



**Facultad de Ciencias de la Administración**

**Carrera de Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

Análisis de Siniestros de Tránsito Ocurridos en un  
Tramo de la Avenida Circunvalación Sur (Cuenca,  
Ecuador) Mediante Sistemas de Información  
Geográfica. Periodo 2021-2023

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado  
de Ingeniera en Ciencias de la Computación**

**Autora:**

Marcia Patricia Ullauri Carrasco

**Director:**

Prof. Paul Esteban Bravo López

**Cuenca – Ecuador**

**Año**

**2026**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi abuelito Dorian, la persona más especial para mí, quien me cuidó y me amó de la manera más sincera, y a quien extraño profundamente. También la dedico a toda mi familia, que ha estado conmigo apoyándome en los momentos malos y en los buenos, y a mis amigas, quienes siempre han estado presentes en mi vida y continúan siendo un pilar importante para mí, incluso en la distancia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia por el apoyo constante en todas las formas posibles, a mi profesor Paul Bravo López por su orientación y acompañamiento en la realización de esta tesis, y a mis amigas, quienes han estado conmigo en los momentos malos y en los buenos, brindándome su apoyo incondicional.

## Índice de Contenidos

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
Índice de Contenidos .....	iii
Índice de Figuras .....	iv
Índice de Tablas.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vi
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico .....	3
2.1 Análisis Espacial y Sistemas de Información Geográfica .....	3
2.2 Kernel Density Estimation.....	3
2.3 Graduated Line Maps.....	4
2.4 Getis-Ord Gi.....	4
3. Estado del Arte .....	5
4. Métodos .....	9
4.1 Zona del Estudio .....	9
4.2 Información Utilizada .....	9
4.3 Métodos de Análisis Espacial .....	10
4.3.1 Kernel Density Estimation (KDE) .....	11
4.3.2 Graduated Line Maps.....	11
4.3.3 Getis-Ord Gi.....	11
5. Resultados.....	12
5.1 Kernel Density Estimation.....	13
5.2 Graduated Line Maps.....	14
5.3 Getis-Ord Gi.....	15
5.4 Lineamientos y Recomendaciones.....	16
6. Discusión .....	18
7. Conclusiones.....	19
8. Referencias .....	20

## Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de la Zona de Estudio con los Choques Registrados por el SIS ECU911 Durante el Periodo 2021 - 2023.....	9
Figura 2 Distribución Espacial de la Densidad de Siniestros de Tránsito Mediante KDE, Zona de Estudio 2021–2023.....	14
Figura 3 Distribución y Frecuencia de Siniestros de Tránsito por Segmento Vial Mediante Mapas de Líneas Graduadas, Zona de Estudio 2021–2023.....	15
Figura 4 Identificación de Zonas de Concentración Estadística de Siniestros de Tránsito Mediante el Análisis Getis-Ord Gi, Zona de Estudio 2021–2023.....	16
Figura 5 Vista aérea del redondel de la avenida Doce de Octubre, Cuenca.....	17
Figura 6 Vista aérea del redondel de la subida a Turi, Cuenca .....	17

## Índice de Tablas

Tabla 1 Variables de los choques vehiculares utilizadas en el análisis .....	10
Tabla 2 Distribución de los Choques de Tránsito por Día de la Semana, Período 2021–2023 .....	12
Tabla 3 Distribución de Choques de Tránsito por Día de la Semana en la Zona de Estudio, Período 2021–2023 .....	13

## RESUMEN

Esta investigación analiza la distribución espacial de choques vehiculares en un tramo de la Av. Circunvalación Sur de Cuenca (Ecuador) durante el periodo 2021-2023, mediante tres métodos de análisis espacial: *Kernel Density Estimation* (KDE), *Graduated Line Maps* y el estadístico Getis-Ord  $G_i^*$ , utilizando datos del SIS ECU-911. Se analizaron 125 siniestros entre el redondel de Gapal y el Control Sur. Los resultados identificaron dos *hotspots* principales con concentración estadísticamente significativa (99 %): el redondel de la avenida Doce de Octubre y el redondel de Turi. El análisis mediante KDE mostró la mayor densidad en el sector de Doce de Octubre, confirmado por mapas de líneas graduadas con 43 eventos en el tramo Doce de Octubre y Felipe II. El estadístico Getis-Ord  $G_i^*$  validó que estas concentraciones no son aleatorias. La metodología aplicada es replicable para análisis de este tipo en otros sectores. Con base en los resultados encontrados se proponen lineamientos y recomendaciones que ayuden a mitigar los índices de siniestralidad en las zonas críticas del tramo analizado.

**Palabras clave:** análisis espacial, choques vehiculares, getis-ord  $G_i^*$ , kernel density estimation, graduated line maps, seguridad vial, sistemas de información geográfica.

## ABSTRACT

This research analyzes the spatial distribution of vehicle crashes on a section of Circunvalación Sur Avenue in Cuenca (Ecuador) during the period 2021–2023, using three spatial analysis methods: Kernel Density Estimation (KDE), Graduated Line Maps, and the Getis-Ord  $G_i^*$  statistic, utilizing SIS ECU-911 data. A total of 125 accidents between the Gapal roundabout and Control Sur were analyzed. Results identified two main hotspots with statistically significant concentration (99 %): Doce de Octubre avenue roundabout and Turi roundabout. KDE analysis showed the highest density in Doce de Octubre sector, confirmed by graduated line maps with 43 events in the Doce de Octubre and Felipe II segment. The Getis-Ord  $G_i^*$  statistics validated that these concentrations are not random. The applied methodology is replicable for this type of analysis in other sectors. Based on the results found, guidelines and recommendations are proposed to help mitigate accident rates in critical areas of the analyzed section.

**Keywords:** spatial analysis, vehicle crashes, getis-ord  $G_i^*$ , kernel density estimation, graduated line maps, road safety, geographic information systems.