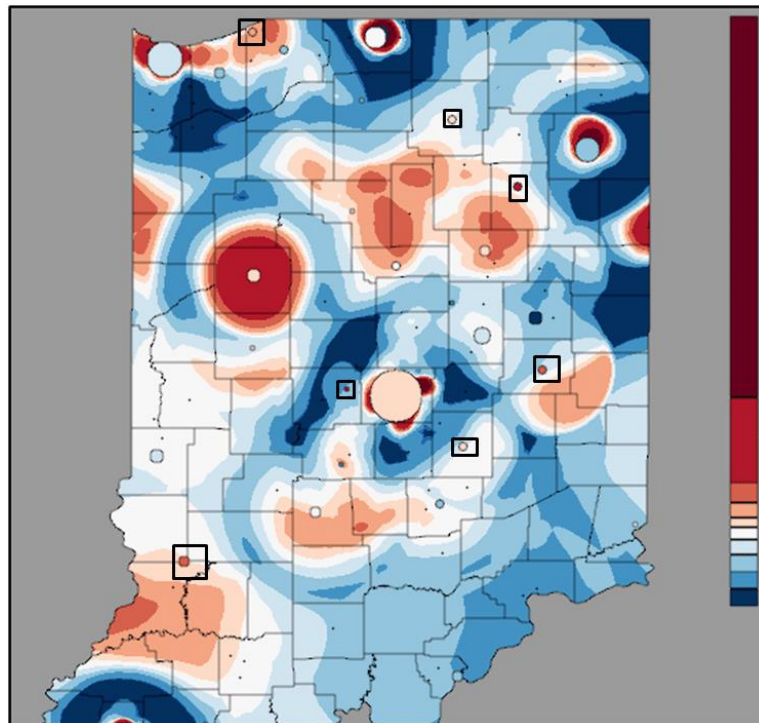
Dada (x_1, x_2, \dots, x_n) sea una muestra univariante independiente e idénticamente distribuida, extraída de alguna distribución con una densidad desconocida f en cualquier punto dado x . Su estimador de la densidad del núcleo es:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

donde K es el núcleo (función no negativa) y $h > 0$ es un parámetro de suavizado llamado *bandwith* (ancho de banda).

KDE es una forma no paramétrica de estimación para obtener la función de densidad de probabilidad. Esto ofrece flexibilidad al momento de modelar un conjunto de datos, igualmente no es afectado por el sesgo de especificación (Botev, Grotowski, & Kroese, 2010). Esta es principalmente usada para el suavizado de datos.

Figura 8. Mapa de calor con KDE



Fuente: (Maciejewski, R., Rudolph, S., Hafen, R., Abusalah, A., Yakout, M., Ouzzani, M., Cleveland, W.S., Grannis, S.J. y Ebert, D.S., 2010.)

4.3.3. I de Morán

La autocorrelación funciona o es utilizada para estudiar o analizar patrones repetitivos dentro de una señal o fenómeno, la I de Morán (Tillé et al., 2018) no es más que una medida de autocorrelación espacial, es decir, la correlación que tiene un punto o una señal dentro del espacio, el índice de Morán evalúa que tan disperso, agrupado o aleatorio está un patrón de datos o conjuntos de entidades las cuales tienen un atributo o característica relacionada.

En su estructura matemática (Zhou & Lin, 2016) se relata como:

$$I = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij}} .$$

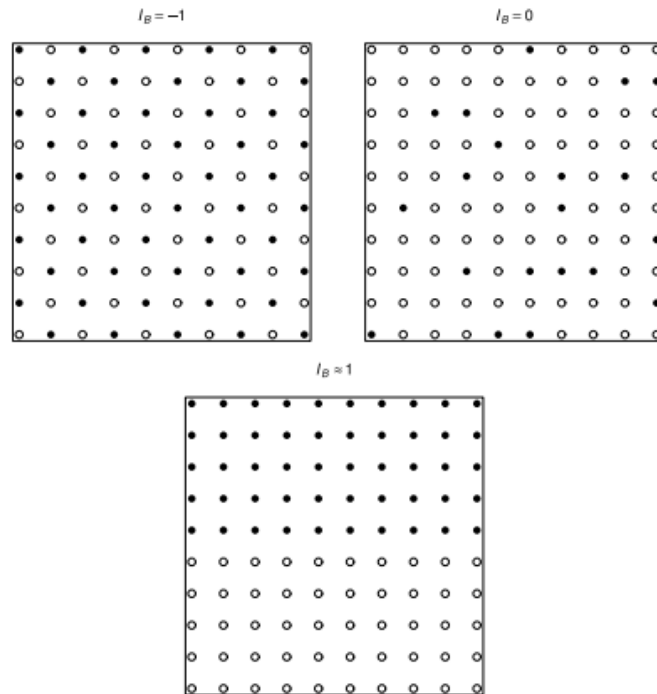
Se calcula para un número n de observaciones en una variable x en las ubicaciones espaciales i, j ; x_i se define como el valor observado u obtenido de la ubicación i , \bar{x} es la medida de la variable x sobre las ubicaciones n

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2$$

El elemento w_{ij} es la matriz de ponderaciones espaciales para las ubicaciones i y j tales como 1 si la ubicación i es contigua a la ubicación j y 0 en caso de que fuera contrario.

Si el resultado de esta fórmula matemática para calcular la I de Morán tiene valores que oscilan entre -1 y 1 quiere decir que la dispersión de los datos es perfecta, si es 1 es correlación perfecta y si es igual a 0 quiere decir que el patrón es completamente aleatorio.

Figura 9. Muestra gráfica de I de Morán

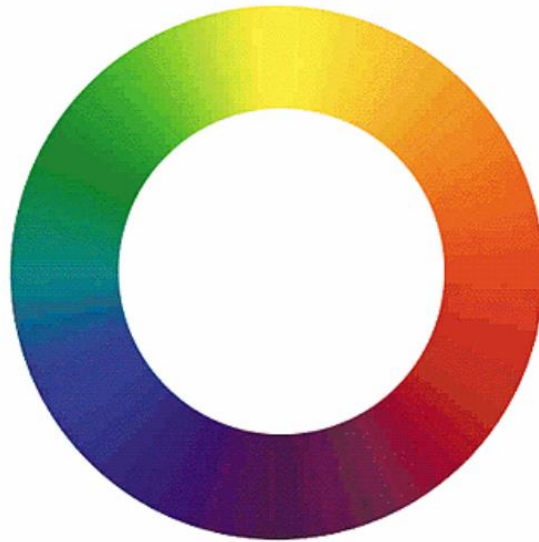


Fuente: (Tillé, Y., Dickson, M.M., Espa, G. y Giuliani, D., 2018.)

4.4. Teoría del Color

Se habla del color para apoyar los mapas de calor y hacer más vistosa o mejor la manera como se va a ver el trabajo, el color por su parte es la percepción de la luz que nos dan nuestros ojos gracias a las distintas longitudes de onda que produce el cual es denominado espectro visible descubierto por Newton después de atravesar un rayo de luz por un prisma, la teoría del color nos habla o nos representa dos tipos de colores los cuales son: colores luz y colores pigmento.

Figura 10. Rueda del color



Fuente: (Brian, S., 2015.)

4.4.1. RGB (Colores Luz)

Es la combinación de colores usada para pantallas y está conformado por tres colores primarios los cuales son el rojo, verde y azul (RGB, por su denominación en inglés), de estos tres colores al ser mezclados unos más que otros o en conjunto dará cualquier otro color, como también al ser unidos o mezclados los tres dará como color blanco, y al quitarlos todos, o más bien, no mezclar ninguno de estos colores dará color negro.

Figura 11. Modelo RGB

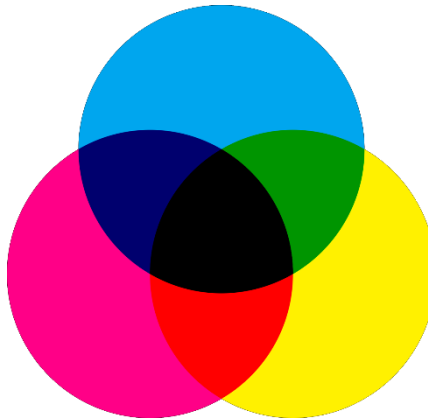


Fuente: (Holtzschue, L., 2017.)

4.4.2. CMYK (Colores pigmento)

Estos son los colores primarios usados para la imprenta o impresoras y corresponden a los colores cian, amarillo y magenta, al ser combinados en distintas proporciones se obtienen todos los colores restantes, así mismo la combinación de los tres colores en su misma proporción da como resultado el color negro

Figura 12. Modelo CMYK

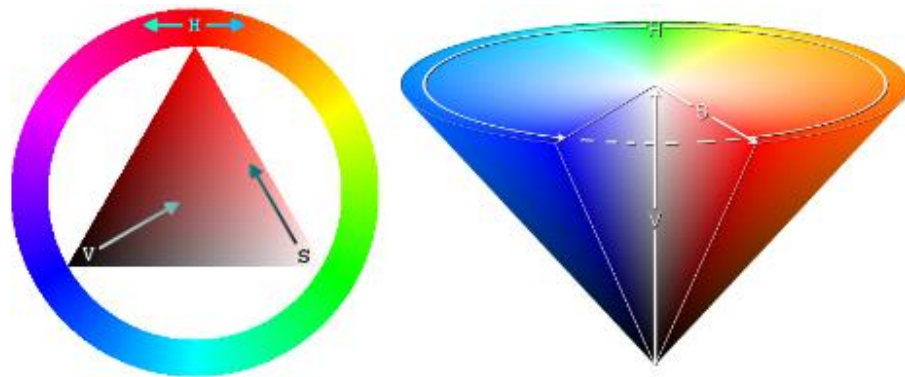


Fuente: (Chen, J., Cranton, W. y Fihn, M., 2016.)

4.4.3. HSV y HSL

Como representaciones alternativas del modelo RGB se debe de tener en cuenta el modelo HSL (tono, saturación, luminosidad) y HSV (tono, saturación, valor, o HSB como tono, saturación y brillo), y es la manera más cercana de cómo los humanos perciben el color, la combinación de estos atributos dará como resultado toda la paleta de colores, en este caso no es precisamente que se mezclen estos atributos sino que a los tonos se les da propiedades esto con el fin de acomodar un color en este caso tono al color que deseemos.

Figura 13. Modelo HSV



Fuente: (Chang, J., Yu, S., Chen, H. y Tsai, C., 2010.)

5. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo utilizó el enfoque cuantitativo, debido a que este posee las características que mejor se adaptan a las necesidades de la investigación.

El enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial” (Ñaupas & Paitán, Marcelino Raúl Valdivia Dueñas, Jesús Josefa Palacios Vilela, 2018).

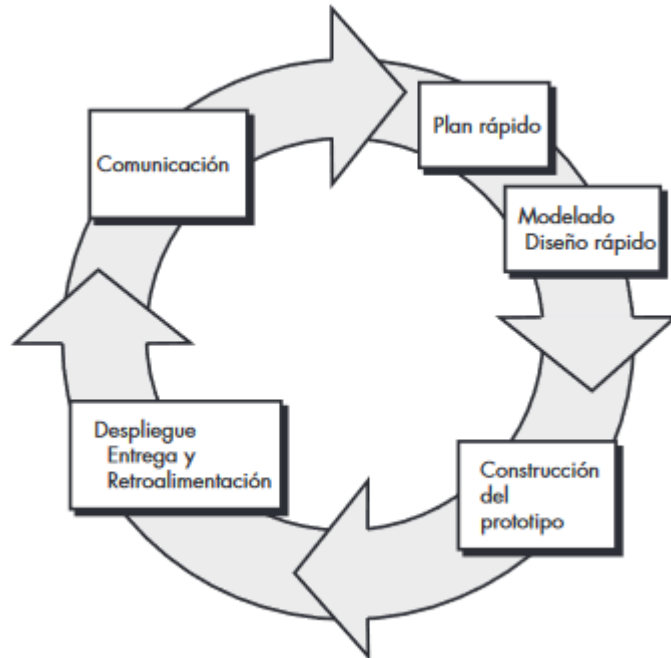
Del enfoque cuantitativo se recolectarán datos sobre robos en el área metropolitana de Bucaramanga del año 2018, que luego serán procesados y analizados para la identificación de relaciones entre la criminalidad y los diferentes sitios de esparcimiento.

El lenguaje de programación que se usó en el proyecto es Java debido a su fácil acceso y dominio del lenguaje para los autores, el código se escribió y compiló en el entorno de desarrollo integrado de Eclipse por su conjunto de herramientas que brinda y dominio de esta plataforma.

Este proyecto está enfocado en desarrollarse en un entorno de escritorio, esto debido a que no necesita establecer una conexión a internet para su correcto funcionamiento, evitando con esto una carga de datos pesada en la web que puede generar que el tiempo de carga sea extenso. No se requiere de una base de datos, ya que está pensando en que el usuario utilice archivos KML, en donde está almacenado los datos geográficos que contengan información relacionada a las temáticas tratadas en el proyecto.

La metodología de software a trabajar es Prototipado Rápido debido a que es eficaz en el desarrollo, con esto se asegura que el producto o proyecto se lleve a cabalidad y en menor tiempo (Sanchez, 2015). Se comenzó recolectando y definiendo los requisitos del proyecto, a partir de esto se realiza la primera iteración para hacer el modelado del prototipo, en donde se muestran los aspectos visibles para los usuarios finales. Luego se realiza la construcción del prototipo, para luego ser entregado y evaluado por los participantes, donde se dará una retroalimentación que busca determinar qué requerimientos deben ser mejorados. (Pressman & Ph, 2010).

Figura 14. Fases del prototipado rápido



Fuente: (Pressman, R.S. y PH, D., 2010.)

5.1. Definición de requerimientos.

Para efectuar de manera sólida el software se deberá tener en cuenta los siguientes requerimientos para dar soporte a lo que se quiere obtener, es decir, una guía

5.1.1. Requerimientos funcionales.

- Cargar archivos cartográficos en formato KML
Se carga un archivo de cartografía de tipo KML al sistema.
- Procesar el archivo cargado para aplicar método KDE con mapa de calor
Se procesa el archivo cartográfico en donde se utiliza el método KDE y así generar un mapa de calor con la cartografía y la base de datos de los crímenes.
- Exportar mapas de calor generados

A partir del método aplicado en el archivo cartográfico se podrá exportar el mapa de calor generado.

- Realizar la comparación de correlación entre los mapas de calor de crimen y los sitios de esparcimiento

Se realiza un análisis de los resultados obtenidos entre el mapa de calor generado con los sitios de esparcimiento.

- Validación de archivo KML

El programa valida si el archivo corresponde a un archivo cartográfico KML

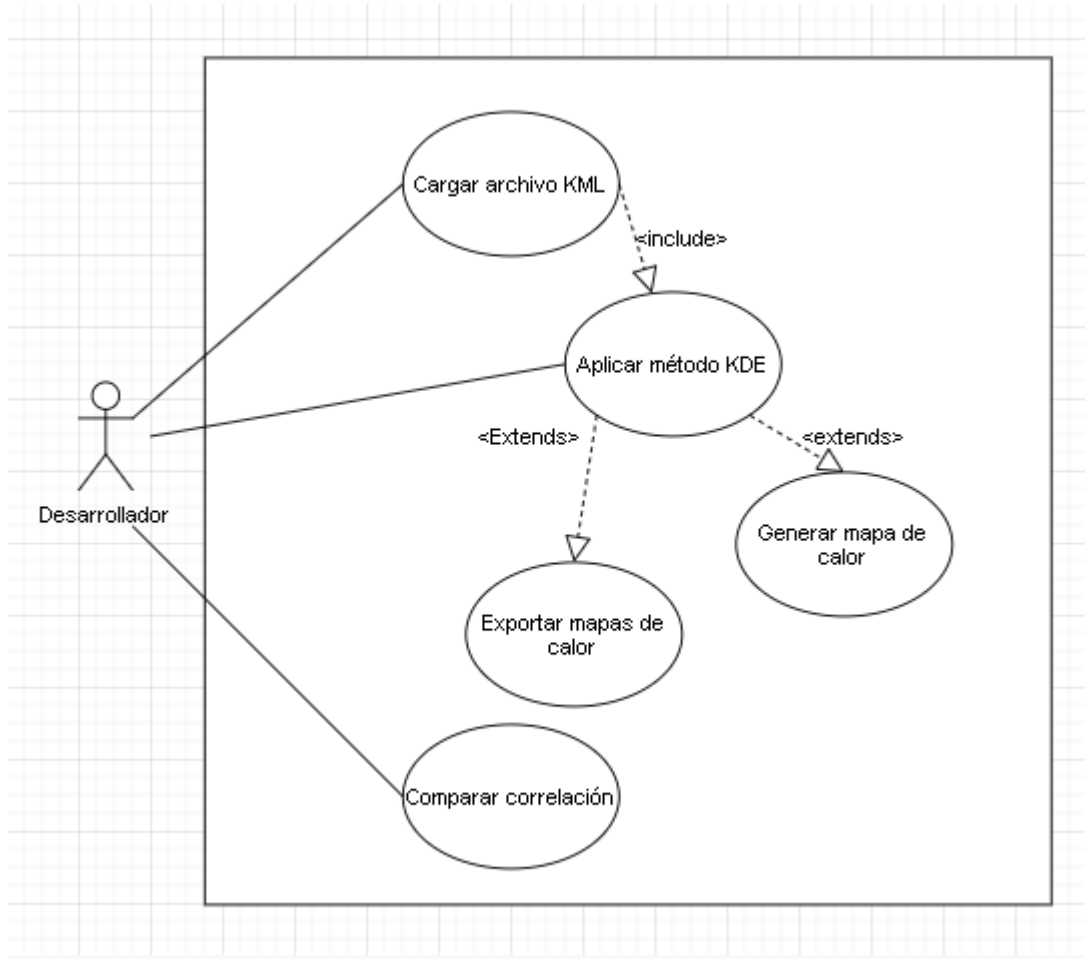
5.1.2. Requerimientos no funcionales

- El sistema debe realizar los cálculos de los métodos en máximo 15 segundos

5.2. Casos de uso.

Para un mejor entendimiento del proceso de las actividades que se van a realizar en cuanto al software se hace el siguiente caso de uso.

Figura 15: Casos de uso.



Fuente: Los autores.

5.2.1. Diagrama de actividades.

Nombre: Cargar archivo cartográfico KML

Descripción: En este caso de uso se realiza la selección para eventual la carga del archivo cartográfico al software

Actores

Usuario.

Flujo básico

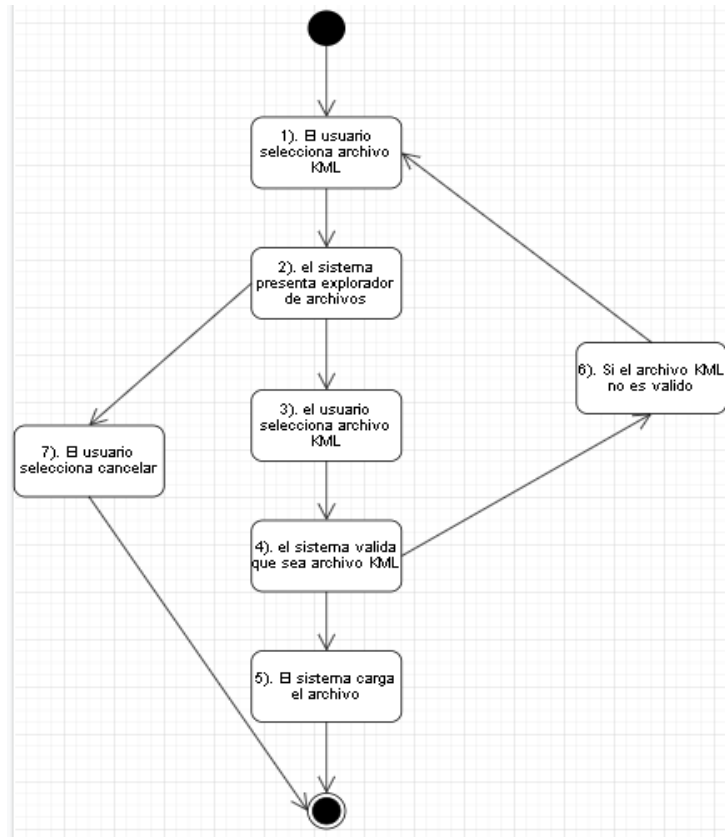
- 1). El usuario selecciona la opción de "Seleccionar Archivo"
- 2). El sistema presenta el explorador de archivos
- 3). El usuario selecciona el archivo KML
- 4). El sistema valida que el archivo sea KML
- 5). El sistema carga el archivo

Flujo alternativo 1

Después del flujo 2:

6) si el archivo no es compatible, es decir, el archivo kml se devuelve al paso 1).

Figura 16: Diagrama de actividades: Cargar KML



Fuente: Los autores.

Nombre: Aplicar método KDE

Descripción: En este caso de uso se le aplicará el método KDE al archivo cartográfico KML.

Actor: Sistema

Precondiciones: El archivo KML debe estar cargado

Flujo Básico:

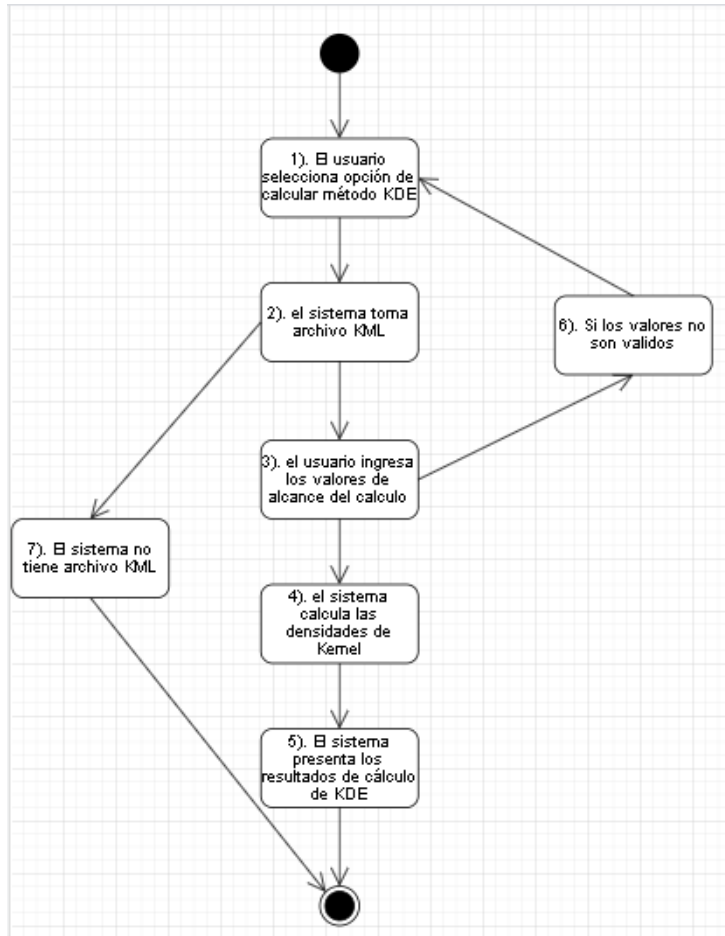
- 1). El usuario selecciona la opción de calcular método KDE
- 2). El sistema toma el archivo KML
- 3). El usuario ingresa los valores de longitud o alcance del cálculo
- 4). El sistema Calcula las densidades de Kernel
- 5). El sistema presenta los resultados del cálculo de KDE

Flujo Alternativo:

Después del 3:

- 6). Si el usuario ingresa los valores de longitud de manera errónea vuelve a la interfaz de ingreso de valores.
- 7). Si el sistema no tiene el archivo dentro del sistema se termina el proceso (se abre ventana donde sugiere agregar un archivo kml válido)

Figura 17: Diagrama de actividades: Método KDE.



Fuente: Los autores.

Nombre: Generar mapa de calor

Descripción: En este caso de uso se generará el mapa de calor del crimen en la ciudad.

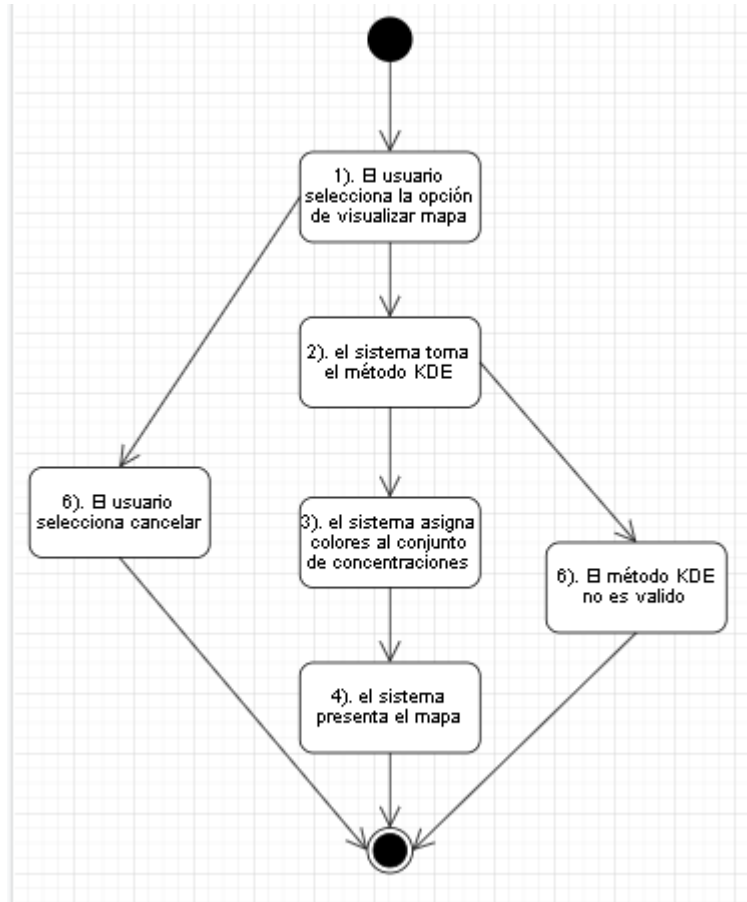
Actor: Usuario

Precondiciones: Anteriormente se tuvo que haber calculado el método KDE al archivo cartográfico

Flujo básico

- 1). El usuario selecciona la opción de visualizar mapa
- 2). El sistema toma el método KDE
- 3). El sistema asigna colores al conjunto de concentraciones.
- 4). El sistema presenta el mapa.

Figura 18: Diagrama de actividades: Generar Mapa.



Fuente: Los autores.

Nombre: Exportar mapa de calor

Descripción: En este caso de uso se exportará el mapa a un lugar de destino propuesto por el usuario en archivo KML e imagen PNG.

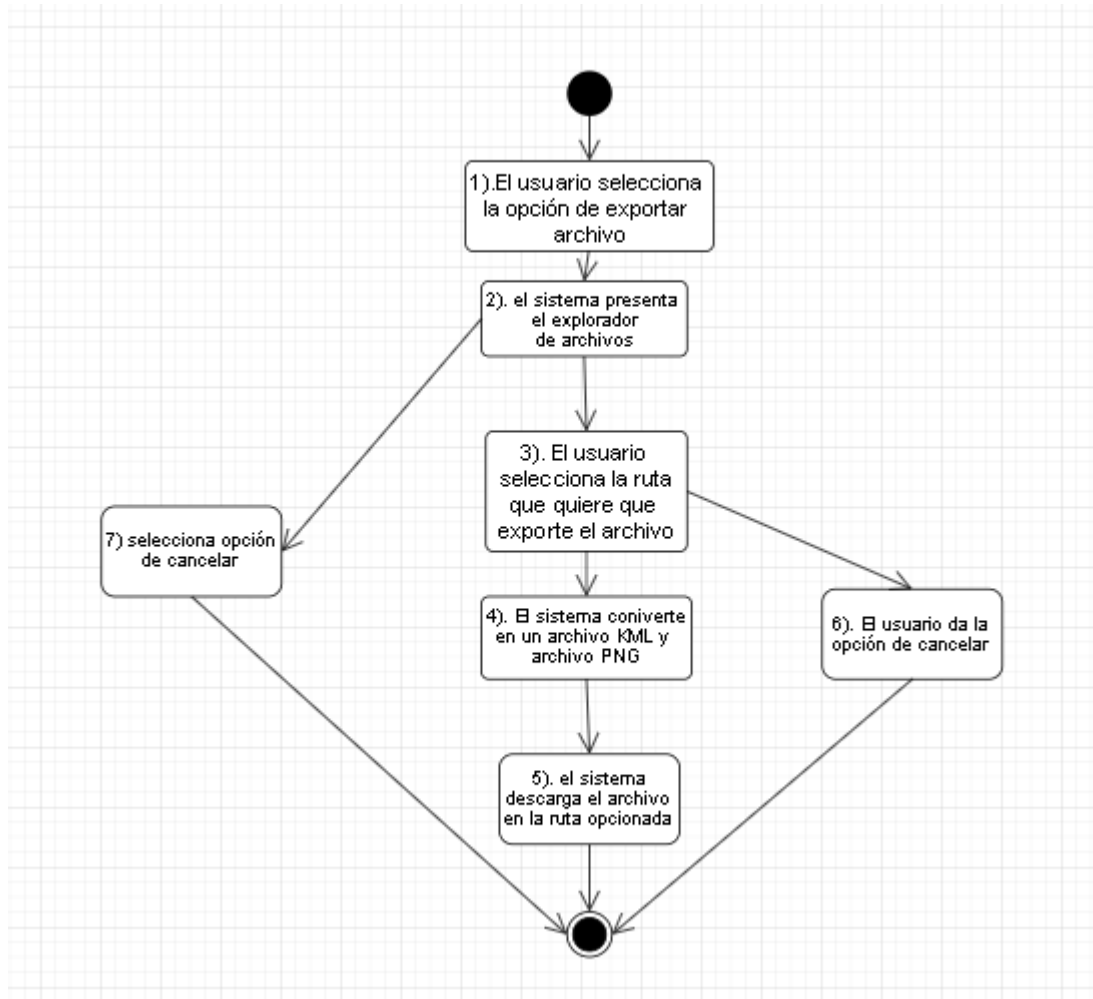
Actor: Usuario

Precondiciones: Se tiene que haber generado el mapa de calor

Flujo básico

- 1). El usuario selecciona la opción de exportar archivo
- 2). El sistema presenta el explorador de archivos
- 3). El usuario selecciona la ruta donde quiere que se exporte el archivo
- 4). El sistema convierte el mapa mostrado en un archivo KML y archivo PNG
- 5). El sistema descarga el archivo en la ruta optada.

Figura 19: Diagrama de actividades: Exportar Mapa.



Fuente: los autores.

Nombre: Calcular correlación con la I de Moran

Descripción: En este caso se calculará la I de Moran y se presentará el resultado.

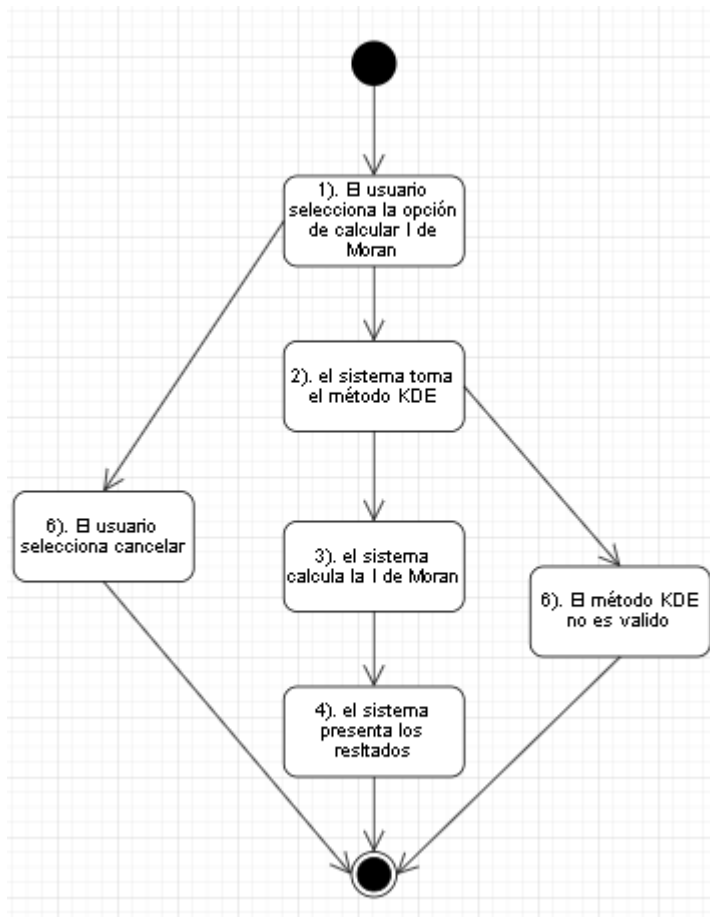
Actor: Usuario

Precondiciones: Tener calculado el método KDE

Flujo básico

- 1). El usuario selecciona la opción de calcular la I de Morán
- 2). El sistema toma el cálculo KDE
- 3). El sistema calcula la I de moran
- 4). El sistema presenta el cálculo.

Figura 20: Diagrama de actividades: Calculo I de Morán.

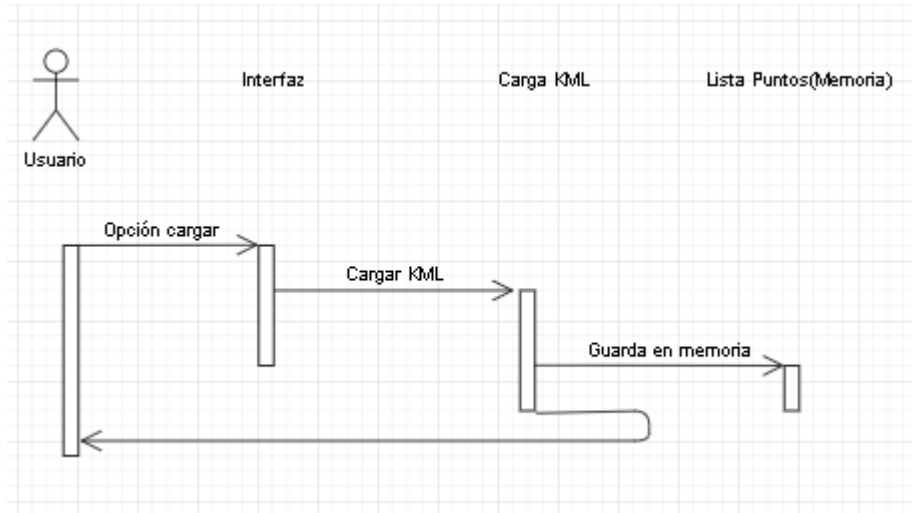


Fuente: los autores.

5.3. Diagramas de secuencia.

5.3.1. Diagrama de secuencia de carga de archivo cartográfico KML

Figura 21: Diagrama de secuencia: Carga KML

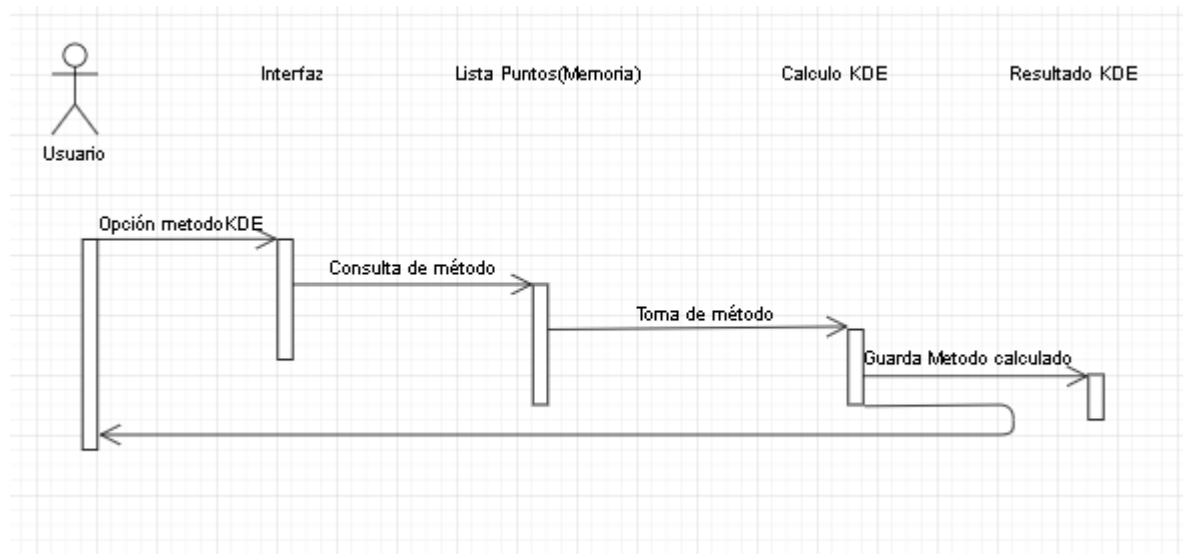


Fuente: los autores.

En el diagrama de secuencia el cual consiste en detallar de manera lógica el proceso de cargar un archivo KML o cartográfico al software se inicia primero dando la opción "cargar Archivo KML" el cual llama la clase "Carga KML" en donde usa el método correspondiente a la carga del archivo para luego guardarlo en memoria, una vez guardado en memoria o clase "Lista puntos" se devuelve a la interfaz.

5.3.2. Diagrama de secuencia método KDE

Figura 22: Diagrama de secuencia: Método KDE.

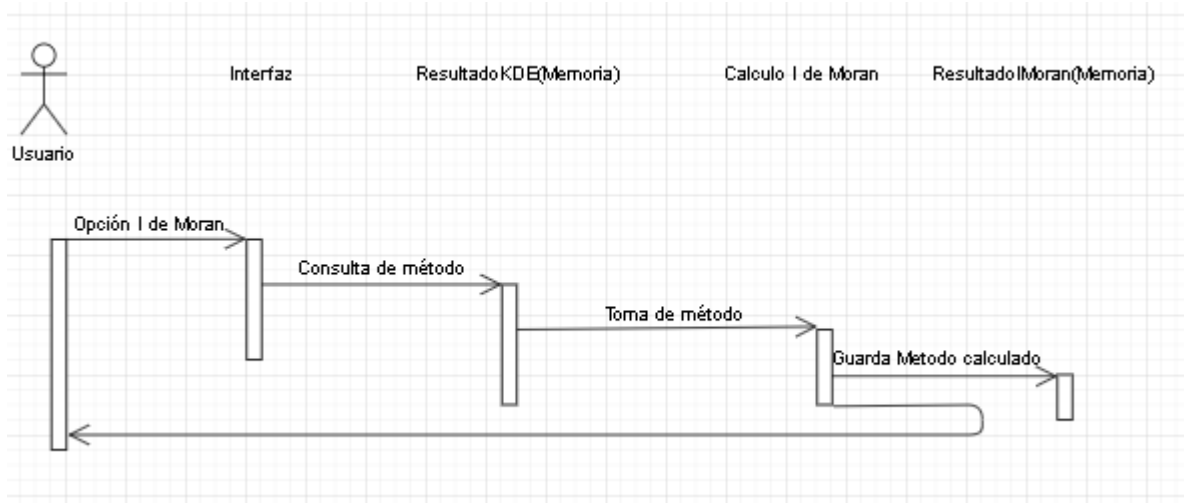


Fuente: Los autores.

En el método KDE la secuencia correspondiente consiste en seleccionar la opción, luego se consulta los datos guardados previamente en memoria luego aplicarla en el cálculo de KDE llamando a la clase tomando el método, mostrar los resultados y guardarlos en memoria por medio de una clase.

5.3.3. Diagrama de secuencia I de Moran

Figura 23: Diagrama de secuencia: I de Moran.

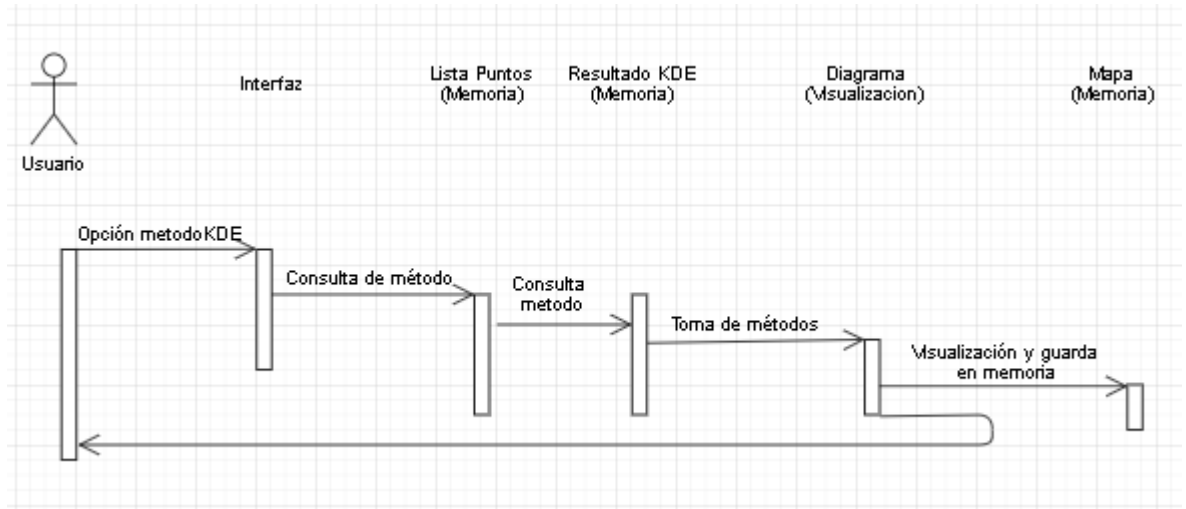


Fuente: Los autores.

La secuencia del cálculo de la I de moran comienza con la consulta de la clase en la que se encuentra guardado el dato del cálculo KDE, toma el cálculo y realiza el cálculo de I de moran con los datos obtenidos.

5.3.4. Diagrama de secuencia Mapa

Figura 24: Diagrama de secuencia: Mapa.

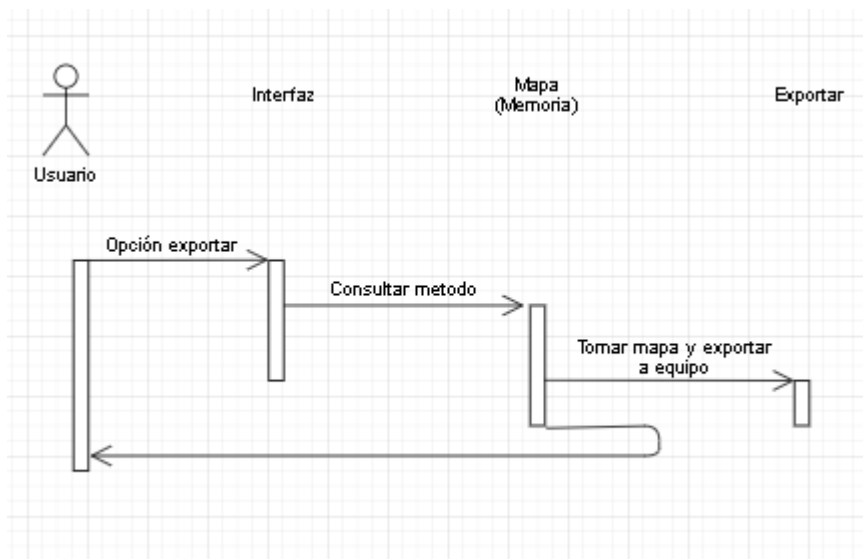


Fuente: Los autores.

El diagrama de secuencia Mapa, toma los métodos ya empleados anteriormente tales como el KDE e I de morán, realiza el dibujo o visualización del mapa como también de las densidades correspondientes y guarda en memoria, al terminar regresa a la interfaz inicial.

5.3.5. Diagrama de secuencia Exportar mapa

Figura 25: Diagrama de secuencia: Exportar Mapa.



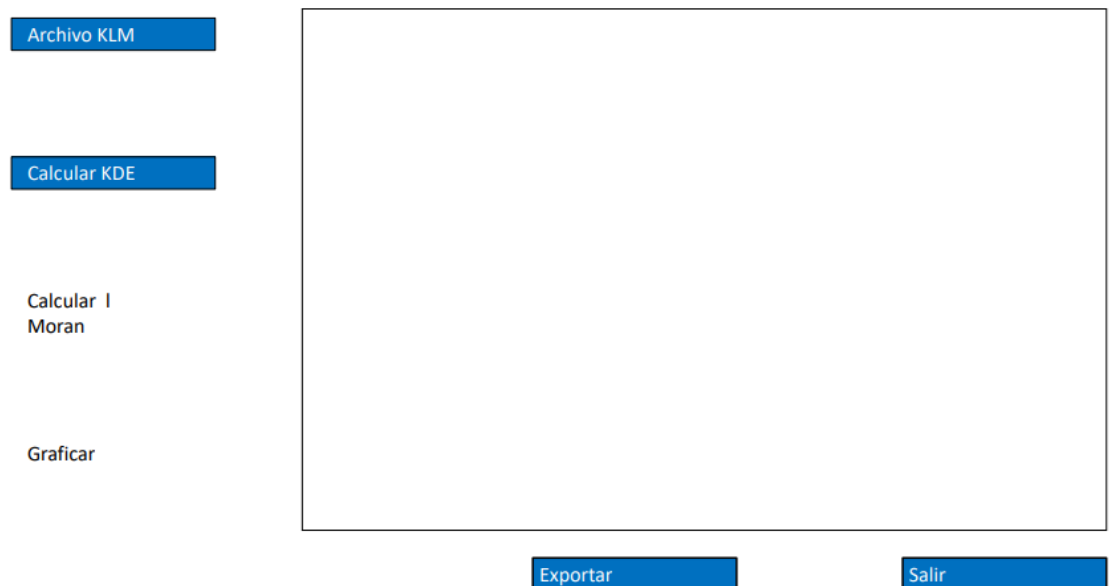
Fuente: los autores.

Al seleccionar la opción de exportar, consulta en memoria el mapa en archivo KML ya creado y exporta al equipo después de escoger la ruta deseada.

5.4. Interfaz.

La interfaz contará con unos botones los cuales tendrán la función que describe el proyecto, cálculo de KDE, cálculo de I de Moran y la gráfica del mapa de calor de Bucaramanga correspondientes a las densidades en las que se concentra mayormente el crimen, esto acompañado de su respectivo color para demostrar visualmente la concentración del crimen en la ciudad de Bucaramanga, estas figuras tienen como fin presentar de manera visual el programa y cómo funciona. (Figura 26).

Figura 26. Boceto Interfaz inicial.



Fuente: Los autores.

El programa abre una ventana o interfaz de inicio con botones para seleccionar y por consiguiente hacer su función, como primer paso para realizar estas funciones se selecciona en la parte superior izquierda el botón correspondiente de “Archivo KML”, al ser pulsado se abrirá el “Explorador de archivos” en donde dará indicación de que se debe cargar un archivo ya previamente guardado en

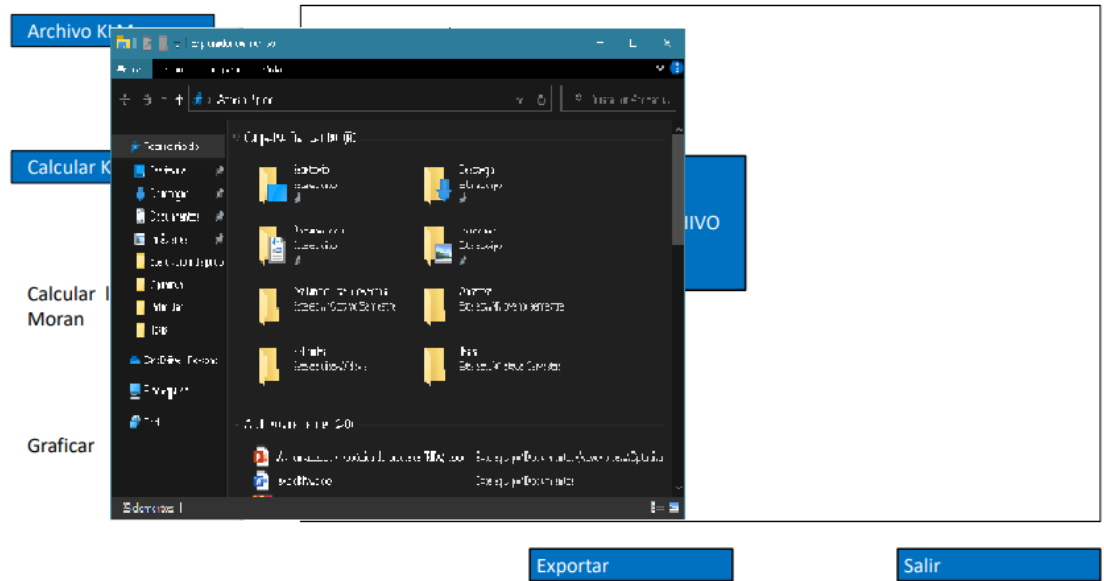
el equipo, este archivo deberá ser un archivo de tipo KML, es decir, cartográfico, luego de ser leído el archivo y validado, tendrá como respuesta una ventana en donde se visualiza como “válido”, y volverá a la interfaz de inicio. (Figura 27, Figura 28).

Figura 27. Boceto Interfaz seleccionar archivo



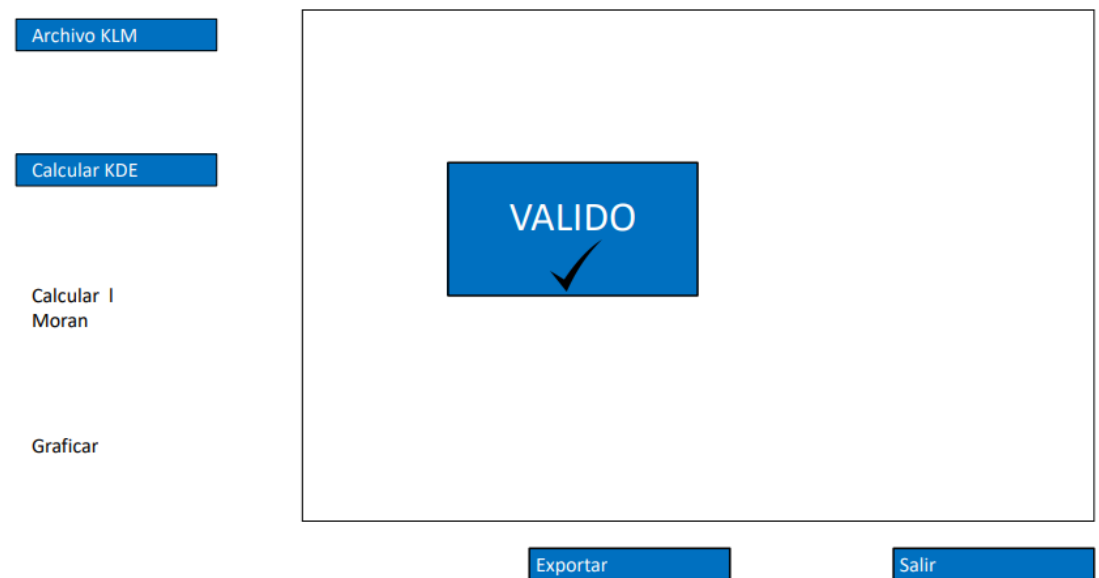
Fuente: Los autores.

Figura 28. Boceto interfaz buscador de archivos.



Fuente: Los autores.

Figura 29. Boceto interfaz valido.



Fuente: Los autores.

En la función de “Calcular KDE”, se desplegará una ventana en donde se deben digitalizar los datos que requiera la toma del cálculo (Figura 30), luego de esto se procede a guardar los datos digitalizados, al finalizar este procedimiento el programa vuelve a la interfaz de inicio, con los datos guardados de KDE se procede al botón de “Graficar” en donde se mostrará el mapa de Bucaramanga con las respectivas densidades de calor del crimen. (Figura 31).

Figura 30. Boceto interfaz calculo KDE

El boceto de la interfaz de usuario para el cálculo de KDE muestra un menú lateral con los siguientes elementos:

- Archivo KLM
- Calcular KDE (activado)
- Calcular I Moran
- Graficar

Una ventana emergente azul contiene los siguientes elementos:

- LATITUD:
- LONGITUD:
- GUARDAR

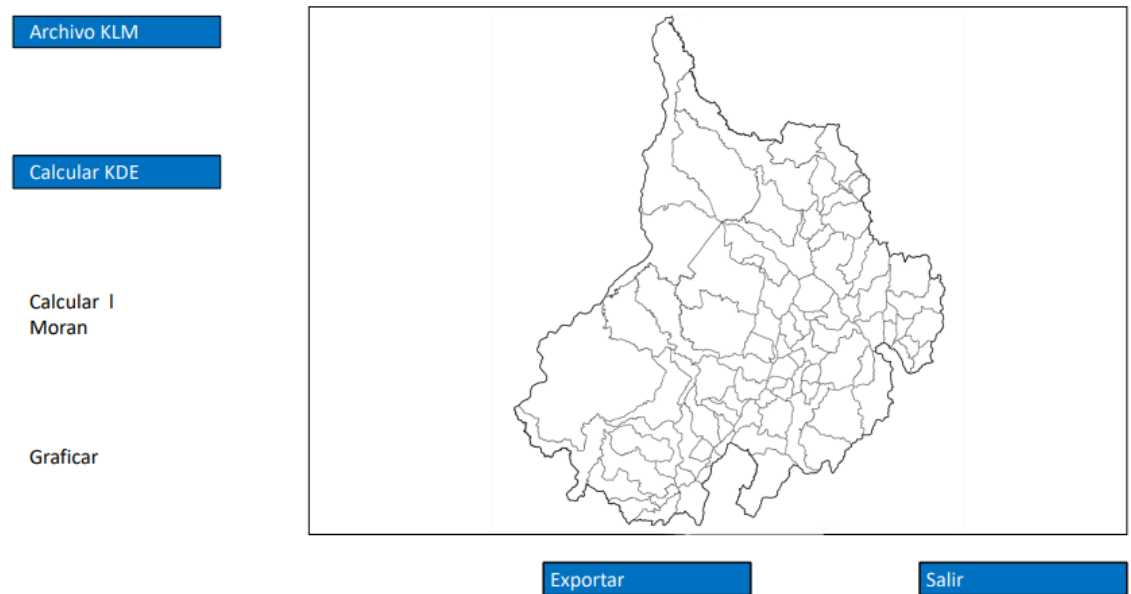
En la parte inferior del menú lateral hay dos botones: Exportar y Salir.

Fuente: Los autores.

Para calcular la dispersión de los datos se selecciona el botón de “Calcular I de Morán”, el cual tomará el cálculo de KDE ya previamente hecho para hacer el cálculo y mostrarlo en pantalla con una ventana en donde se registra el resultado.

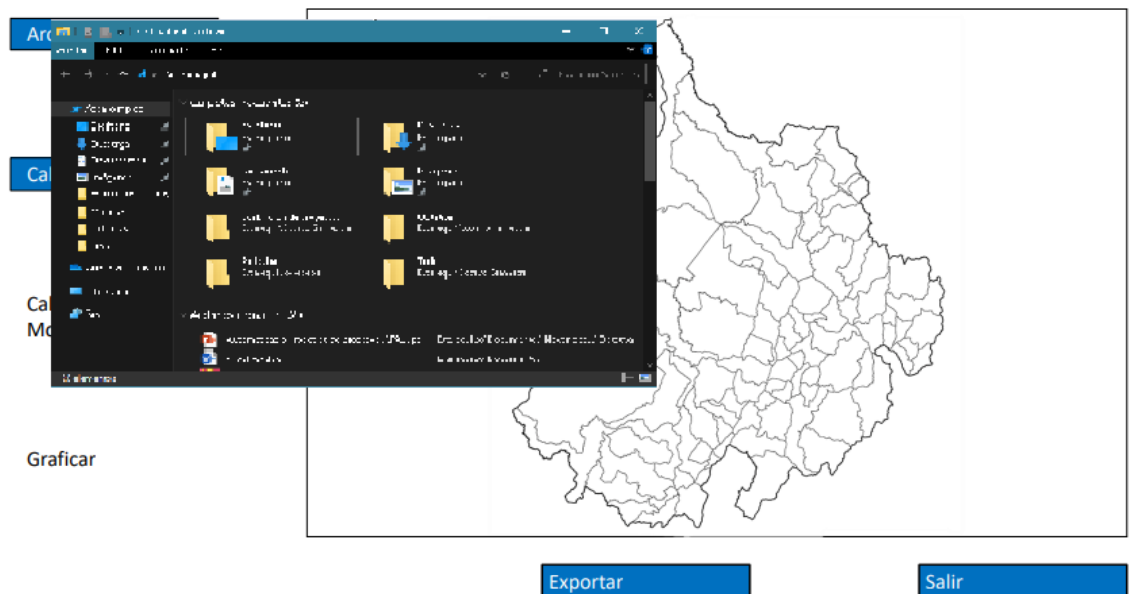
Para guardar los datos del proceso hecho, se selecciona el botón de “exportar”, el cual despliega la ventana de Explorador de archivos, en donde se seleccionará la ruta en la que será guardado el archivo. (Figura 32).

Figura 31. Boceto Interfaz mapa.



Fuente: Los autores.

Figura 32. Boceto Interfaz exportar.



Fuente: los autores.

5.5. Desarrollo

El proyecto se desarrolla implementando un enfoque cuantitativo con datos recolectados para analizar acerca de los crímenes realizados en el año 2018 en la ciudad de Bucaramanga, con este enfoque se realiza de manera más eficaz y cómoda el análisis, contando con que se realiza de manera más precisa.

El proyecto está hecho en java debido al dominio de los autores en este lenguaje, con un leve cambio de entorno de desarrollo, este estaba pronosticado para realizarse en Eclipse, debido a que NetBeans cuenta con herramientas más simples para implementar el dibujo del mapa que se quería plasmar en el software se realizó el cambio.

Se desarrolla en un entorno de escritorio sin ningún tipo de conexión a internet, con tiempos de carga a tiempo considerablemente corto, se usa archivos KML donde se almacena los datos geográficos e información con el fin de no usar una base de datos.

La programación del software comienza haciendo la parte gráfica, es decir, el cómo se verá el software una vez terminado, adicionándole los botones y espacios con los cuales el usuario quien maneja el software va a interactuar, estos botones tendrán la función de ingresar el archivo KML como también de generar el mapa, escoger el método el cual se usará para generar el mapa de calor, y los espacios de texto para escribir la resolución y ancho de banda de los resultados.

Paso seguido a realizar la parte visual del programa, se comienza la parte funcional del programa realizando un método para leer las coordenadas de los archivos KML, en función del archivo de delitos KML, una vez hecho este método se aplican los métodos matemáticos KDE para realizar la gráfica de calor de los puntos ya identificados en el método anterior, es aquí donde se realiza el cambio a NetBeans realizando el programa con JAVA SWING.

Se implementa como puntos de esparcimiento los parques de Bucaramanga y se crea el método el cual agrega una capa que representa el mapa de Bucaramanga, este mapa solo de Bucaramanga sirve de ayuda para no tomar en cuenta o eliminar los parques que se encuentren fuera de Bucaramanga, luego de obtener la cartografía de los parques y el resultado del método KDE ya implementado anteriormente, este resultado KDE da como resultado una matriz de pixeles, los cuales cada uno tiene una variable x , y , que denotan su coordenada y un valor de densidad, se crea un método para que se recorra cada uno de los puntos del parque y poder convertir en coordenadas geográficas a coordenadas planas, es decir de variables (x,y) a UTM.

Para entender la correlación del software se procede con el ancho de banda y la resolución se divide para encontrar un radio de pixeles aproximado del punto del parque, luego se implementa el teorema de Pitágoras para encontrar la distancia del píxel al parque, si el valor de la distancia es menor o igual al ancho de banda se suma la densidad, al contrario, no se realiza ningún procedimiento.

De esta manera, los parques tendrán una suma de densidades la cual se les haya un promedio para encontrar la densidad promedio de cada parque para luego hacer promedio total de los parques, con esto se realiza la prueba de Montecarlo, con los parques verdaderos se genera un resultado, un número, luego se toma de los cincuenta parques de manera aleatoria y se realiza la prueba mil veces esto con el fin de que se generen puntos aleatorios y queden novecientos noventa y nueve aleatorias y una que es el verdadero, esos mil valores se ordenan, se realiza el intervalo de confianza a estos mil resultados, estos puntos aleatorios no pueden tomarse si son fuera de Bucaramanga por lo tanto se delimita a Bucaramanga, ahora bien si el valor o punto del parque verdadero es menor que el menor intervalo del intervalo de confianza quiere decir que el parque es zona baja en crimen, si el valor verdadero es dentro del intervalo, no tiene ningún tipo de relación entre en crimen y los parques, es decir que el crimen no se ve influenciado con los parques, y si el punto verdadero es mayor al rango mayor del intervalo quiere decir que si tiene una relación el crimen con los parques.

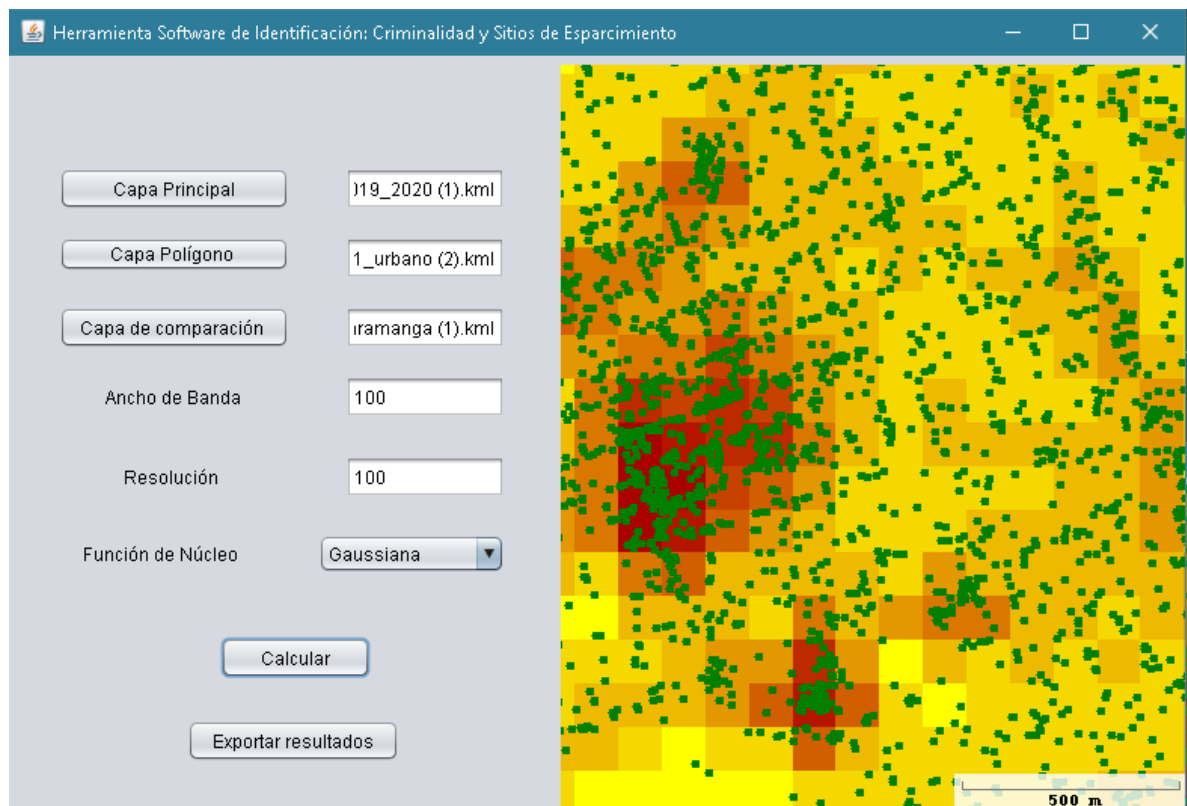
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Al software se le aplica las capas tales como el archivo KML de los delitos en Bucaramanga, el archivo KML urbano que delimita a Bucaramanga y el archivo KML de los lugares de esparcimiento en este caso y el cual se hizo el estudio, de parques, luego de aplicar el método KDE y se prueban las siguientes resoluciones y anchos de banda para tener una mejor opción en cuanto a donde se observa las concentraciones del crimen.

Por lo tanto, se prueba con los siguientes valores:

Con un ancho de banda de 100 metros y una resolución de 100 se encuentra de que no se define de manera correcta las áreas de concentración del crimen. (Figura 33).

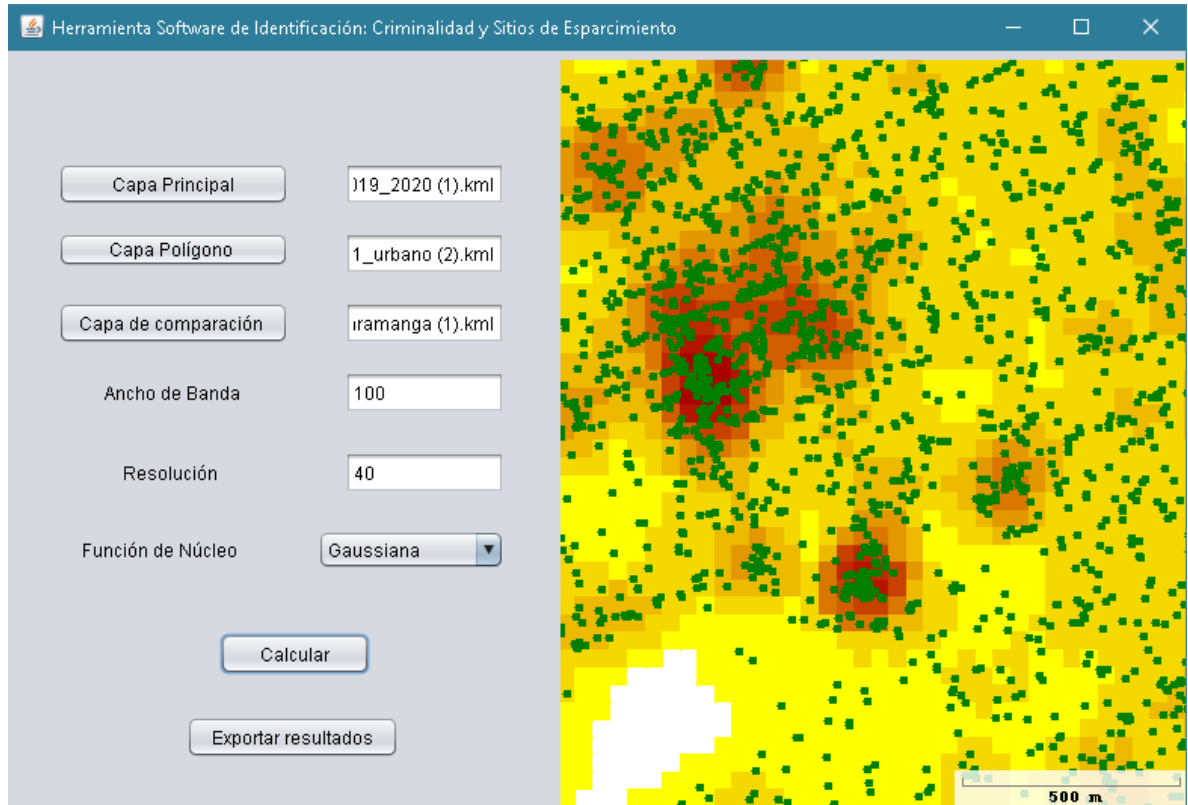
Figura 33. Prueba de software 1



Fuente: Los autores.

Con un ancho de banda de 100 y resolución de 40 se presenta las áreas de mayor densidad más definidas. (Figura 34).

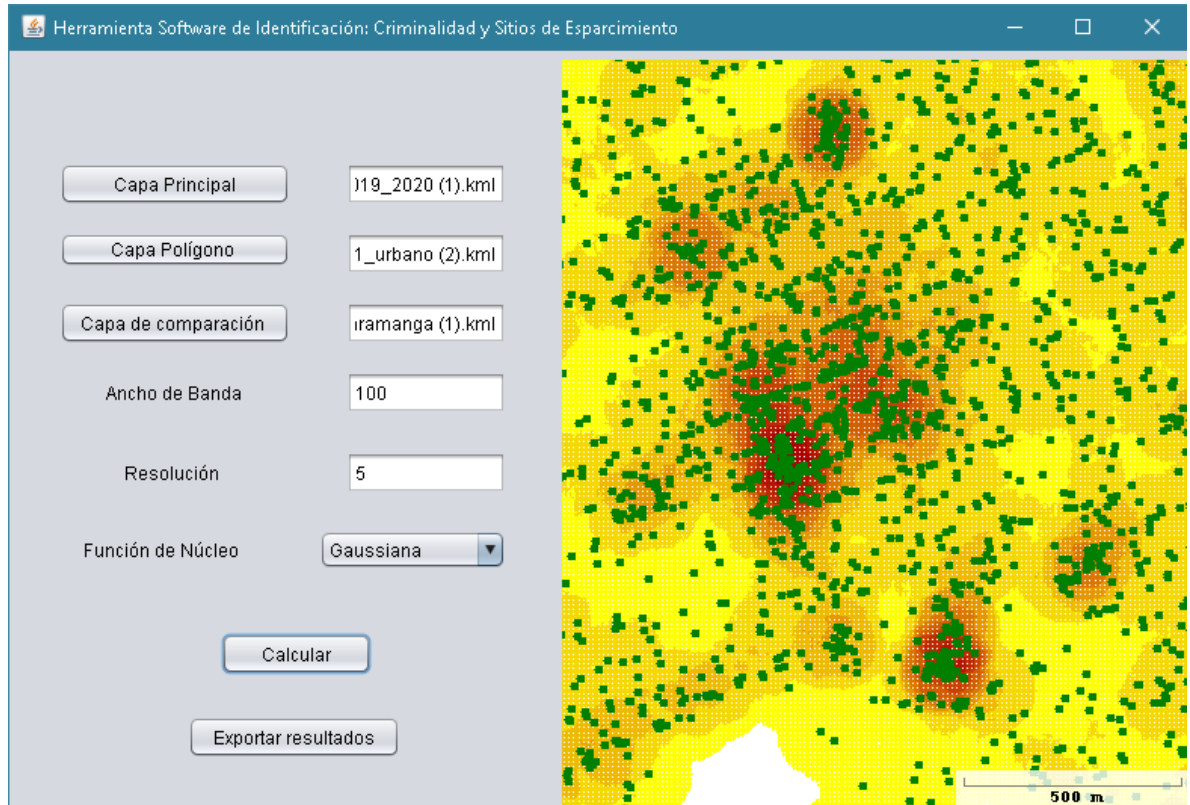
Figura 34. Prueba de software 2.



Fuente: Los autores.

Con un ancho de banda de 100 metros y una resolución de 5 las concentraciones de calor o densidades se ven más definidas por ende un mayor reconocimiento de las zonas de crimen. (Figura 35).

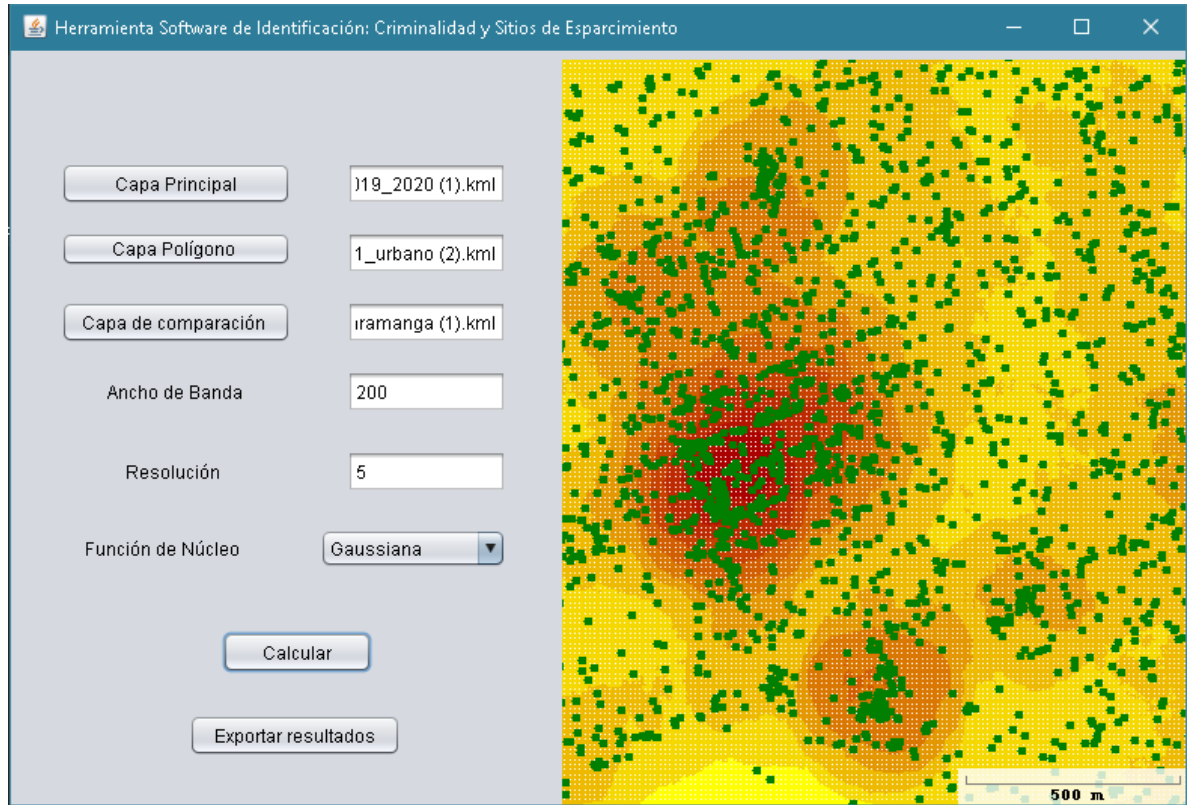
Figura 35. Prueba de software 3.



Fuente: Los autores.

Con un ancho de banda de 200 metros y una resolución de 5 las zonas de mayor densidad se tienden a incrementar visualmente. (Figura 36).

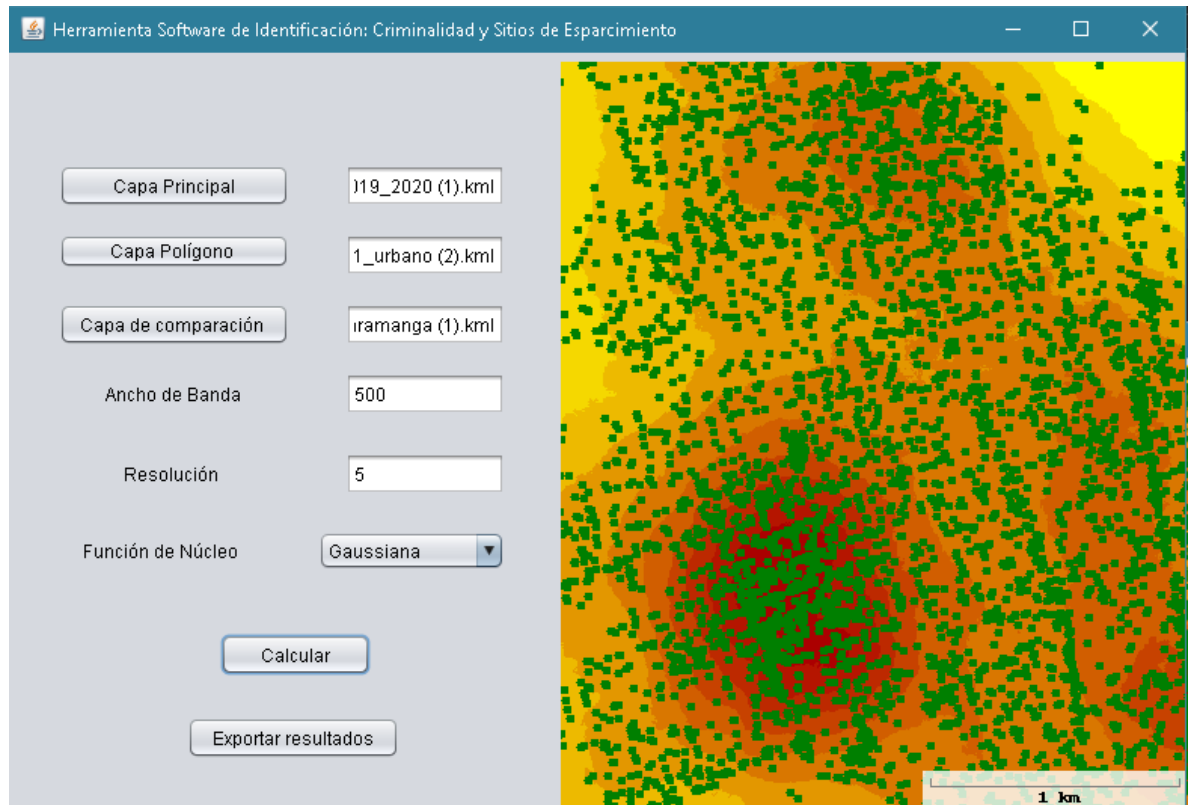
Figura 36. Prueba de software 4.



Fuente: Los autores.

Con 500 metros de ancho de banda y 5 de resolución las zonas de mayor concentración no se definen correctamente en lugares específicos en la zona del crimen. (Figura 37).

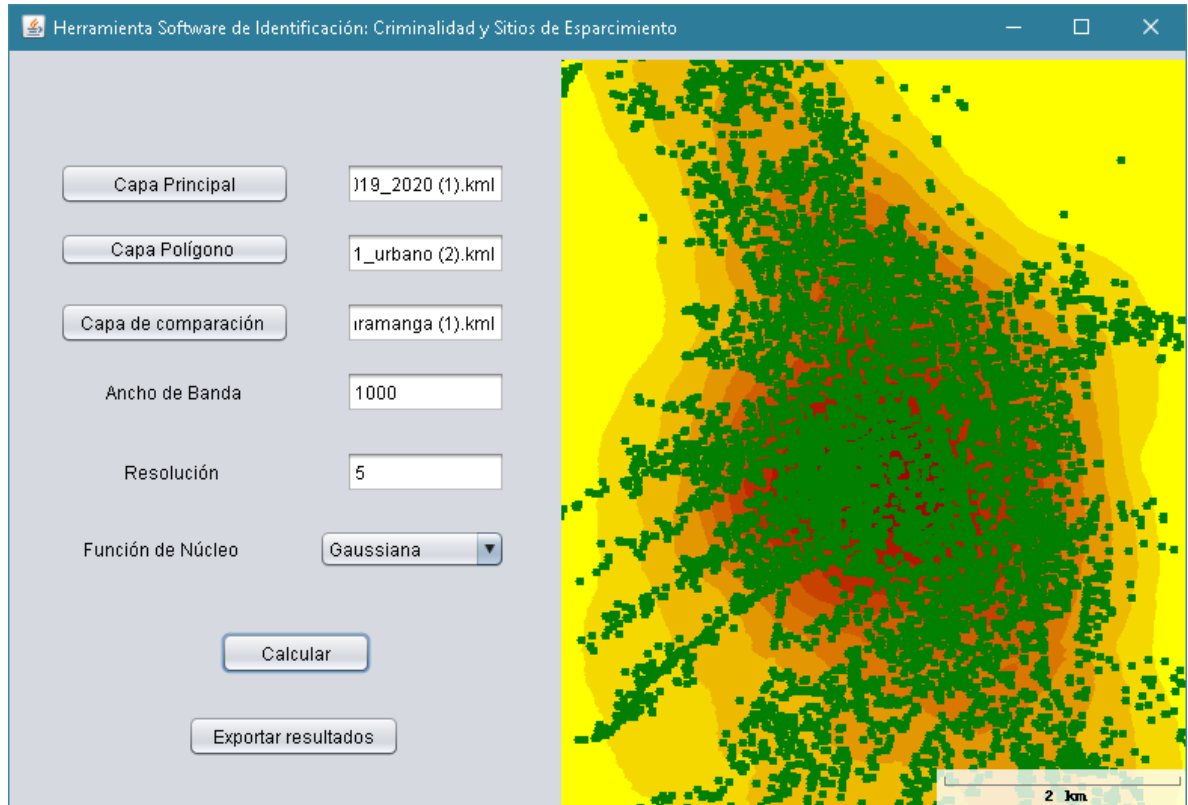
Figura 37. Prueba de software 5.



Fuente: Los autores.

Con una resolución de 20 y un ancho de banda de 1000 no se define las áreas de mayor concentración del crimen.

Figura 38. Prueba de software 6.

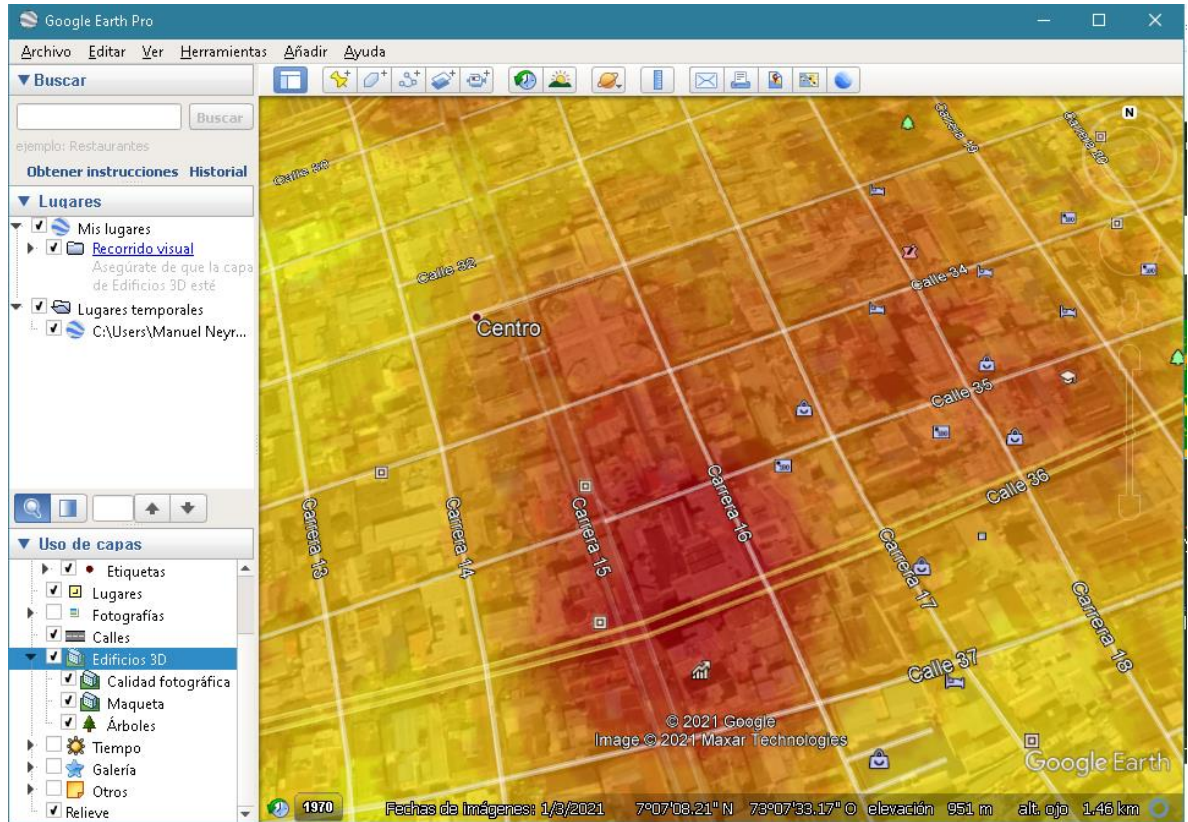


Fuente: Los autores.

Los datos al ser exportados e importados a la herramienta Google Earth se puede ver evidenciado las concentraciones de los crímenes dentro del mapa y encontrar de forma visual cada concentración puesta en Bucaramanga.

Como puntos con alta concentración o de mayor concentración de delitos encontramos la zona del centro comprendida entre calle 33 y calle 37 con carrera 14 y carrera 19. (Figura 39).

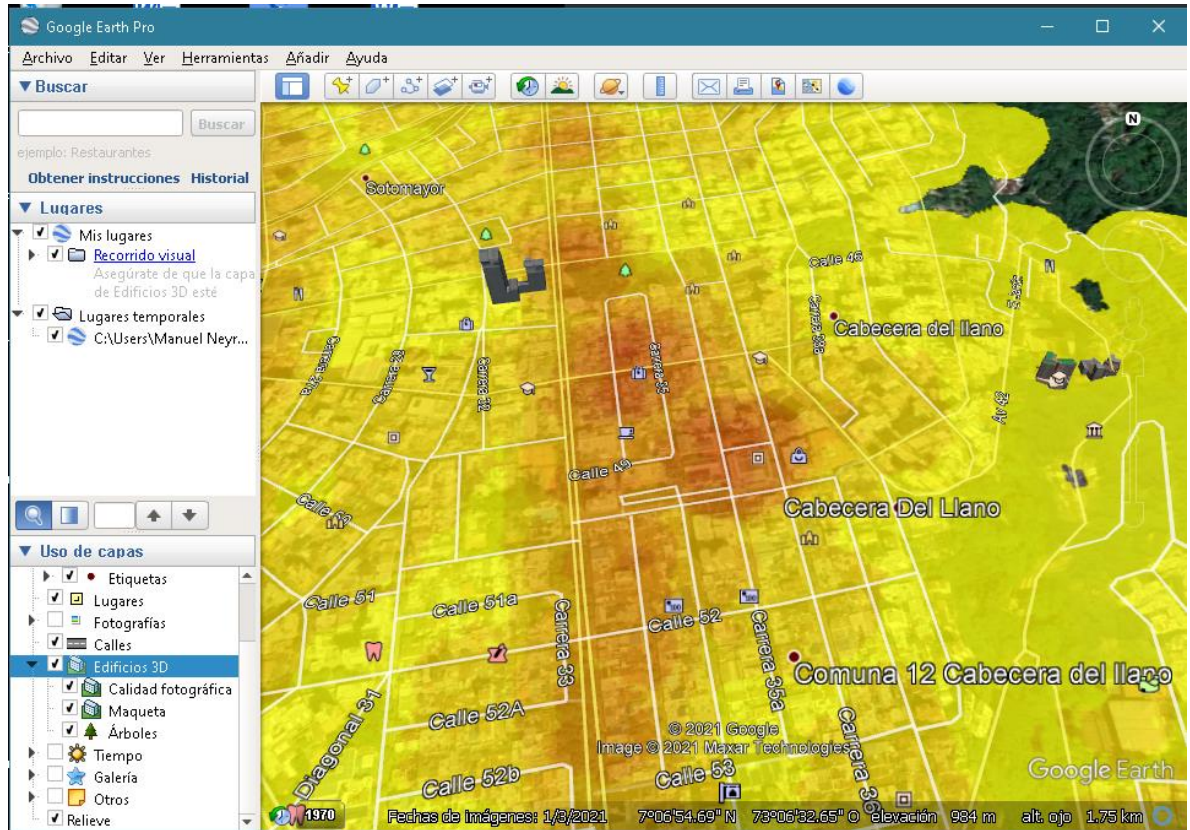
Figura 39. KML exportado e importado en Google Earth 1.



Fuente: Los autores.

Se ve una concentración un tanto regular en la zona de Cabecera, mas precisamente en la carrera 33 entre la calle 32 y calle 56, como también entre la carrera 33 y carrera 36 con calle 46 y calle 51. (Figura 40).

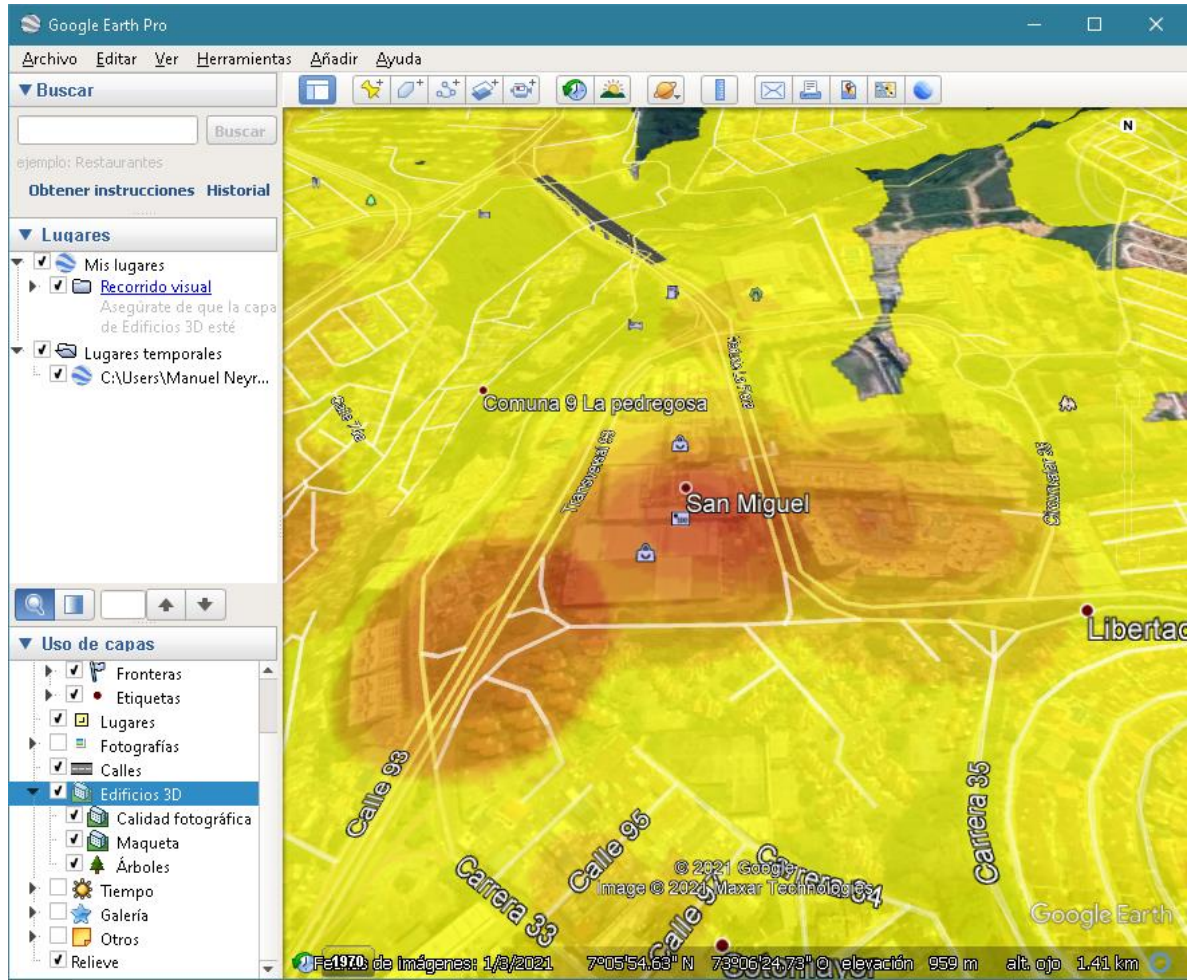
Figura 40. KML exportado e importado en Google Earth 2.



Fuente: Los autores.

En el barrio San Miguel se encuentra una concentración alta en cuanto al delito entre la transversal 93 y circunvarlar 35. (Figura 41).

Figura 41. KML exportado e importado en Google Earth 3.



Fuente: Los autores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

El crimen es un problema que se realiza de manera diaria, un problema que acecha a cada una de las personas de la sociedad, un problema que aún no se tiene los medios para evitar que se efectúen de manera regular, cada acto de crimen tiene su respectivo dato espacial, es decir, la información del sitio en donde se efectuó el delito, teniendo una referencia geográfica, esta información almacenada en conjunto se puede evidenciar que tan recurrido o no es el crimen dentro de un sitio.

Este proyecto tiene como fin identificar el crimen en Bucaramanga de forma visual y encontrar una relación entre este crimen y lugares de esparcimiento, usando herramientas tales como los métodos de Kernel Density Estimation (KDE) que ayuda a obtener una función de densidad de probabilidad para luego poder ser visualizada y el Índice adaptado de comparación que analiza patrones repetitivos y determina si tiene una relación o no, las cuales son puntos clave para entender de manera gráfica el delito en Bucaramanga como también la relación entre el delito y diferentes factores en este caso lugares de esparcimiento como lo son los parques.

El proyecto puede cargar no solo los delitos ni los parques de solamente Bucaramanga, el software puede usarse también para los delitos de otros lugares como también de otros espacios de esparcimiento, con las condiciones de que estén en formato KDE y modificados de manera correcta para que el software pueda reconocerlo y realizar el cálculo.

Debido a la implementación del método de correlación haciendo uso la prueba de Montecarlo el software da como resultado que sí existe una relación entre los parques y el delito, esto puede efectuarse debido a que es un punto de esparcimiento muy transcurrido y lugar donde se reúnen grupos de personas de manera más común y con menor vigilancia, esto abriendo a la posibilidad de efectuar un crimen.

En el futuro se implementará el software en lugares no solo de Bucaramanga sino de cualquier espacio comprendido dentro de la tierra, analizando así el delito de cualquier lugar que se tenga dato.

7.2. Recomendaciones.

Este proyecto se puede recomendar a instituciones tales como la Policía Nacional, o entidades encargadas de la seguridad de algún sector, zona o lugar, con el fin de identificarlo de manera mas eficaz, dando mas soporte o ayuda a las zonas con determinado punto de esparcimiento que ya posteriormente se haya concluido que si existe relación entre el crimen y determinado lugar.

El proyecto logra el cometido de analizar si un lugar o sitio de esparcimiento tiene una relación con el crimen, esto podría ayudar a realizar actividades de seguridad con mayor auge en el lugar de esparcimiento con el cual se tiene relación, o toma de precaución en caso de recurrir a determinado lugar, por lo tanto, cualquier persona capacitada para realizar un trabajo de precaución o mejora en cuanto a la disminución del crimen podrá hacer uso adecuado de esta herramienta software.

Bibliografía

- 49Th World Health Assembly. (1996). Prevention of violence: a public health priority. *WHA49.25 Prevention of Violence: A Public Health Priority*, (May), 2–3. Retrieved from http://www.who.int/violence_injury_prevention/resources/publications/en/WHA4925_eng.pdf?ua=1
- A Okabe, T Satoh, K. S. (2008). A KERNEL DENSITY ESTIMATION METHOD FOR NETWORKS, ITS COMPUTATIONAL METHOD, AND A GIS-BASED TOOL. 非文字資料研究の可能性—若手研究者研究成果論文集—, (神奈川県21世紀COE プログラム研究推進会議), 153–164.
- Baddeley, A., Rubak, E., & Turner, R. (2015). *Spatial Point Patterns Methodology and Applications with R*.
- Batabyal, A. A., Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2020). A political-economy analysis of the provision of urban anti-crime technologies in a model with three cities. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120211. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120211>
- Boots, G., & Getis, A. (1988). Point Pattern Analysis Point Pattern Analysis.
- Botev, Z. I., Grotowski, J. F., & Kroese, D. P. (2010). Kernel density estimation via diffusion. *Annals of Statistics*, 38(5), 2916–2957. <https://doi.org/10.1214/10-AOS799>
- Braymer-Hayes, K., Anderson, S. L., Alix, C., Darwent, C. M., Darwent, J., Mason, O. K., & Norman, L. Y. E. (2020). Studying pre-colonial gendered use of space in the Arctic: Spatial analysis of ceramics in Northwestern Alaska. *Journal of Anthropological Archaeology*, 58, 101165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaa.2020.101165>
- Brian
- , S., 2015. Color Theory Color Theory Lecture Topics. [en línea], Disponible en: <http://homes.lmc.gatech.edu/~bschrank/2720/lectures/ColorTheory.pdf>.
- Cal, E. U.-D. (2018). La Ley Seca, la era de la prohibición en Estados Unidos. Retrieved September 22, 2020, from https://historia.nationalgeographic.com.es/a/ley-seca-era-prohibicion-estados-unidos_12311/1

- Catlett, C., Cesario, E., Talia, D., & Vinci, A. (2019). Spatio-temporal crime predictions in smart cities: A data-driven approach and experiments. *Pervasive and Mobile Computing*, 53, 62–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2019.01.003>
- Cerda Lorca, J., & Valdivia C., G. (2007, August). John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. *Revista Chilena de Infectología*. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182007000400014>
- Clark, P. J., & Evans, F. C. (1954). Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations.
- Curtis-Ham, S., & Walton, D. (2017). Mapping crime harm and priority locations in New Zealand: A comparison of spatial analysis methods. *Applied Geography*, 86, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.008>
- Chang, J., Yu, S., Chen, H. y Tsai, C., 2010. HSV-based Color Texture Image Classification using Wavelet Transform and Motif Patterns. *Methods*, vol. 20, no. 4, pp. 2010.
- Chen, J., Cranton, W. y Fihn, M., 2016. Handbook of visual display technology. *Handbook of Visual Display Technology*, no. February 2020, pp. 1-3564. DOI 10.1007/978-3-319-14346-0.
- David, L., & Garay, R. De. (2014). Crimen y economía: una revisión crítica de las explicaciones económicas del crimen. *Argumentos*, 27(74), 263–294.
- Fenimore, D. M. (2019). Mapping harmspots: An exploration of the spatial distribution of crime harm. *Applied Geography*, 109(May), 102034. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.06.002>
- Gardiner, R.A. y Radford, P.J., 1972. Antique Maps. *The Geographical Journal* [en línea], vol. 138, no. 1, pp. 112. ISSN 00167398. DOI 10.2307/1797491. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1797491?origin=crossref>
- Harries, K. (1995). Mapping crime: Principle and practice. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EJLaAAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=crime,+New+York,+pin+maps,+1900&ots=y5eipLV3cR&sig=vBA_kW-56OJs8YMV52f2YpRfi7g
- Harvey, D. W. (1966). Geographical Processes and the Analysis of Point Patterns: Testing Models of Diffusion by Quadrat Sampling. *JSTOR*, 81–95. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/621570>
- He, Z., Deng, M., Xie, Z., Wu, L., Chen, Z., & Pei, T. (2020). Discovering the joint influence of urban facilities on crime occurrence using spatial co-location pattern mining. *Cities*, 99(January), 102612.

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102612>

- Holtzschue, L., 2017. *Understanding color : an introduction for designers*. John Wiley & Sons, Inc, ISSN 9781118920800
- Langley, R. B. (1998). The UTM Grid System. *GPS World*, 46–50. Retrieved from <http://gauss.gge.unb.ca/papers.pdf/gpsworld.february98.pdf>
- Leiva, M., Vasquez-Lavín, F., & Ponce Oliva, R. D. (2020). Do immigrants increase crime? Spatial analysis in a middle-income country. *World Development*, 126, 104728. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104728>
- Maciejewski, R., Rudolph, S., Hafen, R., Abusalah, A., Yakout, M., Ouzzani, M., Cleveland, W.S., Grannis, S.J. y Ebert, D.S., 2010. A visual analytics approach to understanding spatiotemporal hotspots. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 16, no. 2, pp. 205-220. ISSN 10772626. DOI 10.1109/TVCG.2009.100.
- Miraglia, M., Flores, A., Rivarola y Benitez, M., D'Liberis, M., Galván, L., Natale, D., & Rodríguez, M. (2010). *Manual de Cartografía , Teleobservación y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional de General Sarmiento Manual*. Retrieved from https://ens9004-mza.inf.d.edu.ar/sitio/upload/01-_MIRAGLIA_Y_OTROS_.PDF%0Ahttps://www.tysmagazine.com/manual-de-cartografia-teleobservacion-y-sistemas-de-informacion-geografica/
- Moreno Corzo, F. E. (2017). *Aplicación para el análisis espacial de datos en espacios en redes con netkde y función K para redes*. Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Retrieved from <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/3376>
- Nación, F. G. de la. (2020). Tasa de criminalidad en Colombia. Retrieved August 19, 2020, from <https://cej.org.co/indicadores-de-justicia/criminalidad/tasa-de-criminalidad/>
- Ñaupas, H., & Paitán, Marcelino Raúl Valdivia Dueñas, Jesús Josefa Palacios Vilela, H. E. R. D. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Observatorio Digital Municipal de Bucaramanga. (2020). Datos de los Delitso en Bucaramanga 2010 a Marzo 31 de 2020. Retrieved August 16, 2020, from <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojY2MzYzgzM2YtNWUwMC00NGNjLWE1OWUtNmM3Mjk2MWQ2Yzk0IiwidCI6IjEwMzQ3NGZjLTYwYmYtNGRiYy1iZjVlLTZlMzE3ZmU5MDFiYiIsImMiOiR9>
- Pressman, R. S., & Ph, D. (2010). *Ingeniería del software*.

- Sánchez, F., & Núñez, J. (2001). Determinantes del crimen en un país altamente violento: el caso de Colombia. *Coyuntura Económica*, XXXI(1), 91–116. Retrieved from <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2098>
- Sanchez, W. (2015). *La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características*.
- SCCJR. (2015). Theories and causes of crime, 1–9. Retrieved from <http://www.sccjr.ac.uk/wp-content/uploads/2016/02/SCCJR-Causes-of-Crime.pdf>
- Snyder, J. P., & Voxland, P. M. (1989). United States Geological Survey: An album of map projections. *USGS Professional Paper*, (1453), 249. <https://doi.org/10.3133/pp1453>
- Summers, L., & Caballero, M. (2017). Spatial conjunctive analysis of (crime) case configurations: Using Monte Carlo methods for significance testing. *Applied Geography*, 84, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.05.002>
- Tate, L. (n.d.). Overview of GIS History. Retrieved September 9, 2020, from <https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/>
- Taylor, D. R. F. (1991). *Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography. Modern Cartography Series* (Vol. 1). Pergamon Press plc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-040277-2.50009-X>
- Taylor, W. A. (1980). Map projections. *Scottish Geographical Magazine*, 6(6), 306–315. <https://doi.org/10.1080/14702549008554700>
- Tillé, Y., Dickson, M. M., Espa, G., & Giuliani, D. (2018). Measuring the spatial balance of a sample: A new measure based on Moran's I index. *Spatial Statistics*, 23, 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2018.02.001>
- Unwin, D. J. (1996). GE , spatial analysis and spatial statistics, 4, 540–551.
- Valente, R. (2019). Spatial and temporal patterns of violent crime in a Brazilian state capital: A quantitative analysis focusing on micro places and small units of time. *Applied Geography*, 103(July 2018), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.006>
- Xie, Z., & Yan, J. (2008). Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(5), 396–406. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.05.001>
- Zhou, X., & Lin, H. (2016). Moran's I. In *Encyclopedia of GIS* (pp. 1–1). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23519-6_817-2

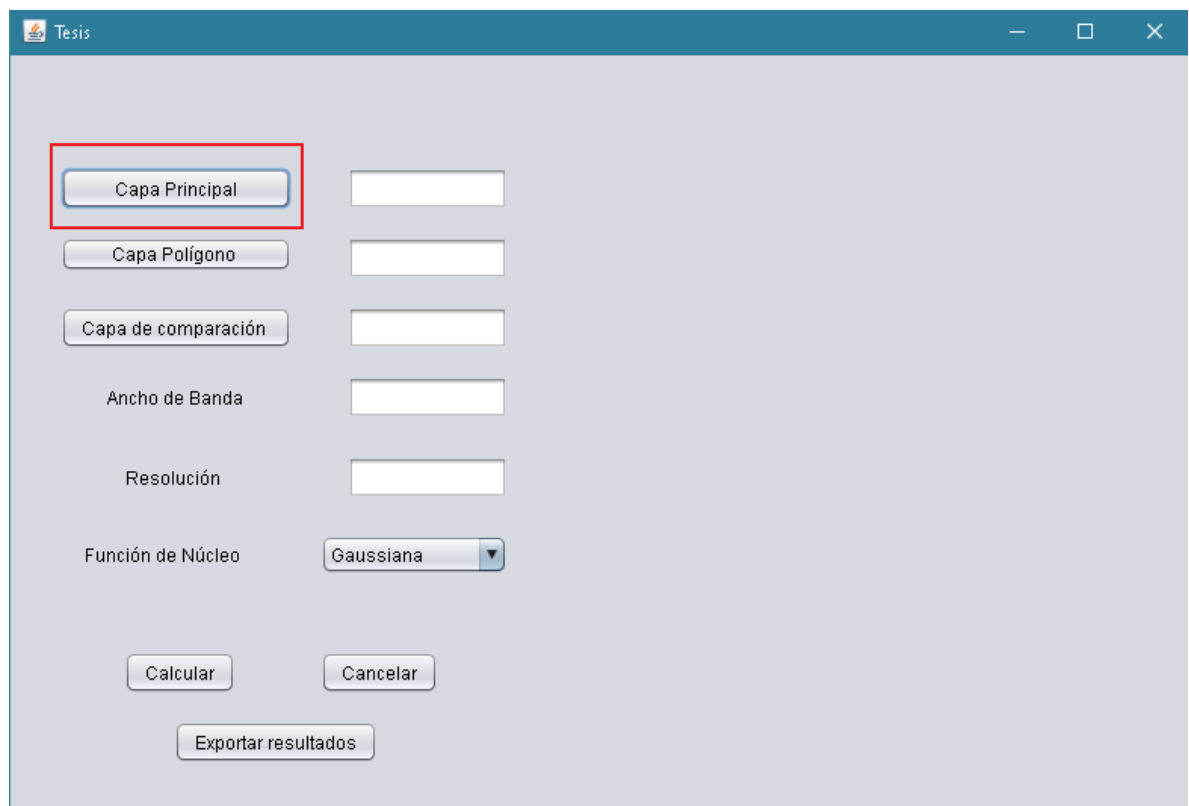
ANEXOS

Anexo 1: Manual de usuario.

Para que el software funcione de la manera correcta se debe usar de la siguiente manera:

Como primer procedimiento se le debe dar clic a la Capa principal el cual se debe almacenar el archivo KML correspondiente a los delitos de la ciudad de Bucaramanga, al darle clic se despliega un buscador de archivos para buscar y seleccionar el archivo KML perteneciente. (Figura 42, 43).

Figura 41. Anexo Manual de Usuario 1

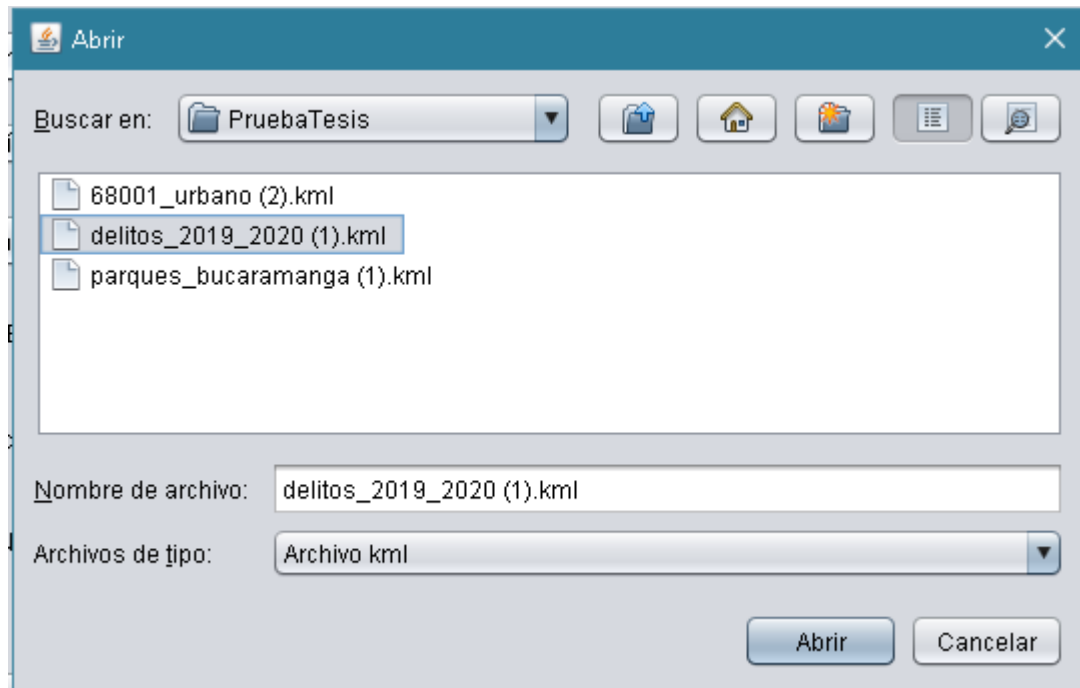


The image shows a screenshot of a software window titled "Tesis". The window contains a configuration panel with the following elements:

- A button labeled "Capa Principal" which is highlighted with a red rectangular box.
- A button labeled "Capa Polígono".
- A button labeled "Capa de comparación".
- A text input field labeled "Ancho de Banda".
- A text input field labeled "Resolución".
- A dropdown menu labeled "Función de Núcleo" with "Gaussiana" selected.
- Buttons labeled "Calcular" and "Cancelar".
- A button labeled "Exportar resultados".

Fuente: Los autores.

Figura 42. Anexo Manual de Usuario 2.

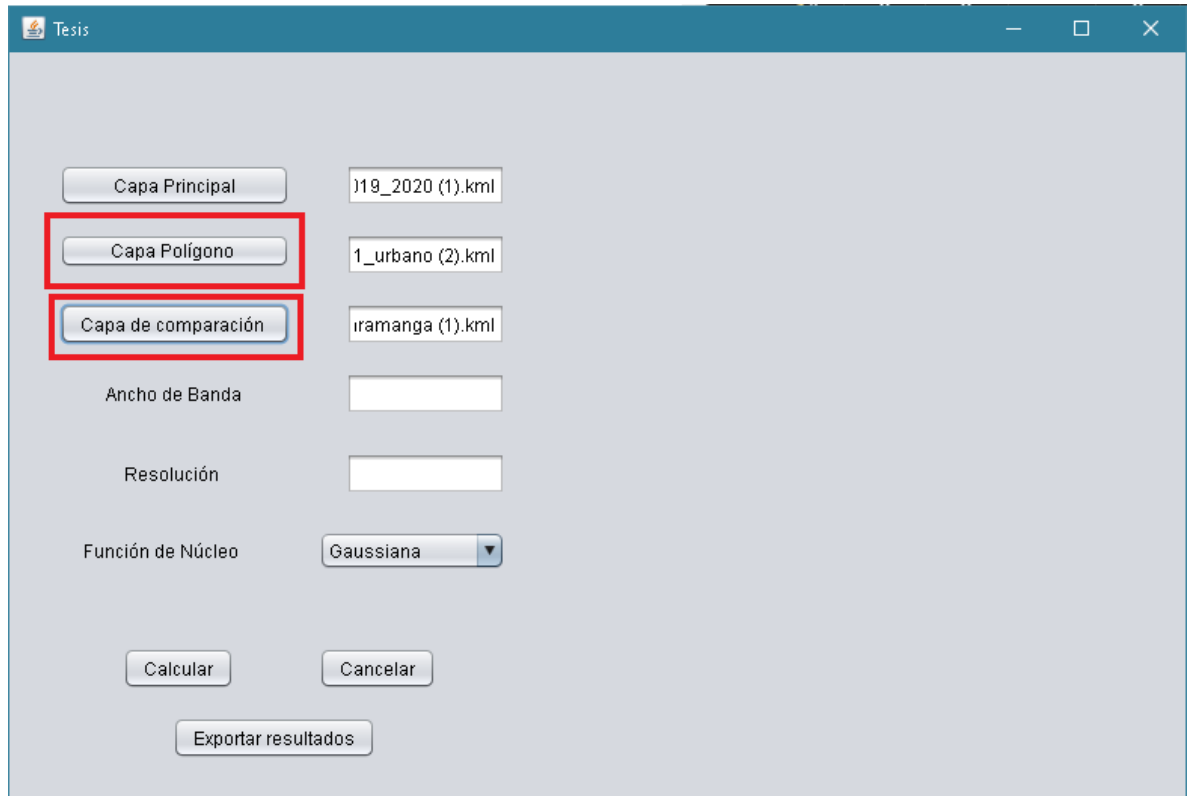


Fuente: Los autores.

Como siguiente paso es seleccionar la Capa Polígono, el cual se refiere a la zona delimitada, en este caso delimita a la ciudad de Bucaramanga, al seleccionarla se abre de igual manera un buscador de archivos y se carga el archivo KML correspondiente.

De igual manera, se selecciona la Capa de Comparación el cual se refiere del espacio de esparcimiento del cual se aplicará la correlación, se selecciona, se busca en el buscador de archivos y se selecciona el archivo correspondiente. (Figura 44).

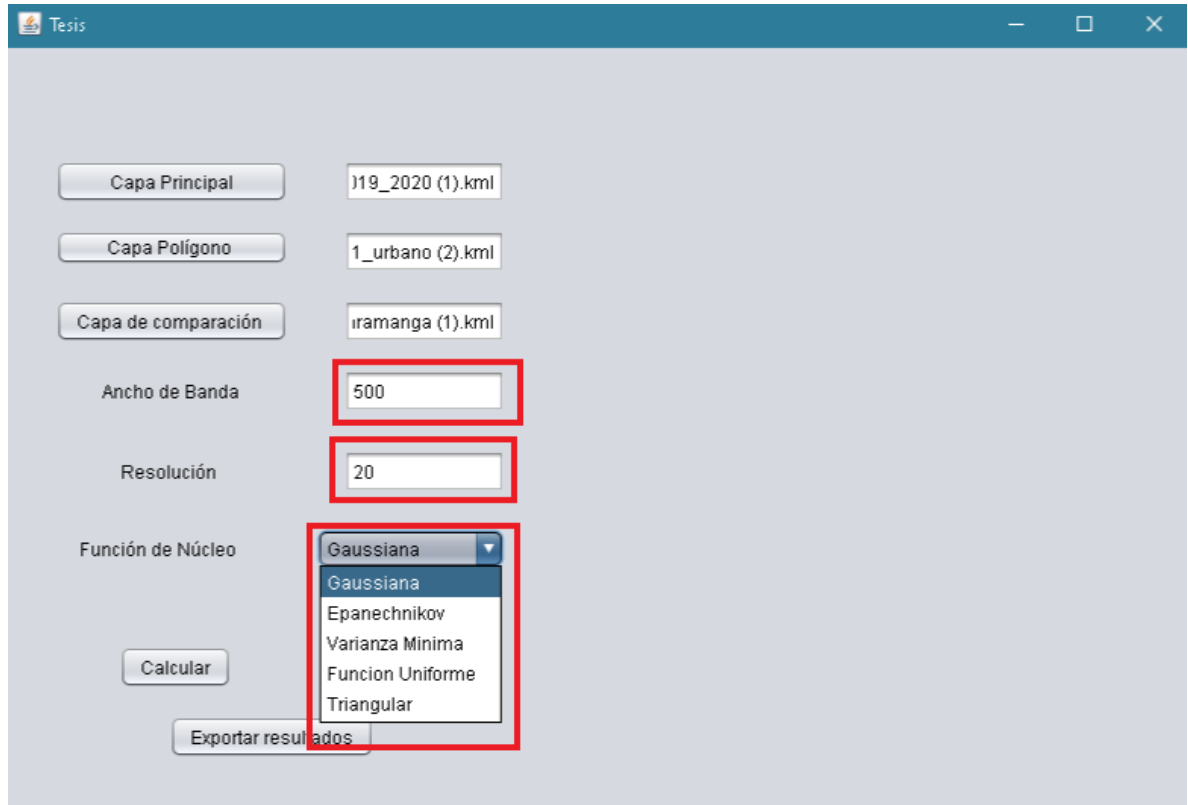
Figura 43. Anexo Manual de Usuario 3.



Fuente: Los autores.

Se ingresan los datos en forma numérica en los espacios pertenecientes a Ancho de Banda y Resolución y se ajusta para una mayor comprensión dependiendo del uso, luego se selecciona la función núcleo el cual tiene diferentes métodos para calcular el KDE con el fin de brindar variedad en el cálculo de este método. (Figura 45).

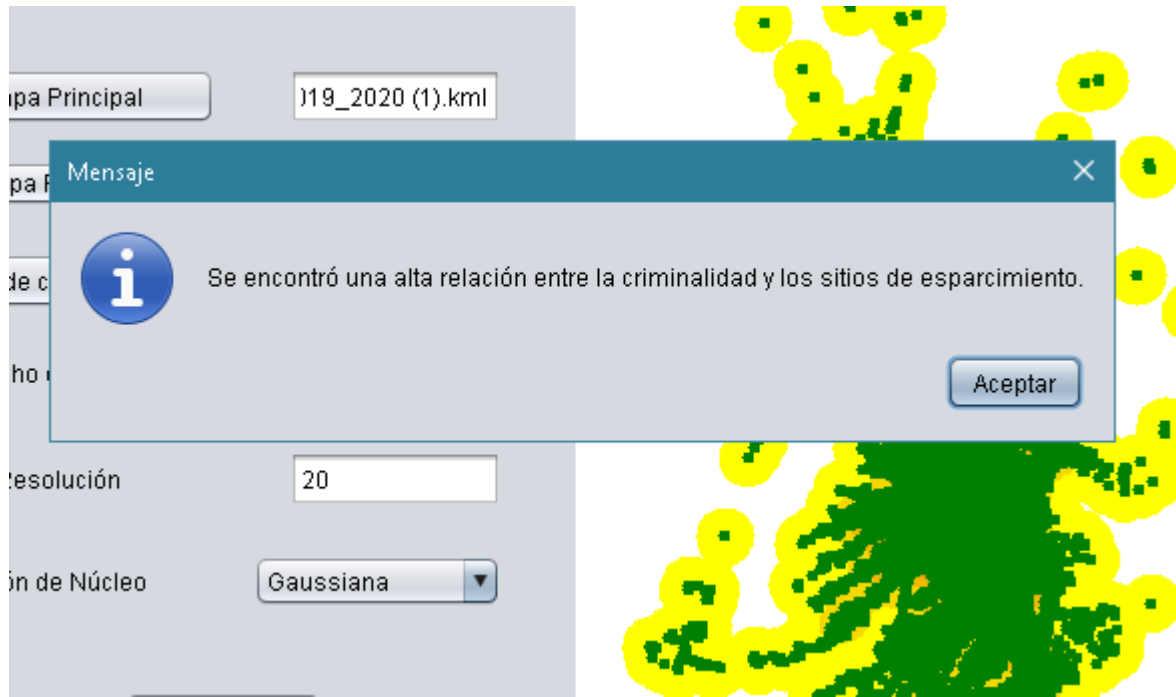
Figura 44. Anexo Manual de Usuario 4



Fuente: Los autores.

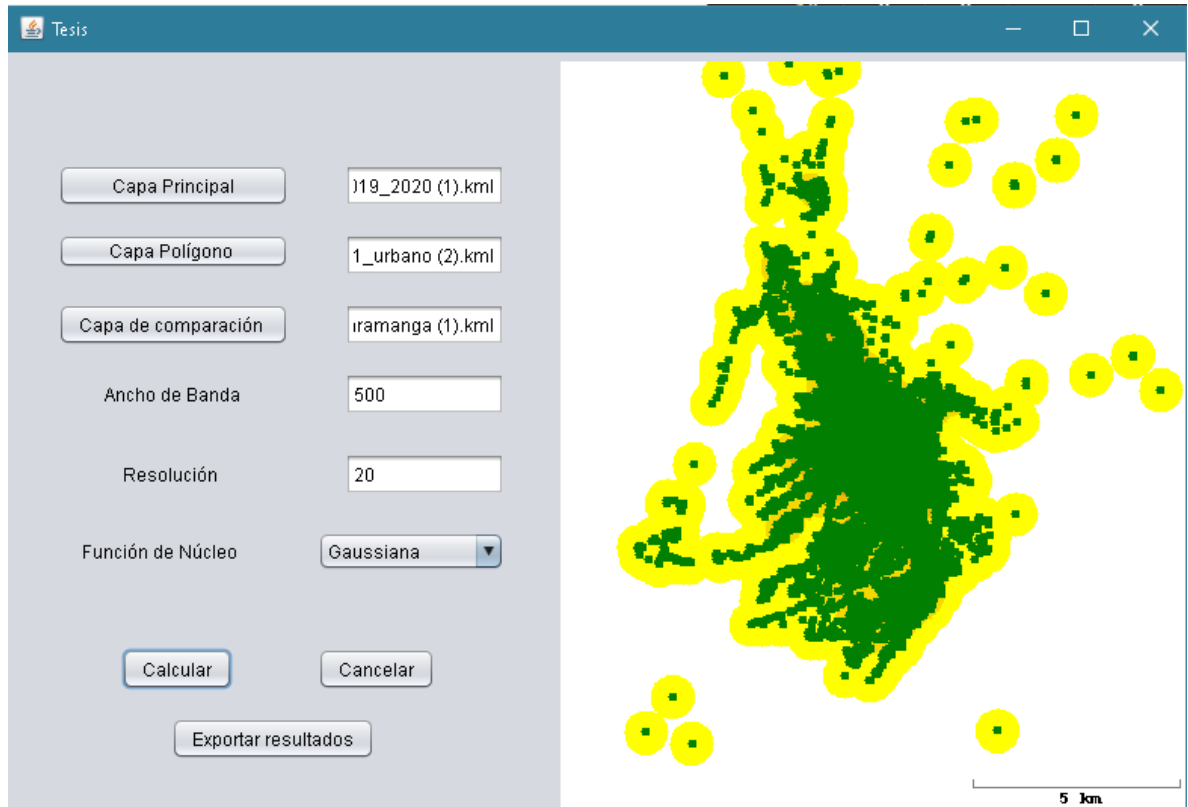
Por último, se selecciona calcular el cual despliega primero un aviso el cual comenta si hay o no relación entre el crimen y los lugares de esparcimiento encontrado (Figura 46)., y también despliega el mapa de Bucaramanga con sus zonas con mayor concentración. (Figura 47).

Figura 45. Anexo Manual de Usuario 5.



Fuente: Los autores.

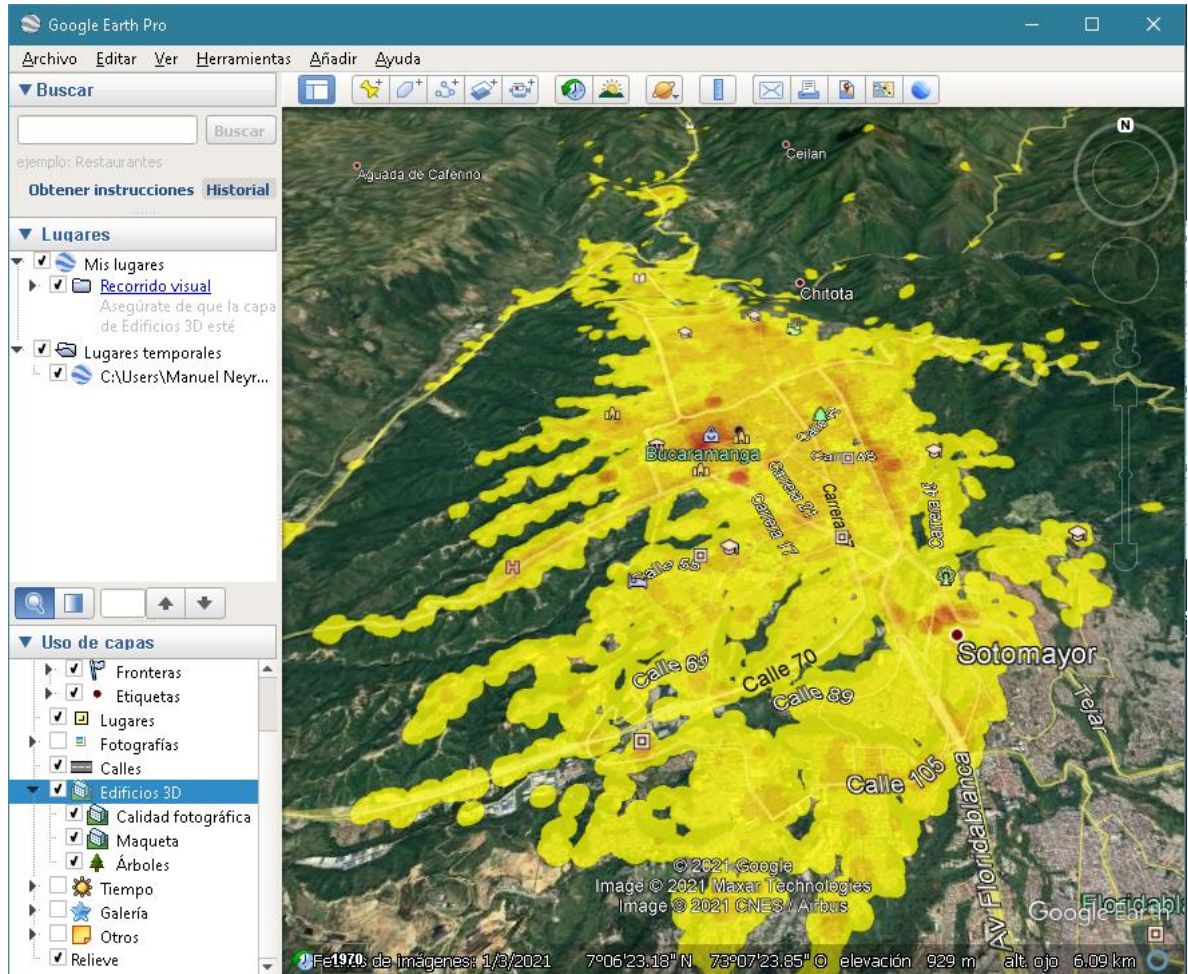
Figura 46. Anexo Manual de Usuario 6.



Fuente: Los autores.

Al seleccionar Exportar Resultados este desplegará un buscador de archivos para buscar una ruta para guardar el resultado, este resultado se guardará en un archivo KML y en una imagen JPG, este archivo KML guardado se podrá importar en Google Earth para dar una mejor visualización del estudio. (Figura 48).

Figura 47. Anexo Manual de Usuario 7.



Fuente: Los autores.

Anexo 2: Código fuente del software.

El código fuente de la aplicación que tiene como nombre *códigofuente.zip* esta hecho con el lenguaje Java que es una tecnología para desarrollar aplicaciones, una forma de comunicarnos con el computador para hacer alguna actividad deseada, Java es de propósito general, es decir, que puede emplearse para aplicaciones web, aplicaciones empresariales, aplicaciones móviles o en este caso en aplicaciones para escritorio, es un lenguaje de programación multi propósito y multiplataforma, esto ayuda que pueda tener aceptación en cualquier plataforma y también puede realizar varias tareas a la vez.

Se implementa también Java Swing que se trata de una biblioteca gráfica de usuario tales como botones, espacios de texto, tablas y listas desplegables.

Las librerías usadas en el software son:

```
import java.awt.Color;
import java.awt.Graphics2D;
import java.awt.Polygon;
import java.awt.image.BufferedImage;
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.Random;
import javax.imageio.ImageIO;
import javax.swing.JFileChooser;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.filechooser.FileFilter;
import javax.swing.filechooser.FileNameExtensionFilter;
```

Anexo 3: Parques de la ciudad de Bucaramanga.

Se toma los datos de la alcaldía para encontrar los parques localizados en la ciudad de Bucaramanga y se busca las coordenadas geográficas con ayuda de Google Maps¹, de esta manera usando QGIS² se convierte en una capa KML.

Parque, coordenada:

Parque San Pio	7.1186254	-73.1101936580432
Parque Sarrapios	7.11881485	-73.1075900065748
Parque Leones	7.12303395	-73.1080991215353
Parque La Flora	7.1054333	-73.1080879261822
Parque Divino Niño	7.1079272610818744	-73.1108717
Parque Turbay	7.115636912166529	- 73.11534246098914
Parque Las Palmas	7.120614102330047	- 73.11245958465857
Parque Solon Wilches	7.118359623003695	- 73.11413535397571
Parque Simon Bolivar	7.119499566764164	-73.1195259539757
Parque Antonia Santos	7.12367169508991	- 73.12219201534144
Parque de los Niños	7.126514041373326	- 73.11914118822901
Parque Las Americas	7.127211488140455	- 73.10972410219571
Parque Morrórico	7.134562593764459	- 73.10684685514899
Parque Bosque Encantado	7.12668553308586	- 73.10646961534144
Parque La Rosita	7.112936365014344	- 73.12204483106409
Parque Las Tortugas	7.1446684986493585	- 73.12678168465857
Parque de las Cigarras	7.10463883880566	- 73.12140604089646
Parque San Francisco	7.132142708254184	- 73.12490316931714

¹ <https://www.google.com/maps>

² <https://www.qgis.org/es/site/>

Parque Cristo Rey	7.13791202133496	- 73.12912828307907
Parque de Los Periodistas	7.113944133040821	- 73.12197913068286
Parque de Las Hormigas	7.105101923721075	- 73.11132068465857
Parque Los Canelos	7.100523959407817	- 73.12233881534144
Parque La Concordi	7.114551161640899	- 73.11822868465856
Parque La Ceiba	7.10512056719331	- 73.11466403068287
Parque Juan Maria Marcelino Gilibert	7.103817156037676	-73.1113832693171
Parque San Gerardo	7.1026153282122895	- 73.12022461534144
Parque Sol de los Venados	7.1006943042457795	- 73.13213766931712
Parque Bruno Batello	7.102440335197177	- 73.13080729373266
Parque La paz	7.099288957446027	- 73.13085020907408
Parque Las Hermanas	7.099203784774726	- 73.12921942609957
Parque Las Ardillas	7.099028110963157	- 73.12942327678431
Parque de los abuelos	7.098165736448861	- 73.12906922521749
Parque Caminódromo Fontana Real	7.088751215391911	- 73.11990034602431
Parque Diamante 2	7.092880358780708	- 73.11300280739005
Parque Barrio San Luis	7.0925537074820975	-73.1187253460243
Parque Fontana	7.08877311059323	-73.1159196749184
Parque Provenza	7.089270826966257	- 73.11234065397569
Parque caminodromo de Provenza	7.08824207928946	- 73.11183371534143

Parque Contemplativo Cristal Bajo	7.073389827319188	- 73.11914811681247
Parque el Rocio	7.085659546466445	-73.1213676539757
Parque Deportivo Coaviconsas	7.086327308052825	- 73.12402601534144
Parque Manuela Beltran	7.084844086800822	- 73.12458727670716
Parque Deportivo Porvenir	7.08579957353633	- 73.13194891681245
Parque Infantil Porvenir	7.081528152825923	- 73.12838961866005
Parque el Molino	7.082623028252086	- 73.13055771865994
Parque Toledo Plata	7.0811990549117425	-73.121663
Parque Girardot	7.123301127563437	- 73.13448663068287
Parque de la Vida	7.108897444505168	- 73.13715707670718
Parque de las cigarras	7.1048437103982165	- 73.12138188047938
Parque Santander	7.120600649009417	- 73.12294573068287
Parque Centenario	7.123233053385139	- 73.12443421201486
Parque Garcia Rovira	7.117834285391567	-73.1302133460243
Parque Romero	7.114409317012965	- 73.12858586136574
Parque Bruno Batello	7.102503214527716	-73.1307459460243
Parque Las Nacumas	7.091189735988494	- 73.13859307670717
Parque de Estoraques	7.092790683880927	- 73.14248823179355
Parque Prados del Mutis	7.0962034797213605	- 73.13604129999999
Parque Sol de los Venados	7.100651718042198	- 73.13226641534143