

**Reducción de riesgos para usuarios vulnerables en Bucaramanga**

---

*Análisis de indicadores de accidentalidad y sus consecuencias*

Diego Andrés Vesga Sánchez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Ing. Miller Humberto Salas Rondón

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a mi familia, mis padres Yomaris Sanchez y Anderson Vesga, los cuales gracias por su esfuerzo me brindaron la oportunidad de estudiar sin preocupación alguna y me brindaron todas las comodidades para llegar hasta donde he llegado hoy, a mi hermana Gabriela Vesga la cual ha sido una compañera de vida para mí y a mi nona Elvira Cano que lamentablemente no pudo verme culminar mis estudios, pero siempre me apoyo y creyó en mí.

También agradezco a mis amigos Javier Rodríguez e Irwin Moncada los cuales he mantenido una gran amistad por más de 10 años. También a los amigos que hice durante la universidad en especial a mi amigo Andres Galvis el cual ha sido un gran amigo dentro y fuera de esta.

“La mejor manera de predecir el futuro es crearlo”

Peter F. Drucker

### **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar a la Universidad Industrial de Santander y a todos los profesores que contribuyeron en mi formación académica, ya que gracias a su vocación y conocimiento me forjaron como un gran profesional en las aulas de esta gran universidad.

También agradezco a mi director Miller Humberto Salas Rondón por brindarme la oportunidad de realizar a cabo este proyecto además de su apoyo y su orientación.

Por último, agradezco a todas las personas con las que compartí a lo largo de mi carrera universitaria ya que aportaron en mi formación como persona y en mi formación como profesional.

**Tabla de contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo general .....	14
1.2 Objetivos específicos .....	14
2. Estudio bibliométrico.....	15
2.1 Diseño de revisión.....	15
2.2 Realización de la revisión .....	15
2.3 Análisis y redacción de la revisión.....	16
2.3.1 Consulta preliminar en las bases de datos .....	16
2.3.2 Áreas temáticas de las publicaciones .....	16
2.3.3 Países con más publicaciones.....	17
2.3.4 Factores de selección.....	18
2.3.5 Nube de palabras clave.....	18
2.3.6 Relación entre palabras clave .....	19
3. Aplicación de modelos estadísticos .....	20
3.1 Regresión logística multinomial (RLM) .....	21
3.1.1 Cómo se usa la misma RLM para barrio, fecha, mes y hora.....	21
3.1.2 Preparación de datos (antes del modelo) .....	21
3.1.2.1 Verificación de columnas y tipos de dato.....	21
3.1.3 Definición del modelo multinomial.....	22
3.1.3.1 Ecuaciones logit (categoría base = 1).....	22

3.1.3.2 Probabilidades multinomiales.....	22
3.1.4 Ajustes de estabilidad numérica .....	22
3.1.5 Construcción de la verosimilitud y la función objetivo.....	23
3.1.5.1 Variables indicadoras de la categoría observada .....	23
3.1.5.2 Log-verosimilitud por observación y total .....	23
3.1.6 Ajuste de coeficientes con Solver.....	24
3.1.6.1 Qué resuelve Solver .....	24
3.1.6.2 Configuración recomendada .....	24
3.1.6.3 Por qué se decidió ajustar global por año .....	24
3.1.7 Probabilidades predichas y preparación para el resumen.....	25
3.1.8 Construcción de la hoja de resultados .....	25
3.1.8.1 Resumen por unidad de agrupación.....	25
3.1.8.2 Resumen por medio de transporte dentro de cada grupo.....	25
3.2 Regresión logística ordinal (RLO).....	26
3.2.1 Cómo se usa la misma RLO para barrio, fecha, mes y hora .....	26
3.2.2 Preparación de los datos antes del modelo .....	26
3.2.2.1 Verificación de columnas y estructura de la hoja .....	26
3.2.3 Definición del modelo de regresión logística ordinal.....	27
3.2.3.1 Variable dependiente y variables explicativas.....	27
3.2.3.2 Ecuaciones del modelo ordinal .....	27
3.2.4 Construcción del cálculo dentro de la hoja de Excel.....	27
3.2.4.1 Codificación ordinal de la gravedad .....	27
3.2.4.2 Cálculo del predictor lineal.....	28

3.2.4.3 Cálculo de las probabilidades acumuladas y finales.....	28
3.2.4.4 Probabilidad observada, log-verosimilitud y acierto .....	28
3.2.5 Ajustes de estabilidad numérica y decisiones prácticas .....	28
3.2.6 Construcción de la verosimilitud y de la función objetivo.....	29
3.2.6.1 Log-verosimilitud por observación.....	29
3.2.6.2 Log-verosimilitud total y negativa log-verosimilitud.....	29
3.2.7 Ajuste de los parámetros con Solver .....	30
3.2.7.1 Qué resuelve Solver .....	30
3.2.7.2 Configuración general recomendada .....	30
3.2.7.3 Por qué Solver es necesario en este procedimiento .....	30
3.2.8 Recálculo de probabilidades y preparación para el resumen.....	31
3.2.9 Construcción de la hoja de resultados .....	31
3.2.9.1 Resumen por unidad de agrupación.....	31
3.2.9.2 Resumen por medio de transporte dentro de cada grupo.....	31
3.3 Macro: por qué se necesitó y qué hace.....	32
3.3.1 Por qué se necesitó usar un macro en ambos modelos .....	32
3.3.2 Qué problema resolvió el macro en la regresión logística multinomial.....	32
3.3.3 Qué problema resolvió el macro en la regresión logística ordinal .....	33
3.3.4 Qué hace el macro y por qué su uso fue metodológicamente conveniente .....	33
4. Resultados .....	34
4.1 Resultados obtenidos de la regresión logística multinomial .....	34
4.2 Resultados obtenidos de la regresión logística ordinal .....	35
5. Conclusiones.....	36

6. Planes de acción.....	38
6.1 Plan de acción para peatones.....	38
6.1.1 Medidas priorizadas para peatones.....	39
6.2 Plan de acción para motociclistas .....	40
6.2.1 Medidas priorizadas para motociclistas.....	40
6.3 Plan de acción para ciclistas.....	41
6.3.1 Medidas priorizadas para ciclistas.....	42
Referencias bibliográficas.....	44
Apéndices.....	48

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Síntesis de resultados RLM (Apéndice A) .....	48
Tabla 2. Síntesis de resultados RLO (Apéndice B) .....	51

**Lista de figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Países con más publicaciones 2012-2024.....	17
Figura 2. Palabras claves más usadas en publicaciones 2012-2024 .....	18
Figura 3. Gráfico de la relación entre las palabras claves 2013-2024 .....	19

## Glosario

**Accidentalidad vial:** Conjunto de eventos de tránsito que ocasionan daños materiales, lesiones o muertes y que pueden analizarse en función de su frecuencia, localización, gravedad y condiciones de ocurrencia.

**Usuarios vulnerables:** Actores viales con mayor exposición al daño físico en caso de accidente, especialmente peatones, ciclistas y motociclistas, debido a la menor protección frente al impacto.

**Indicadores de accidentalidad:** Medidas cuantitativas usadas para describir y evaluar el comportamiento de los siniestros viales, tales como frecuencia, gravedad, distribución espacial y temporal.

**Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB):** Entidad responsable de la gestión y consolidación de información relacionada con la movilidad y la accidentalidad vial en Bucaramanga.

**Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV):** Entidad gubernamental encargada de promover políticas, estrategias y acciones orientadas a la prevención de la siniestralidad vial en Colombia.

**Modelo estadístico:** Herramienta de análisis cuantitativo que permite identificar relaciones entre variables y apoyar la interpretación de patrones de accidentalidad para la toma de decisiones.

## Resumen

Título: Reducción de riesgos para usuarios vulnerables en Bucaramanga: Análisis de indicadores de accidentalidad y sus consecuencias

**Autor** Diego Andrés Vesga Sanchez \*\*

**Palabras clave:** seguridad vial, usuarios vulnerables, accidentalidad, indicadores, Bucaramanga

**Descripción:** Los accidentes de tránsito son sucesos inesperados en los que pueden participar vehículos y peatones, provocando grandes daños materiales, lesiones o la muerte. Estas lesiones ocasionan pérdidas económicas considerables para familias y países, debido a los costos de tratamientos y la pérdida de productividad de quienes mueren o quedan discapacitados (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Diversas entidades gubernamentales como la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) han identificado que los peatones, ciclistas y motociclistas son los actores viales más afectados y con mayor riesgo, ya que al no estar protegidos por un vehículo son más susceptibles a padecer los mayores traumas (Agencia Nacional de Seguridad Vial, s.f.). A pesar de las estrategias planteadas para proteger a estos usuarios, la problemática persiste de manera alarmante; tan solo en Bucaramanga, en el año 2022, se presentaron más de 1620 personas heridas y se reportaron 84 muertos en accidentes de tránsito (DTB, 2023). En respuesta a esta realidad, este trabajo de grado en modalidad de investigación busca plantear parámetros que reduzcan el riesgo para los usuarios vulnerables desde un enfoque preventivo. El objetivo es conocer la forma de prevenir los accidentes mediante la identificación y mitigación, encaminando la investigación con los avances y estrategias nacionales e internacionales para adaptarlos al contexto de la ciudad de Bucaramanga.

---

\*\*\* Facultad de ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de ingeniería Civil. Director: *Ing. Miller Humberto Salas Rondón*

\*

### **Abstract**

**Title:** Risk reduction for vulnerable users in Bucaramanga: Analysis of accident indicators and their consequences

**Author:** Diego Andres Vesga Sanchez\*\*

**Key words:** Road safety, vulnerable users, accidents, indicators, Bucaramanga

**Description:** Traffic accidents are unexpected events involving vehicles and pedestrians, causing major material damage, injuries, or death. These injuries lead to considerable economic losses for families and countries due to treatment costs and the loss of productivity of those who die or become disabled (World Health Organization [WHO], 2023). Various government entities such as the Traffic Directorate of Bucaramanga (DTB) and the National Road Safety Agency (ANSV) have identified pedestrians, cyclists, and motorcyclists as the most affected road users with the highest risk, since lacking the protection of a vehicle makes them more susceptible to the worst outcomes (National Road Safety Agency [ANSV], n.d.). Despite the strategies proposed to protect these users, the problem persists alarmingly; in Bucaramanga alone, in 2022, more than 1620 people were injured, and 84 deaths from traffic accidents were reported (DTB, 2023). In response to this reality, this research-based degree project seeks to establish parameters that reduce the risk for vulnerable users from a preventive approach. The objective is to know how to prevent accidents through identification and mitigation, directing research with national and international advances and strategies to adapt them to the context of the city of Bucaramanga

---

\*\*Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Eng. Miller Humberto Salas Rondón

## Introducción

En Colombia, los siniestros viales son una de las causas principales de muertes, afectando gravemente a la población, en especial a los ciclistas, motociclistas y peatones. Estos actores viales cuentan con la mayor vulnerabilidad, como se evidenció en el balance consolidado del año 2024 por la ANSV, en el cual los motociclistas (61,61 %), los peatones (22,08 %) y los ciclistas (4,9 %) representaron en conjunto el 88,59 % del total de las víctimas fatales a causa de siniestros viales en el país (Concejo de Bogotá, 2025). Los actores de la vía más vulnerables son aquellos con mayor probabilidad de sufrir lesiones graves o morir en caso de accidente de tráfico, debido a que no están cubiertos por la cabina del vehículo ni por revestimientos exteriores (Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV], s.f.).

En este sentido, entidades como la ANSV han impulsado estrategias pedagógicas virtuales y acciones en carretera relacionadas con la seguridad vial que han demostrado tener un impacto positivo, logrando llegar a más de 600,000 personas en 61 municipios del país durante 2024 (ANSV, 2024b). Adicionalmente, se han propuesto y ejecutado diversas medidas integrales a nivel nacional, tales como fomentar el uso de cascos y prendas reflectivas por parte de los ciclistas (ANSV, s.f.). Para la protección de los motociclistas, la ANSV ha desplegado iniciativas como el programa "Motodestrezas" para fortalecer la habilidad de conducción (ANSV, 2024a)

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

A partir de las bases de datos de la DTB 2012-2023, crear modelos estadísticos que correlacionen el lugar, el día y la hora de los accidentes con la problemática vial de los usuarios vulnerables (peatón, ciclista y motociclista) de Bucaramanga.

### **1.2 Objetivos específicos**

Analizar las bases de datos de la DTB 2012-2023 para generar modelos estadísticos de los usuarios vulnerables en Bucaramanga.

Correlacionar los resultados obtenidos de los modelos estadísticos con medidas que reduzcan la accidentalidad de usuarios vulnerables (peatón, ciclista y motociclista).

Proponer un plan de acción con medidas preventivas para reducir la accidentalidad de los usuarios vulnerables de la ciudad que implique el uso de tecnologías.

## **2. Estudio bibliométrico**

la investigación sobre la seguridad vial y los usuarios vulnerables ha cobrado gran relevancia, ya que los accidentes de tránsito representan un problema crítico a nivel global, provocando la pérdida de aproximadamente 1.35 millones de vidas anualmente (Dewarajoo et al., 2025). Los estudios bibliométricos permiten trabajar con una amplia gama de investigaciones para comprender claramente las tendencias y la evolución del conocimiento científico sobre la seguridad vial. Estas metodologías aplican técnicas estadísticas y matemáticas para analizar la distribución geográfica, la autoría, las citas y las palabras clave de los trabajos publicados

### **2.1 Diseño de revisión**

El diseño de esta revisión tiene como propósito estructurar la búsqueda de literatura relacionada con la seguridad de peatones, ciclistas y motociclistas.

- Se busca identificar las tendencias globales en la transformación de la seguridad vial durante las últimas décadas.
- Es fundamental examinar las estrategias orientadas a mitigar los errores humanos, ambientales y vehiculares que causan accidentes (Abd Aziz et al., 2022).
- Se pretende mapear la colaboración geográfica e institucional para orientar a legisladores y a la sociedad sobre la importancia de la seguridad vial (Perdana et al., 2026).

### **2.2 Realización de la revisión**

La recolección de datos fue realizada en bases de datos académicas de gran importancia, como Scopus, ya que este ofrece contenido de alta calidad e instrumentos para el análisis de citas. Para el procesamiento de la información y la construcción de redes bibliométricas, se utilizó softwares especializados de visualización como VOSviewer y Bibliometrix. Estas herramientas

facilitan la visualización de la distribución geográfica, coautorías, citas y colaboraciones internacionales pertinentes a las vías y sus actores.

## **2.3 Análisis y redacción de la revisión**

### ***2.3.1 Consulta preliminar en las bases de datos***

Las búsquedas contemporáneas en bases de datos limitan el alcance temporal desde el año 2013 hasta el año 2024, utilizando términos de consulta como "vulnerable road users", "road safety", "pedestrians" y "cyclists". Los resultados de estas búsquedas muestran un crecimiento constante en el interés científico a lo largo de las décadas, con una clara evolución en el enfoque de protección.

### ***2.3.2 Áreas temáticas de las publicaciones***

El análisis temático internacional revela que los estudios de seguridad vial se agrupan en diversos dominios interdisciplinarios.

- Se destacan áreas fuertemente consolidadas como la salud pública y la prevención de lesiones mecánicas.
- Existen enfoques robustos dirigidos a analizar el comportamiento de los usuarios en la vía y el diseño de estrategias de concientización (Abd Aziz et al., 2022).
- Otras áreas de investigación integran el diseño del entorno urbano y el uso del suelo, evaluando cómo la infraestructura afecta de manera directa la seguridad de los usuarios vulnerables (Lin et al., 2023).
- De manera más reciente, las temáticas se han expandido hacia la interacción multimodal y el desarrollo de tecnologías portables e inteligencia artificial (wearables, V2X) para la protección preventiva (Ren et al., 2025).

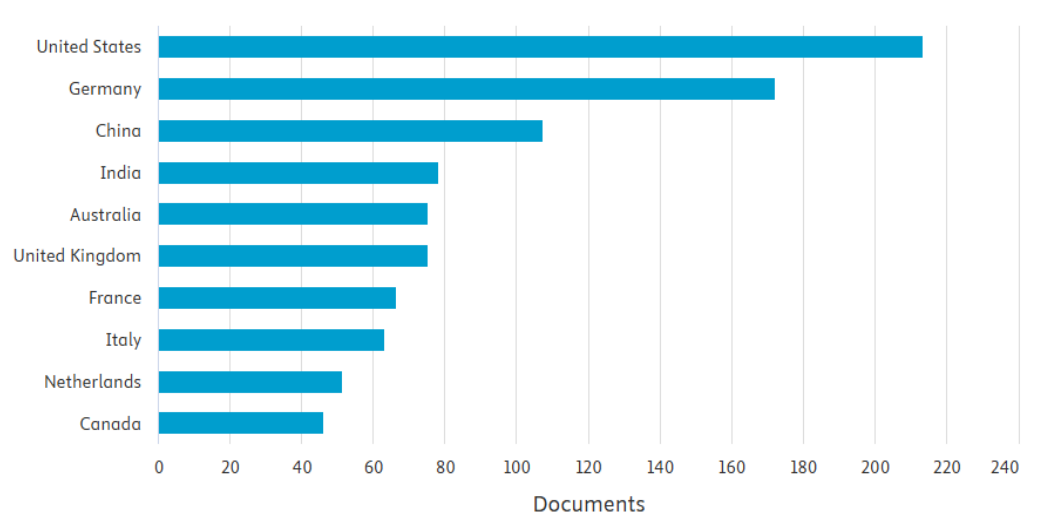
### 2.3.3 Países con más publicaciones

La distribución geográfica de los artículos en la bibliografía mundial resalta una fuerte concentración de la producción científica en países desarrollados (Dewarajoo et al., 2025).

- En la figura 1 se puede observar que las redes de investigación están ampliamente lideradas por Estados Unidos, Alemania, China y en su mayoría varios países de Europa.
- Estas regiones dominan el volumen de publicaciones relacionadas con intervenciones demográficas y políticas de seguridad vial.
- Por el contrario, la participación académica de los países de bajos y medianos recursos (LMIC, por sus siglas en inglés) sigue siendo escasa y episódica, a pesar de concentrar altas tasas de mortalidad peatonal y de motociclistas.

**Figura 1**

*Países con más publicaciones 2012-2024*



Nota. Tomado de Scopus 2026.

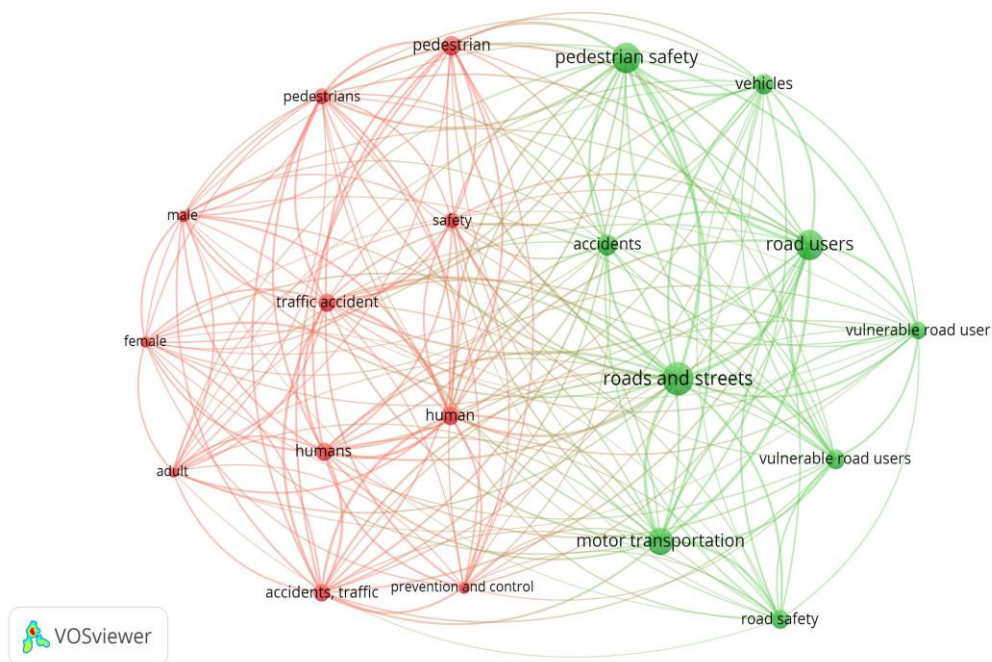


### 2.3.6 Relación entre palabras clave

La concurrencia de palabras refleja la forma en la que los conceptos y metodologías se entrelazan de manera práctica. Los modelos bibliométricos identifican clústeres primarios muy fuertes, como la relación altamente correlacionada entre la severidad de un accidente, la tasa de fallecimientos y las temporalidades. De forma paralela, las áreas catalogadas como "motoras", tales como la salud pública y la prevención vial, están profundamente vinculadas en el centro de las redes conceptuales, evidenciando una madurez teórica respecto a la necesidad de salvaguardar físicamente a peatones y ciclistas en el tejido vial (Perdana et al., 2026).

**Figura 3**

*Gráfico de la relación entre las palabras clave 2013-2024*



Nota. Tomado de VOSviewer 2026.

### 3. Aplicación de modelos estadísticos

Los modelos estadísticos son representaciones matemáticas que buscan describir, explicar y predecir el comportamiento de un fenómeno empírico a partir de un conjunto de datos observados. Estos modelos utilizan ecuaciones matemáticas y distribuciones de probabilidad para establecer relaciones cuantitativas entre una o más variables explicativas (independientes) y una variable de respuesta (dependiente). Su propósito principal es aislar los patrones sistemáticos de la aleatoriedad intrínseca de los datos, permitiendo a los investigadores probar hipótesis, estimar probabilidades de ocurrencia de eventos y comprender el impacto relativo de diferentes factores sobre un resultado específico, lo cual resulta fundamental en la toma de decisiones basada en evidencia (Montgomery & Runger, 2002).

Dada la naturaleza de los datos en los análisis de accidentalidad, frecuentemente se emplean modelos de regresión categórica, entre los cuales destacan:

**Regresión logística multinomial:** Es una extensión de la regresión logística binaria diseñada para analizar problemas donde la variable dependiente es categórica y posee tres o más niveles, sin un orden jerárquico inherente o asumiendo que las relaciones entre categorías no son estrictas. Este modelo estima la probabilidad de que una observación pertenezca a una categoría específica frente a una categoría de referencia base, calculando coeficientes independientes para cada contraste (Hosmer et al., 2013).

**Regresión logística ordinal:** Es un tipo de regresión logística que se aplica cuando la variable dependiente presenta tres o más categorías que siguen un orden natural o jerárquico lógico (por ejemplo: leve, moderado, grave). En lugar de comparar categorías individuales contra una base, este modelo evalúa probabilidades acumuladas mediante el establecimiento de fronteras o

umbrales, asumiendo generalmente que el efecto de las variables independientes impulsa la respuesta en una misma dirección a lo largo de toda la escala ordinal (Agresti, 2013).

### **3.1 Regresión logística multinomial (RLM)**

#### ***3.1.1 Cómo se usa la misma RLM para barrio, fecha, mes y hora***

La RLM se estima con la misma lógica matemática para cualquier unidad de agrupación. Lo que cambia entre Barrio/Fecha/Mes/Hora no es el modelo, sino el cómo se organizan y resumen los datos:

- En el ajuste global (por año), el modelo usa todas las observaciones del año.
- Las probabilidades predichas se clasifican por la unidad de agrupación (por ejemplo, por Barrio o por Mes).

De esta forma, los coeficientes  $\beta$  permanecen comparables dentro del año, mientras que los resultados finales se reportan por unidad de agrupación

#### ***3.1.2 Preparación de datos (antes del modelo)***

##### ***3.1.2.1 Verificación de columnas y tipos de datos***

Antes de correr el modelo, se confirma que:

- Cada fila representa un accidente (una observación).
- La severidad (gravedad) esté disponible como texto o código.
- Las variables predictoras sean numéricas: Peatón, Moto, Bicicleta (conteos por accidente).
- La unidad de agrupación (Barrio/Fecha/Mes/Hora) esté correctamente definida en su columna correspondiente.

### 3.1.3 Definición del modelo multinomial

La variable dependiente Y (gravedad) tiene 3 categorías:

1 = Solo daños (categoría base)

2 = Con heridos

3 = Con muertos

Las variables independientes X son:

X1 = Peatón, X2 = Moto, X3 = Bicicleta (conteos por accidente).

#### 3.1.3.1 Ecuaciones logit (categoría base = 1)

Se estiman dos ecuaciones (una por cada categoría no-base):

- Para Heridos (2) vs Daños (1):  

$$\eta_2 = \beta_{02} + \beta_{12} \cdot X_1 + \beta_{22} \cdot X_2 + \beta_{32} \cdot X_3$$
- Para Muertos (3) vs Daños (1):  

$$\eta_3 = \beta_{03} + \beta_{13} \cdot X_1 + \beta_{23} \cdot X_2 + \beta_{33} \cdot X_3$$

Los coeficientes  $\beta$  son 8 parámetros (dos interceptos y seis pendientes).

#### 3.1.3.2 Probabilidades multinomiales

Con  $\eta_2$  y  $\eta_3$  se obtienen las probabilidades:

P1 (Daños) =  $1 / (1 + e^{\eta_2} + e^{\eta_3})$

P2 (Heridos) =  $e^{\eta_2} / (1 + e^{\eta_2} + e^{\eta_3})$

P3 (Muertos) =  $e^{\eta_3} / (1 + e^{\eta_2} + e^{\eta_3})$

Estas probabilidades siempre deben sumar 1 por observación.

### 3.1.4 Ajustes de estabilidad numérica

Durante la implementación se identificaron dos problemas típicos en Excel:

- Desbordamiento en EXP (·) cuando  $\eta_2$  o  $\eta_3$  toman valores grandes (aparecía

#NUM, especialmente cuando Bicicleta era >0).

- Indefinición en LN (0) cuando una probabilidad predicha quedaba extremadamente cercana a 0.

Para resolverlos se aplicaron dos estrategias estándar:

A) ‘Log-sum-exp’ (estabilización de exponentes): se calcula un desplazamiento  $m = \max(0, \eta_2, \eta_3)$  y se trabaja con  $e^{\{\eta_2-m\}}$  y  $e^{\{\eta_3-m\}}$  para mantener números controlados, sin cambiar el valor final de las probabilidades.

B) Piso numérico en logaritmos: al calcular log-verosimilitud, se usa un mínimo  $\epsilon$  muy pequeño (por ejemplo,  $10^{-300}$ ) para evitar LN (0).

### 3.1.5 Construcción de la verosimilitud y la función objetivo

#### 3.1.5.1 Variables indicadoras de la categoría observada

Para escribir la log-verosimilitud de forma compacta, se crean indicadores:

- $I_2 = 1$  si  $Y=2$  (Heridos), 0 en otro caso
- $I_3 = 1$  si  $Y=3$  (Muertos), 0 en otro caso

La categoría base (Daños) queda implícita como  $(1 - I_2 - I_3)$ .

#### 3.1.5.2 Log-verosimilitud por observación y total

Para cada fila  $i$ :

$$\ell_i = (1-I_2-I_3) \cdot \ln(P1_i) + I_2 \cdot \ln(P2_i) + I_3 \cdot \ln(P3_i)$$

La log-verosimilitud total es:

$$LL = \sum \ell_i$$

Como Solver normalmente minimiza, se usa la Negativa Log-Verosimilitud:

$$NLL = -LL$$

### 3.1.6 Ajuste de coeficientes con Solver

#### 3.1.6.1 Qué resuelve Solver

Solver busca los 8 coeficientes  $\beta$  que minimizan la NLL. Eso equivale a encontrar los parámetros de máxima verosimilitud del modelo multinomial.

#### 3.1.6.2 Configuración recomendada

Configuración estándar:

- Celda objetivo: NLL (negativa de la suma de log-verosimilitudes).
- Tipo de optimización: Minimizar.
- Celdas cambiantes: el bloque donde están los coeficientes  $\beta$ .
- Método: GRG No lineal.

Consejos:

- Inicializar  $\beta$  con valores cercanos a 0.
- Evitar restricciones innecesarias.
- Verificar que las probabilidades P1, P2, P3 estén bien definidas (sin #NUM) antes de correr Solver.

#### 3.1.6.3 Por qué se decidió ajustar global por año

Aunque el análisis final se reporta por Barrio/Fecha/Mes/Hora, el ajuste de  $\beta$  se realiza global por año porque:

- Reduce el problema de límites de Solver en subgrupos con muchos registros.
- Evita inestabilidad por subgrupos con pocas observaciones o con categorías ausentes.
- Produce  $\beta$  más estables y comparables dentro del año.

Después del ajuste global, las probabilidades predichas se agregan por la unidad de agrupación para construir los resultados.

### ***3.1.7 Probabilidades predichas y preparación para el resumen***

Una vez se estiman los  $\beta$ , Excel recalcula en cascada:

- $\eta_2$ ,  $\eta_3$  (combinaciones lineales)
- P1, P2, P3 (probabilidades multinomiales)
- $\ell_i$  y NLL

### ***3.1.8 Construcción de la hoja de resultados***

#### ***3.1.8.1 Resumen por unidad de agrupación***

Para cada unidad de agrupación (Barrio, Fecha, Mes, Hora) se construye una tabla donde, por cada categoría del grupo, se calcula:

- $n_{total}$ : número de accidentes del grupo.
- Probabilidades promedio: promedio de P(Daños), P(Heridos), P(Muertos) sobre las filas del grupo.

Ese promedio representa la probabilidad esperada del grupo dado el patrón real de Peatón/Moto/Bici observado en sus accidentes.

#### ***3.1.8.2 Resumen por medio de transporte dentro de cada grupo***

Adicionalmente, para cada grupo se calcula el resumen condicionado por medio de transporte:

- Peatón>0: promedios de P (·) solo en filas del grupo donde Peatón>0.
- Moto>0: promedios de P (·) solo en filas del grupo donde Moto>0.
- Bicicleta>0: promedios de P (·) solo en filas del grupo donde Bicicleta>0.

Esto permite obtener, por ejemplo, “P(Heridos) en el Barrio X cuando hay moto involucrada”, sin necesidad de correr Solver por cada grupo.

### **3.2 Regresión logística ordinal (RLO)**

#### ***3.2.1 Cómo se usa la misma RLO para barrio, fecha, mes y hora***

La regresión logística ordinal se estima con una sola lógica matemática, independientemente de la unidad de agrupación que después se use para resumir los resultados. Lo que cambia entre barrio, fecha, mes y hora no es el modelo estadístico, sino la forma en que se organizan y resumen las probabilidades predichas una vez el modelo global ya fue ajustado.

En otras palabras, primero se estima un modelo ordinal global con todas las observaciones del período trabajado y, después, se construyen tablas de resumen por barrio, por fecha, por mes o por hora. Esta decisión se tomó porque un ajuste separado por cada grupo pequeño genera inestabilidad, probabilidades extremas y, en muchos casos, resultados no interpretables cuando una categoría de gravedad tiene muy pocos casos.

#### ***3.2.2 Preparación de los datos antes del modelo***

##### ***3.2.2.1 Verificación de columnas y estructura de la hoja***

Antes de ejecutar el modelo se verifica que cada fila represente un accidente y que la hoja contenga, como mínimo, las variables necesarias para la estimación: gravedad, peatón, moto y bicicleta. La estructura metodológica del archivo se organiza en tres bloques: un bloque de datos originales, un bloque de cálculo visible del modelo y un bloque de parámetros y métricas que alimenta a Solver.

### ***3.2.3 Definición del modelo de regresión logística ordinal***

#### ***3.2.3.1 Variable dependiente y variables explicativas***

La variable dependiente es la gravedad del accidente y se codifica de forma ordinal en tres niveles: 1 = solo daños, 2 = con heridos y 3 = con muertos. Las variables independientes son el número de peatones, motociclistas y ciclistas implicados en cada accidente.

#### ***3.2.3.2 Ecuaciones del modelo ordinal***

Sea  $\eta$  el predictor lineal del modelo:

$$\eta = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

donde  $X_1$  corresponde a peatón,  $X_2$  a moto y  $X_3$  a bicicleta.

La formulación ordinal usa dos logits acumulados:

$$\text{logit} [P(Y \leq 1)] = \theta_1 - \eta$$

$$\text{logit} [P(Y \leq 2)] = \theta_2 - \eta$$

A partir de estas expresiones se obtienen las probabilidades finales:

$$P(Y = 1) = P(Y \leq 1)$$

$$P(Y = 2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1)$$

$$P(Y = 3) = 1 - P(Y \leq 2)$$

Esta formulación aprovecha el orden natural de la gravedad. Por eso se eligió la regresión logística ordinal.

### ***3.2.4 Construcción del cálculo dentro de la hoja de Excel***

#### ***3.2.4.1 Codificación ordinal de la gravedad***

El primer paso visible en la hoja consiste en transformar la gravedad textual a una codificación ordinal. Esta transformación es necesaria porque

el modelo y Solver trabajan con valores numéricos y no con etiquetas textuales

#### ***3.2.4.2 Cálculo del predictor lineal***

Después de codificar la gravedad, Excel calcula el predictor lineal  $\eta$  para cada fila utilizando los coeficientes del modelo y los valores de peatón, moto y bicicleta. Esta columna intermedia deja visible el peso conjunto de los medios de transporte sobre la severidad.

#### ***3.2.4.3 Cálculo de las probabilidades acumuladas y finales***

Con el predictor lineal se calculan dos probabilidades acumuladas y, a partir de ellas, las tres probabilidades finales de las categorías de gravedad. De esta forma, cada observación termina con una probabilidad estimada de solo daños, una de con heridos y una de con muertos.

#### ***3.2.4.4 Probabilidad observada, log-verosimilitud y acierto***

Una vez calculadas las tres probabilidades finales, Excel identifica cuál corresponde a la categoría realmente observada en esa fila. Esa probabilidad observada se usa para construir la log-verosimilitud por observación. De manera paralela, se obtiene una clase predicha y se marca si la fila fue correctamente clasificada.

#### ***3.2.5 Ajustes de estabilidad numérica y decisiones prácticas***

Durante la implementación del modelo ordinal en Excel se necesitan ajustes prácticos para evitar fallas numéricas. El principal problema ocurre

cuando la probabilidad observada se acerca demasiado a cero, ya que el logaritmo natural de cero no está definido. Para evitarlo, se introduce un umbral mínimo positivo antes de aplicar el logaritmo.

Este ajuste no cambia la lógica del modelo; se utiliza únicamente para estabilizar la función objetivo y permitir que Solver complete la optimización sin producir errores numéricos.

Otra decisión práctica importante fue no ajustar el modelo de manera independiente para cada barrio, fecha, mes u hora. Cuando los grupos son pequeños o tienen muy pocos casos de ‘con muertos’, la estimación se vuelve inestable y puede producir coeficientes extremos y probabilidades sin sentido. Por esa razón, el procedimiento se formula como un modelo global y luego se resume por agrupación.

### ***3.2.6 Construcción de la verosimilitud y de la función objetivo***

#### ***3.2.6.1 Log-verosimilitud por observación***

Para cada fila se toma la probabilidad estimada correspondiente a la categoría observada y se calcula su logaritmo natural. Ese valor representa la contribución individual de la observación a la verosimilitud total del modelo

#### ***3.2.6.2 Log-verosimilitud total y negativa log-verosimilitud***

Excel suma la log-verosimilitud de todas las observaciones para obtener la log-verosimilitud total del modelo. Como Solver trabaja de forma

más estable minimizando que maximizando, se construye también la negativa log-verosimilitud. Esa cantidad es la que se usa como celda objetivo.

A partir de la verosimilitud total también se calculan métricas globales del ajuste, como Accuracy, AIC y BIC, que permiten evaluar la calidad del modelo una vez termina la optimización.

### ***3.2.7 Ajuste de los parámetros con Solver***

#### ***3.2.7.1 Qué resuelve Solver***

Solver busca los valores de los puntos de corte y de los coeficientes del modelo que minimizan la negativa log-verosimilitud. En términos estadísticos, eso equivale a encontrar los parámetros de máxima verosimilitud de la regresión logística ordinal.

#### ***3.2.7.2 Configuración general recomendada***

La configuración general del procedimiento es la siguiente: la celda objetivo es la negativa log-verosimilitud, el tipo de optimización es minimizar, las celdas cambiantes son los parámetros del modelo y el método recomendado es GRG no lineal. Además, se impone la restricción  $\theta_1 < \theta_2$  para conservar el orden de las categorías.

#### ***3.2.7.3 Por qué Solver es necesario en este procedimiento***

Excel no tiene una función integrada que estime directamente una regresión logística ordinal como sí ocurre en software estadístico especializado. Por eso fue necesario estructurar explícitamente la

verosimilitud dentro de la hoja y usar Solver como herramienta de optimización numérica.

### ***3.2.8 Recálculo de probabilidades y preparación para el resumen***

Una vez Solver encuentra los parámetros, la hoja se recalcula en cascada. Esto actualiza el predictor lineal, las probabilidades acumuladas, las probabilidades finales por gravedad, la log-verosimilitud por observación, la clasificación predicha y las métricas globales del ajuste.

En esta etapa todavía no se reportan resultados finales; solo queda listo el archivo para construir la hoja de resultados. La hoja de resultados debe tomar como insumo las probabilidades ya recalculadas dentro del modelo global.

### ***3.2.9 Construcción de la hoja de resultados***

#### ***3.2.9.1 Resumen por unidad de agrupación***

Para cada unidad de agrupación (barrio, fecha, mes u hora) se construye una tabla donde se resume el número total de observaciones del grupo, la proporción observada de daños, heridos y muertos, y el promedio de las probabilidades predichas por el modelo global.

#### ***3.2.9.2 Resumen por medio de transporte dentro de cada grupo***

Adicionalmente, dentro de cada grupo se calculan resúmenes condicionados por medio de transporte. Sin embargo, esos resúmenes no deben construirse con combinaciones hipotéticas como peatón = 1, moto = 0 y bicicleta = 0. La forma metodológicamente correcta es usar solo

observaciones reales del grupo donde la variable correspondiente sea mayor que cero.

Así, para cada barrio, fecha, mes u hora se obtienen promedios de probabilidad condicionados a peatón  $> 0$ , moto  $> 0$  o bicicleta  $> 0$ , respetando los datos efectivamente observados y evitando probabilidades artificiales o incoherentes.

### **3.3 Macro: por qué se necesitó y qué hace**

#### ***3.3.1 Por qué se necesitó usar un macro en ambos modelos***

El uso del macro se justificó por razones operativas y metodológicas comunes a la regresión logística multinomial y a la regresión logística ordinal. Aunque la lógica matemática de ambos modelos quedó construida dentro de la hoja de Excel, ejecutar manualmente cada paso implicaba configurar Solver de forma repetitiva, verificar rangos, recalcular probabilidades y construir la hoja de resultados para cada unidad de agrupación. Ese proceso no solo consumía tiempo, sino que también aumentaba el riesgo de errores manuales en la selección de la celda objetivo, en el rango de parámetros y en la consolidación de los resultados.

#### ***3.3.2 Qué problema resolvió el macro en la regresión logística multinomial***

En la RLM, el macro permitió automatizar la estimación global de los coeficientes del modelo y la posterior construcción de la hoja de resultados. Su necesidad se hizo más evidente cuando se intentó trabajar por

subgrupos, ya que Solver podía presentar fallas por tamaño del problema, por escasa variación en algunos grupos o por ausencia de ciertas categorías de gravedad. Frente a esa limitación, el macro consolidó una estrategia práctica: ajustar un modelo global por año, forzar el recálculo de las probabilidades predichas y, después, recorrer las observaciones para acumular conteos y promedios por barrio, fecha, mes u hora, tanto en forma total como condicionada por peatón, moto o bicicleta.

### ***3.3.3 Qué problema resolvió el macro en la regresión logística ordinal***

En la RLO, el macro también automatizó una secuencia que resultaba extensa y sensible a errores cuando se hacía de forma manual. En este caso, además de llamar a Solver con la configuración correcta para minimizar la negativa log-verosimilitud, el macro verificó y actualizó la zona de cálculo visible del modelo, conservó la solución óptima y construyó la hoja de resultados a partir de las probabilidades ya recalculadas. Esto permitió mantener separadas tres funciones complementarias: Excel como espacio donde se visualiza la matemática del modelo, Solver como herramienta de optimización y el macro como mecanismo de ejecución estandarizada y generación del resumen final.

### ***3.3.4 Qué hace el macro y por qué su uso fue metodológicamente conveniente***

En ambos modelos, el macro cumplió una función de estandarización del procedimiento. Primero, redujo la intervención manual en tareas repetitivas; segundo, garantizó que Solver se ejecutara siempre

bajo la misma lógica; tercero, dejó la estimación principal en un ajuste global más estable; y cuarto, automatizó la generación de tablas de salida por unidad de agrupación. Su uso fue metodológicamente conveniente porque evitó repetir ajustes independientes para grupos pequeños, disminuyó la aparición de probabilidades extremas o incoherentes y permitió resumir los resultados con base en las observaciones reales del archivo, en lugar de depender de operaciones manuales susceptibles a inconsistencias.

#### **4. Resultados**

El análisis de resultados se estructuró a partir de dos criterios complementarios. El primer criterio de selección correspondió al número de accidentes registrados en cada unidad de agrupación y en cada variable independiente (peatón, ciclista y motociclista). Para barrio, hora y mes, se definió como riesgo bajo el intervalo de 1 a 10 accidentes, riesgo medio de 10 a 30 accidentes y riesgo alto de 30 accidentes en adelante. Para día, debido a la menor frecuencia observada, se estableció como riesgo bajo el intervalo de 1 a 3 accidentes, riesgo medio de 3 a 5 accidentes y riesgo alto de 5 accidentes en adelante. El segundo criterio correspondió a las probabilidades predichas de accidentalidad en las variables dependientes (daños, heridos y muertos) para cada unidad de agrupación y variable independiente. En barrio, mes, día y hora, las probabilidades se clasificaron como riesgo moderado entre 0 % y 33 %, riesgo medio entre 33 % y 66 % y riesgo alto entre 66 % y 100 %.

##### **4.1 Resultados obtenidos de la regresión logística multinomial**

En la regresión logística multinomial, el análisis hecho por barrio, día, mes y hora que se muestra en la Tabla 1 (se encuentra en los apéndices) muestra que el riesgo no se distribuye de

manera homogénea. Por barrio, El Centro concentró el mayor volumen total de accidentes y también lideró los accidentes de peatones y motociclistas, mientras que los ciclistas no superaron el umbral mínimo de selección. Por día, los eventos críticos se concentraron en fechas puntuales, con máximos totales en 2 de agosto y 26 de septiembre, y con un pico motociclista el 3 de mayo; nuevamente, peatones y ciclistas no alcanzaron el umbral diario. Por mes, septiembre fue el principal foco de accidentalidad total y también lideró los conteos de peatones y motociclistas, mientras que los ciclistas quedaron excluidos por no cumplir el criterio mínimo. Por hora, el mayor riesgo total y motociclista se concentró entre 12:01 y 15:00, el mayor volumen de peatones apareció entre 18:01 y 21:00 y, a diferencia de las demás unidades de agrupación, sí surgieron valores críticos para los ciclistas.

#### **4.2 Resultados obtenidos de la regresión logística ordinal**

En la regresión logística ordinal, el análisis hecho por barrio, día, mes y hora que se muestra en la Tabla 2 (se encuentra en los apéndices) también evidencia una concentración del riesgo en las unidades de agrupación críticas. Por barrio, El Centro siguió siendo el principal núcleo de accidentalidad total, peatonal y motociclista, mientras que los ciclistas no superaron el umbral mínimo para el análisis espacial. Por día, los picos de accidentalidad se ubicaron en fechas puntuales del calendario, con máximos totales en 2 de agosto y 26 de septiembre y con el mayor pico motociclista el 3 de mayo; peatones y ciclistas tampoco alcanzaron el umbral diario. Por mes, septiembre concentró el mayor promedio total de accidentes y lideró los conteos de peatones y motociclistas, mientras que los ciclistas no ingresaron al análisis principal. Por hora, el riesgo total y motociclista se concentró principalmente entre 12:01 y 15:00, los peatones alcanzaron su mayor volumen en esa misma franja y, al igual que en el modelo multinomial, solo en las horas aparecieron franjas críticas para ciclistas.

## 5. Conclusiones

Al realizar la comparación entre la regresión logística multinomial y la regresión logística ordinal muestra una alta convergencia en la identificación de las unidades de agrupación más riesgosas. En barrio, ambos modelos coinciden en señalar a el Centro como el principal foco de accidentalidad total, y también en ubicar allí la mayor concentración de accidentes de peatones y motociclistas; aunque existen diferencias en las probabilidades específicas más altas para daños, heridos y muertos, estas variaciones se mantienen dentro del mismo conjunto de barrios críticos, especialmente el Centro, San Francisco, Cabecera del Llano, La Concordia y Provenza. Esta focalización del riesgo proyectada por los modelos estadísticos encuentra un fuerte respaldo en las mediciones empíricas recientes; de acuerdo con el informe de siniestralidad consolidado de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (2025), los choques y atropellos continúan siendo las principales causas de víctimas fatales y personas lesionadas en la ciudad, reafirmando la alta vulnerabilidad estructural de peatones y motociclistas en los sectores de mayor confluencia urbana. En el aspecto diario, ambos enfoques coinciden en que los máximos de accidentalidad total se ubican en 2 de agosto y 26 de septiembre, y en que el mayor volumen de motociclistas ocurre el 3 de mayo; además, en ambos casos peatones y ciclistas no superan el umbral diario, lo que sugiere que su riesgo se concentra más por acumulación temporal amplia que por una fecha aislada. Para la escala mensual, los dos modelos identifican a septiembre como el mes con mayor promedio total de accidentes y como el principal foco para peatones y motociclistas; aunque cambian algunos meses asociados a probabilidades máximas específicas, la respuesta general se mantiene dentro de los meses más riesgosos del conjunto analizado, particularmente septiembre, mayo y marzo.

Para la unidad horaria, tanto el modelo multinomial como el ordinal ubican el mayor volumen total y motociclista entre 12:01 y 15:00, y muestran que las franjas de la tarde y la tarde-noche concentran los escenarios más críticos; además, ambos coinciden en que los ciclistas solo superan el umbral de riesgo en el análisis por hora, lo que revela una relación clara entre el riesgo ciclista y ventanas horarias específicas. En términos de correlación entre unidades de agrupación, la evidencia conjunta sugiere que los puntos con mayor frecuencia de accidentes también tienden a concentrar las probabilidades más altas de lesiones, especialmente de heridos. Esto se observa en la coincidencia entre el Centro como ubicación dominante, septiembre como mes crítico y las franjas de 12:01 a 18:00 y 18:01 a 21:00 como ventanas de alta exposición y severidad. En síntesis, aunque existen diferencias puntuales entre ambos modelos en la magnitud y localización exacta de algunas probabilidades, las respuestas generales se mantienen estables dentro de las unidades de agrupación más riesgosas identificadas en los datos analizados.

En cuanto a las unidades de agrupación con mayor promedio total de accidentes, los barrios más críticos fueron CENTRO (195.36), SAN FRANCISCO (110.45), CABECERA DEL LLANO (86.73), LA CONCORDIA (75.18) y PROVENZA (68.55); las fechas con mayor promedio fueron 2 de agosto (7.55), 26 de septiembre (7.55), 23 de febrero (7.45), 16 de marzo (7.45) y 18 de diciembre (7.45); los meses más críticos fueron septiembre (181.18), mayo (176.64) y marzo (173.18); y las franjas horarias con mayor promedio total de accidentes correspondieron a 12:01 a 15:00 (392.73), 15:01 a 18:00 (348.09) y 09:01 a 12:00 (323.64).

En los resultados también se observó una aparente disminución en las cifras globales de accidentes de tránsito en Bucaramanga a partir de 2022, esto no necesariamente refleja una mejora real en la seguridad vial, sino que puede obedecer a un sesgo estadístico generado por la entrada en vigor de la Ley 2251 (Congreso de la República de Colombia, 2022). Esta normativa modificó la atención de los choques simples, eliminando la obligación de las autoridades de levantar el Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT) cuando únicamente se presentan daños materiales, lo que provocó una omisión de datos en la base de datos de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB) para la categoría de menor gravedad. Esta alteración numérica invisibiliza el peligro latente en las vías, afectando de manera crítica el análisis de los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motociclistas), evidenciando la urgencia de implementar medidas preventivas que no dependan exclusivamente de la caída en las cifras brutas.

## **6. Planes de acción**

### **6.1 Plan de acción para peatones**

Sí se considera necesaria una línea específica de intervención peatonal. Los resultados del estudio muestran criticidad peatonal consistente por barrio, por mes, y por hora. Centro concentra el mayor número de accidentes, mientras que San Francisco, La Concordia, Cabecera del Llano y Provenza aparecen como sectores con probabilidades altas de lesiones o muertes. Temporalmente, septiembre concentra el mayor número de accidentes, marzo y abril muestran probabilidades elevadas de heridos y las franjas de 12:01 a 15:00 y de 18:01 a 21:00 resultan especialmente críticas.

Desde la evidencia técnica, las intervenciones peatonales más eficaces deben priorizar cruces a nivel visibles, continuidad peatonal, refugios, demarcación de cebras, rampas y gestión

de velocidad. El Manual de Señalización Vial de Colombia establece que los cruces peatonales deben definir claramente la trayectoria de los peatones, garantizar visibilidad y contar con rampas o elementos equivalentes; además, para zonas de cruce recomienda señalización específica como SIP-01 Paso peatonal y SIP-03 Observar-riesgo en cruce, así como cruces cebra, cruces escolares y refugios peatonales (ANSV, 2024). Por su parte, la literatura sobre comportamiento peatonal muestra que el cruce a nivel bien diseñado y las intersecciones semaforizadas suelen ser mejor aceptados que las pasarelas cuando estas implican desvíos o mayores distancias de caminata, lo cual reduce el uso de soluciones aparentemente seguras, pero poco funcionales (Cantillo et al., 2015).

### ***6.1.1 Medidas priorizadas para peatones***

- Intervenir primero el barrio Centro y el corredor crítico Centro-San Francisco-La Concordia-Cabecera del Llano-Provenza con auditorías rápidas de seguridad peatonal, identificando cruces inseguros, visibilidad deficiente, tiempos semafóricos inadecuados y conflictos giro-peatón.
- Implementar cruces peatonales a nivel tipo cebra, refugios peatonales y señalización SIP-01 y SIP-03 en intersecciones y tramos con alto flujo peatonal, evitando privilegiar de forma automática los puentes peatonales cuando estos incrementen el desvío del recorrido o reduzcan la probabilidad real de uso (ANSV, 2024; Cantillo et al., 2015).
- Aplicar calmado de tráfico y control de velocidad en puntos peatonales, particularmente en accesos a zonas comerciales y educativas. La evidencia de Cartagena sugiere que velocidades superiores a 40 km/h elevan la probabilidad de siniestros fatales, por lo que la reducción de velocidad es una contramedida prioritaria (Cantillo et al., 2020).

- Ajustar fases semafóricas para proteger el cruce peatonal en las franjas de 12:01 a 15:00 y 18:01 a 21:00, incluyendo intervalos peatonales exclusivos o todo rojo vehicular en los cruces más complejos, cuando técnicamente corresponda (ANSV, 2024).
- Realizar campañas de educación y acompañamiento peatonal focalizadas por horario y sector, con énfasis en cruce seguro, lectura de señales y prevención del cruce por fuera de las zonas demarcadas. Los perfiles de riesgo peatonal muestran que la educación vial está asociada con comportamientos más seguros (Osorio-García et al., 2023).

## **6.2 Plan de acción para motociclistas**

La intervención para motociclistas es prioritaria y estructural. Ambos modelos coinciden en que el barrio Centro es el principal foco de accidentalidad motociclista, mientras que La Concordia y Cabecera del Llano concentran probabilidades elevadas de lesiones o muertes. Septiembre concentra el mayor número de accidentes y las franjas de 12:01 a 15:00 y 15:01 a 18:00 aparecen como las de mayor criticidad operacional, con acumulaciones relevantes también en 18:01 a 21:00 para la probabilidad de heridos.

La evidencia especializada sugiere que los accidentes de motociclistas se relacionan recurrentemente con inexperiencia, vías urbanas anchas que incentivan velocidad y maniobras de sobrepaso, corredores fluidos con altas velocidades de operación, e insuficiencias de mantenimiento vial (Jiménez et al., 2015). De manera consistente, el análisis de severidad en Cartagena encontró que las motocicletas son el tipo vehicular con mayor probabilidad de siniestros fatales y propuso como medidas prioritarias la reducción de límites de velocidad, mejoras operacionales en intersecciones y campañas focalizadas, además de fortalecer la seguridad motociclista (Cantillo et al., 2020).

### ***6.2.1 Medidas priorizadas para motociclistas***

- Concentrar los operativos de control y gestión de velocidad en el Centro y en los accesos a La Concordia y Cabecera del Llano, con énfasis en las franjas de 12:01 a 15:00 y 15:01 a 18:00.
- Implementar un programa permanente de control pedagógico y sancionatorio sobre exceso de velocidad, adelantamientos riesgosos, invasión de áreas de cruce peatonal y maniobras en intersecciones. La literatura colombiana recomienda una política de cero tolerancias frente a conductas de alto riesgo, especialmente donde confluyen peatones y motociclistas (Cantillo et al., 2020).
- Fortalecer la formación práctica con simuladores, test drive y educación comunitaria, siguiendo la lógica de la estrategia “Tránsito en Mi Comuna”, que integra educación, parque móvil, simulador de motociclismo, control comunitario y señalización barrial como acciones coordinadas de prevención (González, 2021).
- Priorizar mantenimiento de pavimento, demarcación, bordillos, líneas de borde y señales verticales/horizontales en los corredores motociclistas más conflictivos, dado que el deterioro de la infraestructura incrementa el riesgo de control deficiente y maniobras peligrosas (Jiménez et al., 2015; González, 2021).
- Evaluar tratamientos operacionales en intersecciones de alta exposición: fases semafóricas más claras, demarcación de zonas de no bloqueo, canalización de giros y, donde sea viable, implementación de zona adelantada o soluciones de motovía previstas en las buenas prácticas del manual (ANSV, 2024).

### **6.3 Plan de acción para ciclistas**

Para ciclistas también se considera necesaria una línea de intervención, pero de carácter focalizado. Los resultados no muestran criticidad suficiente por barrio, día o mes; sin embargo, sí

identifican franjas horarias críticas. En el modelo multinomial, la mayor concentración de accidentes de ciclistas aparece entre 18:01 y 21:00 y la mayor probabilidad de heridos también se ubica en esa franja. En el modelo ordinal, el mayor número de accidentes y la mayor probabilidad de heridos se concentran entre 15:01 y 18:00, mientras que la probabilidad de muerte alcanza su máximo entre 18:01 y 21:00. Por tanto, el riesgo ciclista se interpreta como una exposición fuertemente ligada a ventanas horarias específicas y a conflictos de interacción en la operación urbana, más que a un patrón espacial ampliamente distribuido.

La respuesta institucional debe ser coherente con ese patrón. El Manual de Señalización Vial prevé señales específicas para la interacción con ciclistas, como SP-59 Ciclistas en la vía, SP-59A Cruce de ciclistas, SP-59B Ubicación de cruce de ciclistas, SIC-02 Dirección de la cicloinfraestructura y SRC-02 Obligatorio descender de la bicicleta, además de permitir el uso de urbanismo táctico y medidas especiales para usuarios vulnerables (ANSV, 2024). Desde el frente tecnológico, también es pertinente considerar pilotos de infraestructura conectada y comunicaciones V2X-VRU en intersecciones críticas, utilizando los teléfonos inteligentes de peatones y ciclistas y unidades de carretera con procesamiento en el borde, para advertir riesgos de colisión en tiempo real (Bonilla Verdugo, 2020).

### ***6.3.1 Medidas priorizadas para ciclistas***

- Aplicar intervenciones selectivas por corredor y horario, especialmente entre 15:01 y 21:00, priorizando puntos donde exista alta mezcla de flujos con motociclistas, buses y vehículos particulares.
- Implementar señalización ciclista específica, continuidad y direccionalidad de la cicloinfraestructura, así como cruces ciclistas visibles y gestión clara de prioridad en intersecciones (ANSV, 2024).

- Mejorar iluminación, visibilidad nocturna y lectura de trayectorias en intersecciones y puntos de cruce. Las medidas de visibilidad son especialmente relevantes porque la criticidad ciclista aumenta en franjas de tarde y noche.
- Desarrollar pilotos de urbanismo táctico en corredores con riesgo horario: demarcaciones temporales, separadores livianos, pintura de aproximación y reorganización del espacio para reducir conflictos sin esperar obras mayores (ANSV, 2024).
- Diseñar un piloto tecnológico de intersección segura que combine analítica vial, cámaras o sensores, RSU y alertas V2X-VRU para ciclistas y peatones, como una intervención experimental en puntos de mayor exposición (Bonilla Verdugo, 2020).

### Referencias bibliográficas

- Abd Aziz, F. S., Abdullah, K. H., Harith, S. H., & Sofyan, D. (2022). Trends and evolution of road user behaviour research: A bibliometric review. *International Journal of Information Science and Management*, 20(3), 69–93  
[https://www.researchgate.net/publication/361696638\\_Trends\\_and\\_Evolution\\_of\\_Road\\_User\\_behaviour\\_Research\\_A\\_Bibliometric\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/361696638_Trends_and_Evolution_of_Road_User_behaviour_Research_A_Bibliometric_Review)
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024). Manual de señalización vial de Colombia: Dispositivos uniformes en la infraestructura vial, para la regulación del tránsito y la seguridad vial (Adoptado mediante Resolución 20243040045005). Ministerio de Transporte.  
[https://www.ansv.gov.co/sites/default/files/Manual\\_de\\_Senalizacion\\_Vial\\_1.pdf](https://www.ansv.gov.co/sites/default/files/Manual_de_Senalizacion_Vial_1.pdf)
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024a, 4 de abril). *La ANSV lanza el programa "Motodestrezas" para disminuir fatalidades en motociclistas*. Ministerio de Transporte.  
<https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados>
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024b, 24 de septiembre). *Acciones por la vida: nuevo programa de la ANSV que llegará a 24 departamentos del país*.  
<https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/11848>
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (s.f.). *Guía para Actores Vulnerables en la Vía* [PDF].  
[https://ansv.gov.co/sites/default/files/Gu%C3%ADa%20Actores%20Vulnerables\\_compressed.pdf](https://ansv.gov.co/sites/default/files/Gu%C3%ADa%20Actores%20Vulnerables_compressed.pdf)
- Agresti, A. (2013). *Categorical Data Analysis* (3.ª ed.). John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/10.1002/9781118357590>

Bonilla Verdugo, D. C. (2020). Arquitectura de infraestructura y modelo de optimización para la reducción de la probabilidad de accidentes de usuarios vulnerables en la vía pública

[Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Séneca.

<https://hdl.handle.net/1992/45145>.

Cantillo, V., Arellana, J., & Rolong, M. (2015). Modelling pedestrian crossing behaviour in urban roads: A latent variable approach. *Transportation Research Part F: Traffic*

*Psychology and Behaviour*, 32, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.008>

Cantillo, V., Marquez, L., & Díaz, C. J. (2020). An exploratory analysis of factors associated with traffic crashes severity in Cartagena, Colombia. *Accident Analysis & Prevention*,

146, Article 105749. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105749>

Concejo de Bogotá. (2025, 25 de marzo). *En los últimos 7 años, los lesionados por siniestros viales han disminuido en el país, pero las muertes han aumentado.*

<https://concejodebogota.gov.co/en-los-ultimos-7-anos-los-lesionados-por-siniestros-viales-han/cbogota/2025-03-25/102637.php>

Congreso de la República de Colombia. (14 de julio de 2022). *Ley 2251 de 2022. Por la cual se dictan normas para el diseño e implementación de la política de seguridad vial con*

*enfoque de sistema seguro y se dictan otras disposiciones - Ley Julián Esteban.* Diario

Oficial No. 52.094.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=189806>

Dewarajoo, R., Kafi, A., & Zakaria, I. H. (2025). Bibliometric analysis of road safety research: trends and insights from 2010 to 2024. *Advances in Consumer Research*, 2(5), 2589–

2606. <https://acr-journal.com/article/download/pdf/1974/>

Dirección de Tránsito de Bucaramanga. (2023). *Informe de Gestión Grupo Control Vial 2022*.

<https://transitobucaramanga.gov.co/dtb/wp-content/uploads/2023/01/INFORME-ACCIDENTALIDAD-GESTION-GRUPO-CONTROL-VIAL-2022.pdf>

Dirección de Tránsito de Bucaramanga. (2025). *Informe de gestión Grupo Control Vial 2024:*

*Enero - diciembre siniestros viales*. Alcaldía de Bucaramanga. Recuperado de <https://transitobucaramanga.gov.co/dtb/wp-content/uploads/2025/01/INFORME-GESTION-GRUPO-CONTROL-VIAL-2024-ENERO-DICIEMBRE-SINIESTROS-VIALES.pdf>

González, N. (2021). Estrategia de reducción de accidentalidad para las futuras vigencias en la ciudad de Bucaramanga [Especialización en Gerencia de Proyectos, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional UNIMINUTO.

<https://repository.uniminuto.edu/items/ee22dc66-603d-489a-919c-772b21b9e167>

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression* (3.<sup>a</sup> ed.).

John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118548387>

Jiménez, A., Bocarejo, J. P., Zarama, R., & Yerpez, J. (2015). A case study analysis to examine motorcycle crashes in Bogota, Colombia. *Journal of Safety Research*, 52, 29-38.

<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.12.005>

Lin, P. I., et al. (2023). The transition of land use and road safety studies: A systematic literature review (2000–2021). *Sustainability*, 15(11), 8894. <https://doi.org/10.3390/su15118894>

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2002). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (2.<sup>a</sup> ed.). Limusa Wiley. <https://ingindustrial869624637.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/03/150.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2023, 13 de diciembre). *Traumatismos causados por el tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Osorio-García, D., Hernandez-Pulgarín, G., & Escobar, D. A. (2023). Profiles of pedestrian risk behavior while crossing the street. *Safety Science*, 163, Article 106120.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106120>

Perdana, A. S. D., Setyowati, D. L., & Widyarto. (2026). *Mapping Global Road Safety Communication: A Bibliometric Analysis of Campaigns and Awareness Strategies (2000–2025)*. *Journal of Health Science and Medical Research*.

[https://www.researchgate.net/publication/399042656\\_Mapping\\_Global\\_Road\\_Safety\\_Communication\\_A\\_Bibliometric\\_Analysis\\_of\\_Campaigns\\_and\\_Awareness\\_Strategies\\_2000-2025](https://www.researchgate.net/publication/399042656_Mapping_Global_Road_Safety_Communication_A_Bibliometric_Analysis_of_Campaigns_and_Awareness_Strategies_2000-2025)

**Ren, G., Huang, Z., Huang, T., Wang, G., & Lee, J. H. (2025).** Evolution and knowledge structure of wearable technologies for vulnerable road user safety: A CiteSpace-based bibliometric analysis (2000–2025). *Applied Sciences*, 15(12), 6945.

<https://doi.org/10.3390/app15126945>

### **Reconocimiento de uso de inteligencia artificial**

Para el desarrollo de este proyecto se reconoce el uso de IA generativa, específicamente ChatGPT de OpenAI, como una herramienta de apoyo en tareas de organización, revisión y fortalecimiento del contenido.

## Apéndices

Nota. Las unidades de agrupación que en unidad crítica y promedio n/% posean un “-“, significa que no se identificaron casos que cumplieran el criterio mínimo; por tanto, este grupo se excluye del análisis de riesgo.

### Apéndice A. Síntesis de resultados RLM

**Tabla 1**

*Síntesis de resultados RLM*

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Barrio	Total	Mayor número total de accidentes	CENTRO	195.36
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de daños	SAN FRANCISCO	14.29%
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de heridos	LA CONCORDIA	73.52%
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de muertos	CABECERA DEL LLANO	14.91%
Barrio	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	CENTRO	40
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	CENTRO	3.24%
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	SAN FRANCISCO	88.6%
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	CABECERA DEL LLANO	9.03%
Barrio	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	CENTRO	177.82
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	CABECERA DEL LLANO	14.75%
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	LA CONCORDIA	72.86%
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	CABECERA DEL LLANO	15.09%
Barrio	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Día	Total	Mayor número total de accidentes	2 de agosto y 26 de septiembre	7.55
Día	Total	Mayor probabilidad total de daños	16 de marzo	14.68%
Día	Total	Mayor probabilidad total de heridos	18 de diciembre	74.20%
Día	Total	Mayor probabilidad total de muertos	16 de marzo	15.5%
Día	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	-	-
Día	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	3 de mayo	7.1
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	16 de marzo	15.53%
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	2 de agosto	73.48%
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	16 de marzo	15.65%
Día	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Mes	Total	Mayor número total de accidentes	septiembre	181.18
Mes	Total	Mayor probabilidad total de daños	marzo	13.69%

REDUCCION DE RIESGOS PARA USUARIOS VULNERABLES EN BUCARAMANGA 50

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Mes	Total	Mayor probabilidad total de heridos	enero	72.92%
Mes	Total	Mayor probabilidad total de muertos	marzo	14.43%
Mes	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	septiembre	33.18
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	febrero	3.24%
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	abril	88.49%
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	diciembre	8.76%
Mes	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	septiembre	166.55
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	marzo	14.25%
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	enero	72%
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	marzo	14.60%
Mes	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Hora	Total	Mayor número total de accidentes	12:01 a 15:00	392.73
Hora	Total	Mayor probabilidad total de daños	00:00 a 03:00	14.52%
Hora	Total	Mayor probabilidad total de heridos	18:01 a 21:00	74.19%
Hora	Total	Mayor probabilidad total de muertos	00:00 a 03:00	15.40%
Hora	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	18:01 a 21:00	72.55
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	03:01 a 06:00	3.24%
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	18:01 a 21:00	88.79%
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	03:01 a 06:00	9.11%

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Hora	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	12:01 a 15:00	366.27
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	00:00 a 03:00	15.41%
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	18:01 a 21:00	73.44%
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	00:00 a 03:00	15.63%
Hora	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	18:01 a 21:00	12.27
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista con daños	06:01 a 09:00	7.4%
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista herido	18:01 a 21:00	85.3%
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista muerto	15:01 a 18:00	7.41%

## Apéndice B. Síntesis de resultados RLO

**Tabla 2**

*Síntesis de resultados RLO*

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Barrio	Total	Mayor número total de accidentes	CENTRO	195.36
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de daños	SAN FRANCISCO	23.24%
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de heridos	LA CONCORDIA	74.21%
Barrio	Total	Mayor probabilidad total de muertos	LA CONCORDIA	5.06%
Barrio	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	CENTRO	40
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	CABECERA DEL LLANO	9.25%
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	LA CONCORDIA	10.54%
Barrio	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	PROVENZA	11.66%

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Barrio	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	CENTRO	177.82
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	SAN FRANCISCO	23.73%
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	LA CONCORDIA	73.75%
Barrio	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	LA CONCORDIA	5.02%
Barrio	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Barrio	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Día	Total	Mayor número total de accidentes	2 de agosto Y 26 de septiembre	7.55
Día	Total	Mayor probabilidad total de daños	16 de marzo	23.13%
Día	Total	Mayor probabilidad total de heridos	18 de diciembre	75.03%
Día	Total	Mayor probabilidad total de muertos	26 de septiembre	4.97%
Día	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	-	-
Día	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	-	-
Día	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	3 de mayo	7,1
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	16 de marzo	24.03%
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	18 de diciembre	74.34%
Día	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	18 de diciembre	4.9%

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Día	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Día	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Mes	Total	Mayor número total de accidentes	septiembre	181.18
Mes	Total	Mayor probabilidad total de daños	marzo	22.12%
Mes	Total	Mayor probabilidad total de heridos	mayo	73.55%
Mes	Total	Mayor probabilidad total de muertos	septiembre	5.13%
Mes	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	septiembre	33.18
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	diciembre	8.74
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	marzo	80.83%
Mes	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	septiembre	13.1%
Mes	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	septiembre	166.55
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	marzo	22.70%
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	mayo	72.9%
Mes	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	septiembre	4.92%
Mes	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas con daños	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas heridos	-	-
Mes	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclistas muertos	-	-
Hora	Total	Mayor número total de accidentes	12:01 a 15:00	392.73

Unidad de agrupación	Grupo analizado	Indicador	Unidad crítica	Promedio n/%
Hora	Total	Mayor probabilidad total de daños	09:00 a 12:00	21.92%
Hora	Total	Mayor probabilidad total de heridos	15:01 a 18:00	73,56%
Hora	Total	Mayor probabilidad total de muertos	12:01 a 15:00	4.71%
Hora	Peatón	Mayor número de accidentes de peatones	12:01 a 15:00	64.64
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón con daños	12:01 a 15:00	8.27%
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón herido	12:01 a 15:00	80.53%
Hora	Peatón	Mayor probabilidad de peatón muerto	15:01 a 18:00	12.13%
Hora	Motociclista	Mayor número de accidentes de motociclistas	12:01 a 15:00	364.91
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista con daños	09:01 a 12:00	22.54%
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista herido	12:01 a 15:00	73%
Hora	Motociclista	Mayor probabilidad de motociclista muerto	15:01 a 18:00	4.85%
Hora	Ciclista	Mayor número de accidentes de ciclistas	15:01 a 18:00	11.55
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista con daños	15:01 a 18:00	10.82%
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista herido	15:01 a 18:00	80.86%
Hora	Ciclista	Mayor probabilidad de ciclista muerto	18:01 a 21:00	9.57%