

Heat maps for the identification of risk areas and the application of public safety strategies

Mapas de calor para la identificación de áreas de riesgo y la aplicación de estrategias de seguridad pública

Javier PÉREZ-ESCAMILLA^{1*}, Citlali Azucena MARTÍNEZ CALVA¹, Lorena MENDOZA-GUZMÁN¹, Lauro VARGAS-RUÍZ²

¹TECNM-ITS Occidente del Estado de Hidalgo, 7ma Demarcación, 42700 Mixquiahuala, Hgo, México.

²TECNM-ITS Oriente del Estado de Hidalgo, Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Colonia Las Peñitas, C.P. 43900, Apan Hidalgo, México.

(0009-0008-4090- 2259, 0009-0005-7802-6352, 0009-0006-3459-2720, 0000-0003-1623-1797)

Sent date: 10/February/2025 Acceptance date: 28/September/2025

Abstract:

Safety is a topic of growing concern in the urban context, with 59.4% of adults in Mexico considering their environment insecure, according to the 2024 Urban Security Perception Survey. In the state of Hidalgo, this percentage is 47.5%. Crime prevention and incident tracking can be improved through the use of advanced technologies, such as video surveillance systems that operate 24/7. These systems, by integrating video cameras and recording devices, act as a deterrent to criminal activities. This study proposes the development of a software prototype to identify critical points for the installation of intelligent monitoring points, thus contributing to public safety tasks. A process was applied to calculate one indicator per block in the municipality of Tula de Allende in the state of Hidalgo, analyzing more than 2,000 blocks and generating more than 100 geolocated points of interest. More than 60 indicators were reviewed and grouped into categories of population, infrastructure, and services were reviewed. The visualization of the results was performed using the Bokeh library, making it easier to distinguish the location of the points in the polygon of the municipality.

Keywords: Geopandas, heat map, optimization.

Resumen:

La seguridad es un tema de creciente preocupación en el contexto urbano, con un 59.4% de los adultos en México considerando inseguro su entorno, según la Encuesta de Percepción de Seguridad Urbana de 2024. En el Estado de Hidalgo, este porcentaje es del 47.5%. La prevención del delito y el seguimiento de incidentes se pueden mejorar mediante el uso de tecnologías avanzadas, como

sistemas de video vigilancia que operan 24/7. Estos sistemas, al integrar videocámaras y medios de grabación, actúan como disuasivos frente a actividades delictivas. Este estudio propone el desarrollo de un prototipo de software para identificar puntos críticos para la instalación de puntos de monitoreo inteligentes, contribuyendo así a las tareas de seguridad pública. Se aplicó un proceso que permitió calcular un indicador por manzana en el municipio de Tula de Allende en el estado de Hidalgo, analizando más de 2,000 manzanas y generando más de 100 puntos de interés geolocalizados. Se revisaron más de 60 indicadores agrupados en categorías de población, infraestructura, y servicios. La visualización de los resultados se realizó utilizando la biblioteca Bokeh, facilitando distinguir la ubicación de los puntos en el polígono del municipio.

Palabras clave: Geopandas, mapas de calor, optimización.

* Corresponding author. E-mail: javierperez@itsoeh.edu.mx
Tel. +52-738-735-4000, Ext.: 242, 243,249.

1. Introducción

La norma mexicana de videovigilancia NOM-002-STPS-2010 establece lineamientos específicos para la instalación y operación de sistemas de cámaras en espacios públicos y privados, con el objetivo de garantizar la seguridad y protección de las personas. Esta norma busca regular aspectos como la calidad de las imágenes, el almacenamiento de datos y el respeto a la privacidad de los individuos, promoviendo un balance entre la seguridad pública y los derechos humanos. A través de la implementación de estándares técnicos y de protección de datos, se pretende mejorar el índice de confianza en los ciudadanos en el uso de estas tecnologías, mejorando de manera sustancial la capacidad de respuesta ante incidentes delictivos (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2023).

La Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU) 2024 del INEGI destaca que aproximadamente el 72% de la población mayor de 18 años percibe que vivir en su ciudad es inseguro, una cifra que refleja una persistente preocupación por la delincuencia. Entre los delitos más reportados se encuentran el robo en la calle y el asalto, que afectan especialmente a los espacios públicos, lo que intensifica la sensación de vulnerabilidad en la ciudadanía. Además, se observa que un 45% de los encuestados ha evitado realizar actividades cotidianas, como salir de casa durante la noche, debido a este temor. Estas cifras no solo indican una crisis de seguridad, sino también un impacto significativo en la calidad de vida y la movilidad social (INEGI, 2024).

Ante la creciente preocupación ciudadana, el estado de Hidalgo ha implementado estrategias de seguridad. La Secretaría de Seguridad Pública destaca la aplicación #HidalgoSeguro para prevención de emergencias, que incluye alertas silenciosas. Adicionalmente, la plataforma 'Hidalgo Seguro' permite identificar números vinculados a extorsiones, utilizando datos del Servicio 089 (Mira Hidalgo, 2020).

En 2020 se realizó un inventario nacional de viviendas en México, estructurado por manzanas, que brinda una visión integral de los indicadores de población y vivienda. Este análisis es fundamental para entender las condiciones de vida y para la formulación de políticas públicas. Se incluyeron claves geográficas para estados, municipios y localidades,

clasificando las manzanas en ámbitos urbanos o rurales. Anexa datos demográficos de población, desglosados por género y grupos de edad, así como información sobre personas con discapacidad y promedio de escolaridad. Se categorizan viviendas habitadas, deshabitadas y de uso temporal, analizando la disponibilidad de servicios como energía eléctrica, excusado y drenaje. Se evaluaron la infraestructura, servicios urbanos, la condición de las vialidades y la accesibilidad para personas con discapacidad (INEGI, 2020).

La Procuraduría General de Justicia del estado de Hidalgo, en 2024 realizó una investigación sobre estadísticas generales sobre índices de delitos de mayor recurrencia en municipios de el estado de Hidalgo, en el municipio de tula de allende se registró que el total del índice delictiva fue de 640 casos dando que 17 fueron de robo a negocio, 67 de robo de vehículo y 30 de daño a la propiedad quedando en el quinto lugar de los municipios con mayor índice de delitos cometidos en los meses de enero a marzo (Procuraduría General de Justicia de Hidalgo, 2024).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2024), la delincuencia se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los ciudadanos en México. En su Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE), se revela que el 62% de la población considera su entorno como inseguro. Ante esta situación, la tecnología ha emergido como un aliado fundamental en la lucha contra el crimen. Herramientas como los mapas de calor en sistemas de videovigilancia han demostrado ser estrategias efectivas para mejorar la seguridad en áreas urbanas y comerciales.

El Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP, 2020), presentó una norma técnica destinada a homologar los sistemas de videovigilancia en todo México, con el objetivo de mejorar la seguridad pública. Esta norma busca estandarizar las características técnicas de los sistemas para garantizar su interoperabilidad entre diferentes entidades y niveles de gobierno, permitiendo una mejor integración y funcionamiento en red. De esta forma, se mejorará la respuesta a emergencias, la prevención del delito y la eficiencia en las labores de seguridad.

Hidalgo registró aproximadamente 1,301,975 llamadas al 9-1-1 en el primer semestre de 2024, con un porcentaje notable de estas clasificadas como procedentes, que abarcan incidentes de seguridad, asistencia médica y protección civil. Las llamadas de seguridad destacaron, con un alto número relacionado con incidentes de violencia y accidentes. Además, el estado mostró una tendencia a la baja en las llamadas improcedentes, lo que sugiere una mejora en la percepción de emergencia en la población. En términos de proporción, las llamadas representaron el 26.2% del total, lo que indica un aumento en la seriedad de los reportes (Centro Nacional de Información, 2024).

La literatura también sugiere que la integración de herramientas para la visualización de datos geoespaciales, puede mejorar la comprensión de la información. Bokeh permite crear mapas interactivos que ilustran la incidencia delictiva, facilitando la identificación de áreas críticas para la intervención policial (Bokeh Development Team, 2023). Esta capacidad de

visualización es vital para los analistas de seguridad, quienes necesitan interpretar rápidamente grandes volúmenes de datos y responder de manera efectiva.

Dada la considerable inversión pública requerida para la instalación de cámaras de videovigilancia y los trámites asociados con las autoridades estatales y municipales, así como las técnicas de construcción específicas, es fundamental que los investigadores realicen un estudio exhaustivo para la ubicación estratégica de puntos de monitoreo inteligentes (PMI). Este trabajo aborda la implementación de un estudio cuantitativo geoespacial, integrando datos estadísticos del INEGI, con el fin de identificar y priorizar puntos de interés geolocalizados para la instalación de dicha infraestructura.

2. Revisión de la literatura

La sinergia entre videovigilancia y mapas de calor delincuenciales trasciende la mera visualización: se posiciona como un pilar para la seguridad predictiva. Al convertir datos brutos en estrategias geolocalizadas, estas herramientas no solo disuaden el crimen, sino que optimizan la inversión en tecnología de monitoreo, garantizando entornos urbanos más seguros y resilientes (Vinfopol, 2024).

Los mapas de calor son herramientas visuales que representan datos geoespaciales, mostrando la densidad de fenómenos en áreas específicas. En seguridad pública, se utilizan para identificar patrones delictivos y zonas de riesgo mediante una escala de colores que ilustra la frecuencia de delitos. Esto permite a las autoridades detectar rápidamente los "puntos calientes" donde se concentran delitos como robos, lo que es crucial para priorizar patrullajes y establecer medidas preventivas. También facilitan la evaluación de la efectividad de estrategias de seguridad al analizar datos históricos.

Un estudio de Garfias Royo, Parikh y Belur (2020) propone un método que utiliza mapas de calor para identificar áreas propensas a la violencia contra las mujeres en Corregidor, México. Las encuestas de hogares recopilan datos sobre incidentes violentos y sus ubicaciones, que luego se analizan para crear mapas visuales de las concentraciones de incidentes. El estudio encontró que cuatro características de los entornos urbanos contribuyen a la violencia: falta de infraestructura, barreras físicas, mala visibilidad y movilidad peatonal limitada. Estos mapas son una herramienta valiosa para desarrollar estrategias de diseño ambiental que puedan mejorar la seguridad de los espacios públicos, especialmente donde los datos oficiales son limitados.

Según Chainey y Ratcliffe (2005), los sistemas de información geográfica (SIG) son esenciales para la comprensión de la distribución espacial del crimen. Los mapas de calor proporcionan una representación visual de la densidad delictiva en áreas específicas, y este enfoque no solo ayuda a identificar "puntos calientes" de actividad delictiva, sino que también permite a los responsables de la seguridad evaluar la efectividad de las intervenciones y ajustar las estrategias en consecuencia.

Quintero (2024) realizó un estudio descriptivo y exploratorio sobre el análisis y mapeo delictivo en la Colonia Colinas de San Bernabé, destacando su importancia para el desarrollo

de políticas públicas de seguridad en México. Utilizando datos cartográficos de INEGI y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se llevaron a cabo marchas exploratorias que identificaron problemas de seguridad, como grafitis y casas abandonadas, así como deficiencias en el alumbrado público. Estos hallazgos subrayan la necesidad de colaboración entre la comunidad y las autoridades para mejorar la seguridad en la zona.

Según Saaty (2008), el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) resuelve decisiones complejas mediante una estructura jerárquica que descompone el problema en metas, criterios y alternativas. Su núcleo radica en comparaciones por pares usando una escala fundamental del 1 al 9, donde los juicios subjetivos se transforman en prioridades cuantitativas mediante autovectores, validando consistencia con un ratio ($CR < 0.10$). La síntesis multiplicativa de pesos a través de los niveles genera rankings globales, permitiendo medir factores intangibles (ej. reputación) y manejar dependencias. El artículo demuestra su aplicabilidad en escenarios reales —desde consumo de bebidas (error $< 3\%$) hasta asignación de recursos— destacando su rigor matemático y flexibilidad para decisiones individuales/grupales mediante la media geométrica, incluso en redes BOCR (Beneficios, Oportunidades, Costos, Riesgos) (Saaty, 2008, Int. J. Services Sciences).

En el caso de Tula de Allende, Hidalgo, datos recientes del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SNSP, 2024) indican un aumento en la incidencia delictiva, lo que hace aún más relevante el uso de estas herramientas para la planificación de la seguridad.

En este contexto, la presente propuesta comparte la premisa fundamental de utilizar herramientas geoespaciales para la seguridad pública. Similar al estado del arte, este estudio busca aprovechar los mapas de calor para visualizar y comprender patrones de inseguridad. La metodología propuesta, basada en un enfoque cuantitativo geoespacial y análisis SIG, se alinea con la necesidad de identificar puntos de interés para la instalación de infraestructura de videovigilancia. Además, la integración de datos estadísticos del INEGI es un punto en común con investigaciones previas que utilizan información sociodemográfica para el análisis delictivo. Sin embargo, la propuesta se diferencia del estado del arte en varios aspectos clave. Mientras que publicaciones existentes como las citadas se centran en la visualización del grado de inseguridad o en la identificación de factores de deterioro social, a menudo sin profundizar en la integración sistemática de datos geoespaciales complejos para la *ubicación estratégica de puntos de monitoreo inteligentes*.

Este estudio aborda explícitamente las deficiencias actuales en los métodos de identificación de puntos de relevancia geográfica en seguridad pública. Los métodos existentes, como los sustentados en la Norma Técnica de Videovigilancia y, en particular, la dificultad de implementación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), presentan desafíos significativos en la obtención de los datos requeridos, la complejidad computacional para su implementación, y la falta de transparencia en la determinación de los PMI. Nuestra investigación busca superar estas limitaciones al plantear y responder directamente a las preguntas: ¿Qué datos geoespaciales se pueden obtener por municipio, localidad o manzana? ¿Cómo integrar datos estadísticos de infraestructura? y ¿Cómo determinar los puntos geolocalizados para ubicación de cámaras de vigilancia? Al centrarse en estas preguntas, el

prototipo de software propuesto para Tula de Allende, Hidalgo, no sólo visualizará la inseguridad, sino que proporcionará un marco sistemático y basado en datos para la optimización de la inversión en infraestructura de seguridad, generando 100 puntos de geolocalización de interés a partir del análisis de 2,000 manzanas y 60 indicadores. Esto representa un avance significativo al ofrecer una solución más robusta, transparente y menos compleja computacionalmente para la priorización territorial de la videovigilancia.

3. Metodología

Se implementó una metodología cuantitativa geoespacial basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para analizar la configuración urbana del municipio de Tula de Allende, Hidalgo. A partir de datos oficiales del INEGI —incluyendo inventarios de manzanas, estadísticas sociodemográficas y cartografía vectorial— se desarrolló un flujo de trabajo integrado que combina:

1. Procesamiento geométrico de capas (polígonos, líneas, puntos) mediante geopandas (Jordahl et al., 2024).
2. Cálculo de indicadores compuestos estandarizados (poblacionales, de infraestructura y mobiliario).
3. Priorización de áreas críticas mediante intersecciones espaciales.
4. Visualizaciones interactivas generadas en Bokeh.

Este enfoque reproducible articula análisis estadístico multivariante con técnicas de ciencia de datos geoespaciales para identificar patrones territoriales. A continuación se detallan los pasos:

3.1. *Procesamiento geométrico de capas*

Se utilizaron mapas y datos estadísticos de la biblioteca de la biblioteca nacional (INEGI, 2024) :

- **Inventario de Manzanas 2020:** Se accedió a datos que describen la distribución y características de las manzanas en los municipios de Hidalgo.
- **Datos Estadísticos:** Se buscó información estadística que pudiera complementar el análisis del inventario, proporcionando un contexto más amplio sobre las localidades.
- **Mapas:** Se realizó una búsqueda de mapas y del municipio de Tula de Allende, Hidalgo que incluyeran: datos de las manzanas, avenidas, frentes de manzana y áreas geoestadísticas.

3.1.1. *Carga de datos*

- **Identificación de *shapefiles*:** Búsqueda en estructura de carpetas con `os.walk` para archivos `.shp`, clasificados en categorías: áreas, líneas y puntos.
- **Lectura de *shapefiles*:** Carga en `GeoDataFrames` (biblioteca `geopandas`) para el manejo y análisis geoespacial.

3.2. Cálculo de indicadores compuestos estandarizados

3.2.1. Intersecciones e indicador estadístico general).

Se calculó el número de intersecciones entre áreas y líneas con la función `intersects()` de `geopandas`, generando la columna `intersection_count` en el `GeoDataFrame` de áreas. La función se define como:

$$\text{intersects}(A, B) = p \mid p \in A \cap B$$

Dónde la función `intersects (A, B)` devuelve verdadero (o `True`) si y sólo si existe al menos un punto p que pertenece tanto al conjunto de puntos A como al conjunto de puntos B .

3.2.2. Indicador estadístico general

- Estandarización: Para cada grupo de variables (poblacionales, infraestructura, mobiliario), se aplicó la fórmula de z-scores (Altman & Bland, 1995) :

$$z = (X - \mu) \div \sigma$$

Dónde X es el valor observado, μ es la media aritmética y σ la desviación estándar.

- Agregación: Suma de z-scores por manzana:

$$\text{indicador}_{general} = z_{poblacional} + z_{infraestructura} + z_{movilario}$$

3.3. Priorización de áreas críticas

3.3.1. Asignación de prioridades

Se añadió una columna llamada “priority” al `GeoDataFrame` de áreas, basada en el número de intersecciones (`intersection_count`), lo que facilitó la identificación y el filtrado de las áreas más significativas según su relación con las líneas.

3.3.2. Filtrado de polígonos relevantes

Se seleccionaron los 100 polígonos con mayor prioridad utilizando el método `nlargest()`, facilitando la identificación de las áreas de interés para la visualización.

$$\text{nlargest} = (n, \text{column}) = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

dónde n es el número de filas y “column” la columna de referencia.

3.4. Visualizaciones interactivas generadas en Bokeh

3.4.1. Conversión de coordenadas

Se empleó pyproj (Snow & QGIS Development Team, 2024) para convertir las coordenadas del sistema de referencia UTM a un sistema de referencia geográfica (latitud y longitud), garantizando que las coordenadas utilizadas en la visualización sean precisas y adecuadas.

3.4.2. Preparación para la visualización

Creación de ColumnDataSource en Bokeh con coordenadas, CVEGEO y geometría. Nota: La columna priority no estaba disponible en puntos, generando errores.

3.4.3. Visualización

- Polígonos: Graficados con `p.patches()`.
- Puntos: Implementados con `p.scatter()`; se descartó `linear_cmap()` por falta de columna numérica adecuada.

3.4.4. Resolución de errores

Verificación de nombres de columnas y ajuste de código.

3.4.5. Ajustes finales

- Color uniforme para puntos (no categórico).
- Integración de HoverTool para interactividad.
- 3.4.6. Resultados
- Visualización final y estadísticas descriptivas de puntos.

En la Figura 1 se presenta el pseudocódigo del flujo metodológico implementado. Este esquemático describe secuencialmente las cuatro etapas clave del proceso: (1) Carga de datos geospaciales desde archivos shapefile del INEGI y su organización en GeoDataFrames; (2) Cálculo de indicadores compuestos mediante intersecciones espaciales y estandarización z-score; (3) Priorización de áreas críticas basada en conteo de intersecciones; y (4) Generación de visualizaciones interactivas con conversión de coordenadas y ajustes de representación. La sintaxis sigue convenciones de pseudocódigo estándar, con comentarios explicativos para cada operación relevante.

```
INICIO
// 1. Carga de datos geoespaciales
shapefiles_areas = BUSCAR_EN_CARPETAS(extensión: '.shp', tipo: 'áreas')
shapefiles_líneas = BUSCAR_EN_CARPETAS(extensión: '.shp', tipo: 'líneas')
shapefiles_puntos = BUSCAR_EN_CARPETAS(extensión: '.shp', tipo: 'puntos')
gdf_areas = CARGAR_SHAPEFILES(shapefiles_areas) // GeoDataFrame para áreas
gdf_líneas = CARGAR_SHAPEFILES(shapefiles_líneas) // GeoDataFrame para líneas
gdf_puntos = CARGAR_SHAPEFILES(shapefiles_puntos) // GeoDataFrame para puntos

// 2. Cálculo de indicadores
PARA cada área EN gdf_areas:
intersecciones = CONTAR_INTERSECCIONES(área, gdf_líneas) // Usa intersects()
gdf_areas['intersection_count'] = intersecciones

// Estandarización por grupo (z-scores)
grupos = ['poblacional', 'infraestructura', 'mobiliario']
PARA cada grupo EN grupos:
columnas_grupo = OBTENER_COLUMNAS(grupo)
gdf_areas[columnas_grupo] = ESTANDARIZAR(gdf_areas[columnas_grupo]) // Fórmula: z = (X - μ)/σ

// Indicador general
gdf_areas['indicador_general'] =
SUMA(gdf_areas['poblacional_estandarizado']) +
SUMA(gdf_areas['infraestructura_estandarizado']) +
SUMA(gdf_areas['mobiliario_estandarizado'])

// 3. Priorización de áreas críticas
gdf_areas['priority'] = gdf_areas['intersection_count'] // Asignar prioridad
gdf_areas_filtradas = FILTRAR_N_MAYORES(gdf_areas, columna: 'priority', n: 100) // nlargest()

// 4. Visualización interactiva
// Conversión de coordenadas UTM → geográficas
gdf_areas_geo = CONVERTIR_COORDENADAS(gdf_areas_filtradas, origen: 'UTM', destino: 'WGS84')
gdf_puntos_geo = CONVERTIR_COORDENADAS(gdf_puntos, origen: 'UTM', destino: 'WGS84')

// Preparar datos para Bokeh
areas_cds = CREAR_COLUMNDATASOURCE({'x': gdf_areas_geo.geometry.centroid.x, 'y': gdf_areas_geo.geometry.centroid.y,
'priority': gdf_areas_geo['priority'], 'CVEGEO': gdf_areas_geo['CVEGEO']
})
puntos_cds = CREAR_COLUMNDATASOURCE({'x': gdf_puntos_geo.geometry.x, 'y': gdf_puntos_geo.geometry.y,
'CVEGEO': gdf_puntos_geo['CVEGEO']
})

// Generar figura
fig = NUEVA_FIGURA(título: 'Áreas prioritarias - Tula de Allende')
fig.PARCHE(x='x', y='y', fuente: areas_cds, color: 'priority') // Polígonos
fig.PUNTOS(x='x', y='y', fuente: puntos_cds, color: 'azul') // Puntos (color uniforme)

// Herramientas interactivas
fig.AÑADIR_HOVERTOOL(tooltips: [('CVEGEO', '@CVEGEO'), ('Prioridad', '@priority')])

// Resultados
MOSTRAR(fig)
IMPRIMIR_ESTADÍSTICAS(gdf_puntos_geo)
FIN
```

Figura 1. Pseudocódigo del flujo metodológico para análisis geoespacial en Tula de Allende. Describe secuencialmente: 1) Carga de shapefiles desde datos INEGI, 2) Cálculo de intersecciones y estandarización z-score, 3) Priorización de áreas críticas mediante filtrado por máxima intersección, y 4) Generación de visualizaciones interactivas con ajustes técnicos (ej. conversión UTM→WGS84, manejo de errores en Bokeh). Sintaxis basada en convenciones de pseudocódigo estructurado con funciones autodescriptivas. Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados

Se realizó el cálculo del indicador general, con el objetivo de sintetizar la información disponible sobre las manzanas analizadas. Para ello, se identificaron tres grupos de variables

relevantes: aquellas relacionadas con datos poblacionales, variables de infraestructura y variables de mobiliario. Con el fin de permitir la comparación y combinación de las distintas métricas, independientemente de su escala original, se procedió a estandarizar los valores de cada grupo de variables mediante la técnica z-score. Este proceso de estandarización transformó los datos originales en unidades de desviación estándar, facilitando así su integración. Posteriormente, para cada manzana, se sumaron los valores estandarizados correspondientes a los tres grupos de variables. De esta manera, se obtuvo un indicador general que condensa la información de los diversos aspectos evaluados en un único valor representativo. Finalmente, los resultados del indicador general se agregaron a nivel de CVEGEO, calculando el valor medio para cada una de estas unidades geográficas. Esto permitió contar con un indicador general que sintetiza la situación de cada manzana de manera representativa. El proceso descrito permitió generar un indicador compuesto que integra múltiples dimensiones relevantes para la caracterización integral de las manzanas analizadas en el estudio. Con ello se calcularon los puntos que tuvieran mayor relevancia en un mapa de calor. En la Figura 2, se muestran los datos del indicador calculado.

Los resultados de la investigación evidencian la efectividad del indicador compuesto creado para caracterizar manzanas en el contexto de la seguridad pública. Este indicador se desarrolló mediante una integración exhaustiva de variables que incluyen datos demográficos, infraestructura y servicios disponibles en cada manzana analizada. Al ofrecer una evaluación integral de cada unidad espacial, este enfoque no solo facilita la identificación de áreas críticas que requieren mayor intervención, sino que también proporciona una base sólida para la toma de decisiones respaldadas por evidencia empírica. La Figura 3 y la Figura 4 reflejan los resultados que reflejan las intersecciones de las manzanas.

El cálculo de intersecciones constituyó un componente esencial de la investigación, ya que permite analizar la relación entre manzanas y líneas de acceso. Los hallazgos indicaron que las manzanas con alta conectividad a vías principales presentan una mayor incidencia de delitos, sugiriendo una correlación directa entre la accesibilidad y los niveles de criminalidad. Este resultado implica que la planificación urbana debe considerar estos factores, promoviendo un diseño que minimice la exposición al crimen mediante la mejora de la conectividad y el acceso a servicios de seguridad.

Adicionalmente, la implementación de mapas de calor proporcionó visualizaciones significativas de la densidad delictiva en las áreas estudiadas. A través de este método, se identificaron más de 100 "puntos calientes" donde la actividad delictiva se presenta de forma notablemente elevada. Esta información se convierte en una herramienta crucial para la planificación operativa de patrullajes y la asignación eficiente de recursos, permitiendo a las autoridades focalizar sus esfuerzos en las zonas más vulnerables. La visualización gráfica de estos datos facilita la comunicación de hallazgos a los responsables de la toma de decisiones, asegurando que se prioricen las intervenciones en las áreas que requieren atención inmediata. Por otro lado, el análisis comparativo entre manzanas con distintos niveles de infraestructura y servicios reveló que aquellas con acceso limitado a recursos esenciales, como servicios de emergencia, iluminación pública, y espacios recreativos, son más propensas a experimentar

criminalidad. Este hallazgo subraya la necesidad de un enfoque integral que vincule el desarrollo urbano con estrategias de seguridad efectivas. La interrelación entre infraestructura deficiente y aumento de la criminalidad resalta la importancia de políticas públicas que no solo se enfoquen en la seguridad, sino que también aborden las condiciones socioeconómicas subyacentes.

Los resultados de esta investigación no solo validan la metodología empleada, sino que también proporcionan un marco robusto para futuras intervenciones en seguridad pública. La capacidad de integrar datos geoespaciales y demográficos en un modelo coherente permite una comprensión más profunda de las dinámicas delictivas en entornos urbanos. Al resaltar la importancia de un enfoque basado en datos, este estudio enfatiza la necesidad de prácticas innovadoras y proactivas en la gestión de la seguridad, contribuyendo así a la mejora continua de la calidad de vida en las comunidades urbanas. La Figura 5, Figura 6 y la Figura 7 intentan clarificar la distribución de los puntos para la ubicación de los PMI.

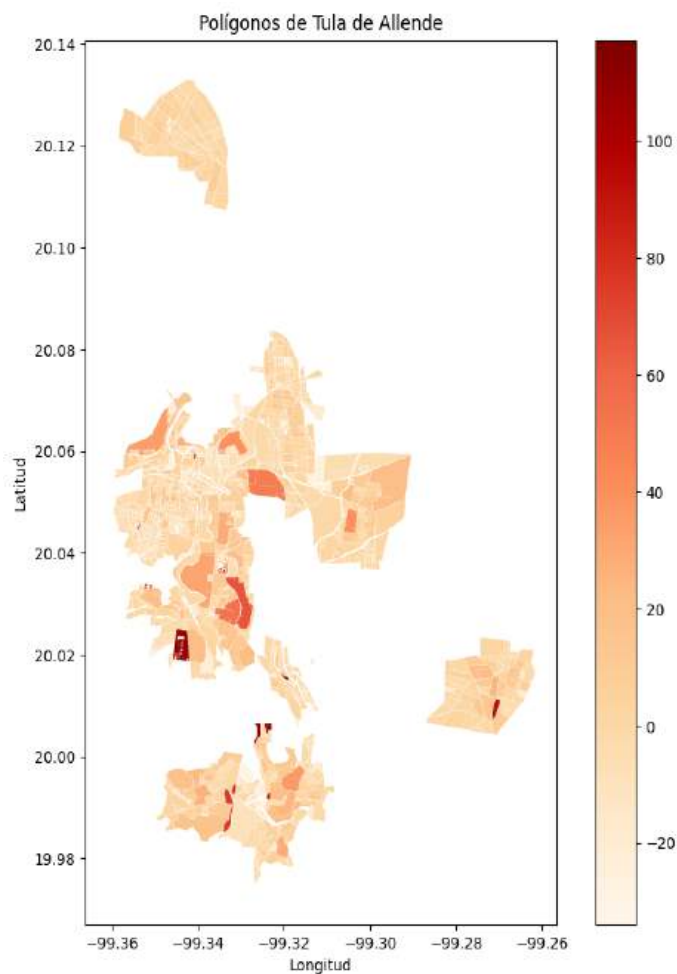


Figura 2. Mapa de calor con los datos del indicador general del inventario de manzanas de 2020 del INEGI. Imagen propia generada con Bokeh. las manzanas en rojo, tiene una mayor prioridad para la instalación de puntos de monitoreo inteligente. La escala está determinada por el indicador general, en rango de -40 hasta 120 unidades.

Una vez que los polígonos han sido identificados, procesamos los puntos y realizamos la conversión de coordenadas de UTM, del inglés (Universal Transverse Mercator), al código ESPG (del inglés, European Petroleum Survey Group) con el código 4326. Que es la representación generalmente usada en los mapas actuales.

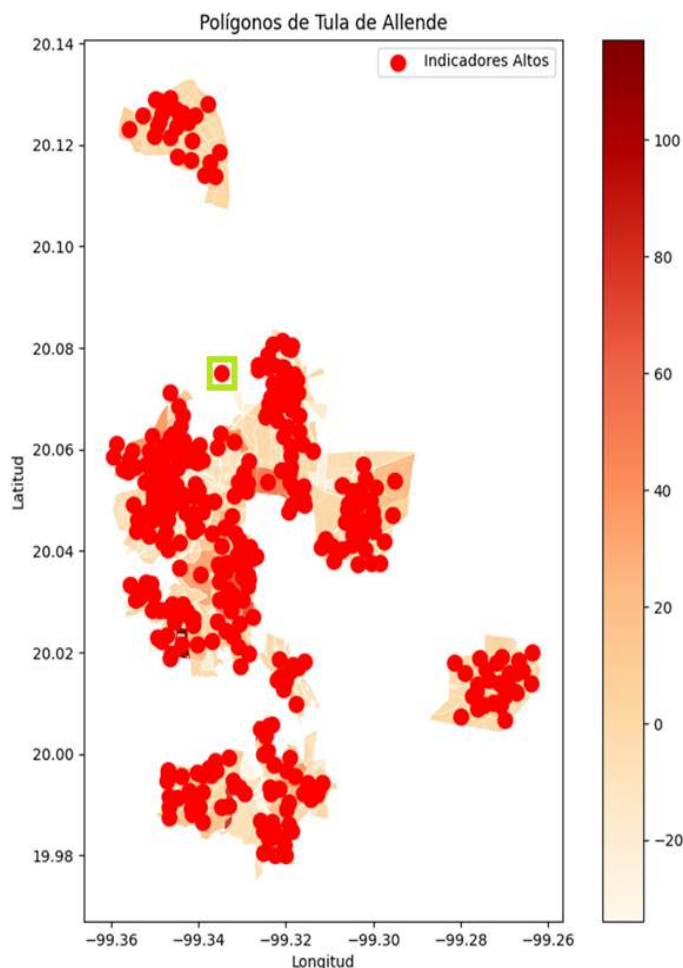


Figura 3 Mapa de calor con los datos puntos calculados por el indicador general. Los puntos, son los que tienen mayor peso en el conjunto de datos. De las más de 2000 manzanas del municipio, se mostrarán sólo los primeros 100 elementos obtenidos en el análisis. El recuadro verde es un punto viable para colocar un PMI, aunque los mapas del INEGI, no denotan toda la información, esta sección incluye un gran número de vialidades.

En la Figura 3, el mapa muestra un punto marcado con un recuadro verde. En este caso, el punto fue seleccionado por el sistema, por la cantidad de intersecciones de acceso de las vialidades.

En la Figura 4 se describe la imagen desde la herramienta Google Maps, usando las mismas coordenadas.

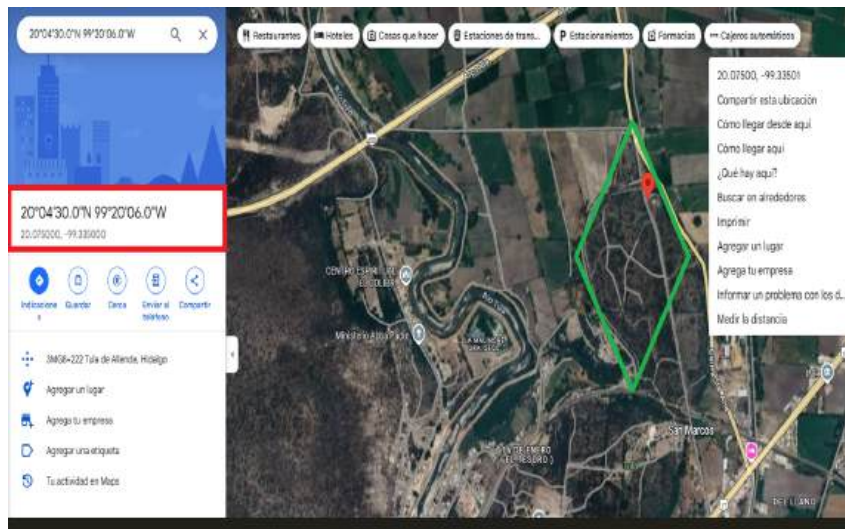


Figura 4. Punto aislado. En la Figura 2, se muestra una recuadro verde, en este caso, este punto corresponde la latitud 20.075 y longitud -99.335, es esta figura el rombo verde, denota que la coordenada ha sido seleccionada derivado de que gran cantidad de puntos de acceso dentro ese polígono.

Dado que se requieren las coordenadas correspondientes de cada ubicación dónde se puede colocar un PMI, entonces se mejora la visualización del mapa como se muestra en la Figura 5 y Figura 6.

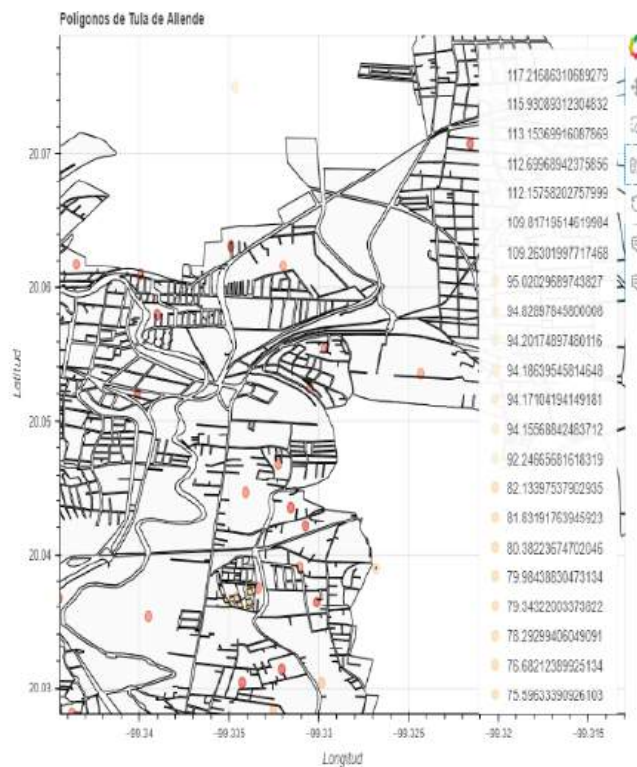


Figura 5. Mapa de calor con polígonos más claros. Así entonces fue posible encontrar los puntos y realizar una exploración en Google Maps del punto.

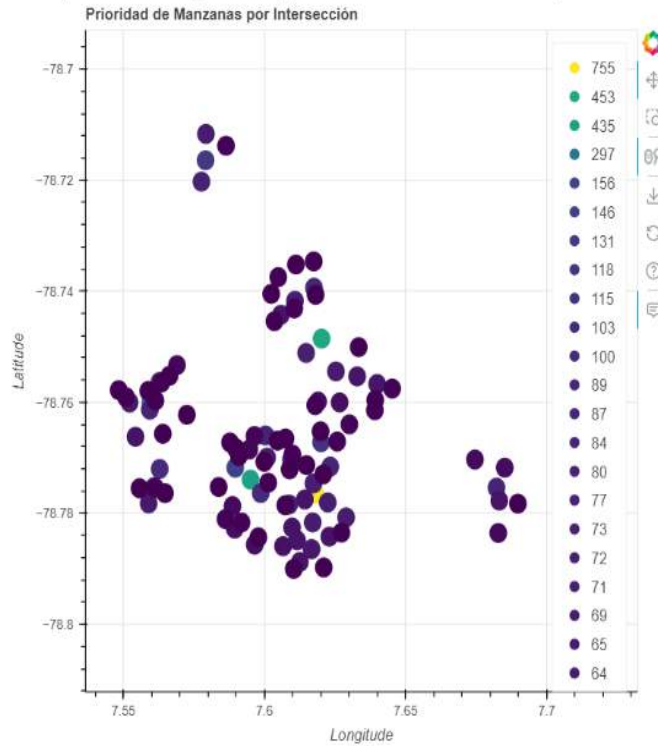


Figura 6. Mapa de calor con los puntos de las intersecciones. Se muestran en mapa las intersección de las manzanas con los accesos y vialidades, No se mostraron los polígonos para clarificar por prioridad cada punto. De acuerdo al cálculo de la función `nlargest` los renglones 755, 453 y 435 son los que cuentan con más intersecciones.

Para facilidad de visualización, sólo listamos las coordenadas de los primeros 5 puntos, que están ordenados de acuerdo a la función `nlargest`:

- Latitud: 20.054897181999998, Longitud: -99.335153116
- Latitud: 20.044587762999964, Longitud: -99.34291717300002
- Latitud: 20.04081341000008, Longitud: -99.354036885
- Latitud: 20.039351396000004, Longitud: -99.3509346069999
- Latitud: 20.039398837000114, Longitud: -99.350840537

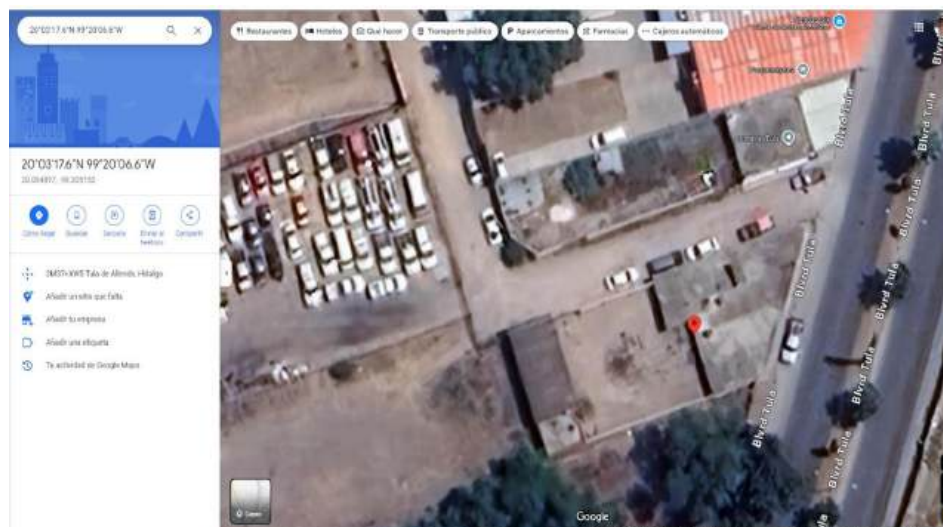


Figura 7. Imagen de Google Maps del punto con valor del indicador general. Aquí el punto con Latitud: 20.054897181999998, Longitud: -99.335153116, la manzana donde se ubica, colinda con el Boulevard Tula. Así, se observa que un PMI podrá tener acceso a vialidades de amplio tránsito.

La Figura 7, es un punto calculado, pero aquí se usa la herramienta de Google Maps para su visualización.

Durante el proceso, se encontraron 900 puntos que arroja el método de intersección, pero por facilidad sólo se muestran los primeros 5. Para el caso de los puntos de mayor impacto del indicador general, se muestran los siguientes puntos:

Tabla 1. Datos calculados del indicador general. Aquí se han mostrado las primeras cinco manzanas con su clave geoespacial del municipio de Tula de Allende Hidalgo.

Clave geo espacial	Municipios	Longitud	Latitud	Valor del indicador general
1307600060171000	Tula de Allende	-99.319699	20.015622	117.216863
1307600010379010	Tula de Allende	-99.340627	20.059095	115.930893
1307600010434030	Tula de Allende	-99.353676	20.045248	113.153699
1307600240720010	Tula de Allende	-99.323304	20.005863	112.699689
1307600240720000	Tula de Allende	-99.324046	20.00559	112.157582

5. Conclusiones

El proceso descrito permitió generar un indicador compuesto que integra múltiples dimensiones relevantes para la caracterización integral de las manzanas analizadas en el estudio. El cálculo de intersecciones fue un paso crucial en el análisis, ya que proporcionó datos cuantitativos sobre la conectividad de las áreas con las líneas. Este proceso no solo

mejoró la comprensión de la relación espacial entre diferentes tipos de geometrías, sino que también sentó las bases para análisis adicionales y visualizaciones informativas.

El estudio ha demostrado la efectividad de generar un indicador compuesto que integra diversas dimensiones relevantes para la caracterización integral de las manzanas analizadas. A través del cálculo de intersecciones, se obtuvo información cuantitativa sobre la conectividad entre áreas y líneas, lo que permitió una mejor comprensión de las relaciones espaciales en el entorno urbano. Este enfoque no solo destaca la importancia de los datos geoespaciales en el análisis de la seguridad pública, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones y mejoras en la planificación de estrategias de seguridad.

Las visualizaciones resultantes, como los mapas de calor, se convierten en herramientas valiosas para identificar zonas de riesgo y "puntos calientes" delictivos, facilitando así la priorización de recursos y la implementación de medidas preventivas. En un contexto donde la percepción de inseguridad es alta, este tipo de análisis se vuelve esencial para la formulación de políticas públicas efectivas y la mejora de la calidad de vida en las comunidades urbanas.

En el cálculo del indicador general los valores positivos, indican un mejor desempeño relativo en comparación con otras áreas (más recursos y servicios). Los negativos indican un desempeño inferior (menos recursos y servicios). Así el cálculo se basa en la estandarización de datos para diferentes categorías, seguidas de la suma de estos valores estandarizados.

La norma técnica de video vigilancia, indica que se deben calcular los 30 indicadores, en los rubros de población, infraestructura y datos delictivos y procesar mediante el proceso analítico jerárquico, AHP (del Inglés Analytical Hierarchical Process). Sin embargo los datos de delincuencia que se encontraron, sólo representa un resumen por municipio. En este caso, el cálculo de un indicador sólo sería un valor estándar para cada municipio, lo que no aporta datos relevantes para la ubicación de un PMI.

La norma técnica de video vigilancia, también indica que se pueden usar criterios específicos para el validar la posición de los PMI. En este caso, los mismos centros de operación, tienen información privilegiada de las llamadas al 9-1-1 y las ubicaciones de dónde se reportan las incidencias. Pero la información proporcionada por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública SESNSP, en su informe "Estadísticas de llamadas de emergencia al número único 9-1-1", sólo muestra datos generalizados por estado, pero los datos en bruto no están disponibles o están reservados.

En discusión

- La herramienta desarrollada por el C5i Hidalgo llamada "Hidalgo seguro", puede abonar en mitigar la tarea de instalación de PMI. Así entonces equipos de video vigilancia para hogares, pueden tener la capacidad de extender el alcance de la supervisión por las instancias de seguridad pública.
- Las estrategias de los cuerpos de seguridad pública de Hidalgo, pueden aprovechar la capacidad de procesamiento con los polígonos de las colonias y generar rutas que permitan dar seguimiento a los delitos. En este caso, enfocando esfuerzos en combatir

el robo a vehículos. Es importante contemplar otros datos, como la hora en que se ha desarrollado el evento, las vialidades y la velocidad promedio de las rutas para poder distribuir los cuerpos de seguridad en diferentes puntos de intercepción. Así, el personal de seguridad sería distribuido en áreas estratégicas, tomando en consideración la posible distancia recorrida desde el lugar del ilícito y su posible recorrido.

- Otros elementos deberán ser considerados para estimar la ubicación de los PMI, por ejemplo, las líneas de bombeo de combustible de Petróleos Mexicanos, las líneas de ferrocarril, los niveles de drogadicción por manzana, así como las condiciones de la propia infraestructura urbana.

El uso de tecnologías emergentes y análisis geospaciales no solo optimiza la respuesta ante el delito, sino que también promueve un enfoque más proactivo en la gestión de la seguridad, integrando a la comunidad en la búsqueda de soluciones sostenibles para un entorno urbano más seguro.

6. Referencias bibliográficas

- Altman, D. G., & Bland, J. M. (1995). Statistics notes: The normal distribution. *BMJ*, *310*(6975), 298. <https://doi.org/10.1136/bmj.310.6975.298>
- Bokeh Development Team. (2023). *Bokeh documentation* [Software documentation]. <https://docs.bokeh.org/en/latest/>
- Centro Nacional de Información. (2024). *Estadística nacional de llamadas de emergencia al número único 9-1-1: Cifras con corte al 30 de junio de 2024*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/932810/Llamadas_de_emergencia_9-1-1_2024-02.pdf
- Chainey, S., & Ratcliffe, J. (2005). *GIS and crime mapping*. John Wiley & Sons.
- Daniel. (2023, 30 de octubre). *Bokeh: La biblioteca de visualización Python de nueva generación*. DataScientest. <https://datascientest.com/es/bokeh-la-biblioteca-de-visualizacion-python>
- Garfías Royo, M., Parikh, P., & Belur, J. (2020). Using heat maps to identify areas prone to violence against women in the public sphere. *Crime Science*, *9*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40163-020-00125-6>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Inventario Nacional de Viviendas 2020: Descripción de la base de datos por manzana para árbol*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/nueva_estruc/889463907015.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Cubo de datos geospaciales de México* [Imágenes satelitales Landsat]. <https://www.inegi.org.mx/investigacion/geomediana/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU)*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ensu/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2024*. <https://www.inegi.org.mx/programas/envipe/2024/>
- Jordahl, K., Van den Bossche, J., Fleischmann, M., McBride, J., Wasserman, J., Badaracco, A. G., ... Bilogur, A. (2024). *GeoPandas: Python tools for geographic data* (Versión 0.14.3) [Software]. <https://geopandas.org>
- Procuraduría General de Justicia de Hidalgo. (2024). *Estadísticas: Marzo 2024*. <https://procuraduria.hidalgo.gob.mx/assets/descargables/Estadistica/Marzo%202024.pdf>
- Quintero Ávila, O. (2024). El análisis y mapeo delictivo para el desarrollo de políticas públicas de seguridad en México. *Constructos Criminológicos*, 4(7), 159–170. <https://doi.org/10.29105/cc4.7-86>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2020). *Anexo técnico: Normas técnicas sobre sistemas de videovigilancia para la seguridad pública*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/647036/Anexo_tecnico_NTSVVS_P.pdf
- Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2023). *Norma mexicana de videovigilancia*. <https://www.gob.mx/sspc>
- Sistema Nacional de Seguridad Pública (SNSP). (2024). *Reportes de delitos en Tula de Allende, Hidalgo*. <https://www.gob.mx/sesnsp>
- Snow, A. D., & QGIS Development Team. (2024). *Pyproj: Python interface to PROJ* (Versión 3.6.1) [Software]. <https://pyproj4.github.io/pyproj/stable/>
- VinfoPol. (2024). *Mapas de calor delincriminal: Funcionamiento y aplicaciones*. <https://vinfo-pol.com/mapas-de-calor-delincriminal-como-funcionan-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>