



EL COMPORTAMIENTO, LOS CONFLICTOS DE TRÁFICO Y LOS FACTORES ASOCIADOS CON LA ACCIDENTALIDAD DE LOS MOTOCICLISTAS EN LAS INTERSECCIONES DE LAS VÍAS DE CARTAGENA

Autor: Holman Ospina Mateus

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE DOCTOR EN INGENIERÍA/ DOCTOR EN MODELADO DE SISTEMAS EN INGENIERÍA

Director: Leonardo A. Quintana Jimenez, PhD

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Codirector: Francisco J. López Valdés, PhD

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA- BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA

DOCTORADO EN INGENIERÍA

BOGOTÁ, D.C. COLOMBIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

DOCTORADO DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

DOCTORADO EN MODELADO DE SISTEMAS DE INGENIERÍA

MADRID, ESPAÑA.

2021

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestra fuente de vida, y permitirnos afrontar cada día nuevos retos en salud y bienestar.

A mi Padre, Jose Ospina Giraldo (Q.E.P.D), Por ser mi amigo, motivador y patrocinador, tu pronta partida en medio de las dificultades de los últimos tiempos ha dejado un vacío difícil de superar. Todos mis posibles logros buscan honrar todo lo que me enseñaste.

A mi Madre, Ruth Mateus, por su confianza, motivación y apoyo incondicional en cada uno de mis pasos. Tu capacidad de resiliencia ante las dificultades me inspirar a seguir adelante.

A mi Amada Esposa, Johana Rada, por ser parte de este proceso, donde tu amor, cariño, y compañía me han inspirado para conseguir un escalón más en mi desarrollo profesional. Tu apoyo, paciencia y consejo incondicional me bendice cada día y me hace sentir orgulloso del hogar que estamos construyendo.

A mi Hermosa Hija, Luciana Ospina, tu nobleza, inocencia y espontaneidad siempre ponen una sonrisa en mí. Eres el motivo que me inspira a ser mejor cada día.

A mi Bebe, Camilo Ospina, tú nos enseñas como el milagro de la vida nos sorprende con mucho amor y ternura en medio de las dificultades que vivimos en estos últimos años.

A Edison Ospina, Laura Ospina, Julia Güeto, y Sebastian Ospina por su confianza y motivación constante para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A la Gobernación de Bolívar y Fundación CEIBA, por la financiación para cursar mis estudios doctorales en el marco de las Becas Bolívar Gana con Ciencia, asistidas con recursos del Sistema General de Regalías. Estoy muy agradecido por el apoyo que me permite ser un gestor de cambio y con habilidades investigativas para el desarrollo de la región Caribe y el Departamento de Bolívar.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar, por su apoyo y compromiso en el marco de su política de formación avanzada de los docentes de tiempo completo de la institución, los cuales ha contribuido significativamente en mi crecimiento profesional y personal. Gracias a la Rectoría, Vicerrectoría Académica y Administrativa, Dirección de Investigaciones, Decanatura y Dirección de Desarrollo Profesional por la confianza, soporte, financiación y licencia.

A mis directores de tesis doctoral, Dr. Leonardo Quintana & Dr. Francisco López, por brindarme su conocimiento, disposición y dedicación en esta investigación. Sus valiosos consejos, retroalimentación, directrices y orientaciones han fortalecido mi proceso de formación doctoral desde un enfoque integral. A la Dirección del Doctorado en Ingeniería, por su disponibilidad, soporte y orientación durante todo el período de estudios de manera diligente, amable y oportuna.

A mis colegas, Dra. Katherine Salas & Dr. Shib Sana, por su soporte, revisiones y retroalimentación dentro del proceso de publicación de algunos de los resultados de investigación.

Al Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la Agencia Nacional de Seguridad vial de Colombia por el suministro de información de Accidentalidad Vial en Motociclistas en Colombia compilada de los últimos años.

Al Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte (DATT), especialmente a la Subdirección Jurídica y la Subdirección Operativa por su colaboración en el suministro de la información disponible de movilidad y accidentalidad vial de Cartagena, así como recomendaciones alrededor de la propuesta de investigación.

Al Consorcio de Semaforización de Cartagena, especialmente al Ingeniero Roberto Iriarte, por su apoyo con la información de flujos vehiculares y videgrabaciones de intersecciones semaforizadas

A las personas que contribuyeron con la recolección de información de campo: Luna Lozada, Daniela Hernandez, Melida Rodriguez, Donaldo Ceballos, Ana Banquez, Janet Racero, entre otros estudiantes del programa de ingeniería industrial y civil de la UTB.

A todas aquellas personas que colaboraron y que con su apoyo contribuyeron a la ejecución de la presente investigación.

RESUMEN

La accidentalidad vial de motociclistas corresponde a más del 28% de las víctimas mortales a nivel global. En Colombia, los accidentes de motociclistas registran en promedio más de 3.000 víctimas mortales y 20.000 víctimas heridas anualmente, ubicando al país en la décima posición a nivel mundial, la tercera en América, segunda en Suramérica y sexta en países de ingresos económicos medios. La presente investigación se desarrolló en Cartagena (Colombia), donde la accidentalidad con motociclistas representa más del 50% de víctimas mortales y heridas. Cartagena se ha ubicado entre las siete ciudades más peligrosas para los motociclistas en los últimos años, donde circulan aproximadamente más de 75.000 y alrededor del 65% se dedica al mototaxismo.

El objetivo del estudio fue identificar los factores asociados a la seguridad vial de los motociclistas en las intersecciones de Cartagena por medio del análisis de comportamientos y conflictos de tráfico, para la predicción de los riesgos potenciales de accidentes viales.

La investigación inició analizando los problemas de seguridad vial en los motociclistas en el contexto, para luego focalizar los tramos más críticos con la función de rendimiento de seguridad (SPF). Adicionalmente, se desarrolló un análisis del comportamiento vial, adaptando el instrumento MRBQ (Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire). El análisis observacional de comportamientos y conflictos viales se efectuó en 10 intersecciones de tres ramales y 7 intersecciones de cuatro ramales. 36 horas fueron registradas y analizadas con variables observacionales apoyado de la Técnica Sueca de Conflictos de Tráfico.

Los resultados mostraron a las intersecciones no semaforizada como las zonas más propensas en accidentes viales para los motociclistas. El modelo SPF permitió identificar que el número de intersecciones, el volumen del flujo de motociclistas, tipo de zona y vía fueron factores asociados para predecir la accidentalidad de los motociclistas. El instrumento MRBQ permitió identificar en los mototaxistas que los años de experiencia, los errores de control y tráfico reportados fueron factores significativos para estar involucrado en accidentes y cuasi-accidentes.

En el análisis observacional y de conflictos viales, se identificaron factores en la seguridad vial de los motociclistas, desde la infraestructura (visibilidad al acceso y las deficiencias de las vías) y aspectos operacionales (horarios pico y flujo vehicular elevado). Los motociclistas jóvenes/adultos jóvenes, así como la práctica del mototaxismo fueron los más involucrados en conflictos viales. Se identificaron conductas inseguras en los motociclistas tales como el exceso de velocidad, no detenerse en la intersección, desplazamiento en contravía, observación al acceso, adelantamientos e intenciones arriesgadas. Finalmente, los hallazgos contribuyeron a definir un conjunto de recomendaciones en beneficio de la seguridad vial de los motociclistas en Cartagena.

ABSTRACT

Motorcyclists' road accidents correspond to more than 28% of fatalities globally. In Colombia, motorcyclist accidents account for more than 3,000 fatalities and 20,000 injured victims annually, ranking the country tenth globally, third in America, second in South America, and sixth in middle-income countries. The study was developed in Cartagena (Colombia), where the annual accident rate in motorcyclists represents more than 50% of fatalities and injuries. Cartagena has ranked among the seven most dangerous cities for motorcyclists in recent years, where approximately more than 75,000 circulate and around 65% are dedicated to informal passenger transport (motorcycle taxis).

The study aims to identify factors associated with the road safety of motorcyclists at intersections of Cartagena through the observational analysis of behaviors and traffic conflicts for predicting the potential risks of road accidents.

The research started by analyzing road safety problems in motorcyclists in the context, focusing on the most dangerous places from the definition of the Safety Performance Function. Additionally, an analysis of road behavior was developed, adapting the MRBQ (Motorcycle Rider Behavior Questionnaire) instrument. The observational process of road behaviors and conflicts was carried out at three-legged and four-legged intersections. Thirty-six hours were recorded and analyzed with observational variables applying the Traffic Conflict Techniques.

The results evidenced the unsignalized intersections as the locations most prone to road accidents for motorcyclists. The SPF allowed identifying that the number of intersections, the daily density of motorcycles, type of zone and road conditions are associated factors to predict the accident rate of motorcyclists. The MRBQ allowed identifying in motorcycle taxi drivers that the years of experience, control errors and traffic errors reported were significant factors in accidents and near-crashes.

In the observational and road conflict analysis, motorcyclists' road safety factors were identified, ranging from infrastructure (visibility to access and poor roads) and operational aspects (peak hours and high traffic flow). Young motorcyclists / young adults and the practice of motorcycle taxi drivers were the most involved in traffic conflicts.

Unsafe behaviors were identified in motorcyclists, such as speeding, not stopping at the intersection, driving in the opposite direction, observation of entry, overtaking, and risky intentions. Finally, the findings contributed to defining a set of proposals and countermeasures to benefit the road safety of motorcyclists in Cartagena.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto global.....	2
1.2 Justificación	2
1.3 Antecedentes.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Formulación del Problema	5
1.6 Hipótesis y Objetivos	6
2. ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN LITERARIA.....	7
2.1 Factores Asociados con la Accidentalidad de las Motocicletas	7
2.2 Función de Desempeño en la Seguridad Vial y Enfoque de Empírico de Bayes.....	8
2.3 Análisis Auto Reportado del Comportamiento en los Motociclistas	9
2.4 Análisis Observacional del Comportamiento en los Motociclistas	11
2.5 Técnicas de Conflicto de Tráfico	12
2.6 Análisis y Predicción en Accidentalidad Vial.....	14
3. METODOLOGÍA GENERAL	17
4. CARACTERIZACIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL DE LAS MOTOCICLETAS.....	20
4.1 Metodología.....	20
4.2 Contexto Global.....	21
4.3 Análisis de Accidentes en Motocicletas en Colombia	21
4.3.1 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Localización	22
4.3.2 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Temporalidad.....	23
4.3.3 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Género y Ocupación.....	24
4.3.4 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Edad	24
4.3.5 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Tipo e Interacción de la Colisión.....	25
4.3.6 Accidentalidad Vial Generados por las Motocicletas	25
4.3.7 Costo-Valor Social de las Muertes Relacionadas con Motocicletas	26

4.4	Análisis de Accidentes de Motocicleta en Cartagena, Colombia	26
4.5	Discusión de la Accidentalidad de las Motocicletas en Colombia	28
4.6	Discusión de la Accidentalidad de las Motocicletas en Cartagena	29
5.	DESEMPEÑO DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL DE LAS MOTOCICLETAS EN CARTAGENA	31
5.1	Metodología	31
5.1.1	Datos del Modelo	32
5.2	Recolección y Procesamiento de Segmentos Viales	33
5.3	Variables del Modelo de Predicción	34
5.4	Desarrollo del Modelo de Predicción	36
5.5	Resultados de Modelos SPF	37
5.6	Secciones Viales Propensas en Accidentes de Motocicletas	39
5.7	Discusión en la predicción de accidentes en motocicletas por tramos viales	40
6.	PERCEPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO, ACCIDENTALIDAD, INFRACCIONES Y CULPABILIDAD DE LOS MOTOCICLISTAS EN CARTAGENA	42
6.1	Metodología	42
6.2	Participantes	44
6.3	Análisis de los Ítems MRBQ	45
6.4	Análisis Factorial de los Ítems MRBQ	45
6.5	Contraste entre Factores MRBQ y Variables Independientes	46
6.6	Análisis Predictivo con los Factores MRBQ y Variables Independientes	47
6.7	Discusión	49
7.	RECOLECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y CONFLICTOS VIALES EN MOTOCICLISTAS	52
7.1	Selección de Lugares de Recolección	52
7.2	Recolección de Velocidad de Circulación en la Intersecciones	54
7.3	Recolección de Conductas y Conflictos de Tráfico en la Intersección	55
7.4	Períodos de Recolección de Información	59
7.5	Discusión	59
8.	ANÁLISIS DE DATOS DE VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN LA INTERSECCIÓN	62
8.1	Metodología	62
8.2	Análisis de Datos de Velocidad en Intersecciones de Tres Ramales Tipo T	63
8.3	Análisis de Datos de Velocidad en Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X	65
8.4	Discusión	67

9. ANÁLISIS OBSERVACIONAL DE CONDUCTAS Y CONFLICTOS VIALES EN LAS INTERSECCIONES	69
9.1 Motocicletas en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T	69
9.2 Otros Actores Viales en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T	72
9.3 Contraste entre Motocicletas y Otros Vehículos (Automóviles, Autobuses y Camiones) en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T	73
9.4 Motocicletas en Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X.....	75
9.5 Otros Actores Viales en las Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X	77
9.6 Contraste entre Motocicletas y Otros Vehículos (Automóviles, Autobuses y Camiones) en las Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X.....	79
9.7 Discusión	80
10. ANÁLISIS PREDICTIVO DE CONDUCTAS Y CONFLICTOS VIALES EN LAS INTERSECCIONES PARA LOS MOTOCICLISTAS	82
10.1 Metodología.....	82
10.2 Conjunto de Datos en Conductas y Conflictos Viales.....	83
10.3 Implementación y Estrategias del Algoritmo Genético Propuesto	85
10.4 Implementación y Estrategias del Recocido Simulado	88
10.5 Aplicación del Algoritmo Híbrido en la Predicción de Conflictos Viales	90
10.6 Reglas de Decisión Extraídas para las Intersecciones de Tres Ramales (Tipo T)	91
10.7 Reglas de Decisión Extraídas para las Intersecciones de Cuatro ramales (Tipo X)	93
10.8 Validación de Reglas de Decisión Extraídas en el Conjunto de Datos	95
10.9 Discusión	96
11. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO	99
12. RECOMENDACIONES EN LA SEGURIDAD VIAL DE LOS MOTOCICLISTAS.....	102
12.1 Aportes	103
12.2 Futuras Investigaciones.....	104
11.5 Otras Consideraciones	105
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	118
GLOSARIO	197

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones referentes en Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire (MRBQ).	10
Tabla 2. Investigaciones referentes en factores asociados a la accidentalidad de motociclistas en últimos 10 años.	15
Tabla 3. Ranking de países con mayor registro de accidentes en motocicletas en 2016.	21
Tabla 4. Accidentes por actor vial en Colombia: 2016-2019.	22
Tabla 5. Accidentes en motocicletas en Colombia por tipo de zona: 2016-2019.	23
Tabla 6. Accidentes en motocicletas en Colombia por franja horaria: 2016-2019.	24
Tabla 7. Accidentes en motocicletas en Colombia por género y ocupación: 2016-2019.	24
Tabla 8. Accidentes en motocicletas en Colombia por edad: 2016-2019.	25
Tabla 9. Accidentes en motocicletas en Colombia por tipo de colisión: 2016-2019.	25
Tabla 10. Accidentes viales generados por motocicletas en Colombia: 2016-2019.	26
Tabla 11. Análisis de accidentes de motocicletas en Cartagena: 2016-2019.	27
Tabla 12. Descripción de los accidentes de motocicletas entre 2016-2017 en Cartagena.	33
Tabla 13. Resumen estadístico de variables cuantitativas del modelo SPF.	35
Tabla 14. Resumen estadístico de variables categóricas del modelo SPF.	35
Tabla 15. Resumen de variables consideradas dentro del modelo SPF.	36
Tabla 16. Resultados de modelos SPF estimados.	37
Tabla 17. Demografía, condiciones de conducción, operativas y accidentes viales.	44
Tabla 18. Regresiones logísticas en la predicción de accidentes, cuasi-accidentes, infracciones y accidentes con responsabilidad.	48
Tabla 19. Descripción de Intersecciones no semaforizadas.	53
Tabla 20. Variables de observación en conducta y conflictos viales.	57
Tabla 21. Fechas de recolección de datos en las intersecciones.	59
Tabla 22. Velocidades promedio de los vehículos que se acercan a la intersección tipo T.	63
Tabla 23. Velocidades promedio de los vehículos que se acercan a la intersección tipo X.	65
Tabla 24. Indicadores en motocicletas de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de tres ramales tipo T.	71
Tabla 25. Indicadores en automóviles, autobuses y camiones de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de tres ramales tipo T.	73
Tabla 26. Comportamiento de frenado de vehículos previo al acceso en las intersecciones de tres ramales tipo T.	74
Tabla 27. Maniobra de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre la intersección de tres ramales tipo T para el Indicador PET.	74
Tabla 28. Indicadores en motocicletas de conflictos viales y tiempo de entrada en intersección de cuatro ramales tipo X.	76
Tabla 29. Indicadores en automóviles, autobuses y camiones de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de cuatro ramales tipo X.	78
Tabla 30. Comportamiento de frenado de vehículos previo al acceso en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	79

Tabla 31. Maniobra de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre la intersección de cuatro ramales tipo X para el Indicador PET.....	79
Tabla 32. Resumen de niveles de conflictos por tipo de intersección.....	84
Tabla 33. Conjunto de variables para la predicción de conflictos viales.....	84
Tabla 34. Resumen de parámetros aplicados en algoritmo híbrido.....	90
Tabla 35. Conjunto reglas de decisión para la predicción de conflictos viales en las intersecciones de tres ramales.....	91
Tabla 36. Conjunto reglas de decisión para la predicción de conflictos viales en las intersecciones de cuatro ramales.....	93
Tabla 37. Métricas de las predicciones en el conjunto de datos en las intersecciones de tres ramales (tipo T).....	95
Tabla 38. Métricas de las predicciones en el conjunto de datos en las intersecciones de cuatro ramales (tipo X).....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Víctimas mortales (a) y heridas (b) en accidentes viales en Colombia (2012-2019).....	3
Figura 2. La “Pirámide de Seguridad”	13
Figura 3. Etapas metodológicas.....	17
Figura 4. Tasa de accidentes mortales en motocicletas en Colombia (2012-2019).....	22
Figura 5. Tramos viales con accidentes en motocicletas en Cartagena (2016-2017).....	34
Figura 6. Predicción en la frecuencia de accidentes en motocicletas por tramos viales.	39
Figura 7. Tramos críticos propensos en accidentes viales en motocicletas.....	40
Figura 8. Configuración de intersecciones de (a) 3 ramales y (b) 4 ramales.	52
Figura 9. Medición de velocidad en intersecciones de (a) 3 ramales y (b) 4 ramales.	54
Figura 10. Perspectiva de observación de conductas y conflictos viales sobre las intersecciones de tres ramales (a: frontal; b: lateral) y cuatro ramales (c: frontal; d: lateral).	55
Figura 11. Desempeño de conflictos en motocicletas por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo T.....	71
Figura 12. Desempeño de conflictos en motocicletas por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo X.....	76
Figura 13. Etapas metodológicas del algoritmo híbrido.	82
Figura 14. Seudocódigo del algoritmo genético multiobjetivo (NSGA-II).....	86
Figura 15. Representación del cromosoma del algoritmo genético.	86
Figura 16. Estrategia de cruce y mutación de individuos para el algoritmo genético.....	87
Figura 17. Ejemplo de cálculo de función de desempeño para el algoritmo genético.....	88
Figura 18. Seudocódigo del recocido simulado.	89
Figura 19. Estrategia de aplicación de recocido simulado en la definición de las reglas prioritarias.	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por regiones: 2016-2019.	119
Anexo 2. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por departamentos: 2016-2019.	120
Anexo 3. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por capitales: 2016-2019.	121
Anexo 4. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por meses: 2016-2019.	122
Anexo 5. Accidentes viales en motocicletas por días: 2016-2019.	123
Anexo 6. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por hora-precipitación: 2016-2019.	124
Anexo 7. Histograma de accidentes viales de motocicletas en Colombia por edad y género: 2016-2019, a) víctimas mortales, b) heridas.	125
Anexo 8. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por interacción de Colisión: 2016-2019.	126
Anexo 9. Valor social de las muertes relacionadas con motociclistas en Colombia: 2016-2019.	127
Anexo 10. Análisis de correlación entre las variables cuantitativas independientes.	128
Anexo 11. Gráficos Residuales modelo 2 y modelo 4.	129
Anexo 12. Cálculo de tramos viales propensos en accidentes en motocicletas en Cartagena.	131
Anexo 13. Instrumento MRBQ aplicado y adaptado al contexto.	133
Anexo 14. Distribución de entrevistas en motociclistas en Cartagena.	135
Anexo 15. Análisis de componentes principales de los ítems MRBQ y estructura factorial.	136
Anexo 16. Contraste factores MRBQ y variables independientes.	137
Anexo 17. Correlaciones entre variables independientes y factores MRBQ.	138
Anexo 18. Comparación de factores MRBQ con estudios referentes.	139
Anexo 19. Contraste de factores predictores y estudios referenciales.	140
Anexo 20. Ubicación y características de las intersecciones analizadas.	141
Anexo 21. Ejemplo de formato de recolección de velocidad de circulación.	147
Anexo 22. Ficha de recolección de conducta y conflictos viales para motociclistas.	148
Anexo 23. Descripción de las variables de la ficha de recolección de conducta y conflictos viales.	149
Anexo 24. Variables de observación en conducta y conflictos viales para los otros vehículos en las intersecciones.	151
Anexo 25. Velocidad media de vehículos con características operativas de las intersecciones tipo T.	152
Anexo 26. Contraste velocidad media entre motocicletas y otros vehículos en las bajo características operativas de las intersecciones tipo T.	153
Anexo 27. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril vs flujo vehicular en las intersecciones de tipo T.	154
Anexo 28. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular alto en las intersecciones tipo T.	155
Anexo 29. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular moderado en las intersecciones tipo T.	156

Anexo 30. Velocidad media de vehículos con características operativas de las intersecciones tipo X.	157
Anexo 31. Contraste velocidad media entre motocicletas y otros vehículos en las bajo características operativas de las intersecciones tipo X.	158
Anexo 32. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril vs flujo vehicular en las intersecciones de tipo X.	159
Anexo 33. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular alto en las intersecciones tipo X.	160
Anexo 34. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular moderado en las intersecciones tipo X.	161
Anexo 35. Diferencia de velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección y flujo vehicular en las intersecciones tipo T y gráfica de velocidad acumulada por tipo de flujo.	162
Anexo 36. Diferencia de velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección y flujo vehicular en las intersecciones tipo X y gráfica de velocidad acumulada por tipo de flujo.	163
Anexo 37. Tabulación de variables espaciotemporales, uso de motocicleta, vestuario y elementos de protección, y características de la motocicleta en las intersecciones de tres ramales tipo T.	164
Anexo 38. Tabulación de variables conductuales de los motociclistas antes y durante del ingreso e indicadores de conflictos en las intersecciones de tres ramales tipo T.	166
Anexo 39. Tabulación de conflictos viales de motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T.	167
Anexo 40. Contraste de variables de estudio para motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T con indicadores PET y TE.	168
Anexo 41. Frecuencia de conflictos serios por zonas ($PET < 1$ segundo) en las intersecciones de tres ramales tipo T.	169
Anexo 42. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de las motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T.	170
Anexo 43. Tabulación de variables observacionales en automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.	171
Anexo 44. Tabulación de conflictos viales de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.	172
Anexo 45. Desempeño de conflictos de automóviles, autobuses y camiones por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo T.	173
Anexo 46. Frecuencia de conflictos serios de automóviles, autobuses y camiones por Zonas ($PET < 1$ Segundo) en las intersecciones de tres ramales tipo T.	174
Anexo 47. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.	175
Anexo 48. Tabulación de variables espaciotemporales, uso de motocicleta, vestuario y elementos de protección, y características de la motocicleta en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	176
Anexo 49. Tabulación de variables conductuales de los motociclistas antes y durante del ingreso e indicadores de conflictos en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	178
Anexo 50. Tabulación de conflictos viales de motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	179

Anexo 51. Contraste de variables de estudio para motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X con indicadores PET y TE.....	180
Anexo 52. Frecuencia de Conflictos serios por zonas (PET<1 Segundo) en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.....	181
Anexo 53. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el Giro de acceso de las motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.....	182
Anexo 54. Tabulación de variables observacionales en automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo T.	183
Anexo 55. Tabulación de conflictos viales de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	184
Anexo 56. Desempeño de conflictos de automóviles, autobuses y camiones por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas de la intersección tipo X.....	185
Anexo 57. Frecuencia de conflictos serios de automóviles, autobuses y camiones por zonas (PET<1 Segundo) en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	186
Anexo 58. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.	187
Anexo 59. Distribución de datos por variables para análisis predictivo en las intersecciones de tres ramales tipo T.	188
Anexo 60. Distribución de datos por variables para análisis predictivo en las intersecciones de tres ramales tipo X.....	190
Anexo 61. Valor de la función de evaluación para la mejor solución de NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo T.....	192
Anexo 62. Valor de la función de evaluación para la mejor solución de NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo X.....	193
Anexo 63. Desempeño del NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo T.	194
Anexo 64. Desempeño del NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo X.....	195
Anexo 65. Diferentes medidas de desempeño (precisión, exhaustividad, F1) con la matriz de confusión 3 x 3 para las predicciones en el conjunto de datos.	196

LISTADO DE PUBLICACIONES

No	Titulo	Información
1	Understanding the impact of physical fatigue and postural comfort experienced during motorcycling: A systematic review.	Journal of Transport & Health, vol. 12, pp. 290-318, 2019. (SJR Q1; IF:2.418; JCR Q2) DOI: 10.1016/j.jth.2019.02.003
2	Bibliometric analysis in motorcycle accident research: a global overview.	Scientometrics, vol. 121, no. 2, pp. 793-815, 2019. (SJR Q1; IF:2.867; JCR Q1) DOI: 10.1007/s11192-019-03234-5
3	Understanding motorcyclist-related accidents in Colombia.	International Journal of Injury Control and Safety Promotion, vol 27:2, pp. 215-231, 2020. (SJR Q2; IF:1.342; JCR Q3) DOI: 10.1080/17457300.2020.1725895
4	Using Data-Mining Techniques for the Prediction of the Severity of Road Crashes in Cartagena, Colombia.	Applied Computer Sciences in Engineering. WEA 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1052. (SJR Q3) DOI: 10.1007/978-3-030-31019-6_27
5	Predicción de accidentes viales en Cartagena (Colombia) con árboles de decisión y reglas de asociación (Minería de Datos).	Revista Economía y Región, vol. 13, no. 2, pp. 83-115, 2019. DOI: 10.32397/er.vol13.n2.3 Capítulo de Libro: Cartagena en Movimiento, 2020. ISBN: 978-958-8862-79-8 (digital).
6	Prediction of motorcyclist traffic crashes in Cartagena (Colombia): development of a safety performance function	Journal Rairo. Research Operations. Vol 5, no. 3, pp. 1257-1278, 2021. (SJR Q3; IF:1.025; JCR Q4) DOI: 10.1051/ro/2021055
7	Extraction of decision rules using genetic algorithms and simulated annealing for prediction of severity of traffic accidents by motorcyclists.	Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Vol 12 , no. 11, pp 10051-10072, 2021. (SJR Q1; IF:4.594; JCR Q1) DOI: 10.1007/s12652-020-02759-5
8	The Rider Behaviour Questionnaire as a Predictor of Motorcycle Taxi Crashes in Cartagena (Colombia)	Journal Traffic Injury Prevention. First Online. (SJR Q2; IF:1.491; JCR Q4) DOI: 10.1080/15389588.2021.1970749

1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se desarrolló un análisis observacional de comportamientos y conflictos de tráfico en las motocicletas de Cartagena (Colombia), por medio del uso de medidas sustitutivas de seguridad y variables conductuales para la identificación de riesgos potenciales de accidentes viales. La investigación comenzó analizando los problemas de seguridad vial de las motocicletas en el contexto nacional y local, para luego focalizar acciones dirigidas a priorizar tramos críticos. La información histórica de eventos viales, y el desempeño de la seguridad en motocicletas permitió identificar lugares de Cartagena propensos en accidentes viales.

Adicionalmente, se desarrolló un análisis del comportamiento vial de los motociclistas (violaciones e infracciones) adaptando el instrumento MRBQ. El instrumento MRBQ fue aplicado en 438 motociclistas para identificar conductas relacionadas con los accidentes, cuasi-accidentes, e infracciones. Entre los factores claves del instrumento se encuentran: el exceso de velocidad, errores de tráfico, errores de control, maniobras y los elementos de seguridad. La herramienta contribuyó a consolidar las variables para la recolección de información por observación de conductas, el cual contó con más de 60 variables claves.

El proceso observacional de comportamientos y conflictos de tráfico se efectuó con información en 10 intersecciones de tres ramales y 7 intersecciones de cuatro ramales. En total 36 horas fueron recolectadas en las intersecciones priorizadas. El proceso de observación conductual recogió información del entorno, motociclistas, vehículos, elementos de seguridad, interacciones, tiempo y forma de ingreso, observación del tráfico, velocidad, maniobras, y desplazamiento.

Adicionalmente, el estudio consideró la Técnica de Conflictos de Tráfico Sueca (TCT-S) con tres medidas sustitutivas de seguridad (indicadores), como fueron el tiempo posible a la colisión (TTC), tiempo posterior a la invasión (PET), y el tiempo de ingreso en la intersección (TE). Así mismo, se identificaron los conflictos críticos y los puntos de conflicto con los usuarios viales involucrados. En total, se consolidaron alrededor de 2.400 y 1.900 observaciones potencialmente conflictivas para los motociclistas en las intersecciones de tres y cuatro ramales respectivamente. También, se analizaron las velocidades de circulación de los diferentes actores viales en la proximidad de las intersecciones seleccionadas.

La información recolectada por observación fue analizada estadísticamente, y con minería de datos y machine learning. Estos análisis y predicciones permitieron procesar gran cantidad de información, y así establecer factores de riesgo asociados con eventos potenciales de accidentes en las motocicletas en las intersecciones no semaforizadas de Cartagena (Colombia). Finalmente, se definieron un conjunto de recomendaciones fundamentadas en los resultados para mejorar la seguridad vial. A continuación, se resaltan algunos aspectos claves que contextualizan, justifican y fundamentan el presente estudio.

1.1 Contexto global

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME), cada año entre 1,3 a 1,4 millones de personas pierden la vida en accidentes de tránsito [1, 2]. En el 2019, los accidentes viales fueron la segunda causa de muertes violentas en el mundo y se estimaron 16,53 víctimas mortales por cada 100 mil habitantes al año [2]. Adicionalmente, estos fueron la cuarta causa de muerte para personas entre los 15 a 49 años. Los motociclistas, los ciclistas y peatones corresponden alrededor del 50% de los actores viales vulnerables en muertes a nivel mundial [1].

Entre los actores viales vulnerables, se encuentran los motociclistas con el 28% de las muertes globales. La accidentalidad en motocicletas representan 380 mil muertes anuales [1]. Las víctimas mortales en motocicletas entre 2013-2016, aumentaron en un 22% a nivel mundial. El 95% de las muertes corresponden a países de ingresos económicos bajos y medios, donde están el 90% de la flota de motocicletas [1]. El segmento global de motocicletas se estima en 770 millones. Las víctimas mortales en países de ingresos bajos y medios están entre los 15 a 35 años de edad [1]. Los accidentes viales de motocicletas es uno de los mayores retos para los países emergentes.

El volumen de motorizados y la vulnerabilidad de los usuarios es uno de los elementos importantes en la accidentalidad vial [3]. Las motocicletas son un medio de transporte cotidiano para la movilidad, deportes y actividades económicas. El uso de motocicletas crece rápidamente por ser compactas, ágiles, económicas, y fáciles de mover en áreas congestionadas [4]. El motociclismo requiere mayores habilidades de control y carecen de sistemas de protección eficientes [5].

1.2 Justificación

La seguridad vial se constituye claramente en un problema de salud pública a nivel global. En los últimos años el crecimiento global del parque automotor (2,1 billones de vehículos), las necesidades de desplazamiento han generado un impacto negativo en la movilidad. Las cifras de accidentalidad no demarcan una tendencia a disminuir, y si no se trabaja en contramedidas efectivas antes del 2030, podrían ser la quinta causa de las muertes en el mundo [6].

Las cifras de seguridad vial de Colombia reportadas ante la OMS en 2016 entre 175 naciones, registró una tasa de 18,5 víctimas mortales por 100 mil habitantes [1]. Esta cifra fue muy cercana al promedio global (18,2) y a los países con ingresos medios (18,8). Colombia se ubicó en la décima posición en América, con un 22% por encima de la media regional (15,2). Los accidentes viales entre 2012 al 2019 en Colombia de acuerdo Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF) dejaron en promedio anual 6.630 muertos y 41.630 heridos [7].

Al analizar la accidentalidad por actores viales, los motociclistas corresponden al 49% de las víctimas mortales y al 53% de los heridos. Los peatones responden al 27% y 21% de víctimas mortales y heridas respectivamente. Los usuarios de vehículos están entre el 16% al 19% de víctimas mortales y heridas respectivamente. En la Figura 1 se presenta el número de accidentes y la proporción detallada por actores viales para el período 2012 al 2019 en víctimas mortales y heridas.

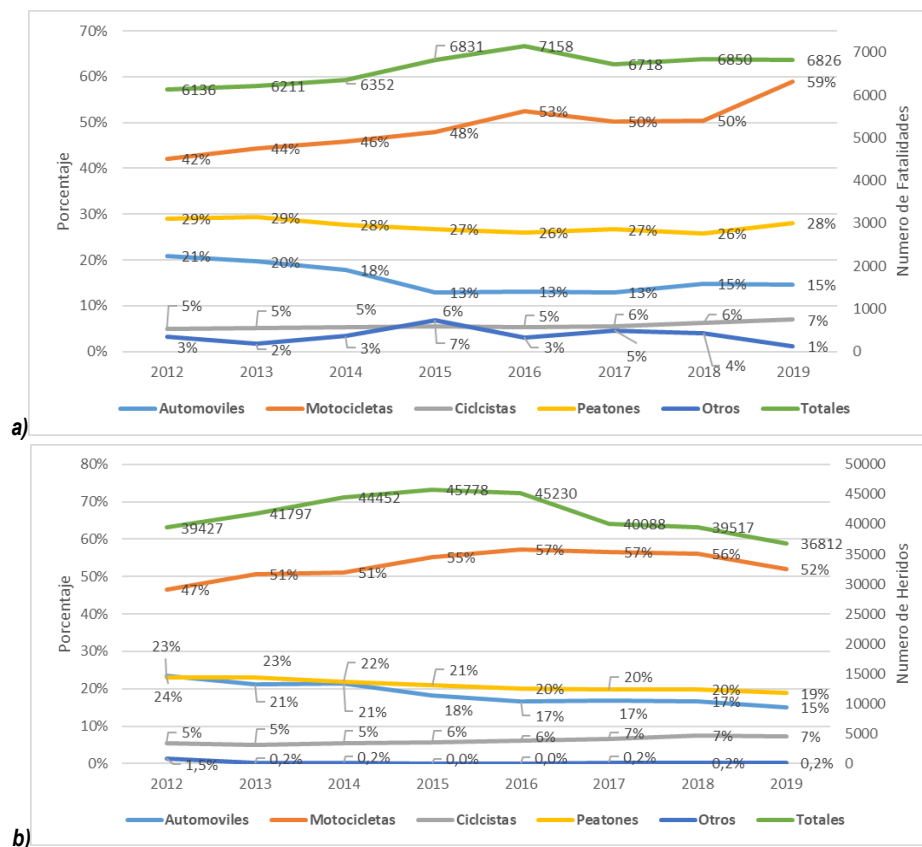


Figura 1. Víctimas mortales (a) y heridas (b) en accidentes viales en Colombia (2012-2019).
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Entre el 2012-2019, los motociclistas registraron anualmente en promedio 3.220 víctimas mortales y 22.230 heridos [7]. La proporción de accidentes en motocicletas se muestra elevada y sin una disminución considerable. Los accidentes de motocicletas triplican los accidentes en automóviles [7]. La prospectiva de accidentalidad vial a nivel global es crítica, y Colombia no es la excepción cuando se analizan a los motociclistas. Los informes de Colombia ante la OMS entre 2013-2016, registró que la tasa de motociclistas fallecidos por cada 100 mil habitantes aumentó de 7,4 a 9,7, incrementando un 30% y duplicando la tasa global de víctimas mortales [1, 8].

En Colombia son limitados los estudios de causalidad de accidentes viales y solo se emiten informes periódicos a partir de los compilados de los entes de control. Identificar aspectos significativos en el individuo, entorno, y vehículo, son claves para entender los factores asociados a los eventos potenciales de riesgo en las vías en relación con los actores vulnerables. Investigaciones en Colombia por Jimenez, et al. [9] y Aristizabal, et al. [10] señalan que identificar factores causales en la accidentalidad vial en las motocicletas permiten el desarrollo de contramedidas efectivas en relación con las políticas, gestión, cultura, formación y educación.

1.3 Antecedentes

Los análisis de seguridad vial en Colombia se dan del modo tradicional con los registros históricos de accidentalidad. Este modelo es altamente variable y aleatorio, donde se requieren tiempos prolongados para analizar adecuadamente la seguridad vial [11]. Bajo este panorama, el enfoque en seguridad vial del país puede ser sesgado por no analizar la potencialidad de riesgos. Los

registros en Colombia contabilizan víctimas y pérdidas materiales, pero al ser compilados contienen muchas deficiencias y disparidades como lo señala la literatura [12-15]. Los registros de accidentes no son la mejor ruta para analizar los riesgos, y menos cuando se desea identificar aspectos previos a la ocurrencia del accidente [16].

En Colombia, se carecen de estudios eficientes que evalúen la seguridad vial en eventos potenciales de riesgos. Los esfuerzos por trabajar en los factores de riesgo de los accidentes viales son delusorios, sino se cuenta con un panorama completo para la definición de contramedidas efectivas. Analizar el comportamiento es clave para identificar acciones inseguras, e interacciones viales peligrosas [11]. Bajo esta perspectiva, como lo señalan Van Haperen, et al. [17], existen metodologías para la seguridad vial, como las técnicas observacionales, las cuales son de bajo costo, rápida implementación y pueden abarcar mayor información.

Los métodos observacionales permiten recolectar información de acciones riesgosas, los cuales pueden ser más frecuentes en las vías [18]. Esta técnica ayuda al análisis de factores significativos previos a un accidente vial en menor tiempo. Dentro de la información, se puede caracterizar a los actores viales, vehículos, conductas, interacciones, velocidades y desplazamientos [17]. Estos aspectos permiten una medición integral, dado que se anticipan al accidente vial [19].

Los estudios de observación del comportamiento a menudo se integran con análisis de conflictos de tráfico [11]. En el análisis de conflictos es habitual el uso de mediciones sustitutivas de seguridad como mecanismo de valoración cuantitativa del riesgo vial. Capturar la información relacionada con el comportamiento, interacciones y conflictos son una oportunidad para el desarrollo de herramientas que permitan caracterizar y predecir acciones inseguras, sin esperar la ocurrencia de los accidentes.

1.4 Alcance

La finalidad del presente estudio es analizar los factores potenciales de riesgos en motociclistas basada en conductas y conflictos de tráfico. Dentro del análisis se consideraron las condiciones temporales, operativas y de los vehículos, para la definición de un modelo de predicción-causal con técnicas de minería de datos y machine learning. La estrategia consistió en analizar grandes cantidades de información, para identificar patrones repetitivos, tendencias o reglas que ayuden a explicar el comportamiento, las interacciones y los conflictos viales, y así establecer estrategias hacia el mejoramiento de la seguridad vial.

Los motociclistas son el actor vial clave en este estudio, considerando el panorama global y nacional previamente señalado. Las motocicletas en Colombia los últimos años estuvieron involucradas en alrededor del 50% de los siniestros viales [7]. Las ciudades capitales participan con el 32% y 63% de las víctimas mortales y heridas respectivamente. Las ciudades con más accidentalidad de motociclistas son: Bogotá, Cali, Medellín, Villavicencio, Barranquilla, Montería y Cartagena.

Cartagena obtuvo un registro oficial de 68.600 motocicletas a marzo del 2019 [20], pero se estima que circulan más de 75.000 motos de municipios aledaños. De acuerdo con cifras oficiales, entre el 60% al 75% de motocicletas se dedican al transporte informal de pasajeros (mototaxismo). El

nivel de exposición de los motociclistas en Cartagena es un escenario propicio para analizar las acciones potenciales de riesgo de los motociclistas en las vías. La accidentalidad vial de motociclistas en Cartagena relaciona más de 40 víctimas mortales y 430 heridos al año, que corresponden alrededor del 52% de todos los actores viales, donde la mayoría fueron jóvenes y adultos jóvenes [21, 22].

La literatura ha demostrado que las intersecciones guardan mayor probabilidad de accidentes graves en motociclistas [23-25]. Desde esta perspectiva y analizando los datos históricos de accidentes de motocicletas en la ciudad de Cartagena entre 2016 al 2018, las intersecciones ocuparon el 77% de los accidentes viales, siendo las intersecciones de tres y cuatro ramales predominantes (90%), y dentro de estos las intersecciones no semaforizadas (80%).

1.5 Formulación del Problema

Las dificultades de seguridad vial en el contexto global y local muestran claramente un problema de salud pública. Se requieren investigaciones especializadas para el desarrollo de contramedidas efectivas alrededor de los riesgos potenciales en los actores viales vulnerables (motociclistas, ciclistas y peatones). El proceso tradicional para evaluar la seguridad vial con reportes históricos aborda numerosas desventajas, si se desea conocer los factores asociados al evento vial [26]. Analizar los riesgos a partir de un hecho manifiesto, sin considerar los eventos potenciales, crean una imagen sesgada en los estudios de seguridad. Trabajar con datos históricos requiere de información en las mismas condiciones espacio-temporales para poder desarrollar comparaciones e inferencias, un aspecto difícil de lograr como lo señalan Alnawmasi y Mannering [27].

La falta de información fiable en la accidentalidad de las motocicletas, su causalidad y los factores de riesgo asociados con la seguridad vial es el problema principal de la presente investigación. El presente estudio buscó desarrollar un análisis confiable de eventos potenciales de riesgos en motociclistas a partir de sus comportamientos en la vía. El estudio se desarrolló con técnicas de observación de conducta y conflictos de tráfico. En el proceso, se recolectó información clave de las interacciones en la vía y tres medidas alternativas de seguridad vial (TTC, PET y TE).

La investigación permitió sobre un conjunto de eventos potenciales de riesgos viales, desarrollar análisis avanzados y predictivos sobre las variables de exposición consideradas. El modelo de predicción fue planteado con técnicas de minería de datos y machine learning desde un contexto novedoso, como una herramienta para la generación de conocimiento en aspectos significativos en la conducción de los motociclistas y su interacción con diferentes actores viales.

El estudio fue de enfoque transversal, y aplicado en Cartagena como una de las ciudades claves en Colombia en accidentes viales, el uso de la motocicleta y el fenómeno del mototaxismo. El área de estudio corresponde a las intersecciones viales no semaforizadas, como los puntos críticos de mayor accidentalidad vial. Este estudio es innovador en el diseño de un modelo de predicción de condiciones potenciales de riesgos en motociclistas, bajo un enfoque observacional y de conflictos de tráfico aplicado en un contexto urbano.

1.6 Hipótesis y Objetivos

La hipótesis del presente estudio es: “existen asociaciones entre las condiciones operativas, temporales, de los vehículos, el comportamiento en la conducción y las acciones potenciales de riesgo de accidentes de tránsito en motociclistas en las intersecciones no semaforizadas”. Con respecto a lo antes planteado, se busca identificar aspectos causales y predictivos en el entorno, conducta del individuo, y características del vehículo en eventos riesgosos y conflictivos de tráfico. Planteada esta hipótesis, el objetivo general es:

- Identificar los factores asociados a la seguridad vial de los motociclistas en las intersecciones de Cartagena por medio de la observación del comportamiento y el análisis de los conflictos de tráfico, para la predicción de los riesgos potenciales de accidentes viales.

Los objetivos específicos que se despliegan para el cumplimiento de la presente investigación son:

- Identificar y caracterizar los aspectos claves la accidentalidad de los motociclistas en Colombia, y en el contexto de la ciudad de Cartagena, a través de los reportes de siniestros en los últimos años.
- Desarrollar una evaluación del desempeño en la seguridad de los motociclistas en relación con la accidentalidad y la infraestructura vial, para identificar los puntos más críticos.
- Identificar la percepción del comportamiento de manejo de los motociclistas sobre las vías de Cartagena, por medio de la encuesta por auto-reporte de conducta, violaciones e infracciones en la vía.
- Determinar y analizar el comportamiento y los conflictos de tráfico de los motociclistas en los puntos de alto riesgo identificando los factores de riesgo en las interacciones peligrosas con el entorno y otros actores viales.
- Desarrollar un modelo de predicción a partir del comportamiento de los motociclistas y la ocurrencia de conflictos de tráfico en intersecciones de Cartagena con la técnica de minería de datos e inteligencia artificial.
- Definición de contramedidas, políticas y estrategias para la seguridad vial de los motociclistas en las intersecciones de Cartagena.

2. ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN LITERARIA

Las motocicletas son usadas con múltiples propósitos, en países de ingresos económicos altos son utilizadas con fines recreativos, mientras que en los países emergentes son un medio de trabajo [28]. El motociclismo es considerado una actividad inestable que requiere todas las habilidades físicas y motrices para su control [5]. Al contrastar la conducción con los automóviles, las motocicletas tienen un mayor riesgo debido al nivel de exposición al ambiente, ruido, y vibraciones [29]. Las motocicletas son un medio de transporte riesgoso, donde el control implica estabilidad, equilibrio, manipulación de accionamientos y conducir con dos puntos de apoyo [3].

Los estudios en seguridad vial de motocicletas son crecientes, y se encuentran en etapa de desarrollo, donde existen muchas oportunidades de investigación [30]. Concurren estudios que examinan el uso del casco, el impacto de las normativas, las condiciones ambientales, las características de las motocicletas, los aspectos socioeconómicos, la infraestructura vial, el comportamiento, el consumo de alcohol, la velocidad, la visibilidad, los traumas y fracturas, entre otros. Aunque existe una variedad de investigaciones en seguridad de motocicletas, hasta el 2019 estos estudios no abarcan más del 5% de la literatura científica entre todos los actores viales. De estos estudios, el 33% de investigaciones correspondieron a países emergentes [30].

Los estudios relacionados con la causalidad de accidentes viales en motocicletas ocupan una posición dominante en las nuevas tendencias de seguridad vial, de acuerdo con lo identificado en más de 1.800 publicaciones [30]. El presente estudio se ubica dentro de las nuevas tendencias de investigación, comprendiendo que los accidentes viales son multidimensionales, y se requiere conocer sus causas y factores asociados [31]. En el siguiente apartado, se presenta una revisión de diferentes estudios en las que se han analizado diversos factores de riesgo relacionados con las motocicletas, luego se enfatiza en las técnicas relacionadas con los comportamientos y conflictos de tráfico, así como la aplicación de técnicas de análisis predictivos en la seguridad vial de las motocicletas.

2.1 Factores Asociados con la Accidentalidad de las Motocicletas

Los accidentes en motocicletas ocurren con mayor frecuencia en grandes ciudades o entornos urbanos muy poblados, debido al aumento en el nivel de exposición con otros actores viales [32]. Los factores de riesgo están estrechamente relacionados con aspectos individuales, del entorno y del vehículo [15]. Entre los factores del vehículo, investigaciones previas han demostrado que a mayor tamaño del motor (cilindraje) aumenta la gravedad del accidente [33, 34].

Dentro de los factores individuales significativos se encuentran: las violaciones a las normas de seguridad, la falta de experiencia, control del vehículo, y conductas arriesgadas [35]. Los comportamientos inseguros son de los factores más recurrentes [36]. Entre las conductas habituales se encuentran: la variación en velocidad y aceleración, el sobrecupo, la circulación zigzagueante e indebida, las infracciones a la prioridad de ingreso, la falta de elementos de

protección, y el incumplimiento de las normas de tránsito. Las violaciones más frecuentes se relacionan con no usar el casco [37, 38], la conducción bajo los efectos de sustancias alcohólicas y alucinógenas [39, 40], y el exceso de velocidad [41].

La edad, la experiencia y los períodos de conducción guardan relación con la accidentalidad en motocicletas [42]. Los motociclistas jóvenes desarrollan maniobras arriesgadas en las vías [43], mientras, los motociclistas mayores tienen menor destreza físicas en la conducción [44]. La falta de experiencia relacionada con el dominio de la motocicleta y el entorno vial asocian riesgos significativos [45]. La manipulación, control, equilibrio, frenado y prelación en la motocicleta incide en eventos potenciales de riesgos viales, debido a que no son ajenos al error humano [46-48].

En los factores del entorno, se determina que en la medida que aumenta el flujo de vehículos, los motociclistas están expuestos a mayor número de interacciones [49]. El volumen y flujo vehicular son factores asociados en los conflictos viales en motocicletas [50]. La infraestructura vial, así como la calidad del pavimento inciden en los accidentes [51]. Las malas condiciones de las vías (pavimento, humedad) pueden influenciar la severidad del accidente [52]. Las curvas, glorietas, e intersecciones son los lugares donde se presentan una alta accidentalidad vial [53].

Las intersecciones son importantes, por ser puntos de alta interconexión en vías principales con vehículos que circulan en diferentes velocidades [54]. Entre los accidentes más comunes con motocicletas se encuentra la violación del derecho al ingreso en los cruces o intersecciones [24]. Pai [35] realizó una revisión de la literatura de las colisiones, y encontró problemas en la visibilidad del motociclista, y el juicio de cruce (brecha/tiempo, distancia/velocidad). Las velocidades en las intersecciones urbanas pueden estar relacionadas con errores/fallas y problemas de visibilidad [25].

Las interacciones viales, la naturaleza compleja y multicausal de los problemas en el tráfico, requieren de técnicas de diagnóstico para obtener un mejor análisis de la situación de seguridad vial. A continuación, se examinan las técnicas de función de desempeño de seguridad vial y enfoque empírico de Bayes, las técnicas de observación de comportamiento y conflictos de tráfico, como herramientas utilizadas en el desarrollo de la presente investigación para estudiar y focalizar los análisis del factor humano y sus interacciones dentro del sistema vial.

2.2 Función de Desempeño en la Seguridad Vial y Enfoque de Empírico de Bayes

La seguridad vial requiere de técnicas para la identificación multidimensional en los aspectos del entorno, individuo y vehículo, como lo planteó Haddon Jr [55]. Analizar los accidentes viales desde un enfoque holístico, considerando las situaciones previas, durante o posteriores permiten discurrir la complejidad de la colisión [55]. La identificación de secciones viales peligrosas es una estrategia recomendada en el diseño de programas de seguridad vial [56]. Desde la perspectiva del entorno, se recomienda desarrollar modelos de predicción para la frecuencia de los accidentes, como son las Funciones de Rendimiento en Seguridad Vial (Ingles: Safety Performance Function - SPF) [11].

Modelos basados en SPF permiten analizar la asociación estadística entre los riesgos de un accidente y las condiciones que lo propician [57]. Estos modelos relacionan la frecuencia de los

accidentes viales con características de la vía (tamaño, carriles, separadores, intersecciones, curvas), el volumen del tráfico, velocidad, señalización y tipo de zona [58]. Los modelos SPF han sido estimados con distribuciones de Poisson, binomio negativo, modelos lineales generalizados y Bayesianos [59].

Los accidentes viales son eventos aleatorios, no-negativos y discretos. Estos han sido representados con la distribución de probabilidad de Poisson o Binomial Negativa, en caso de sobre dispersión [59]. Estudios por Hauer, et al. [60], Cheng y Washington [61], y Montella [62] remarcan que el número de accidentes viales siguen una distribución binomial negativa, debido a su dispersión excesiva en comparación con un modelo de Poisson. La literatura recomienda las regresiones binomiales negativas como modelos con mejor ajuste en la asociación entre las colisiones de tráfico, entorno, infraestructura y condiciones operacionales [63-67].

La combinación de modelos SPF y Bayesianos han sido utilizados para identificar tramos viales críticos o riesgosos [58, 68-71]. Las secciones propensas (puntos negros) son calculadas a partir de la frecuencia esperada en los choques. Elvik [72] definió un punto negro como “un lugar que tiene un mayor número esperado de accidentes que otros lugares similares como resultado de un factor de riesgo local”.

Entre los estudios relevantes en el desempeño de la seguridad vial están los desarrollados por Lord y Persaud [73], El-Basyouny y Sayed [74], Vogt y Bared [75], Tegge, et al. [76], y Bauer y Harwood [77]. Cuando se establecieron los Modelos SPF para vehículos motorizados en el Manual de Seguridad Vial (HSM 2010), se buscaba beneficiar a los actores viales vulnerables (motociclistas, ciclistas, peatones) [78]. Los estudios de este tipo exclusivos en motocicletas son limitados y aun en desarrollo, entre ellos los realizados por De Lapparent [24], Abdul Manan, et al. [49], Xin, et al. [79], Radin Umar, et al. [80], Harnen, et al. [81], Lyon, et al. [82].

En el contexto metodológico, la aplicación del método de Bayes considera tres aspectos claves que lo hacen más preciso que otros: la disponibilidad de datos, el sesgo de regresión a la media y el umbral de desempeño [83]. La técnica es recomendada por su efectividad para la clasificación de sitios de concentración de choques estadísticamente significativos [84]. El enfoque de Bayes permite identificar las secciones propensas a accidentes que produjeran la menor proporción de falsos negativos y falsos positivos [85].

2.3 Análisis Auto Reportado del Comportamiento en los Motociclistas.

Los autoreportes son usadas habitualmente para identificar los comportamientos en la conducción y generar resultados estables [86]. La administración anónima aumenta la confiabilidad de la información suministrada, donde se pueden abordar aspectos causales [87]. La efectividad de los autoreportes se debe a la posibilidad de recolectar mucha información en diferentes escenarios de tráfico [88]. Entre los autoreportes más aplicados en diferentes contextos, regiones y lenguajes para conductores de automóviles se encuentra el “Manchester Driver Behaviour Questionnaire” (DBQ) [89]. Este instrumento fue desarrollado por Reason, et al. [90], y así mismo ha sido adaptado por Elliott, et al. [47] para diseñar El “Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire” (MRBQ) [89].

Este tipo de autoreportes se fundamentan en la taxonomía teórica del error humano y su clasificación en comportamientos aberrantes basados en errores y violaciones [90]. El DBQ originalmente se constituía en 3 factores (violaciones, errores, y lapsos) [86, 87]. De acuerdo con Reason, et al. [90], los errores se consideran como “fallas de las acciones planificadas para lograr los resultados previstos” y las violaciones como “desviaciones deliberadas de aquellas prácticas que se consideran necesarias para mantener la operación segura de un sistema potencialmente peligroso”. Los errores se clasifican en deslices, lapsos y errores. Los deslices son acciones que no tienen los resultados esperados, los lapsos se refieren a fallas de memoria y los errores se refieren a fallas en el plan de acción, incluso si la ejecución del plan es adecuada, pero no se logra el resultado esperado [91]. Las violaciones pueden ser tipificadas en agresivas/ordinarias [89, 91].

El instrumento MRBQ considera los errores y violaciones, así como la seguridad en la conducción. El método original consta de 43 ítems clasificados en 5 factores. Entre los factores se hallan: errores de tráfico, exceso de velocidad, maniobras, errores de control y elementos de seguridad. Los errores de tráfico son errores involuntarios. El factor de elementos de seguridad está relacionado con las acciones, mecanismos y elementos de protección. Las acrobacias son maniobras intencionales de alta exposición y riesgos. El exceso de velocidad es un acto intencional que suelen ser más instrumentales que las maniobras. Finalmente, los errores de control son acciones conscientes o inconscientes en la manipulación de la motocicleta. El MRBQ se ha implementado en diversos estudios y las cinco categorías propuestas por Elliott, et al. [47] no han sido siempre implementadas (ver Tabla 1).

Tabla 1. Investigaciones referentes en Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire (MRBQ).

Estudio	País	Muestra	Ítems	No Factores	Factores	Tipo de Motociclistas	Tipo de Encuesta
Elliott, et al. [47]	Reino Unido	8.666	43	5	errores de tráfico, exceso de velocidad, acrobacias, errores de control, y elementos de seguridad	Motociclistas Regulares	Online
Cheng y Ng [88]	China	920	19	2	infracciones, violaciones-agresivas/ ordinarias	Motociclistas Regulares	Online
Motevalian, et al. [92]	Iran	518	48	6	exceso de velocidad, errores de tráfico, violaciones de seguridad y tráfico, acrobacias, and errores de control,	Motociclistas Domiciliarios o Despachadores	Entrevista Personal
Sunday y Akintola [93]	Nigeria	500	40	4	velocidad/impaciencia, error, malabares, control/seguridad	Motociclistas Regulares y Comerciales (Domiciliarios, taxis)	Entrevista Personal
Özkan, et al. [94]	Turquía	451	38	5	errores de tráfico, errores de control, exceso de velocidad, acrobacias, y elementos de seguridad	Motociclistas Regulares	Online
Sakashita, et al. [46]	Australia	1.305	43	4	errores, exceso de velocidad, acrobacias, equipos de protección	Motociclistas Regulares	Online
Stephens, et al. [48]	Australia	470	43	5	errores de tráfico, exceso de velocidad, equipos de protección, errores de control y acrobacias,	Motociclistas Regulares	Entrevista Personal y online
Hosseinpourfeizi, et al. [95]	Iran	340	23	3	conducción errónea inadecuada, e intrusivos, comportamientos oportunistas, uso del casco,	Motociclistas Regulares	Entrevista Personal
Uttra, et al. [96]	Tailandia	1.516	26	5	errores de tráfico, exceso de velocidad, acrobacias, errores de control, y seguridad	Motociclistas Regulares	Entrevista Personal

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los resultados desarrollados por Elliott, et al. [47], se estableció que los errores de tráfico y las violaciones de velocidad están asociados con los accidentes. Cheng y Ng [88] concluyeron que las infracciones agresivas de los motociclistas están relacionadas con los adelantamientos, mientras que las infracciones comunes están relacionadas con el exceso de velocidad y las imprudencias. Özkan, et al. [94] identificaron que las maniobras son predictoras de accidentes en actores causantes del choque. Sakashita, et al. [46] encontraron que los errores y el exceso de velocidad son factores significativos para estar involucrado en un cuasi accidente y un accidente.

2.4 Análisis Observacional del Comportamiento en los Motociclistas

Un análisis observacional del comportamiento contribuye en la identificación de la naturaleza de los accidentes en los motociclistas. Mannering y Grodsky [97], y Wong, et al. [98], determinaron que las conductas de los motociclistas pueden ser influenciadas por la búsqueda de sensaciones, así como la impaciencia a diferentes eventos viales. El comportamiento arriesgado de los motociclistas se encuentra en actividades tales como exceder la velocidad, desobedecer las señales de tránsito, no ceder la vía, los adelantamientos, no respetar los cruces de peatones, realizar giros ilegales, no mantener la distancia, y brechas de cruce cortas [99]. Consecuentemente, los motociclistas se han acostumbrado a la conducción insegura [100].

Las técnicas observacionales de conducta en el tráfico recolectan la información de los actores viales en condiciones naturales y reales [18]. Este tipo de observación permite analizar conductas inseguras. Estas técnicas han sido aplicadas para el monitoreo general, evaluación de medidas de seguridad, y el desarrollo de modelos conductuales [17]. Las técnicas de observación permiten recopilar datos detallados del comportamiento del individuo, donde los participantes generalmente no son conscientes y actúan espontáneamente [101]. La captura de información de forma desprevenida y sin sesgos, aumenta la posibilidad de recolectar actuaciones, incluyendo comportamientos riesgosos y agresivos.

Aplicar estudios observacionales en motociclistas, es una oportunidad vigente en el estado del arte y las tendencias de la literatura científica. Van Haperen, et al. [17] en una revisión de estudios en técnicas observacionales de todos los actores viales en 2015, identificó que tan solo el 4,5% de estos estudios involucraban a motociclistas. La aplicación de técnicas observacionales se puede aplicar con el uso de video cámaras y registros manuales. Las grabaciones y registros ayudan a recopilar datos durante períodos más largos y permiten revisar repetidamente la información para extraer un análisis relevante y confiable. Polders y Brijs [11] y Van Haperen, et al. [17] señalan que los indicadores de conducta que se pueden compilar por observación más allá de las características del individuo (género, edad, etc.) son: la forma de interacción, zona de interacción, conductas, manipulación del vehículo, distractores, elementos de seguridad, e interpretación del entorno.

Dentro de los estudios con técnicas observacionales en motocicletas, se encuentra el desarrollado por Abdul Manan y Várhelyi [102], donde se analizaron los factores de riesgo de los motociclistas antes y durante la salida de una intersección en un área rural. Entre los elementos claves se encontraron la forma como el individuo observa el tráfico en circulación, el punto de parada y la brecha de ingreso en la vía. Jensupakarn y Kanitpong [103] desarrollaron un análisis en múltiples

intersecciones en Tailandia, donde observaron la conducta de violación de semaforización en rojo en los motociclistas. Los investigadores encontraron que los factores del entorno afectan la conducta de manejo. Abdul Manan, et al. [104] observaron más de 8.000 motociclistas en distintos tipos de vías, concluyendo que el 42% violan los límites de velocidad.

Zhang y Zhang [105] investigaron la conducta de motociclistas en las intersecciones de tráfico mixto en China. El estudio determinó que el 35% cometen conductas aberrantes. Entre las conductas recurrentes están las violaciones de tráfico e invasiones de carril. Zamani-Alavijeh, et al. [106] desarrollaron mediciones para identificar conductas riesgosas en motociclistas. El estudio estableció que las condiciones de la vía, y la provocación de otros actores viales (automóviles, buses y camiones) propenden en conductas riesgosas para los motociclistas.

Temmerman y Roynard [107] investigaron la velocidad de los motociclistas en 300 localidades en Bélgica. El estudio determinó que las velocidades de las motocicletas fueron mayores que en los automóviles. Walton y Buchanan [108] estudiaron la conducta de los motociclistas por 24 horas en intersecciones de alta accidentalidad. El estudio concluyó que los motociclistas viajan un 10% más rápido que los automóviles, y que estos viajan más rápido cuando tienen mayor visibilidad.

2.5 Técnicas de Conflicto de Tráfico

Las técnicas de observación del comportamiento en tráfico conocidas como técnicas de identificación de “cuasi-accidentes” en sitio, pueden ser combinadas con el análisis de conflictos de tráfico como un tipo de medida de seguridad sustitutiva [109]. La unión de las dos técnicas permite un diagnóstico de la seguridad vial mediante eventos no accidentales. En la literatura científica utilizar los términos de “datos no basados en accidentes” y medidas de seguridad sustitutivas se aplican para referirse a indicadores indirectos de seguridad vial [26].

El uso de datos no basados en accidentes para fines de seguridad vial es importante porque permite analizar el efecto de las interacciones entre los actores viales. Estas interacciones se pueden describir como un conjunto de eventos relacionados en frecuencia y severidad [110]. Esta cadena de eventos puede ser ilustrada mediante una pirámide [111]. Esta pirámide de seguridad describe las relaciones entre eventos normales en el tráfico, conflictos de tráfico y accidentes, como se muestra en la Figura 2.

La definición de conflictos de tráfico o “cuasi-accidentes” se determina como eventos viales que tienen márgenes muy pequeños en tiempo y espacio, que pueden terminar en choques o colisiones. Durante estos eventos, se evita la colisión porque al menos uno de los actores viales se detectan entre sí y evita el riesgo inminente de colisión al tomar medidas evasivas [110]. Similar a los accidentes, los conflictos de tráfico pueden clasificarse como conflictos serios o graves, moderados o leves, y potenciales. La base de la “pirámide de seguridad” está formada por la mayoría de los eventos que caracterizan el tráfico normal o circulación sin perturbaciones [16].

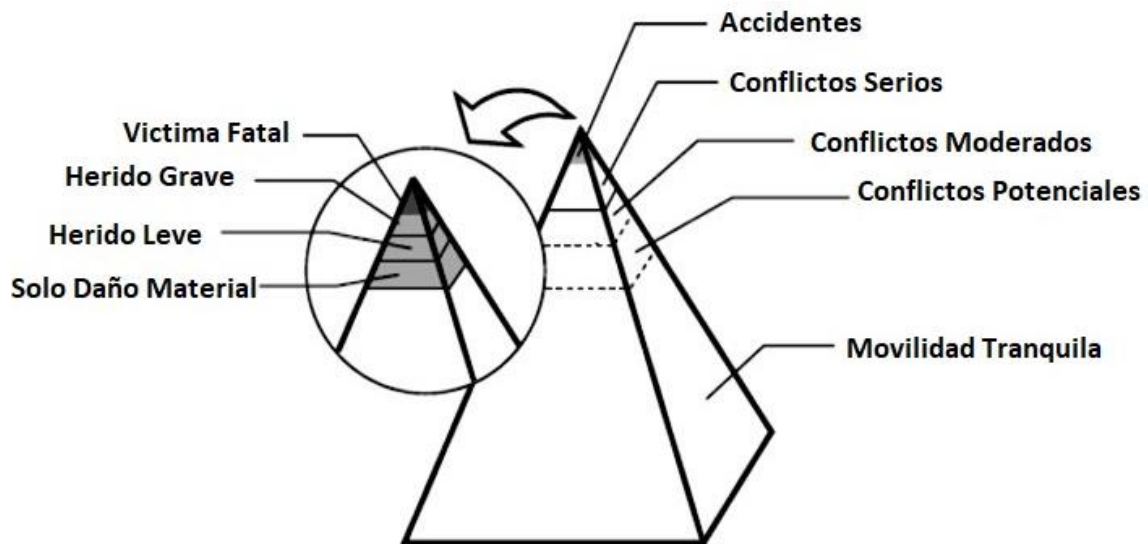


Figura 2. La "Pirámide de Seguridad".
Fuente: Adaptado de Lareshyn, et al. [16] y Hydén [111].

La pirámide contrasta el enfoque tradicional para la evaluación de la seguridad vial basado en registro de accidentes. Esta información solo abarca una fracción insignificante, ya que se ignoran por completo los eventos mucho más frecuentes que describen las interacciones inseguras y las condiciones que se dieron entre los actores viales. El enfoque tradicional omite importantes percepciones sobre la seguridad vial. La principal ventaja de los datos basados en accidentes es que proporcionan información que antecede a un choque o colisión.

La aplicación de Técnicas de Conflicto de Tráfico (TCT) para analizar los problemas de seguridad vial es un enfoque alternativo que aplica mediciones e indicadores fiables [112]. El aspecto más atractivo es su capacidad para capturar la severidad de la posible colisión de manera objetiva en un tiempo más corto [113]. Esta condición permite ser más precisos, oportunos, exhaustivos y eficientes para compilar la información [112]. Dentro de las técnicas de conflictos se encuentra la técnica Sueca (TCT-S) [111], y la técnica Holandesa (DOCTOR- Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research) [114].

La presente investigación hace uso de la Técnica de Conflicto de Tráfico Sueca (TCT-S) desarrollada entre 1970-1980 en la Universidad de Lund por Hydén [111]. Su aplicación se soporta en investigaciones a gran escala que admiten su confiabilidad y validez [110, 111, 113]. Estos estudios han confirmado la fuerte asociación que existe entre los conflictos graves y los accidentes viales oficialmente registrados en el mismo entorno [11]. En la técnica se hacen uso de medidas sustitutivas (indicadores de conflictos), los cuales relacionan la severidad en términos de proximidad a una colisión en tiempo o espacio.

Los indicadores más comunes son el tiempo de colisión (Time to Collision-TTC), el tiempo posterior a la invasión (Post Encroachment Time - PET) y múltiples indicadores basados en la desaceleración. TTC es el tiempo hasta que se produzca una colisión entre dos actores viales, si cada uno continúa en su curso y ritmo actual, este indicador es uno de los más tradicionales, pues devuelve un valor para cualquier instancia de tiempo durante el curso de colisión [113]. PET se

calcula como el tiempo entre el momento en que el primer usuario vial abandona el camino del segundo y el momento en que el segundo alcanza el camino del primero [115]. El indicador PET representa los comportamientos del conductor en la brecha de ingreso en un cruce [116, 117].

Entre otros indicadores utilizados con las Técnicas de Conflicto de Tráfico, descritos por Mahmud, et al. [113] se encuentran: tiempo expuesto a la colisión, índice de accidente o bloqueo, tiempo de avance en la vía, tiempo al accidente, valor crítico de tiempo de colisión, potencial de colisión con desaceleración urgente, proporción de distancia de frenado, margen de colisión, diferencia de distancia espacial y distancia de frenado, densidad insegura, tasa de desaceleración para evitar un choque, potencial de choque, función de criticidad, jerks (tirón/sacudida) y desviación estándar de posición lateral. Entre otros indicadores experimentales y nuevos se encuentran: brecha crítica, tiempo de brecha, tiempo de intersección, tiempo en stop, tiempo post-stop, distancia mínima, arribos simultáneos y energía potencial [113].

En los estudios con la técnica de conflictos en motocicletas se identificó el desarrollado por Abdul Manan y Várhelyi [118] en las intersecciones rurales en Malasia. El estudio consideró zonas críticas de alta accidentalidad, donde analizaron el comportamiento, velocidad de cruce, tiempo de brecha y tiempo de retraso en el cruce. Los estudios identificaron conflictos graves en el giro con brechas de cruces menores a 4 segundos. Nguyen, et al. [119] desarrollaron un análisis de conflictos viales a partir de la tasa de desaceleración. El estudio concluyó que a mayor flujo vehicular los conflictos asociados tienen mayor probabilidad de frenada brusca. Entre otras investigaciones, Uzundu, et al. [120], Uzundu, et al. [121], analizaron más de 900 conflictos de tráfico en Nigeria. Los estudios determinaron que los motociclistas fueron más propensos a participar en comportamientos inseguros que los conductores de otros vehículos.

Entre las conductas inseguras está el uso incorrecto de las luces direccionales de giro. Ahmed, et al. [122] analizaron el giro de vehículos y cambio de carril en Malasia. Los investigadores encontraron que los motociclistas involucrados en conflictos viales realizaron giros en intersecciones invadiendo la vía de vehículos, y no se detuvieron, así como no utilizaron las luces direccionales de giro. Hsu y Wen [123] desarrollaron un análisis de conflictos con el indicador PET en motocicletas, considerando tráfico mixto en Taiwán y nuevas señales para el giro a la derecha. El estudio identificó una mejora del indicador PET y concluyó que las nuevas señales reducen la tasa de colisiones en el giro y disminuyen la incidencia de colisiones laterales y traseras.

Después de abordar teóricamente la técnica de conflictos viales, se identificó su beneficio para ser utilizada en estudios de seguridad vial. Los conflictos de tráfico son más frecuentes que los accidentes, los datos pueden recopilarse en menor tiempo y encontrar más información disponible. Los estudios de conflictos viales son proactivos, lo que significa que los problemas de seguridad y riesgos viales pueden detectarse y abordarse oportunamente. Actualmente, investigaciones focalizadas en actores viales vulnerables como los motociclistas son muy limitadas.

2.6 Análisis y Predicción en Accidentalidad Vial

Los análisis de accidentalidad se segmentan en dos grupos de estudio, aquellos que buscan identificar los factores de riesgo, y los que buscan predecir la severidad en el accidente vial [124].

Entre las técnicas de procesamiento de datos para la predicción de eventos de tráfico se han utilizado modelos regresivos, redes neuronales [125-127], algoritmos genéticos [124], árboles de decisión [128-130], redes de Bayes [131-134], support vector machines (SVMs)[135, 136], deep learning [137-139] o la combinación de varios de ellos [140-145].

En el análisis y la predicción de accidentalidad de tráfico aplicados exclusivamente en motocicletas se han desarrollado modelos de regresión [33, 34, 54, 146-156]. Los modelos regresivos, como los lineales generalizados, logísticos, Logit y Probit han sido los más utilizados. Los estudios predictivos en accidentalidad de motocicletas con técnicas de minería de datos y machine learning son limitados y se han desarrollado a partir de datos históricos de accidentalidad vial.

De los métodos se destacan los estudios de Montella, et al. [31], Montella, et al. [157], Anvari, et al. [158] y Kashani, et al. [159] con la aplicación de los árboles de decisión. Estudios por Rezapour, et al. [139], Wahab y Jiang [160], Wahab y Jiang [161], Kumar y Toshniwal [162], Kashani, et al. [159] y Rezapour, et al. [163] aplicaron las técnicas de random forest, support vector machine, árboles de decisión, reglas de clasificación, redes neuronales y regresión avanzadas. Adicionalmente, estudios por Das, et al. [164] y Rezapour y Ksaibati [165] aplicaron la técnica de deep learning.

Existe un interés creciente en la aplicación de varios métodos de aprendizaje automático para modelar y predecir la severidad en colisiones de motocicletas, porque los factores de riesgo de las motocicletas son claves en los estudios de seguridad vial [30, 139]. La aplicación de inteligencia artificial para la generación de conocimiento en accidentes viales es una temática en desarrollo, y más cuando se requiere el análisis de eventos potenciales de riesgo [166]. Analizar y predecir eventos potenciales, riesgosos y conflictivos en la movilidad son una oportunidad para el desarrollo de estudios y soluciones en la seguridad vial.

A continuación, se muestran un conjunto de estudios referenciales de los últimos 10 años, que hacen parte de las investigaciones más relevantes en analizar la accidentalidad vial y los factores de riesgo en los motociclistas (ver Tabla 2).

Tabla 2. Investigaciones referentes en factores asociados a la accidentalidad de motociclistas en últimos 10 años.

Factores de Riesgo	Autor	País	Método de Análisis	Datos de Análisis
Violación de los límites de velocidad	Clabaux, et al. [25]	Francia	Enfoque General	Registro de eventos viales
Brecha de Ingreso, Visibilidad de la intersección, Velocidad de desplazamiento	Abdul Manan, et al. [104], Abdul Manan y Várhelyi [118], Abdul Manan, et al. [51]	Malasia	Conflictos y conductas viales	Observación en Intersecciones
Exceso de Velocidad, adelantamientos, exposición vial	Jimenez, et al. [9]	Colombia	Enfoque General	Registro de eventos viales
Diseño de infraestructura vial	Gabauer y Li [146]	Estados Unidos	Regresión Binomial Negativa	Reportes de policía.

Factores de Riesgo	Autor	País	Método de Análisis	Datos de Análisis
Exceso de Velocidad	Das, et al. [167]	Estados Unidos	Análisis Categórico de datos (Clúster)	Reportes de policía.
Entorno, tiempo, vehículo de colisión	Wahab y Jiang [160], Wahab y Jiang [161]	Ghana	Análisis predictivo Métodos Clasificación	Histórico de Accidentes viales
Exceso de velocidad, edad, tipo de vía	Rezapour, et al. [139], Rezapour y Ksaibati [165], Rezapour, et al. [163]	Estados Unidos	Machine learning, técnicas de clasificación, modelos de regresión logística.	Histórico de Accidentes viales
Colisiones frontales y laterales	Montella, et al. [157]	España	Árboles de clasificación y reglas de decisión	Histórico de Accidentes viales
Exceso de velocidad, noche, vía húmeda	Haque, et al. [168]	Singapur	Regresión Logit	Reportes de policía.
Carriles, velocidad de motocicleta	Jensupakarn y Kanitpong [103]	Tailandia	Regresión Logit	Observación en Intersecciones
Condiciones climáticas	Cheng, et al. [134]	Estados Unidos	Formulación Bayesiana	Histórico de Accidentes viales
Exceso velocidad, edad	Chen, et al. [44]	Taiwán	Regresión Logística	Trazabilidad de Accidentes viales
Volumen vehicular, genero, exceso de velocidad	Uzundu, et al. [121]	Nigeria	Enfoque General	Observación en Intersecciones
Infraestructura vial y temporalidad	Das, et al. [164], Das, et al. [167]	Estados Unidos	Deep Learning	Histórico de Accidentes viales
Edad, Temporalidad, Experiencia	Anvari, et al. [158]	Iran	Árboles de clasificación	Reportes de policía.
Locaciones, Edad, intersecciones	Kumar y Toshniwal [162]	India	Árboles de clasificación. Bayes, SVM	Histórico de Accidentes viales

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, estos estudios permiten identificar las diferentes técnicas de análisis que se han implementado para identificar factores asociados y predicciones en los accidentes viales en los motociclistas. Los accidentes de tráfico son espacios temporales, y también guardan un vínculo con el nivel de exposición, cultura vial, normativas y cumplimiento de legislación vial. El enfoque de trabajar con datos observacionales aun es muy limitado, donde en motociclistas no hay más de tres investigaciones en el área.

3. METODOLOGÍA GENERAL

Esta sección muestra la metodología del presente estudio de carácter observacional y corte transversal. La investigación inició por analizar los aspectos de seguridad vial de las motocicletas en el contexto global, nacional y local con los registros históricos de accidentalidad de los últimos años. Luego se evaluó el desempeño de la seguridad vial de las motocicletas de acuerdo con la infraestructura y el entorno, para identificar los lugares propensos en accidentes viales con un análisis empírico de Bayes.

Posteriormente, se desarrolló un análisis del comportamiento vial de motociclistas por medio del instrumento de auto-reporte MRBQ, direccionado al grueso de los motociclistas, como fueron los mototaxistas de Cartagena. El instrumento MRBQ buscaba identificar las conductas relacionadas con las violaciones, errores e infracciones relacionados con los accidentes y cuasi-accidentes en las motocicletas. La herramienta contribuyó a identificar conductas y comportamientos recurrentes en el desplazamiento con motocicletas, para luego ser caracterizados y analizados por observación directa en los puntos críticos.

Seguidamente, en el estudio se implementaron las técnicas de recolección empírica por observación del comportamiento vial, y los conflictos de tráfico. El proceso recolectó factores significativos del factor humano, las condiciones del entorno y los actores viales involucrados, así como el uso de indicadores de conflictos previamente señalados. Finalmente, el estudio permitió establecer un análisis predictivo-causal a partir de los datos recolectados en eventos potenciales de riesgos con las motocicletas. Los análisis desarrollados contribuyeron en la definición de contramedidas efectivas en la seguridad vial. A continuación, se definen y detallan las etapas metodológicas del presente estudio (ver Figura 3).

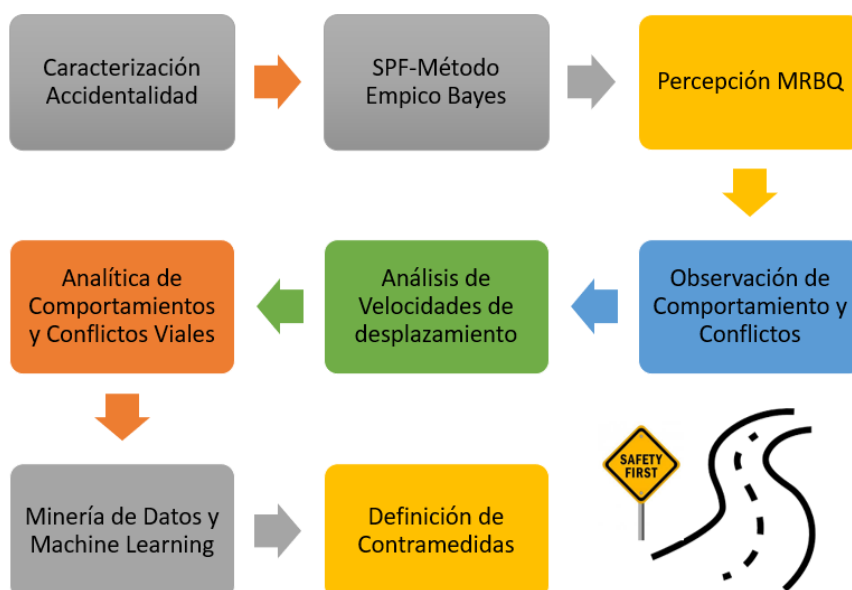


Figura 3. Etapas metodológicas.
Fuente: *Elaboración propia.*

Las etapas metodológicas se describen a continuación:

- Etapa 1: Se titula la “Caracterización de la Accidentalidad Vial de las Motocicletas”. En esta fase se presenta un análisis de la accidentalidad vial de las motocicletas desde el contexto global, luego desde la perspectiva de Colombia, y finalmente se describen las cifras locales para Cartagena. Los detalles en el método y los resultados de esta etapa se encuentran en el capítulo 4.
- Etapa 2: Se titula el “Desempeño de la Accidentalidad Vial de las Motocicletas en Cartagena”. En esta etapa se analizaron las condiciones del entorno por tramos viales, para definir un modelo de predicción de accidentalidad en motociclistas. Esta etapa se implementó con la función de rendimiento de seguridad (Safety Performance Function - SPF) y el Método Empírico Bayesiano. Los detalles en el método y los resultados de esta etapa se describen en el capítulo 5.
- Etapa 3: Se titula “Percepción del Comportamiento, Accidentalidad, Infracciones y Culpabilidad de los Motociclistas en Cartagena”. En esta etapa se consultaron los comportamientos riesgosos de los mototaxistas. El análisis se desarrolló con el auto-reporte diseñado por Elliott, et al. [47] conocido como MRBQ, el cual fue adaptado al contexto sociocultural. Los detalles en el método y los resultados de esta etapa se evidencian en el capítulo 6.
- Etapa 4: Se denomina “Recolección del Comportamiento y Conflictos Viales en Motociclistas”. En esta etapa se definieron las locaciones y se diseñó el instrumento de recolección de las conductas y conflictos viales. El análisis observacional se focalizó en las intersecciones no semaforizadas, analizando el ingreso de las motocicletas desde la vía secundaria a la vía primaria. Adicionalmente, se analizó la velocidad de circulación sobre la intersección. Los detalles en el método y los resultados de esta etapa se encuentran en el capítulo 7.
- Etapa 5: Se define “Análisis de Datos de Velocidad de Circulación en la Intersección”. Esta etapa consistió en analizar las velocidades de circulación de los diferentes actores viales sobre las intersecciones de tres y cuatro ramales. De acuerdo con el protocolo diseñado, se consideró el tipo de vehículo, la posición dentro del carril, y la ocupación de la intersección. Así mismo, las condiciones operativas que hacen referencia a la franja horaria, flujo vehicular, riesgo vial y calidad de la vía. Los detalles metodológicos y los resultados de esta etapa se hallan en el capítulo 8.
- Etapa 6: se denomina “Análisis Observacional de Conductas y Conflictos Viales en las Intersecciones”. En esta etapa se compilaron, analizaron y describieron los datos de las observaciones de conductas y conflictos viales, recopilados en las intersecciones no semaforizadas de tres y cuatro ramales. El análisis consideró las variables definidas

previamente y se segmentaron para cada tipo de intersección y tipo de actor vial. Los resultados de esta fase se demuestran en el capítulo 9.

- Etapa 7: se titula “Análisis Predictivo de Conductas y Conflictos de viales”. En esta etapa se desarrolló un análisis con minería de datos e inteligencia artificial para la extracción de conocimiento de los comportamientos y conflictos viales de los motociclistas observados en el acceso de las intersecciones de tres ramales y cuatro ramales. La técnica de análisis se realizó por medio de un algoritmo híbrido que combina un algoritmo genético y la heurística de recocido simulado. El detalle en el diseño, ejecución y resultados del algoritmo híbrido para el desarrollo de las predicciones en los motociclistas se muestran en capítulo 10.
- Etapa 8: se denomina “Conclusiones Generales, y Recomendaciones para Mejorar la Seguridad Vial de los Motociclistas”. En esta etapa se plasmaron las conclusiones del estudio, así como la definición de recomendaciones para la seguridad vial de los motociclistas en las intersecciones de Cartagena. En esta etapa se recopilaron los hallazgos claves de las diferentes fases metodológicas. Los resultados generados en esta etapa se hallan en el capítulo 11 y 12.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL DE LAS MOTOCICLETAS

4.1 Metodología

La accidentalidad vial de las motocicletas en Colombia se analizó desde una perspectiva global, regional y local. La caracterización se desarrolló desde un enfoque descriptivo, transversal y cuantitativo. En esta etapa se analizaron los datos de accidentes viales que involucran a una motocicleta en Colombia, a partir de los registros de fuentes secundarias oficiales. Los accidentes viales y registros vehiculares en Colombia fueron tomados del Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (ONSV) y el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forense (INMLCF). Los años analizados fueron entre el periodo 2016 al 2019. Los datos fueron procesados con el software estadístico Statgraphics XVI.

En el análisis de accidentes de motocicletas, las variables de exposición consideradas fueron el tipo de actores viales involucrados, frecuencias, localización (regiones, departamentos y ciudades capitales), tipo de zonas, tiempo/temporalidad (mes, día de la semana, hora), condiciones climáticas (precipitación), género, edad, ocupación en la motocicleta (conductor/pasajero), y tipo de colisiones (clase y causas). Adicionalmente, se vincularon los accidentes viales que fueron propiciados por los motociclistas. Las víctimas mortales y heridas se definieron como las variables de resultado. Las variables de resultado y exposición se analizaron para explorar su asociación estadística y los factores predominantes.

La caracterización se desarrolló con técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales. Se determinaron las frecuencias absolutas/relativas, y se calculó la razón de letalidad (víctimas mortales/víctimas totales). Adicionalmente, se realizó un análisis bivariado con las variables. Se calculó la prueba de independencia (chi-cuadrado) para verificar la hipótesis de la relación entre las variables de exposición y las víctimas mortales, considerando 0,05 como nivel de significancia. Así mismo, se calculó la medida de asociación del riesgo de OR (Odds Ratio, razón de momios) con un intervalo de confianza del 95%.

En la caracterización de la accidentalidad vial de motocicletas en Colombia, se estimó el costo social anual de una vida pérdida utilizando el valor financiero (costo-efectividad). Este costo social calcula el impacto económico que se genera en la productividad de un país. La información combina las muertes por grupos de edad y la esperanza de vida por género. El cálculo consideró el número de años potenciales perdidos y el producto interno bruto capital por año de vida ganado. Este cálculo se apoyó de la metodología propuesta por Rosselli [14] y los datos económicos oficiales del Banco de la República en Colombia. Este cálculo permite a los entes gubernamentales establecer un valor económico en las prestaciones asistenciales en el aseguramiento de accidentes viales y así evitar sobrecarga en el sistema de seguridad social del país.

En la accidentalidad en Cartagena, se contrastaron los resultados con un análisis de minería de datos en los registros de accidentes de los diferentes actores viales reportados por el

Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte de Cartagena (DATT) entre el año 2016 y 2017. El análisis se ejecutó con el Software Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) aplicando técnicas supervisadas (árboles de decisión), y técnicas no supervisadas (reglas de asociación).

4.2 Contexto Global

Las cifras de accidentalidad global en motocicletas en el 2016 dejaron más de 380 mil muertes anuales y se estima que circulan más de 770 millones a nivel mundial [1]. Los accidentes viales en motociclistas dejan alrededor del 28% de víctimas mortales a nivel global, lo que corresponde aproximadamente a 50 víctimas mortales por cada 100 mil motocicletas. Las regiones con mayores dificultades globales en seguridad vial para los motociclistas son África, Europa Oriental, Asia Oriental y América Latina. Aproximadamente el 95% de las muertes de motociclistas en el mundo fueron de países de ingresos económicos bajos y medios.

Las muertes en motocicletas en América en el 2016 mostraron una participación del 23% entre los diferentes actores viales. República Dominicana, Paraguay y Colombia tienen las proporciones más elevadas de motociclistas fallecidos con más del 52% de los actores viales. En el 2016, Colombia alcanzó una tasa de 9,7 motociclistas fallecidos por cada 100 mil habitantes, ubicándose en la décima posición a nivel mundial, la tercera en América y segunda en Suramérica. En países de ingresos medios se ubica en la sexta posición. Colombia en el 2016 duplicó (53%) la proporción global de accidentes viales de motocicletas [1]. En la Tabla 3, se muestra los países con mayor accidentalidad en motocicletas en el 2016 con el reporte global de la OMS [1].

Tabla 3. Ranking de países con mayor registro de accidentes en motocicletas en 2016.

País	Nivel Ingreso	Población (millones)	Vehículos registrados (millones)	Registradas MC		Víctimas Mortales			Muertes Totales por 100Mil habitantes	Muertes en MC por 100Mil habitantes
				Total (millones)	(%)	Total	MC	(%)		
India	Medio	1324,2	210,0	154,3	73	150.785	59.711	40	22,6 (58)	8,9 (13)
Indonesia	Medio	261,1	128,4	101,4	79	31.282	23.024	74	12,2 (115)	9,0 (12)
Tailandia	Medio	68,9	37,3	20,5	55	21.745	16.178	74	32,7 (9)	24,3 (1)
Brasil	Medio	207,7	93,9	25,3	27	3.8651	12.136	31	19,7 (65)	6,2 (22)
Estados Unidos	Alto	322,2	281,3	8,6	3	35.092	4.983	14	12,4 (112)	1,8 (48)
Irán	Medio	80,3	30,4	11,6	38	15.932	3.840	24	20,5 (63)	4,9 (29)
Colombia	Medio	48,7	13,5	7,5	56	7.158	3.758	53	18,5 (67)	9,7 (10)
Birmania	Medio	52,9	6,4	5,4	84	4.887	3.167	65	19,9 (64)	12,9 (7)
República Dominicana	Medio	10,6	3,9	2,1	54	3.118	2.089	67	34,6 (5)	23,2 (2)
México	Medio	127,5	40,2	2,6	6	16.039	1.540	10	13,1 (109)	1,3 (56)

() ranking global entre categorías, MC: motociclistas

Fuente: *Depurado del informe global de la seguridad vial de la Organización Mundial de la Salud 2018 [1].*

4.3 Análisis de Accidentes en Motocicletas en Colombia

Entre el año 2012 al 2019, el promedio anual de motociclistas fallecidos y heridos fueron de 3.222 y 22.337 respectivamente [7]. Los motociclistas comprenden más del 50% de las víctimas mortales y heridas entre todos los actores viales (ver Figura 1). La tendencia de accidentes viales los últimos años evidenció un aumento del 4%. La comercialización de motocicletas en Colombia ha aumentado, alcanzando el 57% de la flota vehicular del país. Colombia registró más de 8,6 Millones de motocicletas en el 2019 [20]. La circulación anual de motocicletas obtuvo un crecimiento promedio de 8,5% en los últimos cuatro años. Se estima que las motocicletas realizan 50 millones de viajes diarios [169]. Desde el 2016, se ha comprobado un cambio en la tasa de accidentes mortales de motociclistas por cada 100 mil habitantes y 10 Mil motocicletas (ver Figura 4).

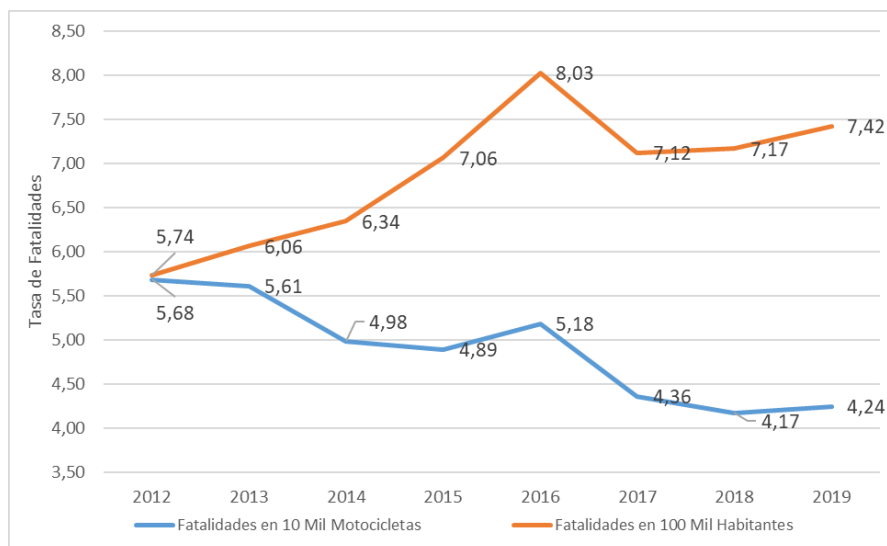


Figura 4. Tasa de accidentes mortales en motocicletas en Colombia (2012-2019).
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

La accidentalidad de motociclistas en Colombia obtuvo una tasa promedio de 7,43 víctimas mortales por cada 100 mil habitantes. Los motociclistas tienen una participación en accidentes entre los diferentes usuarios viales del 52% en las víctimas mortales y 56% en víctimas heridas. En promedio, se presentan en las vías seis heridos por cada muerte en una motocicleta. Los accidentes en motocicletas triplican los ocurridos en automóviles. La letalidad más alta la presentaron los peatones (18,2%), seguido por los motociclistas (13,5%) (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Accidentes por actor vial en Colombia: 2016-2019.

	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad		OR (IC 95%)
	Promedio	%	Promedio	%	%		
Actores viales							
<i>Automóviles</i>	910	13,2	6683	16,5	12,0		1,00
<i>Motocicletas</i>	3.565	51,7	22815	56,5	13,5	1,13	(1,05-1,22)
<i>Ciclistas</i>	403	5,9	2803	6,9	12,6	1,05	(0,93-1,19)
<i>Peatones</i>	1.790	26,0	8052	19,9	18,2	1,52	(1,39-1,66)
<i>Otros</i>	221	3,2	60	0,1	-		

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

4.3.1 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Localización

La accidentalidad en motocicletas mostró a la región Caribe y Andina con el 71% de motocicletas, donde registran el 69% de víctimas mortales y 73% de víctimas heridas (ver Anexo 1). La tasa de muertes por cada 100 mil habitantes ubicó a la región Orinoco con las cifras más altas, mientras que por cada 10 mil motocicletas ubicó a la región Caribe. En heridos por cada 100 mil habitantes, la región del Orinoco obtuvo las cifras más elevadas. En heridos por cada 10 mil motocicletas, la cifra más elevada fue de la región Andina. La región Amazónica obtuvo la letalidad más elevada (33,4%), duplicando las probabilidades de morir comparado con la región Caribe.

En la accidentalidad vial por departamentos en Colombia, los registros mostraron que los mayores reportes de muertes (38% del registro nacional) corresponden a Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C (ver Anexo 2). Casanare obtuvo la mayor tasa de motociclistas muertos por 100 mil habitantes con 23,8. La Guajira obtuvo la mayor tasa de víctimas mortales por

10 mil motocicletas con 34,8. Risaralda obtuvo la tasa más alta de heridos por 100 mil habitantes con 119,5. Córdoba obtuvo la cifra más alta de heridos por 10 mil motocicletas con 113,3. Guaviare obtuvo la letalidad más elevada (42,7%). Los departamentos en Colombia tuvieron asociación estadística con la ocurrencia de un trauma fatal (valor- $p < 0,05$).

En la accidentalidad vial por ciudades capitales (ver Anexo 3), se encontró que estas representan el 32% de las víctimas mortales y el 63% de las víctimas heridas, con una concentración del 49% de colombianos. Las ciudades con más accidentalidad son: Bogotá, Cali, Medellín, Villavicencio, Barranquilla, Montería y Cartagena. Estas ciudades representan el 18% de las víctimas mortales y 34% de víctimas heridas a nivel nacional, concentrando la mayoría de la poblacional en el país.

Yopal tuvo la tasa de mortalidad más elevada, y Pereira obtuvo la tasa más elevada de víctimas heridas. La letalidad más elevada la obtuvo Mitú. Las ciudades capitales donde ocurren los accidentes viales tienen una asociación estadística significativa con la ocurrencia de un trauma fatal (valor- $p < 0,05$). En Colombia, las víctimas mortales en áreas urbanas y rurales fueron equilibradas (proporción 49%:51%). En términos de heridos, la relación cambia entre el 91% al 9% entre áreas urbanas y rurales respectivamente. La zona rural obtuvo una letalidad del 45,4% (ver Tabla 5).

Tabla 5. Accidentes en motocicletas en Colombia por tipo de zona: 2016-2019.							
	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	P-valor
Tipo de área	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Urbano	1.661	49,4	20.088	90,7	7,6	1,00	0,00
Rural	1.704	50,6	2.049	9,3	45,4	5,95 (5,48-6,45)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

4.3.2 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Temporalidad

El porcentaje de accidentes de motocicletas por meses se mantuvo uniforme (8%) en víctimas mortales y heridas (ver Anexo 4). Diciembre obtuvo la mayor letalidad (18,9%) y los motociclistas tuvieron 1,42 más posibilidades de un trauma fatal con respecto a enero. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre el mes del accidente y el trauma fatal en los motociclistas (valor- $p < 0,05$).

En la accidentalidad por días (ver Anexo 5), los sábados (18%) y domingos (28%) se presentaron más víctimas mortales. Viernes (15%) y sábado (16%) correspondieron a los días con más víctimas heridas. La letalidad más elevada se presentó en los fines de semana (sábado – 15%; domingo – 21%). Los domingos los motociclistas tuvieron 1,57 más posibilidades de un accidente mortal que los lunes. Se encontró asociación estadística significativa entre el día del accidente y el trauma fatal (valor- $p < 0,05$).

En la accidentalidad por horarios (ver Tabla 6), entre 6 pm a 9 pm fue la franja que presentó mayor mortalidad (17%). Entre las 3 pm a 6 pm, fue el horario con mayores víctimas heridas (20%). Entre las 12 am a 3 am se obtuvo la letalidad más elevada (25,8%), esta superó 4,8 veces la franja de 6 pm a 9 pm, y 6 veces la franja de 3 pm a 6 pm. Se encontró asociación estadística significativa

entre los horarios del accidente y el trauma fatal (valor- $p < 0,05$). En Colombia se presentan en promedio un motociclista fallecido cada 2,5 horas, y 3 motociclistas heridos cada hora.

Tabla 6. Accidentes en motocicletas en Colombia por franja horaria: 2016-2019.

	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	P-valor
	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Horario							
12 am - 3 am	235	12,5	676	3,0	25,8	1,00	0,00
3 am - 6 am	218	11,6	879	3,9	19,9	0,77 (0,62-0,95)	
6 am - 9 am	209	11,1	3.521	15,6	5,6	0,22 (0,18-0,27)	
9 am - 12 pm	181	9,7	3.136	13,9	5,5	0,21 (0,17-0,26)	
12 pm - 3 pm	195	10,4	4.104	18,2	4,5	0,18 (0,15-0,22)	
3 pm - 6 pm	251	13,4	4.410	19,6	5,4	0,21 (0,17-0,26)	
6 pm - 9 pm	323	17,2	3.729	16,5	8,0	0,31 (0,26-0,37)	
9 pm - 12 am	264	14,1	2.088	9,3	11,2	0,44 (0,36-0,54)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Al analizar el volumen de precipitaciones en las ciudades con más de medio millón de habitantes, se estableció una relación entre las precipitaciones y las horas de los accidentes (ver Anexo 6). Los resultados permitieron inferir que en horas de la noche ocurren la mayoría de las muertes, mientras en las horas de la tarde se presentaron más víctimas heridas. Los accidentes tuvieron más posibilidades de ocurrir en ciudades con un promedio superior a 80 mililitros de lluvia por mes.

4.3.3 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Género y Ocupación

En las víctimas mortales, 14% correspondieron a mujeres y el 86% a hombres. En las víctimas heridas, 33% pertenecieron a mujeres y el 67% hombres. La letalidad en hombres fue del 16,4% (ver Tabla 7). Los hombres tienen 2,6 más posibilidades de morir que las mujeres. De acuerdo con la ocupación en la motocicleta, el 82,6% de las víctimas mortales y 76,3% de los heridos correspondieron al motociclista que conduce. Los conductores obtuvieron 1,4 veces más posibilidades de morir que los pasajeros. La letalidad del motociclista conductor (14,3%) fue mayor que en el pasajero (10,2%).

Tabla 7. Accidentes en motocicletas en Colombia por género y ocupación: 2016-2019.

		Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	P-valor
		Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Género	Mujeres	485	14,1	7.209	32,5	6,3	1	0,00
	Hombres	2.944	85,9	14.967	67,5	16,4	2,61 (2,36-2,88)	
Ocupación	Piloto	2.832	82,6	16.920	76,3	14,3	1	0,00
	Pasajero	597	17,4	5.256	23,7	10,2	0,71 (0,65-0,78)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

4.3.4 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Edad

El grupo etario de los 20-39 años representaron el 56% de las víctimas mortales y el 66% de las víctimas heridas (ver Tabla 8 y Anexo 7). Hombres accidentados en motocicletas entre los 55-59 años tuvieron 7,8 veces más de morir que las mujeres. Los hombres heridos entre los 60-80 años triplican al número de mujeres heridas. La letalidad incrementa a partir del rango de edad de los 20 años. Las posibilidades de morir se duplica después los 35 años, se triplica a los 60 años, y aumenta por encima de seis veces más después de los 65 años. Entre grupos etarios se mostró asociación estadística significativa con el trauma fatal (valor- $p < 0,05$).

Tabla 8. Accidentes en motocicletas en Colombia por edad: 2016-2019.							P-valor
Edad (años)	Víctimas Mortales		Heridos		Letalidad	OR	
	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
0-4	11	0,3	126	0,6	8,0	1,00	0,00
5-9	9	0,3	186	0,9	4,6	0,57 (0,23-1,42)	
10-14	28	0,8	319	1,5	8,1	1 (0,48-2,07)	
15-19	277	8,1	1.459	6,7	16,0	1,99 (1,06-3,73)	
20-24	523	15,3	4.752	21,9	9,9	1,23 (0,66-2,29)	
25-29	542	15,8	4.047	18,7	11,8	1,47 (0,79-2,74)	
30-34	446	13,0	2.992	13,8	13,0	1,62 (0,87-3,02)	
35-39	401	11,7	2.313	10,7	14,8	1,84 (0,98-3,44)	
40-44	286	8,4	1.692	7,8	14,5	1,8 (0,96-3,38)	
45-49	234	6,8	1.341	6,2	14,9	1,85 (0,98-3,48)	
50-54	190	5,6	1.065	4,9	15,1	1,89 (1-3,57)	
55-59	158	4,6	679	3,1	18,9	2,35 (1,24-4,46)	
60-64	112	3,3	391	1,8	22,3	2,77 (1,44-5,31)	
65-69	83	2,4	181	0,8	31,4	3,92 (2,01-7,65)	
70-74	48	1,4	76	0,4	38,7	4,82 (2,36-9,85)	
75-79	37	1,1	25	0,1	59,7	7,43 (3,34-16,51)	
80-Mas	38	1,1	11	0,1	77,6	9,66 (3,88-24,02)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

4.3.5 Accidentalidad Vial de Motocicletas por Tipo e Interacción de la Colisión

El tipo de accidente más común fue el choque con el 72% de víctimas mortales y 92% de heridos (ver Tabla 9). La letalidad más alta correspondió a motociclistas con caídas del vehículo (48%), choque con objetos fijos (40%), volcamientos (29%) y caída del ocupante (23%). En un evento fue 5 veces más probable morir en una motociclista que cae, en relación con un choque simple.

Tabla 9. Accidentes en motocicletas en Colombia por tipo de colisión: 2016-2019.							P-valor
	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	
	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Colisión	2.282	71,5	22.584	92,3	9,2	1	0,00
Choque objeto fijo	459	14,4	682	2,8	40,2	4,4 (3,86-4,97)	
Volcamiento	276	8,6	684	2,8	28,7	3,1 (2,70-3,62)	
Caída ocupante	141	4,4	481	2,0	22,7	2,5 (2,05-3,01)	
Caída del vehículo	32	1,0	35	0,1	47,8	5,2 (3,21-8,41)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Al analizar las interacciones del accidente (ver Anexo 8), los volcamientos o caídas y el choque con automóviles representaron más del 40% de muertes. En motociclistas heridos el 77% correspondió a choques con vehículos ligeros y entre motocicletas. Al comparar accidentes entre motocicletas, existió 9 veces más posibilidades de morir chocando con un objeto fijo, 5 veces más en un volcamiento o caída, y 4 veces más colisionando contra un vehículo pesado.

4.3.6 Accidentalidad Vial Generados por las Motocicletas

Las motocicletas causaron aproximadamente 1.326 víctimas mortales (19%), y 11.156 (26%) lesionados en las vías por año (ver Tabla 10). Los peatones fueron el actor vial de mayor afectación con el 55,4% de las muertes. En víctimas heridas, el accidente entre motocicletas dejó el 52,5%, seguido por el peatón con el 36,7%. La letalidad más elevada correspondió a los bici-usuarios (37%), con 4 veces más posibilidades de un trauma fatal que un accidente entre motocicletas.

Entre los actores viales accidentados a causa de una motocicleta y el evento fatal se estableció relación estadística significativa (valor- $p < 0,05$).

Tabla 10. Accidentes viales generados por motocicletas en Colombia: 2016-2019.

	Víctimas mortales		Heridos		%	OR Crudo	P-valor
	Promedio	%	Promedio	%	Letalidad	(IC 95%)	
Motocicleta	495	37,3	5.859	52,5	7,8	1	0,00
Peatón	735	55,4	4.089	36,7	15,2	1,96 (1,73-2,21)	
Automóvil	33	2,5	455	4,1	6,7	0,86 (0,60-1,24)	
Bicicleta	57	4,3	98	0,9	36,8	4,73 (3,37-6,64)	
Bus(es)	1	0,1	625	5,6	0,2	0,02 (0,00-0,15)	
Pesados	5	0,4	10	0,1	34,6	4,45 (1,55-12,80)	
Otros carreteros	1	0,1	20	0,2	3,2	0,42 (0,04-4,85)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

4.3.7 Costo-Valor Social de las Muertes Relacionadas con Motocicletas

El costo social anual de una vida pérdida en un accidente de motocicleta (ver Anexo 9) fue calculado usando el valor financiero de estudios de costo-efectividad (equivalente a tres veces el producto interno bruto per-capital por año de vida ganado), mostrando como resultado 161.896 años de vida potencial perdidos. Estas muertes tuvieron un costo social de \$9.461.707 millones (COP- pesos colombianos) y se estipula que cada motocicleta debería aportar \$1,1 millones (COP) anuales al sistema de salud. El costo social de una vida pérdida se estimó en \$2.655 millones (COP) por año.

4.4 Análisis de Accidentes de Motocicleta en Cartagena, Colombia

La presente investigación está focalizada en la capital del departamento de Bolívar, Cartagena (Colombia). Cartagena cuenta con aproximadamente 1,2 millones de habitantes, y en su malla vial circulan más de 130.000 vehículos. Cartagena tiene una extensión de 650 kilómetros cuadrados, y una red vial de 1.832 kilómetros-carril. La ciudad se localiza al norte en la región Caribe y es de vocación turística, industrial y portuaria, con una alta informalidad laboral [170]. Cartagena obtuvo un promedio anual de 44 víctimas mortales y 437 heridos en motocicletas en los registros de sus últimos 4 años. A marzo del 2019, Cartagena registraba 68.600 motocicletas [20], y se estiman que circulan más de 75.000 unidades [171].

En la Tabla 11, se señalan los accidentes de motocicletas en Cartagena entre los años 2016 al 2019. Los motociclistas fueron el actor vial más vulnerable con alrededor del 50% de víctimas heridas y mortales. Los accidentes en motocicletas fueron 3,5 veces más frecuentes que en automóviles. La letalidad más alta se dio en los peatones, seguido por los motociclistas. Entre el usuario vial y el trauma fatal se evidenció asociación significativa (valor- $p < 0,05$).

Las víctimas mortales y heridas se concentraron en los entornos urbanos, pero fueron los entornos rurales los más letales, donde existió 8 veces más posibilidades de fallecer. Estos entornos relacionaron áreas de la ciudad que conectan con municipios aledaños como Turbaco, Santa

Rosa, Bayunca, y tramos viales como la variante a Mamonal y la vía al Mar (Boquilla, Manzanillo). Entre el entorno vial y el trauma fatal se registró asociación estadística significativa (valor-p<0,05).

Tabla 11. Análisis de accidentes de motocicletas en Cartagena: 2016-2019.

		Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	P-valor
		Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Actores viales	Automóviles	11	12,9%	128	16,5%	7,9%	1,00	0,002
	Motocicletas	44	51,8%	437	56,5%	9,1%	1,16 (0,58-2,31)	
	Ciclistas	5	5,9%	53	6,8%	8,6%	1,09 (0,36-3,29)	
	Peatones	22	25,9%	154	19,9%	12,5%	1,58 (0,74-3,38)	
	Otros	3	3,5%	2	0,3%	60,0%	7,58 (1,14-50,29)	
Tipo de área	Urbano	32	72,7%	428	97,9%	7,0%	1,00	0,000
	Rural	12	14,1%	9	2,1%	57,1%	8,21 (2,84-23,73)	
Meses	Enero	2	4,5%	34	7,8%	5,6%	1,00	0,022
	Febrero	1	2,3%	32	7,3%	3,0%	0,55 (0,07-4,42)	
	Marzo	2	4,5%	42	9,6%	4,5%	0,82 (0,17-3,85)	
	Abril	3	6,8%	51	11,7%	5,6%	1 (0,27-3,73)	
	Mayo	4	9,1%	47	10,8%	7,8%	1,41 (0,43-4,65)	
	Junio	4	9,1%	38	8,7%	9,5%	1,71 (0,51-5,68)	
	Julio	5	11,4%	48	11,0%	9,4%	1,7 (0,56-5,15)	
	Agosto	4	9,1%	44	10,1%	8,3%	1,5 (0,45-4,95)	
	Septiembre	5	11,4%	27	6,2%	15,6%	2,81 (0,9-8,75)	
	Octubre	1	2,3%	31	7,1%	3,1%	0,56 (0,07-4,5)	
	Noviembre	9	20,5%	35	8,0%	20,5%	3,68 (1,41-9,58)	
	Diciembre	4	9,1%	8	1,8%	33,3%	6 (1,56-23,12)	
Género	Mujeres	5	11,4%	113	25,9%	4,2%	1,00	0,033
	Hombres	39	88,6%	324	74,1%	10,7%	2,54 (1,26-5,11)	
Ocupante	Conductor	37	84,1%	314	71,9%	10,5%	1 (0,49-2,02)	0,081
	Pasajero	7	15,9%	123	28,1%	5,4%	0,51 (0,19-1,36)	
Edad (años)	0-10	2	4,5%	4	0,9%	33,3%	1,00	0,082
	11-20	4	9,1%	17	3,9%	19,0%	0,57 (0,16-1,99)	
	21-30	11	25,0%	152	34,8%	6,7%	0,2 (0,08-0,48)	
	31-40	15	34,1%	123	28,1%	10,9%	0,33 (0,15-0,75)	
	41-50	9	20,5%	82	18,8%	9,9%	0,3 (0,12-0,76)	
	50 o Más	3	6,8%	59	13,5%	4,8%	0,15 (0,04-0,56)	
Colisionan	Automóvil	7	15,9%	287	65,7%	2,4%	1,00	0,000
	Veh. pesados	22	50,0%	47	10,8%	31,9%	13,39 (6,03-29,72)	
	Objeto fijo	6	13,6%	8	1,8%	42,9%	18 (5,29-61,25)	
	Motocicletas	7	15,9%	76	17,4%	8,4%	3,54 (1,32-9,52)	
	Otros	2	4,5%	19	4,3%	9,5%	4 (0,82-19,46)	
Afectan	Motocicletas	7	28,0%	76	40,0%	8,4%	1,00	0,002
	Peatón	9	36,0%	92	48,4%	8,9%	1,06 (0,42-2,66)	
	Automóvil	4	16,0%	7	3,7%	36,4%	4,31 (1,09-17,03)	
	Bicicleta	3	12,0%	11	5,8%	21,4%	2,54 (0,62-10,48)	
	Veh. pesados ^a	2	8,0%	4	2,1%	33,3%	3,95 (0,65-24,03)	

a. (bus, buses, camiones, tractocamión, maquinaria pesada)

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

La accidentalidad vial por meses evidenció los periodos con mayor proporción de fatalidades y víctimas heridas fueron noviembre y abril respectivamente. Los meses con mayor letalidad fueron noviembre y diciembre. En noviembre existen 4 veces más posibilidades de una víctima mortal en comparación con enero, mientras que en diciembre la probabilidad aumenta a 6 veces más con respecto a enero. Entre el mes del accidente y el trauma fatal se encontró asociación estadística significativa (valor-p<0,05).

La accidentalidad de motociclistas hombres que se desplazaron en motocicletas fue mayor en víctimas fatales (88,6%) y heridas (74,15%), en contraste con las mujeres. En los siniestros con hombres motociclistas, estos superaron 8 veces las muertes de las mujeres, y lo triplicaron en víctimas heridas. Los hombres que se accidentaron obtuvieron 2 veces más posibilidades de un accidente mortal en comparación con las mujeres. Entre el género y el trauma fatal se halló asociación estadística significativa (valor-p<0,05).

En la ocupación en la motocicleta, el conductor fue el más afectado en víctimas mortales y heridas. Los conductores tuvieron 2 veces más posibilidades de morir que los pasajeros. Al analizar por grupos etarios, el 59% de las víctimas mortales y 63% de víctimas heridas, se concentraron en la edad entre los 20 a 40 años. La letalidad más elevada correspondió a menores de 20 años. Este grupo tuvo 4 veces más posibilidades de morir que los motociclistas entre los 20 a 40 años.

En el tipo de colisión en motocicletas, se evidenció que el 50% de las muertes fueron por choques con vehículos pesados. El 67,5 % de las víctimas heridas se dieron en colisiones con automóviles. La letalidad más elevada se presentó en colisiones con objetos fijos. En comparación con el choque con un automóvil, existen 18 veces más posibilidades de fallecer en una colisión contra un objeto fijo y 13 veces más con un vehículo pesado. El tipo de colisión mostró asociación significativa con el trauma fatal (valor- $p < 0,05$).

En los accidentes causados por las motocicletas, se reveló que el peatón fue el más afectado con el 36% de las víctimas mortales y el 48,4% de las víctimas heridas. El 40% de las muertes anuales de los peatones fueron causados por las motocicletas, mientras que en víctimas heridas fueron el 60%. La mayor letalidad la presentaron los accidentes con automóviles y vehículos pesados. En un accidente causado por una motocicleta, existieron 4 veces más posibilidades de morir cuando se involucra un automóvil o un vehículo pesado, que cuando fue entre motocicletas.

Finalmente, se desarrolló un análisis adicional con las técnicas de minería de datos y machine learning con los registros de siniestros reportados en todos los actores viales por los agentes de tránsito del DATT entre el 2016 y 2017. En este análisis sobre 10 mil siniestros viales con severidad leve (daños materiales) y grave (víctimas heridas y fatales), se identificó que los actores viales más vulnerable y problemático fueron los motociclistas. Los motociclistas hombres y mujeres entre 20 a 39 años fueron relacionados con accidentes de alta severidad. Asimismo, la colisión entre dos motocicletas se consideró de alta gravedad. Cuando la severidad del accidente vial fue grave y se pudo inferir un peatón atropellado a causa de una motocicleta [21, 22].

4.5 Discusión de la Accidentalidad de las Motocicletas en Colombia

Al analizar la accidentalidad de los últimos 4 años (2016-2019), se consideró los registros del INMLCF, debido a su fiabilidad, y por ser reportados por los centros asistenciales. Al contrastar los registros de la Policía de Tránsito y entes municipales, se identificaron muchas disparidades como lo señala la literatura, debido al subregistro y la pérdida de trazabilidad [13, 15]. El número de vehículos en Colombia imposibilita conocer el número real de vehículos por ciudades. En Colombia es común registrar los vehículos sin importar la localización real, para buscar ahorros. Esta condición impide un análisis confiable del volumen vehicular, sus interacciones y su accidentalidad.

El crecimiento de la flota vehicular en Colombia muestra que en promedio hay una nueva motocicleta en las vías cada minuto [172]. La comercialización en el país demuestra que los mayores compradores son hombres, la edad de los compradores oscila entre los 18 a 35 años, el nivel educativo predominante es la secundaria, la condición socio económica es baja/media, y las compra se realiza para transportarse o trabajar [169].

Los departamentos y las ciudades capitales mostraron asociación estadística significativa con el trauma fatal en motociclistas. Analizar la seguridad vial en las motocicletas en Colombia no puede estudiarse de manera generalizada. Se requieren estudios detallados que permitan considerar las condiciones espaciotemporales, así como las dinámicas sociales y culturales en una determinada área geográfica.

La edad más crítica en la accidentalidad de motocicletas en Colombia (20-30 años) es consecuente con los registros globales, confirmando que los adultos jóvenes fueron el grupo más vulnerable. Los adultos jóvenes son quienes más compran motocicletas por ser un grupo etario económicamente activo. Algunos aspectos relacionados con la accidentalidad de los jóvenes adultos son la conducta, la falta de experiencia y habilidades, el exceso de velocidad y la percepción al riesgo [35].

En los accidentes de las motocicletas, el 86% de las muertes y el 96% de las víctimas heridas fueron causadas por colisiones o choques con objetos fijos. Así mismo, la mayor letalidad se presentó por las caídas del vehículo y la colisión con objetos fijos. En estos eventos los motociclistas y pasajeros experimentan directamente la disipación de la energía por la velocidad de desplazamiento [140]. La estabilidad de la motocicleta y tener que compartir las vías en condiciones inapropiadas con otros usuarios aumenta el nivel de riesgo [31]. La infraestructura vial del país es débil; Colombia ocupa el puesto 81 del índice de competitividad global en infraestructura del Foro Económico Mundial (2019) entre 141 países [173].

Las víctimas mortales en motocicletas tienen una mayor incidencia en las horas de menor iluminación y los fines de semana. La iluminación afecta directamente la atención y el control, así como la visibilidad [25]. En el 2016, las lesiones por politraumatismos o traumas craneoencefálicos representaron el 86% de las muertes en las vías de Colombia [174]. Un estudio en dos ciudades de Colombia mostró que solo entre el 36% al 42% de los motociclistas usan adecuadamente el casco, mostrando poca cultura vial en el cumplimiento de elementos de seguridad [175].

De acuerdo con el ONSV [176], las infracciones más simples en motocicletas fueron la violación de las señales de tráfico y la conducción sin licencia. Los motociclistas fueron los infractores reincidentes más comunes, y el exceso de velocidad fue una de las causas más probables de accidentes. El 52% de accidentes de motociclistas del 2017 fueron relacionadas con el alcohol [177]. En Colombia, el exceso de velocidad y el consumo de alcohol son factores críticos en los accidentes de motocicleta, como ocurre a nivel mundial [178]. El motociclismo en Colombia presenta cifras importantes en cuanto al nivel de exposición y valor económico-social. El crecimiento económico colombiano (producto interno bruto) y las tasas de accidentalidad presentaron una fuerte correlación. Estas cifras muestran la importancia de las motocicletas en la movilidad, la economía y la sociedad.

4.6 Discusión de la Accidentalidad de las Motocicletas en Cartagena

Desde el contexto local, Cartagena mostró en los últimos cuatro años una tasa promedio de 4,3 víctimas fatales por cada 100 mil habitantes. Cartagena así como Barranquilla, Montería y Sincelejo son las ciudades donde más se practica el mototaxismo en Colombia [179]. Estas

ciudades tienen problemas relacionados con sus dificultades socioeconómicas, y deficiencias de sus sistemas de transporte y movilidad. Se considera que alrededor de 50.000 motocicletas están involucradas con el transporte informal. Las motocicletas en Cartagena representaron el segundo medio de transporte más utilizado con el 24% en el 2018, y aunque en el 2019 disminuyó a la tercera posición con el 16%, los usuarios manifiestan una satisfacción por encima del 80%, resaltando como beneficio su rapidez [170, 180].

Cartagena entre el 2016-2019 ha permanecido en el top 10 de ciudades con mayor accidentalidad vial en Colombia, ocupando la séptima posición en víctimas mortales y décima en víctimas heridas. Entre las ciudades con más de un millón de habitantes se encuentra en el top 5, en compañía de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla. En Cartagena, los motociclistas superan el 50% de los actores viales involucrados en accidentes viales. En promedio, se presentan 10 víctimas heridas por cada víctima mortal en motocicletas y fueron el segundo actor vial con mayor letalidad.

La ciudad revela una alta accidentalidad en el último trimestre del año. Este período concuerda con las fiestas locales en noviembre y las festividades navideñas de diciembre. De acuerdo con el área del siniestro vial, las zonas urbanas fueron de mayor frecuencia, pero las zonas rurales concentraron mayor letalidad. Esto se debe a la falta de atención médica oportuna, donde las víctimas de un accidente vial pueden demorar entre 20 a 40 minutos en recibir asistencia médica.

En la edad de los motociclistas involucrados, los grupos etarios entre los 20 a 40 años (adultos jóvenes) fueron los más afectados en siniestros viales, algo similar al contexto global y nacional. Por otra parte, el grupo etario entre los 0 a 20 años presentaron la mayor letalidad. Este grupo reúne a individuos menores de edad (18 años) que generalmente fueron pasajeros. En Cartagena, es común observar el sobre cupo de las motocicletas con pasajeros menores de edad o el uso irresponsable por adolescentes (entre 13 a 18 años) para el ocio o cortos desplazamientos.

El análisis de minería de datos y machine learning en 10 mil siniestros de Cartagena, reveló una relación importante de la accidentalidad con la edad de los motociclistas. Reafirmando que la edad de los motociclistas jóvenes y adultos jóvenes estuvieron involucrados con la accidentalidad grave, la cual deja víctimas heridas y fatales [21, 22].

La interacción en la colisión posee un aspecto importante, las motocicletas tienen eventos fatales más frecuentes con vehículos pesados, esto se debe a la dinámica económica y comercial, donde se cuenta con cuatro sectores industrializados y tres zonas portuarias. Adicionalmente, la alta letalidad de las motocicletas por colisiones con objetos fijos se vincula con problemas en la cultura vial, cuando circulan en contravía, lugares prohibidos, exceso de velocidad y zigzaggeo.

Las condiciones sociales y económicas han incentivado el uso de la motocicleta como una solución a la empleabilidad (mototaxismo), la movilidad y desplazamiento ágil en Cartagena [171]. La alta accidentalidad vial y los problemas de infraestructura vial son una manifestación del alto nivel de exposición que presentan las motocicletas. Estos aspectos requieren analizar los riesgos potenciales en las vías. En el siguiente capítulo, se analizarán los registros de accidentalidad vial de Cartagena desde el enfoque del entorno e infraestructura. Este análisis permitirá identificar los factores y los segmentos viales más relevantes para los motociclistas.

5. DESEMPEÑO DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL DE LAS MOTOCICLETAS EN CARTAGENA

En esta etapa, se analizaron las condiciones del entorno por tramos viales para definir un modelo de predicción de accidentalidad de motocicletas en Cartagena. Esta etapa se implementaron la Función de Rendimiento de Seguridad (Safety Performance Function - SPF) y el Método Empírico Bayesiano.

5.1 Metodología

La SPF se aplicó con una distribución binomial negativa como lo recomienda la literatura [63-65, 67]. La regresión binomial negativa implementada fue similar a la distribución de Poisson, pues son modelos ajustados donde la variable dependiente “Y”, consiste en conteos o frecuencias. Sin embargo, la distribución binomial negativa es pertinente cuando se considera la “sobre dispersión”. El modelo utilizado se expresa como:

$$p(Y) = \frac{\Gamma(Y+\alpha^{-1})}{\Gamma(Y+1)\Gamma(\alpha^{-1})} \left[\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu} \right]^{\alpha^{-1}} \left[\frac{\mu}{\alpha^{-1}+\mu} \right]^Y, \mu > 0, \alpha \geq 0 \quad \text{Eq. 1}$$

Donde, la media μ es el producto de λ , y corresponde a la tasa en la cual ocurren los accidentes, y el período de observación t , así: $E(Y) = \mu = \lambda t$. La varianza de “Y” está dada con el valor de sobre dispersión α , así: $Var(Y) = \mu + \alpha\mu^2$.

Para relacionarlo con la frecuencia de accidentalidad, existió la necesidad de expresarlo en una función exponencial que represente el número esperado de accidentes con un valor positivo. La frecuencia de accidentalidad puede ser estimada con las variables predictoras sobre una escala log-lineal de las siguientes formas:

$$E(Y) = \text{Exp} \left[\sum_{i=0}^k \beta_i \text{Ln}(X_i) \right] \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad \text{Eq. 3}$$

Donde, β es el coeficiente de estimación, y X_i son las variables independientes del modelo. La aplicación del método Empírico de Bayes también conocido como “regresión a la media” o “antes y después” [83], se aplicó para determinar los segmentos viales críticos. Este enfoque elimina el sesgo en el número observado de accidentes viales por las fluctuaciones aleatorias.

El método se calculó con el número esperado y el estimado de accidentes viales [84]. En el modelo, el número de accidentes fue normalizado por tramos, estos fueron expresados como accidentes por unidad de distancia o longitud de la vía. El resultado de pronosticar accidentes por tramos es una combinación lineal de dos números, así:

$$E(A) = wY_{pre} + (1 - w)C_{obs}. \quad \text{Eq. 4}$$

Donde, $E(A)$ es el número estimado de accidentes esperados en una unidad de tiempo en una sección. Y_{pre} es el número predicho, y C_{obs} es el número de accidentes observados en una unidad de tiempo en una sección. Finalmente, w es un valor estadístico ponderado, calculado así:

$$w = \frac{1}{1 + N\alpha Y_{pre}} \quad \text{Eq. 5}$$

Donde, N es el número de períodos de observación. α es el parámetro de sobre dispersión asociado con el modelo de predicción de accidentes. El valor w varía entre 0 y 1. Este valor controla la relevancia entre las predicciones del modelo y el número de accidentes registrados. Los tramos críticos se calculan con el exceso en la frecuencia de accidentes esperados, que corresponde a la diferencia entre los estimados predichos del modelo y la estimación con el ajuste de Bayes empírico, formulado así:

$$\Delta = E(A) - Y_{pre} \quad \text{Eq. 6}$$

Donde, el valor (Δ), identifica cuales son las secciones con mayor frecuencia de accidentes esperados en contraste con los calculados por el modelo. Estos tramos fueron priorizados por considerarse que van a responder mejor a las medidas de mitigación propuestas, porque poseen un exceso importante que puede disminuirse.

La evaluación de la seguridad vial de los motocicletas en Cartagena se desarrolló en tres pasos como lo recomiendan Elvik [72] y Polders y Brijs [11]. Primero, se definieron los tramos viales a partir de los registros de accidentalidad. Segundo, se calculó el número previsto de accidentes con el modelo de regresión binomial negativo (SPF) en función de las condiciones de la infraestructura, operacionales, entorno y volumen de tráfico. Así mismo, se configuraron los modelos planteados con ayuda del software estadístico (Software SSPS), para luego evaluar los modelos de mejor ajuste. Finalmente, se estimó el número esperado de accidentes por segmento vial aplicando el método empírico de Bayes. En la validación de los modelos, entre las medidas de bondad de ajuste se consideraron: desviación, chi-cuadrado de Pearson, criterio de información de Akaike (Akaike's Information Criterion – AIC) y criterio de información Bayesiano (Bayesian Information Criterion -BIC).

5.1.1 Datos del Modelo

Los accidentes viales correspondieron a los compilados entre enero del 2016 a diciembre del 2017 en Cartagena. Los registros de accidentalidad fueron depurados para identificar la participación de las motocicletas en choques, colisiones, caídas y víctimas mortales. La base de datos fue suministrada por el Departamento de Tránsito y Transporte de Cartagena (DATT), ente encargado de la movilidad y seguridad vial.

En total, se identificaron 2.884 accidentes viales en motocicletas. Los registros de accidentalidad contaron con la información de temporalidad, tipo de colisión, localización, actores viales, y severidad. El modelo propuesto representó la predicción de accidentes que implique una víctima humana. Esta consideración se dio porque el periodo de observación reveló una baja

representatividad de eventos graves. Los registros conseguidos fueron eventos que requirieron asistencia médica, donde se presentan menos subregistros, por ser validados por el INMLCF y las aseguradoras (SOAT- Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito).

5.2 Recolección y Procesamiento de Segmentos Viales

Para la definición de un modelo SPF, se analizaron 2.884 accidentes viales de motocicletas. Los datos de accidentes viales describen el tipo de colisión, la ubicación, los actores viales implicados, y las víctimas con lesiones leves, lesiones graves, los registros se describen en la Tabla 12.

Tabla 12. Descripción de los accidentes de motocicletas entre 2016-2017 en Cartagena.

Características	Clasificación	2016	2017	Total	%
Trimestre	Enero a marzo	400	317	717	24,9%
	Abril a junio	521	279	800	27,7%
	Julio a septiembre	498	390	888	30,8%
	Octubre a diciembre	250	229	479	16,6%
Día de semana	Lunes	262	157	419	14,5%
	Martes	244	195	439	15,2%
	Miércoles	258	179	437	15,2%
	Jueves	232	187	419	14,5%
	Viernes	176	129	305	10,6%
	Sábado	275	198	473	16,4%
	Domingo	222	170	392	13,6%
Tipo de día	Normal	1.582	87	1.669	57,9%
	Festivo	1.169	46	1.215	42,1%
Tipo de lugar	Acceso o intersección	1.276	939	2.215	76,8%
	Glorieta	41	24	65	2,3%
	Tramo vial	352	252	604	20,9%
Proximidad semafórica	Si	361	224	585	20,3%
	No	1.308	991	2.299	79,7%
Característica zona	Comercial	752	539	1.291	44,8%
	Rural	18	26	44	1,5%
	Industrial	202	154	356	12,3%
	Residencial	439	350	789	27,4%
	Comercial-residencial	258	146	404	14,0%
Clase de choque	Atropello	106	71	177	6,1%
	Caída	10	12	22	0,8%
	Choque	1547	1.130	2.677	92,8%
	Volcamiento	6	2	8	0,3%
Interacción choque	Solo moto	293	193	486	16,8%
	Entre motos	210	130	340	11,8%
	Moto-vehículo	979	708	1.687	58,4%
	Moto-otros	2	1	3	0,1%
	Moto-pesado	60	61	121	4,2%
	Moto- autobuses	111	101	212	7,3%
	Moto-bicicletas	16	22	38	1,3%
Tipo de vía	Arterial	763	505	1.268	44,0%
	Colector	603	463	1.066	37,0%
	Local	261	204	465	16,1%
	Rural	42	43	85	2,9%
Edad motociclista involucrado	18-20	1.062	731	1.793	62,2%
	21-40	509	332	841	29,2%
	50- o más	75	44	119	4,1%
	No registra	23	108	131	4,5%
Edad de víctima no motociclista	18-20	435	342	777	37,8%
	21-40	516	341	857	41,6%

Características	Clasificación	2016	2017	Total	%
Severidad	50 o más	160	114	274	13,3%
	No registra	55	95	150	7,3%
	Heridos menores	348	242	590	20,5%
	Heridos graves	1.276	935	2.211	76,7%
	Fatales	45	38	83	2,9%

Fuente: Elaboración propia.

La segmentación consideró las recomendaciones de AASHTO [58], donde los tramos viales definidos guardan características similares en infraestructura, geometría, condiciones de tráfico, y no fueron menores de 0,2 kilómetros. En la Figura 5, se localizaron los tramos viales con accidentes en motocicletas, los cuales fueron geolocalizados con los mapas de Google. El número de tramos viales con accidentes con motocicletas fue de 242 en los dos años.

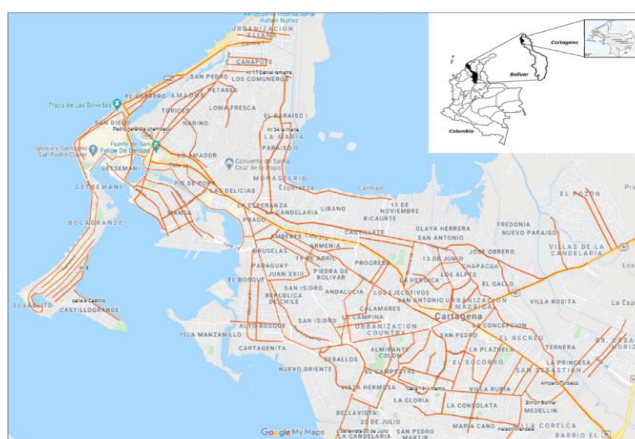


Figura 5. Tramos viales con accidentes en motocicletas en Cartagena (2016-2017).

Fuente: Geolocalizados con Google Maps a partir de datos del DATT.

5.3 Variables del Modelo de Predicción

En la aplicación del modelo SPF, un conjunto de variables de infraestructura, operacionales, entorno y volumen de tráfico fueron consideradas. Se determinaron 12 variables cuantitativas y 5 variables categóricas/cualitativas. El modelo tomó como variable dependiente el número de accidentes en motocicletas por kilómetros para representar la frecuencia de los tramos viales de forma equivalente. Entre las variables cuantitativas se encuentran: el número de curvas, número de accesos totales (intersecciones/cruces), número de semáforos, la cobertura porcentual por tipo de área (comercial, residencial o industrial) y el volumen de tráfico diario medio anual (en Inglés: Annual Average Daily Traffic (AADT)) discriminado por actores viales (automóviles, bus/busetas, vehículos pesados y motocicletas). El AADT fue obtenido de los registros del Consorcio de Movilidad y Semaforización de Cartagena entre el año 2016 al 2017.

Entre las variables cualitativas se encuentran: sentido de la vía, tipo de vía (colectora, arterial, local, y rural), tamaño de carriles, uso de separadores, y calidad de la vía (condiciones del pavimento). Los datos relacionados con la longitud, geometría e infraestructura de los tramos viales fueron recolectados con un recorrido en la vía, y validados por medio de la georreferenciación realizada en los mapas satelitales de Google.

El tipo de vías se refiere a las categorías como: arterial, colector, local y rural. Las vías arteriales corresponden a los tramos con mayor interconexión, como las avenidas. Las vías colectoras son secciones que conectan con los tramos principales. Las vías locales se refieren a secciones inter barriales. Finalmente, las vías rurales se definen como los tramos de conexión interurbana o perimetral entre la ciudad y los corregimientos. La definición de las condiciones del pavimento (calidad) se evaluó considerando una valoración funcional de la capacidad de servicio, según lo definido por Fuentes, et al. [181] y Kırbaş y Karaşahin [182]. Estas categorías fueron: bien (buenas), regular (pobre), y mal (muy pobre).

En la Tabla 13 y Tabla 14, se presentan las variables de análisis. Los tramos viales fueron de diversas longitudes, pero agrupados por condiciones y características viales similares. Los tramos viales presentaron entre 1 a 65 accidentes. La longitud de los tramos viales osciló entre 0,4 a 17,2 kilómetros. La longitud total de los tramos analizados fue de 220,1 kilómetros. El volumen medio de tráfico diario de las motocicletas fue 48,6%, mientras en automóviles fue 45,9%. La mayoría de los tramos se caracterizan por ser vías colectoras (40%), doble carril (68%), y doble sentido (70%).

Tabla 13. Resumen estadístico de variables cuantitativas del modelo SPF.

Nombre de Variables	Notación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Unidades
Accidente de motocicletas	ACM	1,0	65,0	12,0	11,7	número
Longitud	LO	0,4	17,2	1,8	1,9	kilómetros
Accidente de motocicletas por kilómetros	ACM/LO	0,2	41,5	8,1	7,2	número/Km
Número de accesos totales	NAT	4,0	57,0	18,2	10,5	número
Número de curvas	CU	0,0	12,0	2,0	2,0	número
Número de semáforos	SM	0,0	7,0	1,1	1,3	número
AADT	AADT	1.181	80.416	17.185	13.697	vehículos/día
Porcentaje de automóviles	ADDT-A	18	92	46	18	vehículos/día
Porcentaje de bus/buses	ADDT-B	0	15	3	3	vehículos/día
Porcentaje de pesados	ADDT-HV	0	10	2	2	vehículos/día
Porcentaje motocicletas	ADDT-MC	6	76	49	19	vehículos/día
Cobertura comercial	% COM	1,0	80,0	35,2	20,1	%
Cobertura residencial	% RES	1,0	100,0	57,1	24,6	%
Cobertura industrial	% IND	1,0	80,0	6,0	15,0	%
Cobertura rural	% RU	1,0	100,0	3,5	13,1	%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Resumen estadístico de variables categóricas del modelo SPF.

Nombre de Variables	Notación	Descripción	Total	%
Tipo de vía	TV	Arterial	56	23%
		Colectora	96	40%
		Local	80	33%
		Rural	10	4%
Ancho de vía	AV	Cuatro carriles	22	9%
		Dos carriles	164	68%
		Dos-cuatro carriles	32	13%
		Tres-seis carriles	24	10%
Sentido de la vía	SV	Doble	170	70%
		Mixto	20	8%
		Simple	52	21%
Separador	SE	Sin separador	188	78%
		Con separador	54	22%
Estado de vía	EV	Bien	76	31%
		Mal	82	34%
		Regular	84	35%

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Desarrollo del Modelo de Predicción

El modelo de predicción fue procesado con el Software SSPS ver. 25 con una regresión binomial negativa incluyendo el análisis “Log-Link”. La estimación de los parámetros se realizó con el método “híbrido” y la estimación a escala con Chi-cuadrado de Pearson. Los efectos del modelo se estimaron con el análisis “tipo I y III”, y la “razón de verosimilitud” con la prueba chi-cuadrado. El modelo fue considerado con intercepto debido a su mejor ajuste [49, 183]. La significancia de las variables fue examinada con la prueba chi cuadrado con un intervalo de confianza del 95%.

Antes de estimar el modelo, se desarrolló un análisis de correlación de Pearson con las variables cuantitativas. Esta estrategia permite reducir las variables y evita errores en la estimación de los parámetros finales cuando las variables independientes tienen una fuerte correlación [66]. Las variables consideradas en el modelo fueron aquellas con (correlación de Pearson) valores absolutos inferiores a 0,5. La matriz de correlación para las variables cualitativas se muestran en el Anexo 10. Las variables ADDT y ADDT-MC, fueron consideradas en modelos alternos, debido a que incluirlos simultáneamente afectaría la significancia y calidad en las predicciones [184]. En la Tabla 15, se resumen las variables y su configuración dentro del software.

Tabla 15. Resumen de variables consideradas dentro del modelo SPF.

Tipo de Variable	Variables	Notación	Decodificación
Dependiente	Accidente de motocicletas	ACM	Y
Off-set	Longitud (kilómetros)	-	$Ln (LO)$
Independente – cuantitativa	Número de accesos por kilómetros	NAT/LO	$X_1: Ln (NAT/LO)$
	Número de curvas	CU/LO	$X_2: Ln (CU/LO)$
	Cobertura comercial	COM	$X_3: Ln (COM)$
	Cobertura industrial	IND	$X_4: Ln (IND)$
	AADT	AADT	$X_5: Ln (AADT)$
	AADT-MC	AADT-MC	$X_6: Ln (AADT-MC)$
Independente- categórica	Tipo de vía – arterial	TV	X_7
	Tipo de vía – colectora		
	Tipo de vía – local		
	Tipo de vía – rural		
	Ancho de vía – 4	AV	X_8
	Ancho de vía – 2		
	Ancho de vía – 2-4		
	Ancho de vía – 3-6		
	Sentido de la vía -doble	SV	X_9
	Sentido de la vía -mixto		
	Sentido de la vía -simple		
	Separador-sin	SE	X_{10}
	Separador-con		
	Estado de vía – bien	EV	X_{11}
	Estado de vía – mal		
	Estado de vía – regular		

Fuente: Elaboración propia.

La variable dependiente “Y” correspondió al número de accidentes de motocicletas, acompañada de una variable de compensación o desplazamiento (“Off-set”) “longitud del tramo vial en kilómetros (Km)”. Este ajuste en el software SPSS permitió interpretar la variable dependiente como el número de accidentes de motocicletas por kilómetro. La aplicación del Off-set sirvió para que los parámetros del componente lineal se puedan interpretar en términos de tasas esperadas

y no de conteos esperados. Este método es similar al utilizado por Harnen, et al. [81] and Abdul Manan, et al. [49]. En términos generales, el modelo se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y = \exp \left(\beta_0 \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_3^{\beta_3} \cdot X_4^{\beta_4} \cdot X_5^{\beta_5} \cdot X_6^{\beta_6} \cdot X_7^{\beta_7} \cdot X_8^{\beta_8} \cdot X_9^{\beta_9} \cdot X_{10}^{\beta_{10}} \cdot X_{11}^{\beta_{11}} \right) \quad \text{Eq. 7}$$

Debido a que algunas de las variables cuantitativas (variables X_1 a X_6) fueron transformadas en escala logarítmica (Ln), y pueden ser expresada así:

$$Y = \text{Exp}(\beta_0) \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_2^{\beta_2} \cdot X_3^{\beta_3} \cdot X_4^{\beta_4} \cdot X_5^{\beta_5} \cdot X_6^{\beta_6} \cdot \text{Exp}(X_7\beta_7 \cdot X_8\beta_8 \cdot X_9\beta_9 \cdot X_{10}\beta_{10} \cdot X_{11}\beta_{11}) \quad \text{Eq. 8}$$

Las variables cuantitativas fueron incluidas dentro del modelo como “covariables” y las variables cualitativas como factores. Estos factores incluyen sus niveles, y fueron creados como subvariable “dummy”. Su participación en el modelo es binaria y se reducen al número de niveles menos uno.

5.5 Resultados de Modelos SPF

Los resultados de los modelos planteados se muestran en la Tabla 16. Los cuatro modelos corresponden a dos completos con las variables señaladas, sin considerar simultáneamente ADDT y ADDT-MC; y dos modelos con las variables de mejor ajuste y significación.

Tabla 16. Resultados de modelos SPF estimados.

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
Parámetros	Beta	EE	P-valor	Beta	EE	P-valor	Beta	EE	P-valor	Beta	EE	P-valor
Constante	-2,95	0,96	0,00	-3,45	0,65	0,00	-2,11	0,67	0,00	-2,26	0,43	0,00
X ₁ : Ln (NAT/LO)	0,49	0,14	0,00	0,36	0,12	0,00	0,42	0,14	0,00	0,30	0,13	0,02
X ₂ : Ln (CU/LO)	-0,09	0,09	0,28				-0,07	0,09	0,39			
X ₃ : Ln (COM)	0,20	0,08	0,01	0,18	0,08	0,02	0,20	0,08	0,01	0,21	0,08	0,00
X ₄ : Ln (IND)	0,05	0,05	0,32				0,04	0,05	0,37			
X ₅ : Ln (AADT)	0,25	0,10	0,01	0,31	0,08	0,00						
X ₆ : Ln (AADT-MC)							0,21	0,07	0,00	0,20	0,05	0,00
X ₇ : TV-1	1,25	0,32	0,00	1,31	0,29	0,00	1,26	0,32	0,00	1,43	0,30	0,00
X ₇ : TV-2	1,24	0,33	0,00	1,04	0,29	0,00	1,26	0,33	0,00	1,02	0,29	0,00
X ₇ : TV-3	1,08	0,34	0,00	0,93	0,30	0,00	1,10	0,34	0,00	0,86	0,30	0,00
X ₇ : Tv-4	0 ^a			0 ^a			0 ^a			0 ^a		
X ₈ : AV-1	-0,10	0,22	0,66				-0,10	0,21	0,64			
X ₈ : AV-2	-0,38	0,24	0,11				-0,36	0,24	0,13			
X ₈ : AV-3	-0,27	0,27	0,30				-0,33	0,26	0,20			
X ₈ : AV-4	0 ^a						0 ^a					
X ₉ : SV-1	-0,14	0,14	0,31				-0,23	0,15	0,11			
X ₉ : SV-2	0 ^a						0 ^a					
X ₁₀ : SE-1	-0,06	0,19	0,77				-0,09	0,19	0,62			
X ₁₀ : SE-2	0 ^a						0 ^a					
X ₁₁ : EV-1	-0,05	0,16	0,74				-0,02	0,16	0,92			
X ₁₁ : EV-2	-0,15	0,12	0,20				-0,18	0,11	0,12			
X ₁₁ : EV-3	0 ^a						0 ^a					
(Binomio negativo)	0,31	0,04		0,33	0,04		0,31	0,04		0,33	0,04	
Test omnibus	df= 15 Sig= 0,000			df= 6 Sig= 0,000			df= 15 Sig= 0,000			df= 6 Sig= 0,000		
Razón de verosimilitud	134,481			132,316			136,844			130,788		
Chi-cuadrado												
Desviación	259,146, df=225, valor/df=1,152			255,815, df=234, valor/df=1,093			258,669, df=225, valor/df=1,150			257,145, df=234, valor/df=1,099		
Chi-Cuadrado de pearson	250,073, df=225, valor/df=1,111			247,385, df=234, valor/df=1,057			249,495, df=225, valor/df=1,109			246,699, df=234, valor/df=1,054		
AIC	1562,967			1554,549			1570,569			1556,548		
BIC	1622,279			1582,461			1629,881			1584,459		

a. parámetro redundante por dummy; EE: Error estándar

Fuente: Elaboración propia.

Los modelos 1 y 2 contienen la variable ADDT, y los modelos 3 y 4 tienen la variable ADDT-MC.

Los cuatro modelos fueron estadísticamente significativos dentro de la prueba ómnibus (P-valor <0,05). Los modelos 1 y 3 no fueron representativos (algunas de las variables no fueron significativas - P-valor>0,05). Los modelos 2 y 4 fueron significativos en las variables consideradas (P-valor<0,05). Las estadísticas de bondad de ajuste de estos modelos tuvieron buenos resultados. Los valores de chi-cuadrado de Pearson divididos por los grados de libertad estaban dentro del rango permisible y aceptable (alrededor de 1,1) para una distribución binomial negativa.

Los modelos 2 y 4 están representados por tres variables cualitativas y una variable categórica. Los modelos pueden ser presentados de la siguiente forma:

Modelo 2:

$$Y = \exp(-3,45) \cdot \frac{NAT^{0,36}}{LO} \cdot COM^{0,18} \cdot AADT^{0,31} \times \exp(TV_1(1,31) \cdot TV_2(1,04) \cdot TV_3(0,93)) \quad \text{Eq. 9}$$

Modelo 4:

$$Y = \exp(-2,26) \cdot \frac{NAT^{0,30}}{LO} \cdot COM^{0,21} \cdot AADTMC^{0,20} \times \exp(TV_1(1,43) \cdot TV_2(1,02) \cdot TV_3(0,86)) \quad \text{Eq. 10}$$

Los modelos 2 y 4 tienen en común las variables que representaron el número de accesos totales (intersecciones/cruces) por kilómetros, tipo de área comercial y el tipo de vía. Estos dos modelos incluyeron las variables ADDT y ADDT-MC respectivamente. De acuerdo con los modelos, el número de accidentes de tráfico en motocicletas aumenta en la medida que se incrementa el volumen de tráfico, el número de accesos, y la cobertura comercial de un tramo vial. Así mismo, los tipos de vías tienen implicaciones en predecir la frecuencia de accidentes en motocicletas.

Estos dos modelos representan la función de desempeño en seguridad vial para estimar el número de choques de motocicletas por kilómetro al año. Las variables AADT y AADT-MC representan la medida de exposición, mientras que las restantes representan los factores de riesgo. Los dos modelos pueden ser aceptados para representar la función de rendimiento para la accidentalidad de los motociclistas. Al utilizar las métricas de criterios de desviación, AIC y BIC que sirven para comparar los modelos que fueron significativos, se observó que el modelo 2 obtuvo menores valores en estas métricas, lo que podría mostrar que es un modelo indicado. Además, el AIC a menudo se usa como una forma de comparar varios modelos competidores, sin necesariamente de hacer alguna inferencia formal [185]. Sin embargo, los dos modelos pueden ser considerados adecuados y aceptables para predecir los accidentes en los motociclistas.

Los valores de AIC y BIC se ven afectados por el número de variables explicativas del modelo, por lo que estas métricas tienden a ser más bajas. Sin embargo, los valores entre los modelos 2 y 4 fueron muy cercanos. En esta condición, se realizó un análisis de residuos acumulativos (en Inglés: CURE), donde los modelos comparten alguna variable cuantitativa, como el número de accesos. Así mismo, se consideraron gráficos residuales con la variable del número de accidentes y los volúmenes vehiculares (AADT/AADT-MC) que tuvieron los modelos 2 y 4. En el Anexo 11, se muestra los análisis residuales que compara los modelos 2 y 4.

Desde el análisis residual, el número de accidentes predichos mostró que para el modelo 4 no se tienen sesgos, patrones o algunas tendencias. Los datos en el modelo 4 se encuentran bien

Finalmente, con el gráfico CURE focalizado en el número de intersecciones por tramo vial, se ratifica la selección del modelo de mejorar ajuste para predecir accidentes viales en motociclistas. Un gráfico CURE que fluctúe más cerca de cero mostrará un mejor ajuste entre los rangos de las variables analizadas [186]. La gráfica muestra que el modelo 4, fue más cercano del cero. El 65% de puntos evaluados fueron más cercanos, y representaron una mejora en el error medio absoluto acumulado (16%). El modelo 4 reveló mejor ajuste en el rango de 4 a 14 accesos por kilómetros.

La identificación de las secciones propensas en accidentes en motocicletas tomó como referencia el modelo 4, dado que contiene menor variabilidad residual en la predicción, y fue más rico en el conjunto de variables exploratorias del problema. La sobre dispersión del modelo fue 0,33. El cálculo del valor W_i , los valores predichos y observados para cada uno de los tramos se aplicaron con las ecuaciones 4-5. A partir de los valores predichos y el valor predichos ajustados, se procedió a calcular el valor (Δ). Este valor permite identificar aquellos tramos con un exceso importante en la predicción, por ello se consideraron como tramos críticos todos aquellos con un valor positivo.

Mapa de la frecuencia de accidentes en motociclistas en la zona de Caradara, Uruguay. El mapa muestra la zona costera y urbana, con una leyenda que indica tres niveles de frecuencia: 1-5 (verde), 6-10 (naranja) y más de 11 (rojo). Se observan zonas de alta frecuencia (más de 11) en la zona de Caradara y en la zona de la Plaza de la Ternerera. El mapa incluye también la leyenda de la frecuencia de accidentes en motociclistas.

39

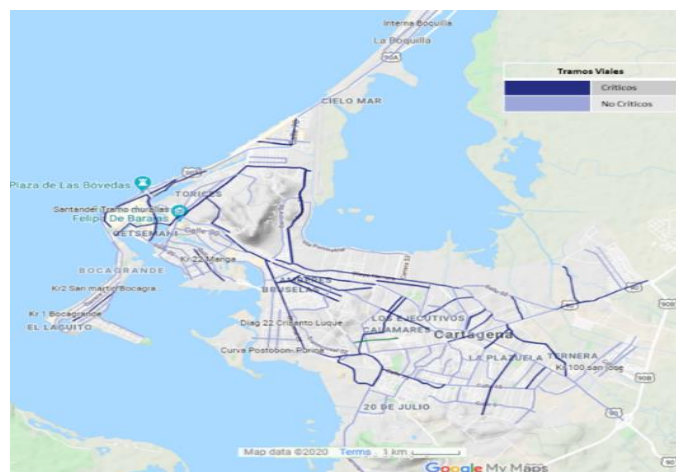


Figura 7. Tramos críticos propensos en accidentes viales en motocicletas.
Fuente: Geolocalizados con Google Mapas con datos del DATT.

5.7 Discusión en la predicción de accidentes en motocicletas por tramos viales

Al calcular una función de rendimiento en seguridad vial, se desarrolló un análisis de variables exploratorias del entorno, infraestructura y operacionales que permitió identificar factores asociados con el número de accidentes por kilómetros que involucran al menos una víctima herida o mortal. Entre los factores de riesgo se encontraron el número de accesos o intersecciones, el volumen del tráfico, el tipo de uso del suelo, y el tipo de vía. Estos hallazgos coincidieron con estudios en países emergentes, donde escasean soluciones de movilidad, y es común el transporte informal [49, 80, 81, 187].

En los modelos 2 y 4, con mejor significancia, se identificó que el tráfico vehicular (AADT, ADDT-MC) fue un factor clave que se relaciona con el nivel de exposición de los actores viales como lo señala Elvik [72]. Considerar el volumen de las motocicletas (ADDT-MC) permitió un mejor ajuste en las predicciones, dado que mejora la sensibilidad con las variaciones del flujo vehicular. Estos hallazgos también fueron remarcados por Abdul Manan, et al. [49], Lyon, et al. [82] y Elvik, et al. [188]. De esta forma, el modelo 4 fue el más conveniente, como lo mostró los análisis de variabilidad y error.

El número de accesos (intersecciones) fue una de las variables cuantitativas esenciales. Las intersecciones son importantes, debido a que corresponden a puntos de alta interacción que conectan vías principales o arteriales con circulación en diferentes velocidades [54]. La accidentalidad en motocicletas reveló que las zonas con mayor riesgo fueron las intersecciones no semaforizadas (80%). Las intersecciones con más peligro fueron de tres y cuatro ramales. Cartagena tiene problemas de ordenamiento territorial y distribución geo poblacional. La ciudad está localizada alrededor de la bahía sobre el mar Caribe, y cuenta con la mayoría de los segmentos viales en sentido transversal y diagonal, aumentando el número de accesos o intersecciones.

Las zonas comerciales sobre los tramos viales fueron un factor de riesgo en las motocicletas. Dentro de los tramos críticos, la intensidad comercial fue superior al 35%. El aumento en la

intensidad comercial influencia el tráfico vehicular y la presencia de peatones. Es común en la ciudad, la deficiencia de las aceras para la circulación de peatones. Así mismo, las aceras en zonas comerciales en vías arteriales y colectoras con mucha frecuencia se convierten en estacionamientos. Esta condición, obliga a los peatones a circular sobre la vía. Las zonas comerciales en vías locales comúnmente presentan obstrucción de vehículos sobre la vía. Esta condición, fomenta la circulación de motocicletas en las aceras o contravía y generan un alto riesgo para todos los actores viales [189].

El tipo de vía fue un factor significativo que se relacionó con la concentración de tráfico. Desde el enfoque de las vías locales estas mostraron una alta participación en las secciones propensas a accidentes. Esta condición, puede estar relacionada, con los problemas de la infraestructura (señalización, iluminación, pavimento), así como el exceso de velocidad en las vías inter barriales. Por ejemplo, los mototaxistas en Cartagena toman vías alternas para agilizar su transporte, evadir la autoridad, o movilizar áreas con poca conectividad. Adicionalmente, la mayoría de los tramos identificados tienen relación con zonas con alta vulnerabilidad socioeconómica. Estas áreas son difíciles en la movilidad por carecer de sistemas de transporte eficiente, siendo estas localidades más propensas para el mototaxismo. Estos hallazgos socioeconómicos son consistentes con los estudios de Gutierrez y Mohan [190] sobre el transporte informal.

El análisis consideró 121 tramos viales correspondiente al 30% de la malla vial total. En los resultados, se encontró el volumen de tráfico como factor de exposición, y el número de accesos totales como factores de riesgo. Dentro de los segmentos propensos a accidentes se identificaron 55 tramos viales de alto riesgo (12 arteriales, 20 colectoras, 22 locales, y 1 rural). Al contrastar los valores observados vs valores predichos ajustados se obtuvo un error medio 0,0535. Este efecto revela que el enfoque empírico de Bayes contribuye a mejorar los ajustes posibles del modelo en las predicciones toda vez que considere el parámetro de sobre dispersión del modelo.

Los resultados y hallazgos relacionados con los factores de riesgo permitieron ratificar las intersecciones como zonas de mayor accidentalidad en las motocicletas en Cartagena, donde la mayor concentración se presenta en las intersecciones no semaforizadas de tres y cuatro ramales. Así mismo, los segmentos viales más propensos en accidentes permitieron priorizar las locaciones para los análisis de conducta y conflictos viales de las motocicletas en Cartagena. En el Capítulo 7, se describirán y definirán los puntos de medición y recolección (intersecciones) como objeto de estudio de la presente investigación.

6. PERCEPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO, ACCIDENTALIDAD, INFRACCIONES Y CULPABILIDAD DE LOS MOTOCICLISTAS EN CARTAGENA

Este análisis fue focalizado en identificar comportamientos auto reportados propensos a accidentes viales en los motociclistas en Cartagena. A continuación, se describen el método general y el instrumento de auto-reporte, el grupo de estudio y finalmente los resultados.

6.1 Metodología

El análisis de comportamiento vial se desarrolló con el instrumento diseñado por Elliott, et al. [47], denominado MRBQ. El instrumento MRBQ fue adaptado al contexto sociocultural y permitió identificar comportamientos intencionales (violaciones, maniobras, velocidad), no-intencionales (errores de control y tráfico), así como condiciones de seguridad. El instrumento fue aplicado en mototaxistas de Cartagena, por ser un grupo predominante y la factibilidad en la recolección de la información sobre las vías.

En el estudio se calculó una muestra mínima de 382 personas, considerando una población de 75.000 motociclistas (nivel de confianza: 95%, error: 5%). La encuesta consultó datos demográficos (género, edad, estado civil, nivel educativo), condiciones de conducción (cilindraje, propiedad, ingreso económico diario, pasajeros diarios, mantenimiento, experiencia, frecuencia de manejo, kilómetros recorridos), cuasi-accidentes, accidentes, infracciones (multas/penalidad), y accidentes con responsabilidad (culpa) de los motociclistas presentados en el último año de conducción.

Las encuestas se realizaron entre febrero a mayo del 2019. El cuestionario fue administrado presencialmente por 7 entrevistadores. Los motociclistas fueron seleccionados al azar y autorizaron su participación voluntaria con consentimiento informado. El cuestionario no solicitó información confidencial y no representó ningún riesgo para los participantes. La información fue procesada de forma anónima siguiendo las disposiciones éticas y legales de Colombia.

Las entrevistas se realizaron de lunes a viernes en horario diurno. Los criterios de selección fueron: a) tener más de 18 años, b) conducir una motocicleta con una cilindrada cúbica superior a 90, c) experiencia de conducción superior a un año, d) dedicación al mototaxismo, f) conducción mínimo 20 horas a la semana o más de 20 kilómetros a la semana, f) capacidad de lectura y escritura, g) aprobar el consentimiento informado, y h) completar todo el cuestionario.

De los 43 Ítems originales del instrumento MRBQ desarrollado por Elliott, et al. [47], se mantuvieron 28 y se modificaron 6, dejando 34 ítems del instrumento original. Posteriormente se incluyeron 11 nuevas preguntas, estas modificaciones y nuevos ítems estuvieron relacionados con ajustes al contexto sociocultural, así como adaptaciones de estudios previos de Motevalian, et al. [92], Sunday y Akintola [93], y Hosseinpourfeizi, et al. [95].

La adaptación sociocultural del cuestionario está relacionada en cómo se desarrollan e identifican comportamientos aberrantes y erráticos. Estos ajustes fueron necesarios, debido a las diferencias en el comportamiento social y los sistemas de tráfico [191]. Además, estas variaciones han sido consideradas en múltiples análisis de conductas [89]. Los ajustes socioculturales deben considerar traducciones o variantes que incluyan aberraciones culturales específicas [192]. En el Anexo 13, se muestran las preguntas que fueron consideradas, ajustadas, y descartadas.

Por ejemplo, los ítems 13, 14, 23, 29, 39, 40, 44 y 45, fueron ajustados para la comprensión de los motociclistas. Asimismo, los ítems 32, 33, 34, 35, 37 y 38 fueron conductas relacionadas con el contexto social de la seguridad vial en Colombia. Los ítems 36 y 41 fueron conductas relacionadas con las infracciones más frecuentes en Colombia. Los motociclistas encuestados informaron en escalas de 6 puntos sus comportamientos (1, nunca, 2, casi nunca, 3, ocasionalmente, 4, bastante/a menudo, 5, con frecuencia y 6, casi siempre). En la aplicación del cuestionario se implementaron 30 auto reportes, como prueba piloto para validar los ítems establecidos, la adaptación del idioma al español y la comprensión por parte de los motociclistas.

Dentro de los ítems que no fueron considerados se encontraron: llevar botas de moto, usar indumentaria de cuero (pantalones, chaquetas, guantes), protección para codos y rodillas, fumar en el desplazamiento, prestar un servicio informal en la motocicleta, estado o deterioro de la motocicleta, usar tirantes o accesorios fluorescentes adicionales. Por ejemplo, el portar elementos de cuero fueron condiciones no habituales en motociclistas cuando se conducen en condiciones climáticas calientes y húmedas. Otras preguntas no fueron consideradas por ser repetitivas en aspectos que se consultaron en las preguntas introductorias de las circunstancias de uso y conducción de las motocicletas, o por ser abordadas en otros ítems.

El instrumento MRBQ se procesó con un análisis factorial con el método de extracción de componentes principales (rotación-varimax/ortogonal). La consistencia interna de los ítems se evaluó a través del coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach. En los análisis se aplicó estadística descriptiva, y en los factores se estimó la media y varianza con los ítems clasificados. En los datos se calculó el valor Kaiser-Meyer-Olkin como medida de adecuación muestral. La prueba de contraste de Bartlett fue implementada para evaluar la esfericidad en los factores obtenidos. Se realizaron pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis) para comparar las diferencias entre grupos (demografía, condiciones de manejo y reporte de accidentalidad) con los factores MRBQ. Adicionalmente, se realizó un análisis correlacional (bivariado) de Pearson de las variables independientes.

Las regresiones logísticas se utilizaron para investigar la asociación entre la información demográfica y los factores MRBQ. Se plantearon cuatro modelos para analizar la predicción (resultados) en cuasi-accidentes, accidentes, infracciones y accidentes con responsabilidad. En cada análisis, las variables independientes fueron la edad, los años de conducción y las horas de conducción en una semana promedio, la propiedad, los ingresos económicos y los pasajeros diarios transportados, así como los factores MRBQ. Se evaluó la independencia y multicolinealidad de las variables con el factor de inflación de varianza (VIF). Los modelos consideraron medidas de bondad de ajuste con las pruebas de Omnibus, razón de verosimilitud chi-cuadrado, prueba de

Hosmer & Lemeshow, R2 Nagelkerke y R2 McFadden. Todos los análisis fueron realizados con el Software estadístico SSPS ver. 25.

6.2 Participantes

Los conductores de motocicletas dedicados al mototaxismo fueron abordados en estaciones informales o áreas con alta convergencia de movilidad (centros comerciales, estaciones de servicio, estaciones de transporte público e intersecciones importantes). La recolección se llevó a cabo en 27 lugares de la ciudad, y contó con el apoyo y divulgación de 4 agremiaciones informales de mototaxistas (ver Anexo 14). El cuestionario permitió una muestra de 438 motociclistas. Las características demográficas, las condiciones de conducción, operativas, el historial de choques y las multas de tráfico se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Demografía, condiciones de conducción, operativas y accidentes viales.

Tabla 17. Demografía, condiciones de conducción, operativas y accidentes viales.										
Tipo	Variable	Categoría	No	%	Tipo	Variable	Categoría	No	%	
Demografía	Género	Hombre	436	99,5	Conducción	Motor (CC)	90-100	346	79	
		Mujer	2	0,5			101-120	27	6	
	Edad	18-20	24	5			121-149	49	11	
		21-25	80	18			150>	16	4	
		26-30	110	25		Calidad moto	Baja	74	17	
		31-35	62	14			Media	165	38	
		36-40	74	17			Alta	199	45	
		46-50	54	12		Años conducción	1 a 2	53	12	
		51>	34	8			3 a 5	92	21	
	Estado civil	Casado	104	24			6 a 10	142	32	
		Soltero	125	29			11 >	151	34	
		Soltero (con hijos)	10	2		Horas de conducción semanal	50 o menos	190	43	
	Separado/divorciado	4	1	51 -70			133	30		
	Educación	Unión libre	195	45			71 – 90	93	21	
		Primaria	27	6			90 >	22	5	
		Secundaria	317	72	Kilómetros recorridos semana	500 o menos	212	48		
		Técnico/tecnológico	81	18		500 – 1.000	126	29		
Universitario		5	1	1.001 – 1.500		89	20			
Sin información	8	2	1.501 – 2.000	11		3				
Condiciones operativas	Propiedad	Propia	331	75,6	Reporte eventos viales	Infracciones	0	239	55	
		Rentada	107	24,4			1	112	26	
	Pasajeros/día	4 o menos	24	5,5			2 a 3	69	16	
		5	42	9,6			4 >	18	4	
		6	51	11,6		Cuasi-accidentes	ninguno	356	81	
		7	100	22,8			1 a 2	61	14	
		8	118	26,9			3 >	21	5	
		9	59	13,5		Accidente	ninguno	361	82	
		10	25	5,7			1	62	14	
		11>	19	4,3			2 >	15	3	
		Ingreso Diario (COP*)	\$40 mil COP o menos	98		22,4	Accidente (Responsabilidad /Culpa)	Activo	24	31
	\$41- 45 mil COP		102	23,3		Pasivo		53	69	
	\$46- \$50 mil COP		115	26,3		*NOTA: COP pesos colombianos (\$)				
	\$50 mil COP >		123	28,1						

Fuente: Elaboración propia.

Los principales participantes fueron hombres (99,5%). La edad promedio de la muestra fue de 33,53 años. El 68% estaban casados o en unión libre. El nivel educativo predominante fue la secundaria (72%). El 67% tienen más de 6 años de experiencia. La experiencia media de conducción fue de 9,9 años. El promedio de conducción a la semana fue 61,3 horas. El 76% de las motocicletas eran propias y el 24% alquiladas. El 73% de los motociclistas transportaron más de 7 pasajeros al día. El ingreso promedio diario fue de 46.000 pesos colombianos. El 46% informó más de una infracción vial. El 19% estaba al menos relacionado con cuasi-accidentes. El 17% han estado involucrados en accidentes. De este conjunto, el 31% aceptaron su responsabilidad o culpa en el accidente vial.

6.3 Análisis de los Ítems MRBQ

En el análisis del instrumento MRBQ se definieron 45 ítems los cuales fueron adaptados al contexto sociocultural, para identificar comportamientos que fueron intencionales, no-intencionales, así como condiciones de seguridad. La valoración de los 45 ítems-MRBQ se resumieron en el Anexo 15. Los coeficientes de confiabilidad alfa de Cronbach fueron superiores a 0,75, lo que indicó una buena confiabilidad.

El comportamiento más frecuente reportado fue “conducir con casco” (ítem 39; 5,62 (0,97)). Seguido, por “el pasajero no hace uso del casco” (ítem 40; 5,30 (1,09)), “utiliza ropa/chaleco reflectivo” (ítem 45; 4,52 (1,87)), y “usa faros diurnos en la motocicleta” (ítem 24; 3,56 (2,08)). Los cuatro ítems más valorados están relacionados con la seguridad en la conducción. Los ítems con menor valoración fueron “intentar levantar la motocicleta - posición de caballo/jinete” (ítem 21; 1,39 (0,72)), “se ha involucrado en piques/carreras con otros conductores” (ítem 20; 1,39 (0,72)), “intencionalmente o no, le saca humo en el giro de la rueda” (ítem 23; 1,42 (0,80)), y “sin querer se le ha levantado la motocicleta” (ítem 22; 1,52 (0,85)). Estos ítems se relacionan con maniobras o acrobacias.

6.4 Análisis Factorial de los Ítems MRBQ

En el análisis factorial se extrajeron 5 factores considerando todos los ítems con corte superior a 0,30. Los 5 factores obtenidos explican el 42% de la varianza. La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin fue 0,86 y la prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa (chi-cuadrado = 7327,52, (valor-p: 0,001). Finalmente, el análisis factorial proporcionó información adecuada sobre cualquier factor subyacente, debido a la fuerte correlación de los ítems considerados. En el análisis se consideraron las etiquetas definidas por Elliott, et al. [47]. La clasificación para cada factor se muestra en el Anexo 15. Los factores fueron declarados como: maniobras/acrobacias, exceso de velocidad, errores de tráfico, errores de control, y seguridad.

- El factor 1 (maniobras): explica el 20,4% de la varianza total y contiene 17 elementos (ítems 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 42).
- El factor 2 (exceso de velocidad): explica el 7% de la varianza total y consta de 8 elementos (ítems 8, 14, 15, 16, 18, 19, 30, 41).
- El factor 3 (errores de tráfico): explica el 5,1% de la varianza total y contiene 11 elementos (ítems 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 24, 28).
- El factor 4 (errores de control): representa el 4,7% de la varianza y está compuesto de 5 elementos (ítems 3, 12, 29, 39, 40).
- El factor 5 (seguridad): explica el 4,4% de la varianza y con 4 elementos (ítems 13,43,44, 45).

Después de realizar el análisis factorial, los factores organizados de mayor a menor puntuación fueron los siguientes: errores de control (3,24 (0,51)), seguridad (2,74 (1,05)), errores de tráfico (2,30 (0,70)), exceso de velocidad (2,19 (0,87)) y maniobras (1,72 (0,60)). Al analizar los ítems relacionados con cada uno de los factores, se resumen las siguientes conductas:

En maniobras, se vincularon conductas como: aprovechar las vías residenciales para circular de forma más ágil (ítem 17), involucrarse en competencias con otras motocicletas (ítem 20), desarrollar movimientos arriesgados con la moto (ítems 21-23), movimientos de desaceleración (ítems 25,26), arriesgar el balance y estabilidad por circulación temeraria (ítem 27), conducir bajo efectos alucinógenos (ítem 31), no respetar las normas de circulación (ítems 32-38), y adelantar en contravía o alineados a la izquierda (ítem 42). Todas estas conductas son actos deliberados y arriesgados, sin respeto por las normas de circulación y tránsito, así como comportamientos que buscan sacar provecho de la maniobrabilidad que brinda la motocicleta.

En exceso de velocidad, se vincularon comportamientos con el desplazamiento ágil, rápido y temerario. Entre ellos, no tener la capacidad para un frenado efectivo o guardar una distancia segura (ítem 8), no respetar los límites de velocidad (ítems 14-16), sobre acelerar en el arranque del vehículo (ítem 18), aumentar la velocidad sin respeto de carriles (ítem 19), acelerar evitando la fricción con otros actores viales (ítem 30), y chocar con periféricos de otros vehículos por desplazamientos rápidos (ítem 41).

En errores de tráfico se vincularon comportamientos como: no identificar de manera correcta la circulación de peatones (ítems 1,2), juzgar mal la circulación y velocidad que lo relaciona en el desplazamiento con otros actores viales (ítems 4-7,9), calcular deficientemente el paso por un semáforo que ha cambiado de señal (ítem 10), no guardar la distancia entre vehículos (ítem 11), ambigüedad en el uso de los faros diurnos (ítem 24), y dificultad en la conducción por malas condiciones de la vía (ítem 28).

En los errores de control se relacionaron conductas que involucran problemas para mantener la estabilidad, equilibrio y habilidades en la manipulación de la motocicleta. Entre ellos, dificultad para detenerse en un cruce peatonal (ítem 3), dificultad en el equilibrio para un giro en escuadra (ítem 12), la dificultad de conducir cuando los visores del casco se encuentran en malas condiciones (ítem 29), y finalmente los motociclistas que portan el casco propio o del pasajero en el brazo o antebrazo tienen dificultades en la conducción efectiva (ítems 39,40).

En los factores de seguridad, se vincularon aspectos como: movimientos seguros en los giros (ítem 13), utilizar ropa protectora y cómoda para la conducción (ítem 43), uso de elementos complementarios para la protección de columna, rodillas, tobillos, hombros (ítem 44), y finalmente el uso de ropa reflectiva (ítem 45). Todos estos aspectos se relacionaron con condiciones donde los motociclistas buscan la protección de su integridad física en la conducción.

6.5 Contraste entre Factores MRBQ y Variables Independientes

Se analizó la valoración de los factores MRBQ, aspectos demográficos, condiciones de conducción, operativas e historial de accidentes viales. El resultado y el contraste de las variables independientes se muestran en el Anexo 16. La validación se desarrolló para las variables independientes con la prueba de chi-cuadrado de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre el estado civil y los errores de control. Asimismo, entre el nivel educativo del motociclista y, errores de tráfico y control. Los motociclistas con educación superior a la secundaria reportaron con mayor frecuencia errores en la conducción.

Las maniobras y violaciones de velocidad fueron mayores en las motocicletas con malas condiciones. Las maniobras presentaron diferencias significativas con los años de experiencia. Las horas promedio de conducción por semana y el promedio de kilómetros recorridos semanalmente revelaron diferencias significativas con las maniobras, exceso de velocidad y errores de tráfico. Las violaciones de velocidad aumentaron cuando las horas de conducción semanal fueron superiores a 71 horas. Los errores de tráfico disminuyeron cuando las horas de conducción semanal fueron inferiores a 50 horas. Los motociclistas disminuyeron las maniobras cuando la distancia semanal recorrida fue inferior a 500 kilómetros. Las violaciones de velocidad y errores de tráfico fueron menores cuando la distancia semanal recorrida fue entre 500 a 1.000 kilómetros.

Las maniobras y violaciones de velocidad mostraron una diferencia significativa en la propiedad de la motocicleta. Las valoraciones fueron altas en los individuos que alquilan una motocicleta para trabajar. El número de pasajeros e ingresos diarios tuvieron diferencias significativas en los errores de tráfico. Los motociclistas con menos de 4 pasajeros diarios cometieron menos errores de tráfico. El aumento de los ingresos diarios incrementó los errores de tráfico de los motociclistas.

El contraste entre los factores MRBQ, accidentes y cuasi-accidentes, infracciones y accidentes con responsabilidad en el último año se realizó en condición binaria (sí o no). Todos los factores mostraron diferencias significativas cuando existen infracciones de tráfico. Las frecuencias de maniobras, violaciones de velocidad, errores de tráfico y control fueron más altas para los motociclistas involucrados en cuasi-accidentes y accidentes. Finalmente, el factor seguridad mostró diferencias significativas en los accidentes con responsabilidad.

6.6 Análisis Predictivo con los Factores MRBQ y Variables Independientes

Se aplicó una regresión logística binaria (Logit) con cuatro modelos para predecir la relación entre las variables independientes, y los accidentes, cuasi-accidentes, infracciones de tráfico y accidentes con responsabilidad. Las variables independientes consideradas fueron la edad, la experiencia de conducción, las horas semanales de conducción, la propiedad, los pasajeros e ingresos diarios, así como los factores MRBQ.

La multicolinealidad no estuvo presente para ninguna de las variables independientes incluidas en los modelos, así mismo todas las variables tuvieron valores de correlación absolutos menores a 0,5 y el estadístico factor de inflación de varianza (VIF) alrededor de 1 (ver Anexo 17). Las variables independientes mostraron relaciones débiles a moderadas, lo que indica que comparten algo en común, pero se desenvuelven de forma independiente.

Todas las variables fueron analizadas bajo categorías numéricas, para establecer los modelos mencionados anteriormente. Los resultados de los modelos logísticos se muestran en la Tabla 18. La prueba de Hosmer y Lemeshow mostró que los modelos de regresión logística tuvieron un buen ajuste, con significancia estadística superior a 0,05. Los modelos obtuvieron entre 4 y 6 variables independientes como predictores significativos. Los valores R^2 de Nagelkerke en todos los modelos oscilaron entre 0,6 y 0,9. Esto indica que los modelos propuestos pueden explicar entre

el 60% y el 90% de la varianza de las variables dependientes. El valor R² de McFadden osciló entre 0,49 y 0,86, lo que se considera un ajuste bueno.

La experiencia de conducción, la propiedad, los ingresos diarios, los errores de control y tráfico, y la seguridad fueron predictoras importantes en los accidentes. Una disminución en el nivel de experiencia, los errores de control o seguridad aumentó la posibilidad de estar implicado en un accidente. Un aumento en los ingresos diarios y los errores de tráfico incrementó la posibilidad de estar involucrados en accidentes. Los individuos que alquilan una motocicleta obtuvieron más probabilidades de accidentes. Los motociclistas que reportaron más errores de tráfico tuvieron 4 veces más probabilidades (OR: 3,8) de accidentes en comparación con los que informaron con menos frecuencia.

Tabla 18. Regresiones logísticas en la predicción de accidentes, cuasi-accidentes, infracciones y accidentes con responsabilidad.

Variables		Accidentes beta (e.e)	Cuasi- accidentes beta (e.e)	Infracciones beta (e.e)	Accidentes (culpa) beta (e.e)
Demográfica	Edad	-0,06 (0,10)	0,09 (0,13)	-1,10 (0,14) ****	0,62 (0,24) **
	Años de experiencia	-0,95 (0,17) ****	-2,89 (0,34) ****	-0,01 (0,18)	0,49 (0,42)
Exposición	Horas de conducción semana	0,32 (0,17)	-0,25 (0,23)	-0,01 (0,18)	-0,67 (0,45)
	Propiedad	-0,64 (0,33) *	-0,66 (0,46)	1,07 (0,39) **	-2,57 (0,80) ****
Operativa	Pasajeros diarios	0,11 (0,08)	-0,01 (0,10)	0,16 (0,08)	-0,22 (0,17)
	Ingreso diario	0,26 (0,13) *	0,21 (0,17)	-0,23 (0,14)	0,06 (0,27)
Factores MRBQ	Maniobras	-0,42 (0,28)	0,32 (0,34)	2,85 (0,40) ****	-0,60 (0,58)
	Exceso de velocidad	0,27 (0,20)	0,11 (0,26)	0,37 (0,23)	2,52 (0,50) ****
	Error de tráfico	1,34 (0,31) ****	0,78 (0,40) *	0,01 (0,30)	0,76 (0,48)
	Error de control	-0,78 (0,26) ***	1,16 (0,35) ***	0,77 (0,26) ***	-2,87 (0,67) ****
	Seguridad	-0,48 (0,15) ***	-0,42 (0,21) *	-2,16 (0,25) ****	-0,82 (0,27) ****
Medidas de bondad de ajuste	Omnibus Test-chi-cuadrado	299,56 (Df:11) ****	417,07 (Df:11) ****	318,854 (Df:11) ****	519,767 (Df:11) ****
	Test Hosmer & Lemeshow	4,624 (Df:8) Sig: 0,80	12,431 (Df:8) Sig: 0,13	5,477 (Df:8) Sig: 0,69	2,719 (Df:8) Sig: 0,95
	-2 Log (Likelihood)	307,635	190,129	288,343	87,43
	R ² Nagelkerke	0,64	0,82	0,69	0,93
	R ² McFadden	0,49	0,69	0,53	0,86

β: Coeficiente beta estimado, e.e: error estándar, * (valor-p< 0,05, ** valor-p< 0,01, *** valor-p< 0,001; **** valor-p< 0,0001).

Fuente: Elaboración propia.

La experiencia de conducción, errores de control, errores de tráfico y seguridad fueron predictores importantes de los cuasi-accidentes. Una disminución en la experiencia o en la seguridad aumentó la probabilidad involucrarse en cuasi-accidentes. Un aumento en los errores de tráfico y control incrementaron la probabilidad de estar implicados en cuasi-accidentes. Los motociclistas que informaron menos experiencia tuvieron 18 veces más probabilidades (OR: 18,2) de estar involucrados en cuasi-accidentes en comparación con aquellos que reportaron más experiencia.

La edad, propiedad, maniobras, errores de control y seguridad fueron predictores importantes de las infracciones de tráfico. Una disminución en la edad o la seguridad aumentó la probabilidad de involucrarse en infracciones viales. Un aumento en las maniobras o errores de control incrementó la probabilidad de involucrarse en infracciones viales. Los propietarios de motocicletas tuvieron más probabilidades de infracciones. Los motociclistas que reportaron maniobras con más frecuencia mostraron 17 veces más probabilidades (OR: 17,2) de estar involucrados en infracciones de tránsito en comparación con aquellos que reportaron con menos frecuencia.

Además, los motociclistas que reportaron un menor uso de elementos de seguridad tienen 8 veces más probabilidades (OR: 8,7) de recibir una infracción en comparación con aquellos que lo reportaron con mayor frecuencia.

La edad, la propiedad, el exceso de velocidad, los errores de control y los elementos de seguridad fueron predictores importantes de los accidentes con responsabilidad del motociclista. Una disminución en los errores de control o seguridad aumentó la probabilidad involucrarse en accidentes con responsabilidad. Un aumento en la edad o las violaciones de velocidad incrementó la probabilidad de involucrarse en accidentes con responsabilidad. Los motociclistas que alquilaron una motocicleta tuvieron 13 veces más probabilidades (OR: 12,9) de involucrarse en accidentes con responsabilidad. Los motociclistas que informaron violaciones de velocidad con mayor frecuencia tienen 12 veces más probabilidades (OR: 12,4) de involucrarse en accidentes con responsabilidad en comparación con aquellos que lo notificaron con menos frecuencia. Además, los motociclistas que informaron menos errores de control tuvieron 18 veces más probabilidades (OR: 17,9) de involucrarse en un accidente como usuarios activos en comparación con aquellos que lo informaron con más frecuencia.

6.7 Discusión

El instrumento MRBQ fue adaptado al contexto sociocultural, y se sugiere que el instrumento puede ayudar a comprender el comportamiento (intencionales o no intencionales, aberrantes, violatorios), exposición, aspectos de conducción y condiciones operativas de los motociclistas y su relación con los accidentes viales. Esta investigación permitió identificar aspectos relevantes de los mototaxistas de Cartagena por ser una población mayoritaria.

En Cartagena, el mototaxismo es una actividad común para personas de bajos ingresos o sin oportunidades laborales formales [193]. Los mototaxistas fueron en su mayoría hombres adultos jóvenes (entre 18 y 34 años), con escasa formación, con poca o nula experiencia en la conducción, y bajo nivel socioeconómico. Este servicio se brinda en motocicletas de dos ruedas y los motociclistas se endeudan o alquilan una motocicleta para ofrecer sus servicios. Actualmente, las condiciones socioeconómicas de la ciudad han incrementado su circulación. La mayoría de los mototaxistas trabajan largas jornadas para obtener un ingreso diario para sus necesidades básicas, el sustento familiar y las deudas con el vehículo (créditos, rentas y mantenimiento). Los motociclistas tomaron riesgos en la circulación, por ejemplo, el 27% de las infracciones reportadas por los motociclistas estaban relacionadas con el cumplimiento de requisitos legales como licencias, seguros o documentación.

El 61% y el 59% de los motociclistas relacionados con accidentes y cuasi-accidentes fueron adultos jóvenes, y el 83% de los motociclistas con menos de un año de experiencia también correspondieron a este grupo etario. Muchos jóvenes con obligaciones familiares toman esta actividad económica informal como primera opción, sin tener una experiencia de conducción [190]. Los motociclistas consideraron esta actividad económica competitiva por su educación y nivel de habilidades. El 78% de los motociclistas consultados poseen educación secundaria. Los mototaxistas buscan desarrollar una actividad laboral informal en el mayor tiempo posible para aumentar sus ingresos económicos, este efecto tuvo relación con estar involucrado en accidentes.

Los motociclistas que alquilan una motocicleta deben pagar aproximadamente 16.000 pesos colombianos diarios. Los propietarios de motocicletas trabajan un promedio de 62 horas a la semana, mientras que los que alquilan trabajan un promedio de 80 horas a la semana. Finalmente, es importante resaltar que las condiciones socioeconómicas influyen en la severidad de los accidentes viales, los motociclistas jóvenes de ingresos más bajos tienen más probabilidades de sufrir lesiones [194, 195]. Los motociclistas desarrollan sus primeras habilidades aprendiendo a estabilizar el vehículo con pasajeros, manipulando carga, y reconociendo el tráfico y nuevas rutas. Todos estos elementos generan una gran fatiga para alguien que está aprendiendo a trabajar muchas horas [196]. Diversos estudios recomiendan controlar la informalidad para mejorar los estándares de seguridad de las motocicletas, la competencia feroz y el aumento de la flota de vehículos [190, 197, 198].

Los comportamientos más reportados estuvieron relacionados con elementos de seguridad. Los mototaxistas en Cartagena reconocen que los elementos de protección y las conductas seguras reducen el alto riesgo de colisión o lesión [199, 200]. En el análisis de acciones involuntarias, los errores de control obtuvieron la mayor valoración. Es probable que cometer un error mientras se conduce una motocicleta tenga consecuencias más graves que cuando se conduce un automóvil [47, 201]. Los errores de control más comunes se vincularon con el comportamiento que asumen algunos motociclistas, los cuales pierde la concentración cuando busca nuevos clientes o busca direcciones. Por lo general, los motociclistas se detienen repentinamente cuando ven un nuevo cliente o aceleran desenfrenadamente para alcanzarlos.

Entre las conductas intencionales y violatorias, los motociclistas reportaron con mayor frecuencia el exceso de velocidad. Los mototaxistas usualmente exceden los límites de velocidad para acelerar sus viajes. Estos comportamientos les permiten transportar más pasajeros y recibir más ingresos. Los mototaxistas admitieron aumentar la velocidad para evitar fricciones con otros actores viales. Las maniobras de los motociclistas estuvieron relacionadas con un comportamiento imprudente, por ejemplo, se arriesga a conducir en dirección opuesta, con exceso de capacidad, conducir en áreas y horarios prohibidos. En términos generales, el 64% (n = 29) de los ítems consultados a los motociclistas estaban suficientemente relacionados con los factores definidos en otros estudios referenciales (ver Anexo 18).

Las variables predictivas de los cuatro modelos propuestos se compararon con los estudios referentes (ver Anexo 19). Los años de experiencia fueron una variable predictiva para estar involucrados en accidentes y cuasi-accidentes. Este factor fue relevante para predecir infracciones en motociclistas novatos. A los motociclistas novatos les gusta explorar maniobras entre sus primeras experiencias [35]. La propiedad de la motocicleta fue significativa en los modelos propuestos. Los motociclistas que alquilan/rentan están más expuestos a accidentes y accidentes con responsabilidad. También, los motociclistas que alquilan evitan recibir infracciones porque afecta el contrato de alquiler e impacta sus ingresos económicos.

La seguridad (factor) como comportamiento responsable fue predictivo en todos los modelos. Los motociclistas reconocen que el uso de elementos de protección reduce la gravedad de una colisión o previene una infracción [45]. Los motociclistas no quieren recibir sanciones o multas que repercutan en sus ingresos por motivos de seguridad.

Los errores de control fueron un factor significativo en todos los modelos propuestos. Los errores de control aumentan la posibilidad de estar involucrados en cuasi-accidentes. Los errores de control están relacionados con la dificultad de conducir como una tarea física que requiere la máxima habilidad. El control implica estabilidad y equilibrio con solo dos puntos de apoyo. Es probable que el motociclista se vuelva más consciente de los comportamientos y errores en el control y su relación con los accidentes debido a las dificultades para conducir. En el caso donde más errores de control generaron una reducción en el número de accidentes y accidentes con culpa se pueden justificar por la percepción de los motociclistas en la definición de un accidente vial. Muchos motociclistas consideraron que eventos o incidentes que ocurren sin la presencia de otro actor vial, como en el caso de problemas en el control de la motocicleta (caídas, volcados, derrapes o pérdida de equilibrio) no guarda relación con un accidente vial, por no generar daños o perjuicios a terceros, o ser un impace sin una lesión o perjuicio mayor.

Los errores de tráfico fueron predictores significativos de accidentes y cuasi-accidentes. Los comportamientos se vincularon con un bajo nivel de formación y educación vial. Muchos motociclistas admitieron que conducen sin el mínimo cumplimiento de los cursos de formación, porque no cuentan con los recursos económicos suficientes.

Las maniobras fueron un factor predictivo para recibir una infracción de tráfico. Este tipo de comportamientos fueron fáciles de apreciar y demostrar por los agentes de tránsito para establecer una infracción o multa. Los motociclistas que fueron conscientes de su responsabilidad activa en un accidente admitieron violar los límites de velocidad, así como tener mayor edad y ser más maduros para afrontar la responsabilidad del evento.

Entre algunas limitaciones en esta etapa, se encuentra que los autoinformes son instrumentos que suelen ser vulnerables a respuestas socialmente deseables. La información puede verse distorsionada por la forma en que los encuestados tienen juicio y perciben sus acciones [202]. Este aspecto se sorteó informando a los motociclistas y capacitando a los entrevistadores para interpretar las preguntas, evitar dudas y sesgos en caso de ser consultados. Además, la adaptación del idioma fue una característica crucial para evitar ambigüedades. Finalmente, la encuesta se realizó durante el día. Esto podría excluir a los motociclistas que solo trabajan de noche y tienen otro tipo de comportamientos por las condiciones de iluminación y horarias.

Los hallazgos permitieron identificar un conjunto de comportamientos recurrentes en las vías, para precisar un protocolo de recolección por observación en relación con las conductas del motociclista y los conflictos de tráfico. Entre algunos comportamientos se resaltan: la forma de uso del casco del conductor de la motocicleta, ubicación del casco del pasajero, sobrecupo con pasajero e implementos, conducción arriesgada, errores en la conducción, maniobras/malabares, movimientos en contravía, entre otras. Estos aspectos serán considerados en el capítulo 7 con el instrumento de chequeo para la recolección de comportamientos y conflictos viales.

7. RECOLECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y CONFLICTOS VIALES EN MOTOCICLISTAS

La estrategia para la recolección de la información consideró los tramos viales críticos previamente identificados con la evaluación del desempeño de la seguridad de los motociclistas, así como las conductas identificadas con el instrumento MRBQ. El proceso inició con la priorización de las intersecciones riesgosas, así como la construcción del instrumento de recolección. Los análisis se focalizaron en las conductas observables y los conflictos viales cuando se ingresa a la intersección desde la vía secundaria a la vía primaria. Adicionalmente, se valoró la velocidad de circulación en frente de la intersección.

En los análisis, se capturaron datos de los motociclistas y otros actores viales motorizados para realizar contrastes. A continuación, se describen aspectos metodológicos en relación con las locaciones, las mediciones de velocidad, la recolección de conductas y conflictos de tráfico, y los períodos de observación. Es importante resaltar que el alcance en la recolección de información se afectó por las condiciones de salud pública globales generadas por la pandemia del Covid-19.

7.1 Selección de Lugares de Recolección

La priorización de locaciones se desarrolló en las intersecciones no semaforizadas (unidad de análisis) por tener mayores problemas de seguridad vial. Los análisis se focalizaron en las intersecciones no semaforizadas de tres ramales (3R) tipo T y cuatro ramales (4R) tipo X. En la Figura 8 se señala la configuración de las intersecciones tipo T y X.

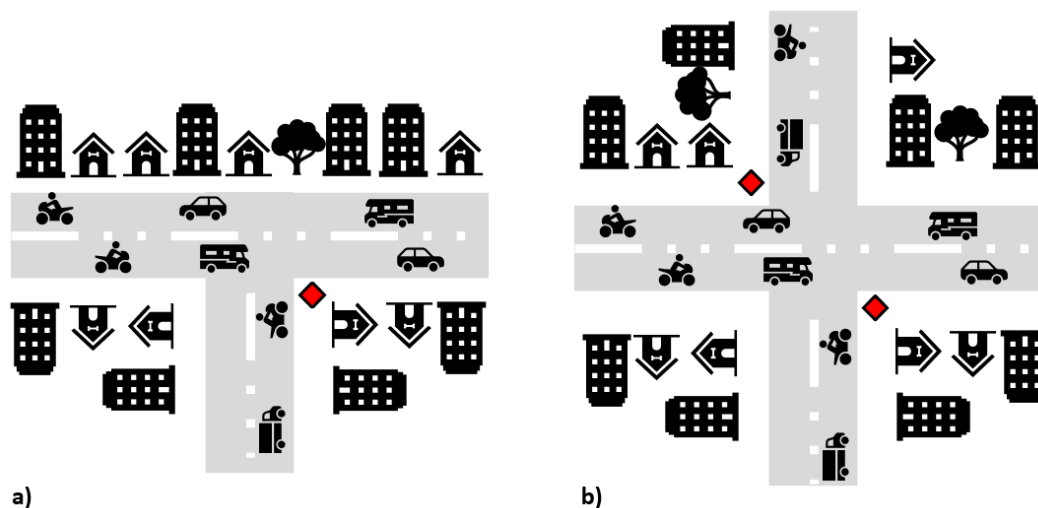


Figura 8. Configuración de intersecciones de (a) 3 ramales y (b) 4 ramales.
Fuente: *Elaboración propia.*

Las intersecciones fueron seleccionadas considerando su geometría e infraestructura similar en el entorno urbano. Las características consideradas fueron: doble sentido o bidireccionales, un solo carril por sentido (2,2 a 3,3 metros de ancho) y sin separadores, donde la vía principal es continua

(sin desviaciones), y la vía secundaria no tienen prioridad de acceso. En la definición de las locaciones se consideraron tramos viales con predicciones de más de 5 accidentes por año. Preliminarmente se definieron 61 locaciones, donde 33 correspondieron a intersecciones de tres ramales y 28 de cuatro ramales. Luego de definir un balance entre el volumen vehicular, el nivel de riesgo y la propensión de accidentes, así como la factibilidad en la disposición física para la recolección discreta y segura, se establecieron 24 unidades de análisis, 12 por cada tipo de intersección.

Posteriormente, debido a las condiciones de salud pública por la Pandemia del Covid-19 que incidió en Colombia desde marzo del 2020, se generaron restricciones en la movilidad, la circulación y el transporte que impidieron terminar la recolección de la información en condiciones normales. Bajo estas circunstancias, las locaciones de análisis y los tiempos de observación fueron afectados. Los análisis fueron desarrollados con la información capturada antes del 23 de marzo del 2020, donde se observaron 17 intersecciones (10 tipo T y 7 tipo X) y se tomaron 36 horas de registro. Los períodos de recolección consideraron dos franjas horarias (pico y valle), distintos días entre semana (lunes a viernes) de forma aleatoria. Las características de las intersecciones no semaforizadas que fueron observadas se describen en la Tabla 19.

Tabla 19. Descripción de Intersecciones no semaforizadas

No	Dirección	Tipo de intersección	Tipo de vía principal	Tipo de vía secundaria	Promedio anual de accidentes (2016-2017)	Volumen tráfico veh/día	% de motos	Calidad de la vía
1	Dg 32 – Dg 34	3R	colector	local	6	14.168	45%	bueno
2	Cra 58 – Cl 31B	3R	colector	colector	5	4.760	64%	regular
3	Cra 83 – Cl 24	3R	colector	local	8	7.348	61%	regular
4	Cl 32 – Dg 33	3R	colector	local	5	6.216	60%	mal
5	Dg 32 – Tv 73	3R	colector	local	4	14.596	54%	bueno
6	Cl 32 – Tv 70	3R	colector	local	8	12.320	69%	mal
7	Dg 32 – Tv 69 ^a	3R	colector	local	5	8.272	55%	bueno
8	Cl 15 – Cra 68 ^a	3R	colector	colector	8	9.415	60%	mal
9	Dg 32 – Cr 71b	3R	colector	local	8	11.792	56%	mal
10	Dg 32 – Tv 70	3R	colector	local	8	13.439	56%	regular
11	Dg 32 – Tv 84	4R	colector	colector	6	8.866	45%	mal
12	Cl 30 – Cra 44	4R	colector	local	8	12.342	65%	mal
13	Cl 31B – Cra 56	4R	colector	local	5	6.836	64%	bueno
14	Cl 15 – Cra 74	4R	colector	local	10	18.704	61%	regular
15	Cra 30 – Cra 34	4R	colector	colector	7	9.800	60%	mal
16	Cl 30 – Cra 53	4R	colector	colector	9	11.842	65%	regular
17	Cl 30 – Cra 55	4R	colector	local	5	9.784	65%	bueno

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las intersecciones se ubicaron entre vías colectoras con vías locales o entre vías colectoras. En las intersecciones de tres ramales, el volumen de tráfico registrado osciló entre 4.760 a 14.596 vehículos por día, donde las motocicletas ocuparon en promedio el 58%. En las intersecciones de cuatro ramales, el volumen de tráfico reportado se encontró entre 6.836 a 18.704 vehículos por día, donde las motocicletas ocuparon en promedio el 61%. El promedio de accidentes viales de las intersecciones entre 2016 a 2017 tuvieron valores desde 4 a 10 por año.

La definición de las condiciones del pavimento (calidad) se evaluó considerando una valoración funcional/subjetiva de la capacidad de servicio, rugosidad del pavimento y la comodidad en la velocidad de desplazamiento [181, 182]. Los tres niveles definidos fueron bueno, regular y malo.

Se identificó como bueno, cuando no fue incómodo transitar en diferentes velocidades y el pavimento carece de rugosidad. Se identificó como regular, cuando fue un poco incómodo transitar a bajas velocidades y el pavimento tuvo una leve rugosidad. Se consideró en malas condiciones, cuando fue bastante incómodo transitar sin importar la velocidad y el pavimento tuvo alta rugosidad y grietas significativas. De esta forma, la calidad del pavimento en el 30% se encontraron en buenas condiciones, el 40% en malas condiciones y el 30% en condiciones regulares. En el Anexo 20, se describen características adicionales de las intersecciones, incluyendo el mapa general, ubicación, georreferenciación, geometría, cobertura comercial y residencial, señalización y visibilidad.

7.2 Recolección de Velocidad de Circulación en la Intersecciones

La velocidad se midió en las 17 intersecciones para identificar la rapidez con la que se movilizan los actores viales motorizados (motocicletas, automóviles, camiones y buses) sobre la vía principal próxima al punto de acceso. Las mediciones se desarrollaron con el flujo vial normal, sin interrupciones, congestión o vehículos detenidos. Los datos fueron capturados por dos personas con un formato y un radar de velocidad (Bushnell-101911), donde se identificó el actor vial, la ubicación en el carril, la velocidad, y la ocupación de la intersección en el momento de la medición.

Las mediciones se desarrollaron en la franja de una hora continua de observación en las locaciones con los vehículos motorizados que pasan en frente de la intersección sin detenerse. En la recolección, una persona se encargó de accionar el radar, y la otra persona registró los datos de los vehículos implicados y las características del desplazamiento. La velocidad se recolectó en las unidades de kilómetros por hora (km/h). La perspectiva para la captura de los datos se muestra en la Figura 9.

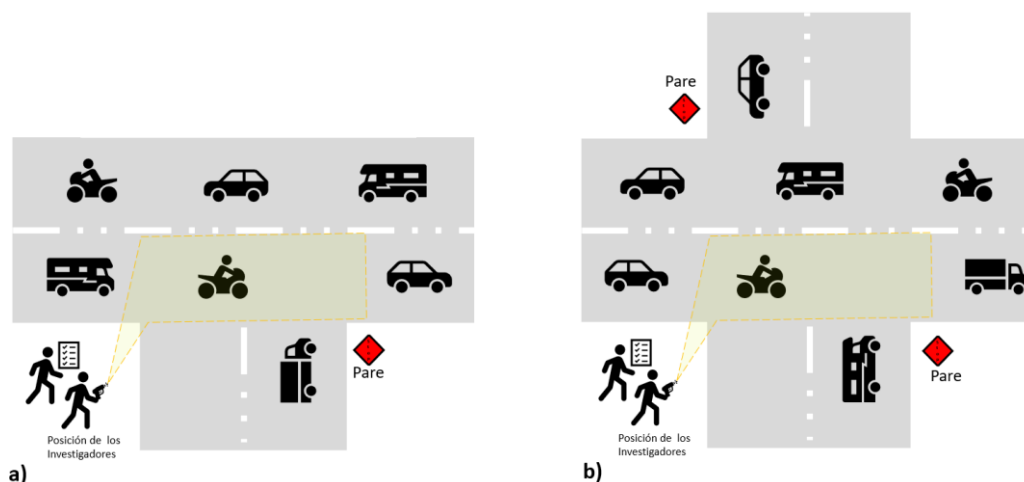


Figura 9. Medición de velocidad en intersecciones de (a) 3 ramales y (b) 4 ramales.
Fuente: Elaboración propia.

El formato de recolección diseñado (ver Anexo 21) incluyó: dirección, fecha y hora, tipo de vehículo próximo a la intersección (automóvil, motocicleta, bus, camión), ocupación de la intersección en la circulación del vehículo (vacío, automóvil, motocicleta, bus, camión), ubicación en el

desplazamiento con referencia al carril (derecha, centro, izquierda, contravía), y finalmente la velocidad de circulación.

7.3 Recolección de Conductas y Conflictos de Tráfico en la Intersección

El análisis observacional se focalizó en el ingreso del actor vial desde la vía secundaria a la vía de mayor tráfico, dado que es la conducta que ofrece mayor interacción y potencialidad de riesgo de conflictos por las maniobras requeridas (conflictos de cruce). Los conflictos de cruce se dan en los vehículos que acceden a la vía principal por interacciones de giro a la derecha, giro a la izquierda, y cruce directo en caso de las intersecciones de cuatro ramales.

La recolección se realizó con una videocámara en un punto cercano a la intersección como un observador imperceptible y sin afectar la conducta de los actores viales. El ángulo de las grabaciones se ubicó con una perspectiva de cobertura frontal o lateral entre la vía primaria con mayor tráfico y la vía secundaria de ingreso a una distancia entre 8 a 12 metros (ver Figura 10). El proceso de recolección se ejecutó con dos personas, donde la primera persona se encargó de realizar la grabación, mientras la segunda persona complementa la captura de información con un formato. La grabación se realizó con una Cámara Samsung Nx3000 (Smart 20mp Full HD 2K Lente 16-50), dos baterías de 5.000 miliamperios y dos micro memorias de 32 GB.

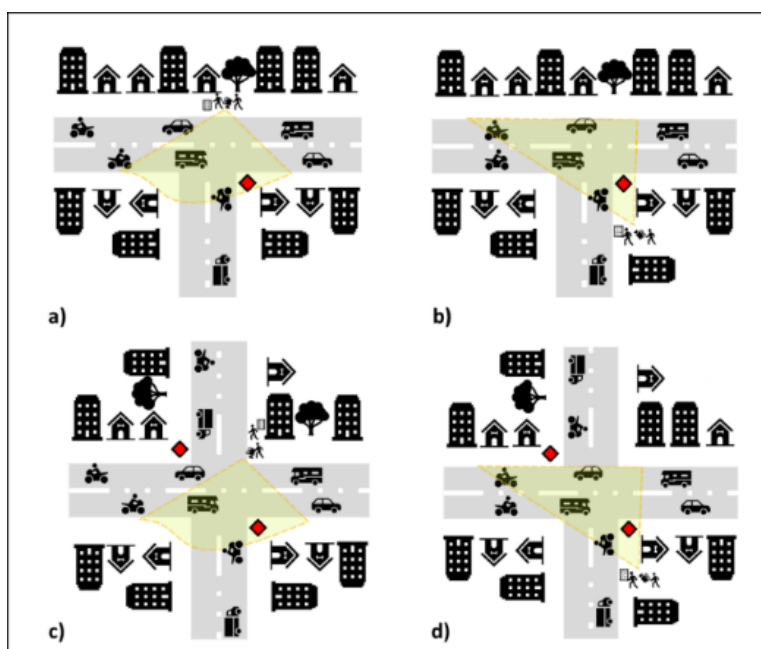


Figura 10. Perspectiva de observación de conductas y conflictos viales sobre las intersecciones de tres ramales (a: frontal; b: lateral) y cuatro ramales (c: frontal; d: lateral).

Fuente: Elaboración propia.

Las variables de recolección del formato consideraron estudios previos propuestos por Van Haperen, et al. [17], Abdul Manan y Várhelyi [102], Abdul Manan y Várhelyi [118], Uzundu, et al. [120], Uzundu, et al. [121] y Polders y Brijs [11]. Igualmente, se incluyeron comportamientos auto reportados con el instrumento MRBQ.

Dentro las variables en general se consideró: la forma de interacción directa (cruce, ceder el acceso, compartir la vía, desplazamiento en sentido opuesto), interacción indirecta (adelantamiento, ocupación de carril), posible interacción (velocidad, frenado, zona de conflictos, movimiento/recorrido, acciones evasivas), conductas (tiempos de espera y cruce, posición de espera, distancia, lugar de parada, observación del entorno), manipulación del vehículo (iluminación, direccionales de giro, equilibrio, control, ocupantes, carga), distractores (uso del celular, comunicación), elementos de seguridad (casco, chaleco, protectores), e interpretación del entorno (señales, visibilidad, dificultades de la vía, riesgos, errores y violaciones).

El análisis de conflictos se soportó con la Técnica Sueca de Conflictos de Tráfico (TCT-S). Las medidas sustitutivas consideradas fueron el tiempo a la colisión (TTC), el tiempo posterior a la invasión (PET) y el tiempo de ingreso (TE). El TTC es el tiempo que tomaría una colisión entre dos actores viales, si cada uno continúa en su dirección y velocidad actual. El tiempo de colisión se calculó a partir del análisis de los fotogramas de los videos, donde se tomó el tiempo desde que un vehículo se encuentra en el punto conflictivo y el posible arribo del segundo vehículo. Estudios desarrollados por Hydén [111], Van der Horst [203] y Sayed, et al. [204], estimaron que un umbral prudente de conflictos serios ronda por debajo de los 1,5 segundos en intersecciones urbanas.

El PET indicó el tiempo desde el final de la interrupción del derecho de acceso del primer vehículo para que el segundo vehículo alcance el punto de conflicto. Esta medición se valoró desde el intervalo que el parachoques trasero del primer vehículo pasa del punto de conflicto hasta que llega el parachoques delantero del segundo vehículo. Este indicador fue calculado a partir del análisis por fotogramas de los videos. PET se considera grave en umbrales inferiores de 1,0 a 1,5 segundos [117, 205]. Un estudio desarrollado por Paul y Ghosh [206] en motociclistas sobre intersecciones urbanas no semaforizadas recomienda considerar un umbral de 1,0 segundo para definir conflictos serios. Finalmente, el tiempo de entrada (TE) se consideró como el instante que tomó el vehículo que ingresa a la intersección y se ubica en la posición paralela en el carril de destino. Este tiempo se calculó desde la salida de la intersección y el adecuado posicionamiento en el nuevo carril.

En términos generales, las variables se categorizaron en 7 grupos: condiciones espaciotemporales, información demográfica, condiciones de conducción, característica de la motocicleta, comportamientos previos en la intersección, comportamientos durante el ingreso a la intersección y los conflictos de tráfico. En el análisis observacional de conductas y conflictos de viales se estipularon más de 60 variables de recolección para los motociclistas.

Las variables espaciotemporales conciernen al tiempo y las características de la locación. En los aspectos temporales se tienen las fechas (días de la semana) y horas (franjas pico y valle). En los aspectos de la locación se consideraron características de la vía, entorno y señalización. Las variables relacionadas con el uso de la motocicleta y las características individuales buscaron identificar el uso del vehículo, así como características de los individuos en la motocicleta. Las variables afines al vestuario y elementos de protección buscaron reconocer la indumentaria, así como la postura y comunicación de los motociclistas. Las variables afines a las características de la motocicleta permitieron identificar y estimar el estilo, la capacidad, componentes y la calidad de la motocicleta.

Las variables conductuales se clasificaron en tres subgrupos de análisis. Las conductas previas al ingreso desde la intersección a la vía principal, las conductas durante el ingreso y los posibles conflictos de tráfico. Las principales variables y categorías definidas para la recolección por observación en los motociclistas se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20. Variables de observación en conducta y conflictos viales.

Variables espaciotemporales		
Variables	Descripción	Valoración
Lugar de recolección	Dirección de intersección	nombre
Tipo de intersección	Identifica el tipo de intersección	3R / 4R
Franja horaria	Hora de recolección	hora (pico / valle)
Fecha	Identificación de fecha	día / mes / año
Calidad de vía	Identifica la calidad de la vía	bien / regular / mal
Cobertura zona	Cobertura comercial/residencial de la intersección	número (%-%)
Señalización	Calidad de señal de pare o stop	sin / adecuado/ inadecuado
Uso de la motocicleta y características Individuales de los ocupantes		
Variables	Descripción	Valoración
Número de pasajeros	Cuantifica los ocupantes	numérica
Tipo de servicio	Define uso de la motocicleta	mototaxismo / particular / laboral / oficial
Edad de conductor	Identifica la edad probable	joven / adulto joven / adulto mayor
Género de conductor	Identifica el género	masculino / femenino
Peso de conductor	Categoriza por IMC	delgado / normal / grueso / sobrepeso
Edad de pasajero 1	Identifica edad probable	infante / joven / adulto joven / adulto mayor
Género pasajero 1	Identifica el género	masculino / femenino
Edad de pasajero 2	Identifica edad probable	infante / joven / adulto joven / adulto mayor
Género pasajero 2	Identifica el género	masculino / femenino
Vestuario, condiciones de conducción y elementos de protección		
Variables	Descripción	Valoración
Chaleco conductor	Uso de chaleco	sí / no
Ropa de conductor	Identifica y categoriza el tipo de ropa usada	formal / informal / trabajo
Tono ropa conductor	Define la ropa por tonos	claro / oscuro / fluorescentes
Casco del conductor	Forma, colocación y uso del casco	adecuado / no / cuerpo / motocicleta / medio
Tipo casco piloto	Categoriza el tipo de casco	completo / abatible / canasta
Tono casco conductor	Define el tono del casco	claro / oscuro / fluorescentes
Visor del casco	Identifica el uso del protector visual del casco	adecuado / no / abierto
Protección solar	Determina el visor / gafas polarizado, o cubre sol.	sí / no
Calzado conductor	Categoriza el tipo de calzado	abierto / bota / formal / sport / sin
Protección adicional de conductor	Identifica otros elementos de seguridad (guantes, rodilleras, cobertores)	sí / no
Postura del conductor	Categoriza la postura en la conducción	recto / reclinado / encorvado
Conduce hablando	Define si el motociclista se comunica	no / entorno / celular / pasajero
Chaleco pasajero	Uso de chaleco	sí / no
Casco de pasajero	Forma, colocación y uso del casco	adecuado / no / cuerpo conductor / cuerpo pasajero / motocicleta / medio puesto
Tipo casco pasajero	Categoriza el tipo de casco	completo / abatible / canasta
Color casco pasajero	Define tono del casco	claro / oscuro / fluorescentes
Manipulación carga	Describe el transporte de carga voluminosa	no / contenedor / sobredimensionado
Características y condiciones de la motocicleta		
Variables	Descripción	Valoración
Tipo de motocicleta	Describe el tipo de motocicleta	estándar / scooter / sport-lujo / eléctrica / trimoto o cuatrimoto / motoneta
Cilindraje motocicleta	Describe el cilindraje de la motocicleta	90cc-150cc / >151cc
Color de motocicleta	Describe el tono principal de la motocicleta	claro / oscuro / fluorescente
Modelo motocicleta	Categoriza el modelo probable	antigua / nueva
Espejos	Disposición de espejos retrovisores	sí / no
Uso de faros	Disposición uso de faro principal activado	sí / no
Calidad de la motocicleta	Condiciones visibles de la motocicleta	bien / mal

Conducta y acciones sobre motocicleta antes de ingreso		
Variables	Descripción	Valoración
Velocidad de arribo	Describe la rapidez de arribo	lento / normal / rápido
Uso de direccionales de giro	Uso de luces direccionales de giro	sí / no / error / ni
Parada	Describe la detención en la intersección	no / parcial / total
Ubicación de parada	Lugar de espera en relación con esquina/stop	antes / después / pare / ni / na
Espera de ingreso	Identifica el gap de espera	no espera / corta / paciente
Observación previo al ingreso	Tipo de observación con giro de cabeza previo al ingreso	no / izquierda / derecha / ambos / ni
Tipo de entrada	Describe como ingresa en vía principal en relación con otros actores viales	solo / adelanto / compartido
Posición de ingreso	Indica la posición en carril previo al ingreso	izquierda / derecha / centro / contravía
Malabares	Define conductas deliberadas previas (zigzag, spin, adelantar, acelerar, acciones bruscas)	sí / no / ni
Errores de conducción	Define errores de control y conducción (apagado, errático, equilibrio, perder prelación)	sí / no / ni
Condiciones de interacción con tráfico durante ingreso		
Variables	Descripción	Valoración
Característica de observación durante	Forma de observar sobre vía principal	focalizado / panorámico / ni
Giro o ingreso a la intersección	Define el ingreso o giro ejecutado (derecha, izquierda, directo, contravía-izquierda)	izquierda / derecha / contravía izquierda / directo
Angulo de entrada	Define el ángulo de ingreso	perpendicular / agudo / ni
Velocidad de entrada	Estima la rapidez durante el ingreso	lento / normal / rápido
Posición de ingreso	Define la posición sobre el carril en vía principal	izquierda / derecha / centro / contravía
Intención del conductor	Describe la actitud del conductor	arriesgado / calmado / ni
Presión de ingreso	Define si es presionado a ingresar rápido, por parte de otro actor (pitos, reclamos)	sí / no / ni
Tipo de entrada durante ingreso	Describe como ingresa en vía principal en relación con otros actores viales	solo / adelanto / compartido
Conflictos		
Variables	Descripción	Valoración
Conflictos	Define interacciones conflictivas	sí / no
Punto de conflicto	Define el área de conflicto de acuerdo con 13 posibles zonas en la intersección.	ordenamiento alfabético de la a hasta la m zonas, / na
Maniobra de entrada	Describe la forma de ingreso con respecto a otros actores viales en la vía principal.	frente un vehículo / entre dos vehículos / después de un vehículo / contravía / sin vehículos
Vehículo de interacción	Tipo de vehículo interacción	bus / carro / camión / motocicleta / na
Arribo simultáneo	Define el arribo simultáneo entre vía principal y secundaria	sí / no / na / ni
Acción evasiva	Define acciones evasivas en la interacción	sí / no / na / ni
Indicador PET	Define el tiempo de post invasión	numérico (segundos)
Indicador TTC	Define el tiempo posible a la colisión	numérico (segundos)
Indicador TE	Define el tiempo en el ingreso desde la vía secundaria a vía principal	numérico (segundos)

Nota: na: no aplica; ni: no identificado.

Fuente: Elaboración propia.

El formato utilizado para capturar los datos en las locaciones durante las grabaciones y su análisis posterior se detallan en el Anexo 22. Adicionalmente, en el Anexo 23 se describen las diferentes variables, así como las condiciones que permiten la categorización de variables de enfoque cualitativo. Finalmente, las grabaciones complementaron la información y permitieron el cálculo de los indicadores de conflictos e interacciones con el análisis posterior por fotogramas de los videos con el software de producción y video VLCMP. Para los automóviles, buses y camiones se utilizaron un subconjunto de estas variables. En el Anexo 24, se describen las variables de recolección seleccionadas y ajustadas.

7.4 Períodos de Recolección de Información

Los períodos de recolección se realizaron considerando franjas horarias pico y valle, así como la posibilidad de obtener información en diferentes días entre semana (lunes a viernes). Las franjas horarias pico se estimaron entre las 7 a 9 am, 12 pm a 2 pm y 4 a 8 pm, mientras las franjas valle se consideraron entre las 9 a 11 am y 2 a 4 pm. Las mediciones se ejecutaron sin precipitaciones, desde las 7 am a 6 pm, para aprovechar la visibilidad diurna. Las fechas de recolección de datos en las intersecciones se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Fechas de recolección de datos en las intersecciones.

Dirección	Tipo	Día de semana					Franja horaria		Fechas de recolección
		L	M	M	J	V	Pico	Valle	
Dg 32-Cra 74	3R	1			1	1	2	1	5/9/19 (9-11 am); 20/9/19 (12-2 pm); 7/10/19 (4-6 pm)
Cl 31B – Cl 24	3R				1		1	0	12/9/19 (12-2 pm)
Cra 83 – Cl 24	3R	1	1	1		1	2	2	23/09/19 (2-4 pm); 4/10/19 (9-11 am); 19/2/20 (7-9 am); 3/3/20 (12-2 pm)
Dg 33 – Dg 32	3R		1	1	1		1	2	3/9/19 (9-11 am); 23/10/19 (2-4 pm); 27/2/20 (4-6 pm)
Tv 73 – Dg 33	3R				1		0	1	28/11/19 (2-4 pm)
Cl 32 – Cra 70	3R			1	1		1	1	24/10/19 (4-6 pm); 11/3/20 (9-11 am)
Tv 66 -Tv 69	3R				1		1	0	19/9/19 (7-9 am)
Cra 68 – Cl 27	3R			1	1		1	1	31/10/19 (7-9 am); 4/3/20 (2-4 pm)
Dg 32 – Cr 71D	3R					1	0	1	1/11/19 (9-11 am)
Dg 32 – Cra 70	3R	1	1		1		1	2	26/9/19 (4-6 pm); 18/11/19 (2-4 pm); 11/2/20 (9-11 am)
Dg 32 – Tv 84	4R				1	1	1	1	3/10/19 (2-4 pm); 1/11/19 (12-2 pm)
Cl 30 – Cra 44	4R		1		1		1	1	26/11/19 (2-4 pm); 30/1/20 (4-6 pm)
Cl 31B – Cra 58	4R		1	1			2	0	5/2/20 (4-6 pm); 10/3/20 (12-2 pm)
Cl 15 – Cra 74	4R	1	1	1		1	2	2	22/10/19 (2-4 pm); 22/1/20 (4-6 pm); 4/2/20 (7-9 am); 10/2/19 (9-11 am)
Kr 30- Kr 34	4R			1			1	0	11/9/19 (4-6 pm)
Cl 30 – Cra 53	4R		1		1		1	1	10/10/19 (9-11 am); 18/2/20 (7-9 am)
Cl 30 – Cra 55	4R		1		1		1	1	24/10/19 (2-4 pm); 25/2/20 (12-2 pm)

Fuente: Elaboración propia.

Originalmente se proyectaron 64 horas de recolección de datos, pero dadas las condiciones de salud pública por el Covid-19, se interrumpió el proceso. De esta forma, se lograron obtener 36 horas. Los tiempos de recolección se ejecutaron entre el 3 de septiembre del 2019 al 11 de marzo del 2020. En la recolección de los datos se omitieron los días festivos o vacacionales entre el 4 al 15 de noviembre del 2019 y entre el 2 de diciembre del 2019 al 17 de enero del 2020. La recolección se aleatorizó, buscando recolectar semanalmente entre 1 a máximo 2 horas en las diferentes locaciones, días de semana y franjas horarias. La recolección se desarrolló en dos fases, donde primero se capturaron los datos de velocidad, y seguidamente se procedió con la videograbación y el análisis observacional.

7.5 Discusión

En esta etapa, se describió el protocolo para el análisis observacional de velocidad, conductas y conflictos de tráfico en las intersecciones no semaforizadas. En la selección de las intersecciones se establecieron elementos en común en su infraestructura y se clasificó en dos grupos (3 y 4 ramales). Adicionalmente, se consideraron características y configuraciones operativas de las intersecciones (propensión a accidentes viales, volumen de tránsito, límites de velocidad, entorno) y elementos del tiempo (franja horaria, día de semana) que permitieran realizar contrastes de la información.

Los resultados compilados del desplazamiento y la velocidad de circulación de los diferentes actores viales serán detallados en los siguientes capítulos. Los análisis serán descriptivos e inferenciales considerando el tipo de ramal, la localización, la interrelación de los actores viales y la ocupación de la intersección, las características del desplazamiento o ubicación sobre el carril, así como la temporalidad y los límites de velocidad permitidos. En estos análisis se contrastarán el tipo de actor vial, las configuraciones y las características de movilidad sobre las intersecciones.

El instrumento y las variables definidas para la recolección de comportamientos y eventos conflictivos en las intersecciones fue enriquecido por diferentes estudios referentes, y las conductas auto reportadas previamente por los motociclistas. Así mismo, se desarrolló una prueba piloto dos meses previos a la recolección oficial en 4 intersecciones (Calle 30 con Carrera 41, 53 y 55, y la Carrera 30 con Carrera 34). Estas pruebas permitieron generar experiencia en la recolección y ajustar las variables observacionales a considerar.

Las grabaciones y el diligenciamiento del formato en campo permitieron complementar los registros después de un arduo trabajo de escritorio. El análisis posterior de los videos se concentró en cuantificar los comportamientos y los conflictivos viales. El proceso de extracción en los videos fue prolongado, aunque los eventos conflictivos eran de corta duración, se requirió de múltiples repeticiones, donde se observó fotograma a fotograma. El procesamiento de una hora de grabación en promedio tomó entre 15 a 20 horas para garantizar la confiabilidad de la información.

La recolección de información se interrumpió por las condiciones de salud pública por la pandemia del Covid-19. Esta condición limitó el número de intersecciones valoradas y el tiempo de observación originalmente planificado. La recopilación previa a las restricciones de confinamiento y movilidad, acumularon una medición de 17 intersecciones, alcanzando el 71% de las locaciones inicialmente proyectadas. Así mismo, en horas de observación y grabación se obtuvieron 36 horas de análisis, logrando el 56% del tiempo proyectado. No obstante que la recolección de los datos de campo se interrumpió, se lograron registrar aproximadamente 14.600 interacciones, donde el 43% de estos eventos en promedio fueron potencialmente conflictivos en todos los actores viales. Los conflictos potenciales en las motocicletas fueron alrededor de 2.400 y 1.900 en las intersecciones de tres ramales y cuatro ramales respectivamente.

La literatura científica en conflictos viales resalta que más que un período de observación se debe planificar una cuantificación suficiente de eventos conflictivos, que permitan extraer aspectos característicos en la seguridad vial y la posibilidad de accidentes de tráfico. Por ejemplo, el manual desarrollado por Polders y Brijs [11] estipula que un umbral alrededor de 30 horas de medición arroja un número suficiente de conflictos serios que permiten un análisis adecuado. En países emergentes con mayores dificultades en seguridad vial, se podrían requerir períodos de observación menores debido al alto número de conflictos potenciales en entornos urbanos con alta movilidad e interacción de actores viales [11].

Investigaciones por Paul y Ghosh [206] consideraron 30 horas de observación de conflictos viales en seis intersecciones urbanas no semaforizadas de tres y cuatro ramales en la India. Este estudio identificó 3.615 conflictos potenciales en todos los actores viales. Así mismo, estudios realizados por Uzundu, et al. [120] consideraron 21 horas de observación para tres locaciones en Nigeria,

recopilando 989 conflictos potenciales en todos los actores viales. Abdul Manan y Várhelyi [102] desarrollaron un análisis de conflictos viales en 8 intersecciones rurales en Malasia en 24 horas de observación, donde se obtuvieron 537 conflictos potenciales en todos los actores viales. Considerando los hallazgos de diferentes estudios referenciales, aunque la recolección del presente estudio se redujo en los tiempos de observación planificados inicialmente, la cantidad de eventos potencialmente conflictivos son factibles para un análisis de seguridad vial.

El proceso de compilado y procesamiento de información por videograbación requirió de entrenamiento por parte del investigador, donde la preparación se dio con el software “T-Analyst” desarrollado en la Universidad de Lund en Suecia. Este entrenamiento con el software ayudó a identificar y calcular los conflictos viales de diferentes vehículos en diferentes desplazamientos y velocidades. A partir de estos datos en el software, es posible calcular los indicadores más comunes (por ejemplo, TTC, PET). Esta preparación se dio nueve meses (octubre 2018 – junio 2019) previos a la prueba piloto del protocolo de recolección.

La recolección de la información en condiciones normales se vio limitada por restricciones a la movilidad que tienen los motociclistas con pasajeros en ocho barrios de la ciudad, así como las medidas de pico y placa (par e impar) que rige a los motociclistas de lunes a viernes en vías arteriales o principales, y la restricción de viernes sin motocicletas cada 15 días. Es importante resaltar que Cartagena cuenta con una restricción general de pico y placa (pares/impares) para la circulación de motocicletas en toda la ciudad, pero de acuerdo con lo señalado por el Departamento de Tránsito y Transporte, esta solo se implementa y sanciona sobre las vías arteriales por un acuerdo entre las principales asociaciones de mototaxistas de Cartagena y la Alcaldía Distrital. Bajo este escenario, las vías seleccionadas dentro de la investigación no relacionan intersecciones ubicadas en vías arteriales, solamente vías colectoras y locales.

Adicionalmente, aspectos como la alta congestión o bloqueo de las intersecciones condicionaron la recolección, debido a que la metodología de conflictos recomienda omitir o pausar estos eventos por la falta de flujo en la movilidad. Finalmente, existieron días de captura fallidos para la recolección, debido a cambios operativos del lugar, como vehículos estacionados en la zona por largo tiempo, o la presencia de controles viales por la autoridad, eventos próximos a la vía, así como los accidentes viales cerca de la intersección.

8. ANÁLISIS DE DATOS DE VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN LA INTERSECCIÓN

En el presente capítulo, se muestran los resultados de las mediciones de velocidad en las diferentes intersecciones no semaforizadas de tres y cuatro ramales para los motociclistas y otros actores viales (automóviles, buses y camiones) que circulan en frente de la vía de acceso de acuerdo con el protocolo de recolección señalado previamente (Ver sección 7).

8.1 Metodología

Inicialmente se tabularon las velocidades de circulación, clasificados por el tipo de vehículo (motocicletas, automóviles, autobuses y camiones), la posición dentro del carril (derecha, centro, izquierda y contravía), y la ocupación de la intersección en la circulación de los vehículos (vacío, motocicleta, automóviles, autobuses y camiones). La tabulación consideró las condiciones operativas en relación con la franja horaria (pico/valle), flujo vehicular (alto: mayor a 10.000 vehículos/día y moderado: menor a 10.000 vehículos/día), riesgo vial (alto: mayor a 8 accidentes año; moderado: menor a 7 accidentes año) y calidad de la vía (buena, regular/mala). El límite de velocidad usado fue el estipulado localmente en 40 km/h, por ser vías urbanas colectoras.

A partir de los datos recolectados, se procedió a realizar un análisis estadístico descriptivo e inferencial. Estos análisis buscaron detallar la velocidad media, desviación estándar, valores máximos, valores mínimos, percentil 85 y violaciones a los límites de velocidad en cada uno de los actores viales motorizados, subclasificados también como motociclistas y otros vehículos (automóviles, autobuses y camiones).

Los datos se sistematizaron con el software SPSS en una sola tabla para cada una de las intersecciones, después de lo cual se realizó un análisis de las muestras agrupadas. La prueba de normalidad de los datos reveló que las velocidades medidas no están sujetas a la distribución normal. Bajo esta consideración, se adoptaron dos pruebas estadísticas no paramétricas, como propone la literatura [41]. Se utilizó la prueba de Mann-Whitney para comparar dos grupos de muestras. Esta prueba es una alternativa no paramétrica a una prueba t de muestras independientes. Adicionalmente se implementó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como un método para probar si dos o más grupos independientes de muestras se originan a partir de la distribución idéntica. El equivalente paramétrico de esta prueba es el análisis de varianza unidireccional (ANOVA). En ambas pruebas se buscó establecer diferencias significativas ($P\text{-valor} < 0,05$) de los grupos probados.

En la recolección de la información se señala el vehículo de circulación, como el vehículo que se desplaza en frente de la intersección. La ocupación se define como el vehículo que se encuentra en la intersección para tener acceso a la vía principal. Finalmente, la posición en el carril determina la ubicación dentro de la carretera de desplazamiento, categorizada en derecha, centro, izquierda y contravía, donde la derecha es el lugar más cercano al andén o acera.

8.2 Análisis de Datos de Velocidad en Intersecciones de Tres Ramales Tipo T

En las 10 intersecciones de tres ramales se recopilaron 21 horas de observación. En la captura de la velocidad se obtuvieron 10 horas en franja pico y 11 en franja valle, y un promedio de recolección de 4 horas entre los días de la semana. 18.849 mediciones se obtuvieron entre los diferentes actores viales, donde las motocicletas fueron el 67,7%. La velocidad media de todos los vehículos fue de 28,8 km/h (D.E: 4,0), con rango entre 5,1 km/h a 76,1 km/h. El 10,3% de los vehículos excedieron la velocidad. Las velocidades medias en las locaciones fueron diferentes (Kruskal-Wallis test: 299,822, valor- $p < 0,001$). Los resultados generales se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Velocidades promedio de los vehículos que se acercan a la intersección tipo T.

Rasgos		n	%	Velocidad (km/h)	D.E	Min	Max	Percentil 85	% por encima de 40 km/h	Test Kruskal-Wallis (P-valor)
Vehículo de circulación	Motocicleta	12.756	67,7%	30,4	9,1	5,1	76,1	39,1	13,0%	1487,34 (valor- $p < 0,001$)
	Automóvil	5.582	29,6%	25,4	7,9	5,6	74,0	32,4	4,4%	
	Camiones	309	1,6%	25,5	7,4	6,2	65,6	32,0	3,6%	
	Bus/Busetas	202	1,1%	27,3	9,1	8,4	71,5	37,2	8,9%	
Ocupación	Motocicleta	5.130	27,2%	28,5	9,2	5,1	75,4	37,0	9,8%	27,7722 (valor- $p < 0,001$)
	Automóvil	3.829	20,3%	29,0	9,0	6,6	74,0	37,5	10,3%	
	Camiones	138	0,7%	29,7	8,8	8,7	68,6	38,1	12,3%	
	Bus/Busetas	93	0,5%	26,0	7,8	11,6	55,3	30,7	6,5%	
	Vacio	9.659	51,2%	28,9	9,0	5,1	75,4	37,3	10,5%	
Posición Carril	Derecha	1.197	6,4%	21,1	6,6	5,1	56,8	27,5	1,3%	2987,95 (valor- $p < 0,001$)
	Centro	11.840	62,8%	27,3	7,6	5,6	76,1	34,8	5,4%	
	Izquierda	3.809	20,2%	31,4	9,0	5,4	75,2	39,9	14,8%	
	Contravía	2.003	10,6%	37,3	10,6	7,1	76,1	48,0	35,8%	

Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades medias entre los vehículos mostraron diferencias significativas. Las motocicletas obtuvieron la mayor velocidad media (30,4 km/h; D.E: 9,1) en relación con los demás vehículos (25,4 km/h; D.E: 7,9) con una diferencia significativa (df: 4,97 km/h). La velocidad media de las motocicletas fue un 20% más alta que las del resto del tráfico. De esta forma, se observó que las motocicletas tuvieron alrededor de 3,2 veces más posibilidades (OR: 3,2 IC-95%: 2,81-3,66) de exceder los límites de velocidad que los demás vehículos. El 13% de las motocicletas excedieron la velocidad, mientras el resto de los vehículos en promedio el 4,5%. El 36,2% de las motocicletas (4.613 de 12.756) circulaban a una velocidad igual o superior que el percentil 85 de la velocidad del resto de tráfico.

La velocidad media en todos los vehículos de acuerdo con la ocupación de la intersección mostró diferencias significativas. Los vehículos que circularon en la vía principal tienden a ir a mayor velocidad cuando la intersección estaba ocupada por un camión (29,7 km/h; D.E: 8,8). La velocidad media más baja se presentó cuando un autobús (26,0 km/h; D.E: 7,8) ocupaba la intersección.

La velocidad media en los vehículos de acuerdo con la posición en el carril mostró diferencias significativas. Los vehículos van a mayor velocidad (37,3 km/h; D.E: 10,6) cuando se desplazan en contravía en contraste cuando se desplazan en el carril (27,8 km/h; D.E: 8,3). La velocidad en contravía fue un 34,4% más altas y se obtuvo una diferencia significativa (df: 9,55 km/h). Los

recorridos en contravía obtuvieron 7,2 más probabilidades (OR: 7,2 IC-95%: 6,45-8,01) de exceso de velocidad que los que circularon dentro del carril.

Al analizar las velocidades medias de los vehículos en sus condiciones operativas individualmente (ver Anexo 25), y luego su relación entre las motocicletas y otros vehículos (ver Anexo 26) se pueden describir los siguientes resultados:

- La velocidad de las motocicletas fue mayor en comparación con los otros vehículos, mostrando diferencias significativas (valor- $p < 0,001$) en la ocupación de la intersección o posición en el carril o las características operativas de la intersección.
- Los motociclistas sin importar la ocupación de la intersección no variaron su velocidad (valor- $p > 0,05$), mientras los otros vehículos obtuvieron una leve variación significativa (valor- $p < 0,001$).
- La velocidad de las motocicletas en contravía fue superior a la velocidad sobre el carril en un 29%, demostrando diferencia estadística significativa (valor- $p < 0,001$).
- La velocidad de los otros vehículos en contravía fue superior a la velocidad sobre el carril en un 36%, mostrando diferencia estadística significativa (valor- $p < 0,001$).
- El 36.8% de los motociclistas y el 24.2% de los otros actores viales que se desplazaron en contravía, excedieron los límites de velocidad.
- La velocidad de las motocicletas en relación con la franja horaria o riesgo vial o la calidad de la vía no presentaron diferencias estadísticas significativas (valor- $p > 0,05$).
- La velocidad de las motocicletas y los otros vehículos en relación con el flujo vehicular mostró diferencia significativa (valor- $p < 0,001$), siendo la velocidad un 4% superior cuando el flujo vehicular fue alto.
- Los motociclistas y los otros vehículos que deciden exceder la velocidad en las intersecciones de flujo vehicular alto correspondieron al 14,8% y 5,3% respectivamente.

Al analizar simultáneamente el tipo de vehículo con las condiciones de ocupación de la intersección y la posición en el carril en contraste con el flujo vehicular (ver Anexo 27, Anexo 28 y Anexo 29), se destacan las siguientes condiciones:

- Los otros vehículos presentaron menor velocidad (24,6 km/h; D.E: 6,65) cuando se desplazaron en la vía con la intersección vacía y el flujo moderado.
- Las motocicletas (38,82 km/h; D.E: 10,80) que se desplazaron en contravía con la intersección vacía y con el flujo alto, presentaron mayor velocidad de desplazamiento.
- La velocidad de las motocicletas sobre el carril o en contravía, con la intersección vacía identificó diferencia significativa con el flujo vehicular (valor- $p < 0,001$).
- La velocidad en los otros vehículos cuando se desplazaron dentro de la vía con la intersección vacía mostró diferencias significativas con el flujo vehicular (valor- $p < 0,001$).
- La velocidad de las motocicletas cuando se desplazaron sobre la vía con la intersección ocupada identificó diferencia estadística significativa en el flujo vehicular (valor- $p < 0,001$).
- El 39% de las motocicletas que se movilaron en contravía con flujo vehicular alto en una intersección ocupada o vacía presentaron exceso de velocidad.

- El 37% de los vehículos que circularon en contravía con la intersección ocupada y flujo vehicular moderado, presentaron exceso de velocidad.

En conclusión, las mediciones de velocidad permitieron recolectar información en alrededor de 900 vehículos por hora. Las motocicletas obtuvieron mayor velocidad y excedieron más los límites de velocidad. De los 1.933 vehículos que excedieron los límites de velocidad, las motocicletas representaron el 86%. Desde el enfoque de los motociclistas, estos no variaron su velocidad de circulación sin importar la ocupación de la intersección. En todos los vehículos, los desplazamientos en contravía evidenciaron mayor velocidad, y cuanto más cercano se encontró el vehículo al andén, su velocidad media fue menor.

El 15% de las motocicletas registradas circularon en contravía. Las motocicletas en contravía con exceso de velocidad fueron el 5,3%. Las franjas horarias, el riesgo de la intersección y las condiciones de la vía, no demostraron diferencias en la velocidad de desplazamiento de las motocicletas. El flujo vehicular fue significativo, presentando mayor velocidad cuando el flujo vehicular fue alto. El 8,5% de las motocicletas registradas excedieron los límites de velocidad cuando el flujo fue alto. En general, el promedio de velocidad más alto en todos los actores viales se presentó los viernes (30,8 km/h), y los lunes (29,6 km/h). La velocidad en motocicletas los viernes fue 32,2 km/h y los lunes 31,6 km/h.

8.3 Análisis de Datos de Velocidad en Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X

En las 7 intersecciones de cuatro ramales se recopilaron 15 horas de observación. En la captura de velocidad se lograron 9 horas en franja pico y 6 en franja valle, y un promedio de 3 horas entre los días de la semana. 14.751 mediciones se lograron entre los diferentes actores viales, donde las motocicletas correspondieron al 69,5%. La velocidad de los vehículos fue 25,7 km/h (D.E: 4,1), con rango entre 8,7 a 54,1 km/h. El 0,42% de los vehículos excedieron el límite de velocidad urbano de 40 km/h. Las velocidades medias observadas fueron diferentes en los sitios Kruskal-Wallis test: 959,749, valor- $p < 0,001$). Los resultados generales se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Velocidades promedio de los vehículos que se acercan a la intersección tipo X.

Rasgos		n	%	Velocidad (km/h)	D.E	Min	Max	Percentil 85	% por encima de 40 km/h	Test Kruskal-Wallis (P-valor)
Vehículo de circulación	Motocicleta	10.255	69,5%	26,6	3,7	8,7	51,0	29,9	0,4%	2069,24 (valor- $p < 0,001$)
	Automóvil	4.071	27,6%	23,4	3,9	10,0	45,2	26,9	0,2%	
	Camiones	184	1,2%	23,3	4,3	13,2	34,4	27,6	0,0%	
	Bus/Busetas	241	1,6%	25,9	5,3	16,4	54,1	28,7	2,5%	
Ocupación	Motocicleta	4.243	28,8%	26,0	4,3	10,0	47,2	29,7	0,8%	82,2262 (valor- $p < 0,001$)
	Automóvil	3.243	22,0%	25,3	4,3	11,0	44,3	29,3	0,3%	
	Camiones	305	2,1%	26,5	4,0	11,2	43,6	30,1	0,7%	
	Bus/Busetas	86	0,6%	24,7	6,7	11,9	50,0	31,7	1,2%	
	Vacio	6.874	46,6%	25,6	3,7	10,0	50,0	29,5	0,2%	
Posición carril	Derecha	902	6,1%	23,3	3,9	8,7	50,2	27,0	0,3%	1343,35 (valor- $p < 0,001$)
	Centro	9.095	61,7%	25,1	3,9	10,0	50,0	28,7	0,2%	
	Izquierda	3.656	24,8%	26,5	3,4	10,9	54,1	29,6	0,4%	
	Contravía	1.098	7,4%	29,2	5,0	11,1	51,0	34,1	2,6%	

Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades medias entre los vehículos manifestaron diferencias significativas. Las motocicletas obtuvieron la mayor velocidad (26,6 km/h; D.E: 3,7) en relación con los demás vehículos (23,6 km/h; D.E: 4,0), con una diferencia significativa (df: 3,02 km/h). La velocidad media de las motocicletas fueron un 13% más altas en comparación con los demás vehículos. El 0,45% de las motocicletas y el 0,36% de los otros vehículos excedieron los límites de velocidad. En contraste, los autobuses tuvieron alrededor de 5,7 veces más posibilidades (OR: 5,7 IC-95%: 2,40-13,40) de exceder los límites de velocidad comparado con las motocicletas. El 42,73% de las motocicletas (4.382 de 10.255) circularon a una velocidad igual o superior que el percentil 85 del resto de vehículos.

Las velocidades medias en los vehículos de acuerdo con la ocupación de la intersección indicaron diferencias significativas. Los vehículos que circularon en la vía principal fueron más rápidos cuando un camión ocupaba la intersección (26,5 km/h; D.E: 4,0). La velocidad más lenta en todos los vehículos se dio cuando un autobús (24,7 km/h; D.E: 6,7) ocupaba la intersección.

Las velocidades medias en los vehículos de acuerdo con la posición en el carril mostraron diferencias significativas. Los vehículos circularon a mayor velocidad (29,2 km/h; D.E: 5,0) cuando se desplazaron en contravía versus dentro del carril (25,4 km/h; D.E: 3,8) con una diferencia significativa (df: 3,79 km/h). Las velocidades en contravía fueron un 15% más altas que las velocidades dentro del carril. Los desplazamientos en contravía tuvieron 10,48 más posibilidades (OR: 10,48 IC-95%: 6,33-17,35) de exceso de velocidad que los que circularon dentro del carril.

Al analizar las velocidades medias de los vehículos en sus condiciones operativas individualmente (ver Anexo 30), y luego su relación entre las motocicletas y otros vehículos (ver Anexo 31) se pueden señalar los siguientes resultados:

- La velocidad de las motocicletas indicó diferencia significativa de acuerdo con la ocupación de la intersección (valor- $p < 0,004$), mientras que en los otros vehículos no (valor- $p > 0,05$).
- La velocidad de las motocicletas obtuvo diferencia significativa de acuerdo con la posición en el carril (valor- $p < 0,001$), siendo mayor en un 11% cuando circularon en contravía.
- La velocidad de las motocicletas y otros vehículos presentaron diferencias significativas (valor- $p < 0,001$) con el flujo vehicular, siendo un 4,8% superior cuando el flujo vehicular fue moderado.
- La velocidad de las motocicletas y otros vehículos presentaron diferencias significativas (valor- $p < 0,001$) con el riesgo vehicular, siendo un 5,8% superior cuando el riesgo fue moderado.
- La calidad de la vía demostró diferencia significativa para todos los vehículos (valor- $p < 0,001$), cuando la vía presentó buenas condiciones la velocidad aumentó entre un 2,0% a 3,5%.

Finalmente, al analizar simultáneamente el tipo de vehículo con las condiciones de ocupación de la intersección y la posición de desplazamiento en el carril en contraste con el flujo vehicular (ver Anexo 32, Anexo 33 y Anexo 34), se destacan las siguientes condiciones:

- Los otros vehículos presentaron la menor velocidad media (21,17 km/h; D.E: 5,14) cuando se desplazaron en contravía con la intersección ocupada y el flujo vehicular moderado.
- La mayor velocidad correspondió a las motocicletas (31,32 km/h; D.E: 5,59) que se desplazaron en contravía con la intersección vacía y el flujo moderado.

- La velocidad de los otros vehículos fue similar cuando se desplazaron en contravía y con la intersección vacía, sin importar el flujo vehicular (valor- $p > 0,05$).
- Entre el 4% al 6% de las motocicletas excedieron los límites de velocidad cuando se desplazaron en contravía, con flujo vehicular moderado y sin importar la ocupación de la intersección.

La valoración de las velocidades de circulación en las intersecciones de cuatro ramales permitió recolectar información de alrededor de 980 vehículos por hora. Las motocicletas viajaron más rápido que los demás vehículos y excedieron más la velocidad. De los 62 vehículos que excedieron los límites de velocidad, las motocicletas representaron el 74%. Desde el enfoque de los motociclistas, estos variaron levemente su velocidad con la ocupación de la intersección. En las motocicletas, los desplazamientos en contravía expusieron mayor velocidad. Así mismo, entre más cercano se encontró la motocicleta al andén, su velocidad media fue menor.

El 10% de las motocicletas valoradas circularon en contravía. Las franjas horarias, el riesgo de la intersección, las condiciones de la vía, y el flujo vehicular tuvieron diferencias en la velocidad de desplazamiento para todos los vehículos. El flujo vehicular fue significativo, presentando mayor velocidad cuando el flujo fue moderado. Aproximadamente el 1% de las motocicletas registradas excedieron la velocidad cuando el flujo fue moderado. En general, el promedio de velocidad más alto en todos los actores viales se presentó los viernes (27,3 km/h), y los lunes (26,4 km/h). La velocidad en motocicletas los viernes fue 28,6 km/h y los lunes 27,5 km/h.

8.4 Discusión

Los hallazgos indicaron que las motocicletas fueron más rápidas que el resto del tráfico en cualquiera de las intersecciones; inclusive cuando se contrastan los desplazamientos dentro o fuera del carril. Estudios desarrollados por Jevtić, et al. [41] hallaron resultados similares cuando se compararon las motocicletas con otros vehículos. En las intersecciones tipo T, se presentaron velocidades mayores en un 12% en contraste con las intersecciones tipo X. Específicamente en motocicletas la variación fue de un 14%. Esta condición puede estar relacionada con que las intersecciones tipo T presentan menores puntos de conflictos viales, y la interacción se reduce en un 50% como lo señala Flores [207]. Los resultados en las intersecciones tipo T fueron similares a las identificadas por Walton y Buchanan [108].

Por convención, las velocidades se informan en el percentil 85, pero la medida más útil para análisis puede ser el porcentaje de vehículos por encima del límite de velocidad [108]. Para todos los vehículos de las intersecciones en T se presentaron la mayor violación de los límites de velocidad (10,3%), en contraste con las intersecciones en X (0,42%). En los dos tipos de intersecciones la velocidad en el percentil 85 fueron inferior al límite de velocidad de 40 km/h.

La velocidad media de los vehículos que circularon frente una intersección tipo T y X fue mayor cuando estaba ocupada por camiones. Este comportamiento puede ser generado para no perder el derecho a la vía, considerando que un vehículo pesado tarda más en reincorporarse al flujo normal y generar congestión a su ingreso. Este comportamiento puede tener vínculo con la accidentalidad en las vías de Cartagena, donde las motocicletas colisionan más con vehículos

pesados generando el 50% de las víctimas fatales anuales. Con los autobuses sucedió todo lo contrario, todos los vehículos obtuvieron velocidades más bajas de circulación con este actor vial en la intersección. Este hallazgo puede guardar relación con las maniobras imprudentes por parte de los autobuses de transporte público de Cartagena, causados por la presión de tiempo en sus recorridos, los cuales son habituales.

Para las motocicletas que circularon en las intersecciones, la velocidad media no cambió drásticamente sin importar la ocupación de la intersección. Este comportamiento infiere que las motocicletas deciden sacar el máximo provecho al desplazarse a velocidades más altas que el resto del tráfico debido a su capacidad para moverse en el flujo de tráfico y son más fáciles de maniobrar en áreas congestionadas [118, 208].

En las intersecciones tipo X, la velocidad media fue mayor con el flujo vehicular moderado. Esta condición puede ser normal al encontrar vías más despejadas [188]. En las intersecciones tipo T, la velocidad fue mayor en las intersecciones con el flujo vehicular alto. Este efecto puede estar relacionado porque en este tipo de intersecciones los vehículos deciden moverse de manera más arriesgada al tener menor nivel de conflicto vial en el cruce. Los datos demostraron que el 11% de los vehículos se desplazaron en contravía en las intersecciones tipo T, mientras en las intersecciones tipo X fue el 7%. En las intersecciones en T, todos los vehículos obtuvieron mayor velocidad en contravía, mientras que en las intersecciones tipo X solo lo tuvieron las motocicletas. Las motocicletas en contravía aceleran para evitar fricciones o conflictos con los otros actores viales, esto representa una compensación al riesgo de la maniobra peligrosa como lo señala Elvik, et al. [188]. Además, los motociclistas tienen más opciones de sobrepasar y realizar acciones evasivas por su tamaño [209, 210]. Estas diferencias se pueden apreciar en la distribución de la velocidad acumulada de las intersecciones (ver Anexo 35 y Anexo 36).

Adicionalmente, los días entre semana, donde se presentaron mayor velocidad de los vehículos guardaron relación con la accidentalidad vial de motociclistas en Colombia. También, se encontró que la calidad de las vías aumenta la velocidad, especialmente en las intersecciones tipo X. La selección de la motocicleta como medio de transporte, de acuerdo con los resultados de la velocidad y la conducta manifestaron que este vehículo ofrece la conveniencia de evitar las congestiones. De acuerdo con la experiencia de campo, se pudo percibir frecuentemente que las motocicletas que se desplazaban a mayor velocidad y en contravía tenían a bordo un pasajero. Por otra parte, cuando los motociclistas se desplazaban a bajas velocidades, lo realizaban cerca al andén. Estas conductas son comunes en el mototaxismo, donde se busca encontrar clientes o pasajeros próximos a la carretera, y luego de ello movilizarlos con rapidez.

Finalmente, el análisis de la velocidad se desarrolló en intersecciones más propensas en accidentes con motocicletas bajo unas configuraciones específicas, por ello no se puede generalizar para toda la ciudad. Entre las limitaciones en las mediciones, se evidenciaron los momentos de congestión o disminución de velocidad por el ingreso de un vehículo, donde se debía esperar la recuperación del flujo normal. De acuerdo con esta condición, se dejaron de registrar aproximadamente el 14% de los vehículos en las intersecciones tipo T y el 13,6% en las intersecciones tipo X.

9. ANÁLISIS OBSERVACIONAL DE CONDUCTAS Y CONFLICTOS VIALES EN LAS INTERSECCIONES

A continuación, se presentan los resultados de los análisis observacionales para las conductas y conflictos viales en las diferentes intersecciones no semaforizadas de tres y cuatro ramales. Los datos fueron compilados y tabulados en hojas de Microsoft Excel siguiendo el protocolo definido para la captura y registro de las videograbaciones. Los análisis se desarrollaron para los motociclistas y otros actores viales (automóviles, buses y camiones) que buscan acceder desde la intersección hacia la vía principal (Ver protocolo de recolección -sección 7).

El análisis se desarrolló con técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales. Los resultados fueron contrastados entre los actores viales, asimismo se determinaron las frecuencias absolutas/relativas, las pruebas estadísticas no paramétricas (Mann-Whitney) para contrastar los indicadores de conflictos viales, así como pruebas chi-cuadrado para verificar la asociación entre los conflictos/conductas con las diversas variables. Estas pruebas consideraron 0,05 como nivel de significancia. Posteriormente, se sintetizaron las interacciones y conflictos viales de acuerdo con las zonas de las intersecciones. Los datos fueron analizados estadísticamente con Microsoft Excel y el software Statgraphics y SPSS.

En los análisis los eventos se categorizaron en dos niveles; ingresar a la intersección sin interacciones e ingresar a la intersección con interacciones viales. Los ingresos con interacciones fueron los considerados como potencialmente conflictivos, debido a que existe la posibilidad de colisiones [110]. En este conjunto los conflictos fueron definidos en serios, moderados y leves como lo señaló Hydén [117]. Un conflicto serio contiene una interacción próxima a una colisión por la disminución en la brecha de espacio/tiempo o el aumento de la velocidad/aceleración entre dos actores viales.

Los análisis se realizaron con el indicador PET bajo tres condiciones: primero, este indicador es de alta fiabilidad cuando es calculado un análisis fotométrico donde se conoce con certeza el gap de tiempo entre los actores viales que participan. Segundo, el indicado PET va en la misma dirección y sentido que el valor TTC, donde su medición funciona como un validador del valor PET, y finalmente el indicador PET es uno de los indicadores más recomendados para los conflictos en intersecciones, donde el umbral de 1 segundo sirve para determinar un conflicto serio [113]. Este umbral fue ratificado en motocicletas por los estudios desarrollados por Paul y Ghosh [206] en intersecciones no señalizadas con tráfico urbano heterogéneo.

9.1 Motocicletas en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T

En las intersecciones de tres ramales se observaron 10 locaciones durante 21 horas. En los registros se obtuvieron 6.095 ingresos de motocicletas en las intersecciones, donde el 39,7% correspondieron a interacciones de ingreso con otros actores viales. En las 2.417 interacciones de los motociclistas se presentaron en promedio 115 conflictos potenciales por hora. La intersección de la Diagonal 32 con Diagonal 34 obtuvo la mayor proporción de interacciones conflictivas (86%).

En la franja valle y franja pico se presentaron 83 y 157 conflictos potenciales por hora respectivamente. Los lunes (51,2%) y viernes (71,8%) fueron los días con mayor proporción de interacciones potencialmente conflictivas a partir del número de ingresos a la intersección totales. Así mismo, las intersecciones de volumen vehicular alto presentaron la mayor proporción de interacciones (45,1%).

En el uso de la motocicleta y características individuales de los ocupantes, se identificó que el desplazamiento de un solo individuo mostró la mayor frecuencia de conflictos potenciales (61,8%). Los mototaxistas representaron la mayor frecuencia de conflictos potenciales (66,9%). Las edades de los motociclistas más recurrentes fueron los jóvenes y adultos jóvenes (88,8%). Finalmente, el motociclista hombre representó el 97% de los conflictos potenciales.

En relación con el vestuario y elementos de protección de los motociclistas que presentaron conflictos potenciales se encontró: 70,8% no portaron chaleco reflectivo, 64,6% portaron ropa informal, 12,9% de los conductores no usaron adecuadamente el casco, 70,7% no tuvieron o no usaron el visor del casco, 60,3% no utilizaron protección solar para los ojos, 53,3% utilizaron zapatos deportivos, 84,9% no utilizaron protección adicional, 10,3% condujeron conversando y 44,1% cargaron un casco adicional en el brazo.

Entre las características y condiciones de la motocicleta en relación con conflictos potenciales se identificó: 87,8% usaron una motocicleta estándar, 92% tenían un motor con cilindraje entre 90 a 150 centímetros cúbicos, 69,2% poseían un modelo reciente, 64% tenían espejos, 51,6% no usaron faros diurnos y el 82,2% aparentaron condiciones adecuadas de calidad. Las características de las motocicletas en las intersecciones en los cuatro primeros grupos de variables se resumen en el Anexo 37.

En las variables conductuales antes y durante la maniobra de ingreso con interacciones potencialmente conflictivas en los motociclistas se identificaron (ver Anexo 38) los siguientes resultados: el 43,5% arribaron a una velocidad normal (20 km/h), 88,6% no utilizaron las luces direccionales de giro, 40,3% no se detuvieron totalmente, mientras un 40% lo hicieron parcialmente, 65,7% de los que se detuvieron lo hicieron después de la línea de parada, 76,9% de los que se detuvieron tuvieron tiempos de espera cortos, 5,7% de los motociclistas no movieron la cabeza para observar antes del cruce, 46,1% de los cruces fueron compartidos o en adelantamiento, 17,1% de los motociclistas estaban en contravía previo al ingreso, 44,9% realizaron malabares previos al ingreso, 27,6% cometieron errores previos al ingreso, y 14,4% de los giros fueron a la izquierda en contravía.

De las 2417 interacciones de ingreso de las motocicletas con conflictos potenciales (ver Anexo 39), se pudo identificar que el 66,1% de las maniobras de ingreso se dieron frente a un vehículo, la mayoría de las interacciones fueron con otras motocicletas (59,1%), 22,4% de interacciones tuvieron arribos simultáneos, y 35,4% con maniobras evasivas. Los resultados con los indicadores conflictivos TTC y PET, así como los tiempos de entrada (TE) de las motocicletas en las intersecciones tipo T se muestran en la Tabla 24. Es importante resaltar que los valores de TTC y PET evidenciaron mayor riesgo de conflictos viales cuando son más cercanos a cero.

Tabla 24. Indicadores en motocicletas de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de tres ramales tipo T.

Variable	Media (segundos)	Desviación estándar	Min (segundos)	Max (segundos)
TTC	1,95	0,92	0,30	5,32
PET	2,10	0,91	0,40	5,52
TE	3,23	1,30	0,75	8,39

Fuente: Elaboración propia.

Los conflictos potenciales por zonas próximas a las intersecciones en T y los indicadores TTC y PET, se resumen en la Figura 11. La distribución de las interacciones en la intersección permitió identificar que las zonas con mayores conflictos potenciales fueron áreas próximas al acceso en la intersección (zonas C,D,E) con una frecuencia de eventos entre 647 a 515. En los indicadores TTC y PET, la zona con valores más conflictivos se halló en el centro de la intersección (zona G), con valores TTC de 1,53 segundos y PET de 1,68 segundos. Los valores del TTC, PET, y TE para las variables de análisis se describen en el Anexo 37, Anexo 38, y Anexo 39.

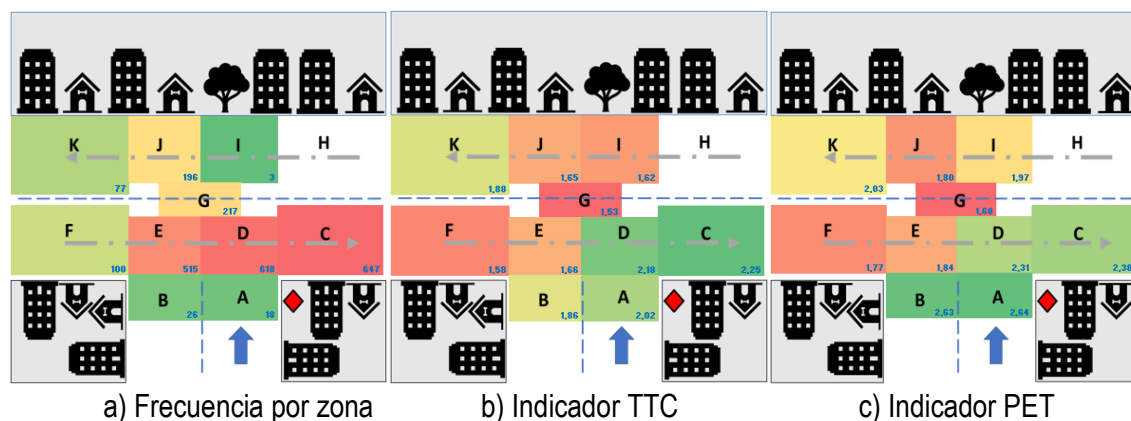


Figura 11. Desempeño de conflictos en motocicletas por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo T.

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 40, se realizaron algunos contrastes de las variables con los indicadores PET y TE. De acuerdo con el Indicador PET, se presentaron en total 257 conflictos serios, correspondiente al 11% de los conflictos potenciales, y representaron en promedio 12 eventos serios por hora. En las horas valle y pico en promedio los conflictos fueron 9 y 17 respectivamente. La zona con mayor frecuencia de eventos serios fue E con 86 conflictos (ver Anexo 41).

El PET en las horas pico fue inferior con respecto a las horas valle (valor- $p < 0,05$). En las intersecciones con flujo vehicular moderado, el PET fue menor que en las intersecciones con flujo vehicular alto (valor- $p < 0,05$). La visibilidad sobre la derecha de la intersección no mostró diferencia significativa en el PET (valor- $p > 0,05$), mientras la visibilidad a la izquierda demostró diferencia estadística significativa, siendo el PET menor cuando la visibilidad fue moderada (valor- $p < 0,05$).

Los mototaxistas tuvieron el valor más bajo en el PET (valor- $p < 0,05$). Por otra parte, el número de ocupantes no influyó significativamente en el PET (valor- $p > 0,05$). En el género del motociclista, no se identificó diferencia significativa en el PET (valor- $p > 0,05$). Portar chaleco u otros elementos de protección no manifestó diferencia significativa en el PET (valor- $p > 0,05$). Los motociclistas con protección solar para los ojos obtuvieron menores valores de PET (valor- $p < 0,05$). El cilindraje y el modelo de la motocicleta no generaron variaciones significativas en el PET (valor- $p > 0,05$). Los

motociclistas que no usaron espejos y faros diurnos tuvieron valores más bajos de PET (valor- $p < 0,05$).

Los motociclistas que se detuvieron previamente al ingresar a la intersección asumieron valores de PET inferiores (valor- $p < 0,05$). Los motociclistas que esperaron pacientemente y no cometieron errores en el ingreso tuvieron mejores valores de PET (valor- $p < 0,05$). Los motociclistas que se mostraron ansiosos y agresivos obtuvieron peores valores de PET (valor- $p < 0,05$). Finalmente, sin importar el vehículo de interacción en el ingreso, no se reveló cambios significativos en el PET (valor- $p > 0,05$).

El giro a la izquierda (normal/contravía) obtuvo valores menores de PET, en contraste con el giro a la derecha (valor- $p < 0,05$). Los valores PET por zonas de la intersección en cada uno de los giros identificados en los motociclistas se esquematizaron en el Anexo 42. En los giros a la derecha, la zona C obtuvo el PET promedio más bajo (2,38 segundos). En el giro izquierdo normal, la zona G obtuvo el PET promedio más bajo (1,67 segundos). El giro izquierdo en contravía tuvo la zona más conflictiva en K con un PET promedio de 1,73 segundos.

En el tiempo que tomaron las motocicletas en el ingreso no se evidenció diferencia significativa en relación con las interacciones (valor- $p > 0,05$). La franja horaria pico, así como el flujo vehicular alto demoraron más a los motociclistas en el ingreso (valor- $p < 0,05$). Los motociclistas se demoraron más en el ingreso cuando la visibilidad a la derecha e izquierda fue amplia (valor- $p < 0,05$). En el tipo de motociclista no se identificó cambios en el tiempo de ingreso (valor- $p > 0,05$). Por otra parte, los motociclistas que tienen pasajeros tomaron más tiempo en el ingreso (valor- $p < 0,05$).

El género de los motociclistas y el uso de los elementos de protección (chaleco, solar, adicionales) no identificaron diferencias significativas en el tiempo de entrada (valor- $p > 0,05$). Los motociclistas que portan el casco en contraste con los que no, tuvieron valores más seguros en el PET (valor- $p < 0,05$). El cilindraje y modelo de la motocicleta no reveló diferencia significativa en el tiempo de ingreso (valor- $p > 0,05$). Las motocicletas que usaron espejos y faros diurnos tomaron más tiempo en el ingreso (valor- $p < 0,05$). Finalmente, el giro a la izquierda obtuvo más tiempo en el ingreso (valor- $p < 0,05$).

9.2 Otros Actores Viales en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T

En los otros actores viales (automóviles, autobuses y camiones) se obtuvieron 2.614 accesos en las intersecciones, donde 40% fueron con interacciones de ingreso (1.123). En las franjas valle y franja pico se presentaron 34 y 79 conflictos potenciales por hora respectivamente. Así mismo, el flujo vehicular alto presentó la mayor proporción de eventos conflictivos con el 53%. Los actores viales con mayor interacción al ingreso fueron los automóviles (88,2%). El 11,5% de los vehículos no se detuvieron para ingresar, y el 5,2% de los vehículos que se detuvieron lo hicieron antes de la línea de parada.

En la maniobra de ingreso, el 51,7% giraron a la derecha, el 45,9% giraron a la izquierda normalmente, y el 2,3% giraron a la izquierda en contravía. En las interacciones se identificó que el 69,7% de las maniobras de ingreso se dieron frente a un vehículo, la mayoría de las

interacciones fueron con motocicletas (60,1%), 20% con arribos simultáneos, y 30,7% con maniobras evasivas.

Algunas variables observadas en los automóviles, autobuses y camiones, así como conflictos se resumen en el Anexo 43 y Anexo 44. A continuación, en la Tabla 25 se muestran los resultados de los indicadores TTC, PET y TE para los otros vehículos en las intersecciones tipo T.

Tabla 25. Indicadores en automóviles, autobuses y camiones de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de tres ramales tipo T.

Variable	Media (segundos)	Desviación estándar	Min (segundos)	Max (segundos)
TTC	2,55	1,08	0,46	4,98
PET	2,67	1,06	0,73	5,13
TE	5,22	1,54	0,92	10,35

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de las interacciones en la intersección permitió identificar que las zonas con mayor frecuencia de conflictos potenciales fueron frente a la intersección (zona D) con 469 eventos. En el indicador TTC, la zona más conflictiva fue I (1,01 segundos). En el indicador PET, las zonas fueron I y F con valores de 1,4 segundos. La frecuencia de conflictos potenciales por zonas y los indicadores TTC y PET se presentan en el Anexo 45.

De acuerdo con el Indicador PET, se presentaron en total 44 conflictos serios, correspondiente al 4% de los conflictos potenciales, y representaron en promedio 3 eventos serios por hora. La zona con mayor frecuencia de eventos serios fue D con 17 conflictos (ver Anexo 46). El PET no mostró diferencia significativa entre las franjas horarias pico y valle (valor- $p > 0,05$). En el flujo vehicular, se enseñó diferencia significativa en el valor PET, empeorando cuando el flujo vehicular de la intersección fue alto (valor- $p < 0,05$).

Los valores PET por zonas de la intersección, para cada uno de los giros se esquematizó en el Anexo 47. En los giros a la derecha, la zona C obtuvo el PET promedio más bajo (2,96 segundos). En el giro izquierdo normal, la zona I obtuvo el PET promedio más bajo (1,42 segundos). El giro izquierdo en contravía tuvo la zona más conflictiva en K con un PET promedio de 1,21 segundos.

En el tiempo que tomaron los vehículos en acceder no se expuso diferencia significativa en relación con las interacciones (valor- $p > 0,05$). La franja horaria no mostró diferencia significativa en el tiempo de entrada (valor- $p > 0,05$). El flujo vehicular moderado retrasó más a los vehículos en el ingreso (valor- $p < 0,05$). Finalmente, el giro a la izquierda (normal/contravía) fueron los que tomaron más tiempo de entrada (valor- $p < 0,05$).

9.3 Contraste entre Motocicletas y Otros Vehículos (Automóviles, Autobuses y Camiones) en las Intersecciones de Tres Ramales Tipo T

Al contrastar las detenciones previas al ingreso sobre las intersecciones para las motocicletas y otros vehículos, con y sin interacciones de ingreso, en las diferentes maniobras de giros, se hallaron las siguientes condiciones (ver Tabla 26):

- En las motocicletas fue más frecuente no detenerse previo al ingreso, sin importar la maniobra de giro y las interacciones en contraste con los otros vehículos (valor- $p < 0,05$).

- En las motocicletas que giraron a la derecha, la frecuencia con la que se respetó el frenado disminuyó cuando se dieron interacciones para el ingreso (valor- $p < 0,05$).
- En las motocicletas que giraron a la izquierda (normal o contravía) no se encontró diferencia significativa en el frenado, cuando existieron o no existieron interacciones para el ingreso (valor- $p > 0,05$).
- En los otros vehículos, el comportamiento de frenado no demostró cambios significativos, sin importar las posibilidades de interacciones y las maniobras de giro (valor- $p > 0,05$).

Tabla 26. Comportamiento de frenado de vehículos previo al acceso en las intersecciones de tres ramales tipo T.

1. Ingresos sin interacción							2. Ingresos con interacciones					1 vs 2	
Giro	Parada en la intersección	Motos		Otros vehículos		P-valor ^a	Motos		Otros vehículos		P-valor ^a	P-valor ^b	P-valor ^b Otros vehículos
		N	%	N	%		N	%	N	%			
Derecha	Para	1.503	68	871	89	0,00*	706	62	509	88	0,00*	0,00*	0,59
	No se detiene	716	32	113	11		433	38	72	12			
Izquierda	Para	714	58	422	90	0,00*	540	58	461	89	0,00*	0,93	0,74
	No se detiene	513	42	47	10		391	42	55	11			
Izquierda contravía	Para	139	60	36	97	0,00*	198	57	24	92	0,00*	0,50	0,36
	No se detiene	93	40	1	3		149	43	2	8			

a. Prueba chi-cuadrado en comparación entre tipos de vehículos.

b. Prueba chi-cuadrado en comparación entre ingresos sin y con interacción basada en vehículos similares.

* Diferencia estadísticamente significativa con chi-cuadrado (valor- $p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores de TTC, PET y TE, las motocicletas tuvieron valores significativamente inferiores en cada uno de estos indicadores (valor- $p < 0,05$). Así mismo, las interacciones identificaron que las motocicletas tuvieron mayores conflictos serios (11%), en comparación con los otros vehículos (4%) con diferencia estadística significativa (valor- $p < 0,05$). A continuación, se desarrolló un contraste del indicador PET, para las maniobras de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre las intersecciones (Ver Tabla 27). Los resultados para las motocicletas y otros vehículos revelaron que:

Tabla 27. Maniobra de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre la intersección de tres ramales tipo T para el Indicador PET.

Movimiento de Giro	Vehículos	General				1. Flujo moderado				2. Flujo alto				1 vs 2
		N	Media	D.E.	P-valor ^a	N	Media	D.E.	P-valor ^a	N	Media	D.E.	P-valor ^a	P-valor ^b
Derecha	Motocicleta	1.139	2,40	0,91	0,00*	679	2,22	0,80	0,00*	460	2,67	1,00	0,00*	0,00*
	Otros vehículos	581	3,07	1,01		305	3,25	1,00		276	2,88	0,99		
Izquierda	Motocicleta	931	1,85	0,85	0,00*	503	1,73	0,81	0,00*	428	1,99	0,87	0,00*	0,00*
	Otros vehículos	516	2,26	0,94		221	2,33	1,00		295	2,21	0,89		
Izquierda contravía	Motocicleta	347	1,81	0,76	0,84	94	1,72	0,72	0,46	253	1,84	0,77	0,87	0,17
	Otros vehículos	26	1,83	0,68		2	1,49	0,39		24	1,86	0,70		

a. Prueba Mann-Whitney en comparación entre tipos de vehículos.

b. Prueba Mann-Whitney en comparación entre flujo vehicular moderado y flujo vehicular alto.

* Diferencia estadísticamente significativa (valor- $p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

- Sin importar el flujo vehicular, en los giros a la derecha e izquierda normal, las motocicletas tuvieron menores valores de PET (valor- $p < 0,05$) en contraste con los otros vehículos, mientras en los giros a la izquierda en contravía, no se identificó diferencia significativa en el PET.
- En las motocicletas con giro a la derecha e izquierda, el valor PET fue más inseguro cuando el flujo vehicular de la intersección fue moderado (valor- $p < 0,05$).
- En los otros vehículos con giro a la derecha, el valor PET fue más inseguro cuando el flujo vehicular de la intersección fue alto (valor- $p < 0,05$).
- En los otros vehículos con giro a la izquierda normal, el valor PET no mostró diferencia significativa con el flujo vehicular de la intersección alto o moderado (valor- $p > 0,05$).

- En las motocicletas y los otros vehículos con giro a la izquierda en contravía, el valor PET no evidenció diferencia significativa con el flujo vehicular alto o moderado (valor- $p > 0,05$).

Finalmente, al contrastar las maniobras a la izquierda normal con la izquierda en contravía, a partir del número de conflictos serios para cada uno de los actores viales, se pudo inferir que las motocicletas y los otros vehículos no demostraron diferencias significativas en esta maniobra (valor- $p > 0,05$).

9.4 Motocicletas en Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X

En las intersecciones de cuatro ramales, se observaron 7 locaciones durante 15 horas. En la captura de la información se obtuvieron 4.186 accesos de motocicletas en las intersecciones, donde el 45,5% correspondieron a interacciones de ingreso con otros actores viales. En las 1.903 interacciones en los motociclistas, se identificaron en promedio 127 conflictos potenciales por hora. La intersección en la Calle 30 con Carrera 44 obtuvo la mayor proporción de interacciones conflictivas (56%). En la franja valle y franja pico se presentaron 109 y 139 conflictos potenciales por hora respectivamente. Los miércoles (46,9%) y viernes (46,7%) fueron los días con mayor proporción de interacciones conflictivas a partir del número de accesos totales.

En el uso de la motocicleta y características individuales de los ocupantes, el desplazamiento con dos individuos representó la mayor frecuencia de conflictos potenciales (50%). Los mototaxistas obtuvieron la mayor frecuencia de conflictos potenciales (53,8%). Las edades de los motociclistas más recurrentes fueron los jóvenes y adultos jóvenes (85,2%). El motociclista hombre representó el 97% de los conflictos viales.

En el vestuario y elementos de protección de los motociclistas con conflictos potenciales, se halló: 71% no portaron chaleco reflectivo, 69,7% portaron ropa informal, 13,7% de los conductores no usaron adecuadamente el casco, 65,7% no tuvieron o no usaron el visor del casco, 62,5% no utilizaron protección solar para los ojos, 60,5% utilizaron zapatos deportivos, 70,4% no utilizaron protección adicional, 15,7% condujeron conversando y 55,5% cargaron un casco adicional en el brazo.

Entre las características y condiciones de la motocicleta en relación con conflictos potenciales, se encontró: 80,1% usaron una motocicleta estándar, 93,5% tuvieron un motor con cilindraje de 90 a 150 centímetros cúbicos, 65,1% tenían un modelo reciente, 71,4% usaron espejos, 68,4% no usaron faros diurnos y el 81% aparentaron condiciones adecuadas en la motocicleta. En el Anexo 48, se resumieron las características de las motocicletas para los cuatro primeros grupos de variables.

En las variables conductuales antes y durante la maniobra de ingreso con interacciones potencialmente conflictivas en los motociclistas se hallaron (ver Anexo 49) los siguientes resultados: el 51,4% ingresaron a una velocidad normal, 87,4% no utilizaron las luces direccionales de giro, 18,4% no se detuvieron totalmente y el 44,3% lo hicieron parcialmente, 76,2% de los que se detuvieron lo hicieron después del pare, 85,4% de los que se detuvieron asumieron tiempos de espera cortos, 9,3% no movieron la cabeza para observar en el ingreso, 60,1% de los ingresos de

motocicletas fueron compartidos o en adelantamiento, 14,7% de los motociclistas previo al ingreso se encontraron en contravía, 62,7% realizaron malabares previos al ingreso, 18,2% cometieron errores previos al ingreso, y 13,2% de los giros fueron a la izquierda en contravía.

En las 1.903 interacciones de ingreso de las motocicletas que representan el conjunto potencial de conflictos viales (ver Anexo 50), se encontró que: el 48,8% de las maniobras de ingreso se dieron frente a un vehículo, la mayoría de las interacciones fueron con otras motocicletas (68,4%), el 25,9% con arribos simultáneos, y el 56,1% con maniobras evasivas. Los resultados para los indicadores conflictivos TTC y PET, y los tiempos de entrada (TE) de las motocicletas en las intersecciones tipo X se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Indicadores en motocicletas de conflictos viales y tiempo de entrada en intersección de cuatro ramales tipo X

Variable	Media (segundos)	Desviación estándar	Min (segundos)	Max (segundos)
TTC	1,87	0,88	0,41	4,75
PET	2,09	0,84	0,47	4,90
TE	3,30	1,36	0,60	7,74

Fuente: Elaboración propia.

Los conflictos potenciales por zonas próximas a las intersecciones en X de acuerdo con los indicadores TTC y PET se muestran en la Figura 12. La distribución de interacciones en la intersección permitió identificar que las zonas con mayores conflictos potenciales fueron áreas próximas a la intersección (zonas C,D,E) con una frecuencia de eventos entre 497 a 387. En los indicadores TTC y PET, la zona con valores más pequeños se halló en la zona I, con valores TTC de 1,29 segundos y PET de 1,54 segundos. Los valores del TTC, PET, y TE con las diferentes variables se describen en el Anexo 48, Anexo 49 y Anexo 50.

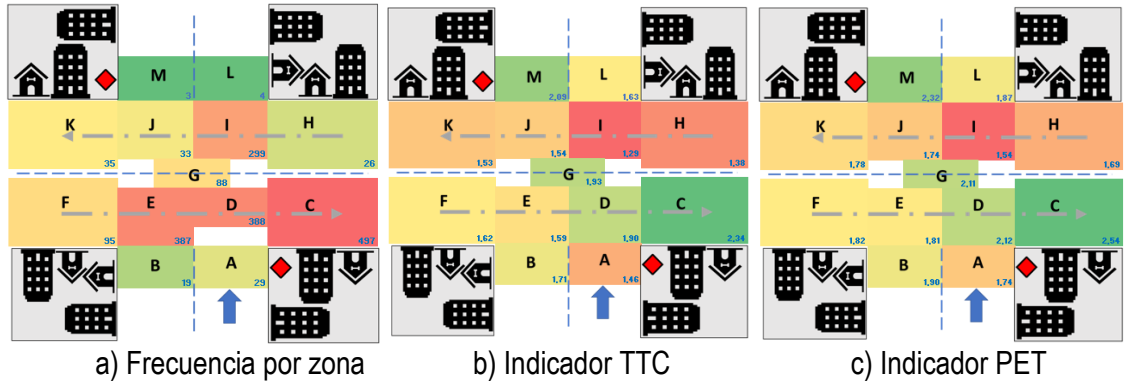


Figura 12. Desempeño de conflictos en motocicletas por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo X.

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 51, se realizaron algunos contrastes entre las variables analizadas con los indicadores PET y TE. De acuerdo con el Indicador PET, se presentaron en total 128 conflictos serios, correspondiente al 7% de los conflictos potenciales, y representaron en promedio 9 eventos serios por hora. En las horas valle y horas pico los conflictos fueron en promedio 8 y 9 respectivamente. Las zonas con mayor frecuencia de eventos serios fueron E, D, e I con un promedio de 28 conflictos (ver Anexo 52). El PET en las horas pico y valle no manifestaron diferencia significativa, así como sucedió con el flujo vehicular moderado o alto (valor- $p > 0,05$). La visibilidad sobre la derecha de la intersección no mostró diferencia significativa en el PET (valor- $p > 0,05$). La visibilidad

sobre la izquierda de la intersección evidenció diferencia estadística significativa, siendo el PET menor cuando la visibilidad fue moderada (valor- $p < 0,05$).

Los mototaxistas obtuvieron un valor más bajo e inseguro en el valor PET (valor- $p < 0,05$). Por otra parte, el número de ocupantes no influyó en el PET (valor- $p > 0,05$). En el género del motociclista, no se identificó diferencia significativa con el PET (valor- $p > 0,05$). Portar chaleco, protección solar u otros elementos de seguridad no mostraron diferencia estadística significativa en el PET (valor- $p > 0,05$). El cilindraje de las motocicletas influyó significativamente en el PET, empeorando a mayor cilindraje del motor (valor- $p < 0,05$). El modelo de la motocicleta, el uso de espejos y faros diurnos no generaron diferencias significativas en el PET (valor- $p > 0,05$). Los motociclistas que no usaron las luces direccionales de giro y los espejos tuvieron valores más bajos de PET (valor- $p < 0,05$).

Los motociclistas que esperaron pacientemente y no cometieron errores al ingreso, tuvieron mejores valores de PET (valor- $p < 0,05$). Los motociclistas ansiosos y agresivos obtuvieron peores valores de PET (valor- $p < 0,05$). La presión de ingreso sobre los motociclistas no forjó cambios en el PET (valor- $p > 0,05$). Finalmente, sin importar que la posible interacción conflictiva fuese con una motocicleta u otros vehículos, no se reveló un cambio significativo en el PET (valor- $p > 0,05$).

Los giros a la izquierda en contravía obtuvieron valores menores de PET en contraste con los otros giros o ingresos a la intersección (derecha, izquierda normal, directo) (valor- $p < 0,05$). Otros valores críticos en PET se dieron con los giros a la izquierda normal y el cruce directo. Al contrastar exclusivamente estos valores PET, no se halló diferencia significativa (valor- $p < 0,05$). Los giros a la derecha obtuvieron los mejores valores de PET para todos los movimientos de ingreso (valor- $p < 0,05$).

Los valores PET por zonas de la intersección en cada uno de los giros y cruces de las motocicletas se muestran en el Anexo 53. En los giros a la derecha, la zona A obtuvo el PET promedio más bajo (2,07 segundos). En el giro izquierdo normal, la zona J obtuvo el PET promedio más bajo (1,75 segundos). El giro izquierdo en contravía tuvo la zona más conflictiva en B con un PET promedio de 0,79 segundos.

El tiempo de acceso a la intersección no develó diferencia significativa en los motociclistas en relación con las posibles interacciones (valor- $p > 0,05$). La franja pico, así como el flujo vehicular moderado demoraron más a los motociclistas en el ingreso (valor- $p < 0,05$). Los motociclistas se demoraron más en el ingreso cuando la visibilidad derecha fue amplia y la visibilidad izquierda fue moderada (valor- $p < 0,05$). El cilindraje percibió diferencias significativas en el tiempo de ingreso (valor- $p < 0,05$). Las motocicletas que usaron las direccionales demoraron menos tiempo en el ingreso (valor- $p < 0,05$). Finalmente, el tiempo de entrada no se modificó con la presión de ingreso, vehículo de interacción, arribo simultáneo o acción evasiva (valor- $p > 0,05$).

9.5 Otros Actores Viales en las Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X

En los otros actores viales (automóviles, autobuses y camiones) se obtuvieron 1.739 accesos en las intersecciones, donde 47,7% corresponden a interacciones de ingreso (830). En las franjas valle y pico se presentaron 57 y 54 conflictos potenciales por hora respectivamente. Así mismo, el

flujo vehicular alto presentó la mayor proporción de eventos conflictivos con el 61,9%. Los actores viales con mayor interacción de ingreso fueron los automóviles (88,4%). En los vehículos, el 8,4% no se detuvieron para ingresar. En los vehículos que se detuvieron, el 7,5% lo hicieron antes de la línea de parada. En las maniobras de ingreso, el 39% giraron a la derecha, el 35,4% giraron a la izquierda normal, el 8% giraron a la izquierda en contravía y el 17,6% cruzaron directo.

El 47,5% de las maniobras de ingreso en las intersecciones se dieron frente a un vehículo, la mayoría de las interacciones fueron con motocicletas (67,8%), el 23,5% con arribos simultáneos, y el 42,9% con maniobras evasivas. En los Anexo 54 y Anexo 55 se resumen algunas variables, así como conflictos viales. Los resultados para los indicadores TTC, PET y TE en los otros vehículos se muestran en la Tabla 29.

La distribución de las interacciones en la intersección permitió identificar que la zona con mayor frecuencia de conflictos potenciales fue frente a la intersección (zona D) con 236 eventos. De acuerdo con los indicadores TTC y PET, la zona más conflictiva fue F con 1,61 segundos y 1,79 segundos respectivamente. En el Anexo 56 se presentan los conflictos potenciales por zonas, y los indicadores TTC y PET.

Tabla 29. Indicadores en automóviles, autobuses y camiones de conflictos viales y tiempo de entrada en intersecciones de cuatro ramales tipo X

Variable	Media (segundos)	Desviación estándar	Min (segundos)	Max (segundos)
TTC	2,54	1,13	0,41	4,95
PET	2,71	1,14	0,61	5,10
TE	5,75	1,59	1,17	9,39

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el Indicador PET, se presentaron en total 53 conflictos serios, correspondientes al 6% de los conflictos potenciales, y representaron en promedio 4 eventos serios por hora. Las zonas con mayor frecuencia de eventos serios fueron E y D, con 17 y 15 conflictos respectivamente (ver Anexo 57). El PET no obtuvo diferencia significativa entre la franja pico y valle (valor- $p > 0,05$). En el flujo vehicular no se identificó diferencia significativa en el valor PET. Los valores PET por zonas en cada uno de los giros se muestran en el Anexo 58. En los giros a la derecha, la zona C obtuvo el PET promedio más bajo (3,29 segundos). En el giro Izquierdo normal, la zona J obtuvo el PET promedio más bajo (2,18 segundos). El giro izquierdo en contravía tuvo la zona más conflictiva en F con un PET promedio de 1,79 segundos. En el cruce directo, la zona más conflictiva fue E con un PET promedio de 1,66 segundos.

Con el Indicador TE, se encontró diferencia significativa entre el tiempo que tomaron los automóviles, autobuses y camiones en el tiempo de acceso, siendo mayor cuando no se dan interacciones (valor- $p < 0,05$). La franja horaria manifestó diferencia significativa en el tiempo de entrada, siendo menor en horas valle (valor- $p < 0,05$). El flujo vehicular de la intersección no mostró diferencia significativa en el tiempo de acceso de los vehículos (valor- $p > 0,05$). Finalmente, el giro a la izquierda (normal y contravía) fueron los que tomaron más tiempo para acceder (valor- $p < 0,05$), seguido por el cruce directo y el giro a la derecha.

9.6 Contraste entre Motocicletas y Otros Vehículos (Automóviles, Autobuses y Camiones) en las Intersecciones de Cuatro Ramales Tipo X

Al contrastar las detenciones previas al acceso de la intersección para las motocicletas y otros vehículos, con y sin interacciones de ingreso, en las diferentes maniobras de giro, se hallaron las siguientes condiciones (ver Tabla 30):

- En contraste con otros vehículos, en las motocicletas fue más frecuente no detenerse sin importar la maniobra de giro cuando no existieron interacciones de ingreso (valor- $p < 0,05$).
- En contraste con otros vehículos, en las motocicletas que giraron a la derecha e izquierda fue más frecuente no detenerse cuando existieron interacciones de ingreso (valor- $p < 0,05$).
- Entre las motocicletas y otros vehículos que giraron a la izquierda en contravía o directo, no se encontró diferencia significativa en el frenado cuando existieron interacciones (valor- $p > 0,05$).
- En contraste con los accesos con o sin interacciones, en las motocicletas no se develó diferencia significativa en el frenado (valor- $p > 0,05$).
- En los otros vehículos fue más frecuente no detenerse en la intersección cuando el cruce fue directo y existieron interacciones de ingreso (valor- $p < 0,05$).

Tabla 30. Comportamiento de frenado de vehículos previo al acceso en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

Tabla 59. Comportamiento de ingreso de vehículos previo al acceso en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.													
		1. Ingreso sin interacción				2. Ingreso con interacciones				1 vs 2			
Giro	Parada en la intersección	Motos		Otros vehículos		P-valor ^a	Motos		Otros vehículos		P-valor ^a	P-valor ^b Moto	P-valor ^b Otros vehículos
		N	%	N	%		N	%	N	%			
Derecha	Para	698	85	391	95	0,00*	555	84	298	92	0,00*	0,55	0,06
	No se detiene	126	15	19	5		109	16	26	8			
Izquierda	Para	329	79	307	95	0,00*	297	77	274	93	0,00*	0,59	0,42
	No se detiene	90	21	17	5		89	23	20	7			
Izquierda contravía	Para	255	77	46	96	0,00*	204	81	58	88	0,21	0,22	0,14
	No se detiene	76	23	2	4		47	19	8	12			
Directo	Para	585	83	123	97	0,00*	497	83	130	89	0,06	0,98	0,01*
	No se detiene	124	17	4	3		105	17	16	11			

a. Prueba chi-cuadrado en comparación entre tipos de vehículos.

b. Prueba chi-cuadrado en comparación entre accesos sin y con interacción basada en vehículos similares.

* Diferencia estadísticamente significativa con chi-cuadrado (valor- $p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores de TTC, PET y TE, las motocicletas tuvieron valores significativamente inferiores en cada uno de estos indicadores (valor- $p < 0,05$). En la frecuencia de eventos conflictivos serios, no se descubrió diferencia significativa entre las motocicletas y los otros vehículos (valor- $p > 0,05$). A continuación, se contrastaron los indicadores PET para las maniobras de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre la intersección en X. Los resultados en las motocicletas y otros vehículos se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31. Maniobra de ingreso de acuerdo con el flujo vehicular de la vía principal sobre la intersección de cuatro ramales tipo X para el Indicador PET.

Movimiento de Giro	Vehículos	General				1. Flujo moderado				2. Flujo alto				1 vs 2 P-valor ^b
		N	Media	D.E.	P-valor ^a	N	Media	D.E.	P-valor ^a	N	Media	D.E.	P-valor ^a	
Derecha	Motocicleta	664	2,54	0,89	0,00*	218	2,53	0,89	0,00*	446	2,54	0,90	0,00*	0,94
	Otros vehículos	324	3,32	1,05		117	3,39	1,11		207	3,28	1,02		0,37
Izquierda	Motocicleta	386	1,89	0,67	0,00*	224	1,93	0,69	0,00*	162	1,82	0,64	0,00*	0,11
	Otros vehículos	294	2,38	1,03		141	2,47	1,05		153	2,30	1,01		0,16
Izquierda contravía	Motocicleta	251	1,74	0,64	0,07	120	1,76	0,64	0,51	131	1,72	0,64	0,06	0,63
	Otros vehículos	66	1,96	0,88		19	1,89	0,90		47	1,99	0,88		0,68
Directo	Motocicleta	602	1,86	0,74	0,00*	340	1,91	0,74	0,00*	262	1,79	0,73	0,00*	0,05*
	Otros vehículos	146	2,35	1,00		39	2,33	1,01		107	2,35	1,00		0,89

a. Prueba Mann-Whitney en comparación entre tipos de vehículos.

b. Prueba Mann-Whitney en comparación entre flujo vehicular moderado y flujo vehicular alto.

* Diferencia estadísticamente significativa (valor- $p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

- En general, los giros a la izquierda en contravía no mostraron diferencia significativa en el PET, cuando se contrastaron las motocicletas y otros vehículos (valor- $p > 0,05$).
- En el flujo vehicular moderado y alto, las motocicletas tuvieron valores más inseguros en el PET, en contraste con los otros vehículos, y los giros a la derecha, izquierda normal y cruce directo (valor- $p < 0,05$).
- Los cruces directos en las motocicletas tuvieron diferencias significativas en el flujo vehicular de las intersecciones (valor- $p < 0,05$).

Finalmente, al contrastar las maniobras de giro a la izquierda (normal/contravía) con el número de conflictos serios, en las motocicletas no se encontró diferencia significativa (valor- $p > 0,05$). En los otros vehículos, sí existió diferencia significativa para este tipo de maniobras (valor- $p < 0,05$).

9.7 Discusión

En las intersecciones tipo T para las motocicletas, se halló que la franja horaria pico y el flujo vehicular alto estuvieron asociadas con la posibilidad de conflictos viales. Los conflictos fueron más frecuentes en las intersecciones con flujo vehicular alto, pero fueron más riesgosos en las intersecciones con el flujo vehicular moderado. En las intersecciones tipo X para las motocicletas, se identificó que la frecuencia de conflictos viales no se perturbó por las franjas horarias o el flujo vehicular de las intersecciones.

Existió un actor vial muy involucrado con los conflictos viales, como lo fueron los mototaxistas. Los mototaxistas habitualmente improvisan su recorrido buscando clientes/pasajeros o agilizando su recorrido para mejorar sus ingresos. Adicionalmente, el uso adecuado del casco por parte del conductor fue frecuente en los dos tipos de intersecciones (85%), así mismo se evidenció que quienes no lo usaron adecuadamente tuvieron valores más inseguros de PET. En los pasajeros, la proporción de uso adecuado del casco fue alrededor del 15%.

En los dos tipos de intersecciones se identificó muy baja frecuencia para el uso de las luces direccionales de giro para señalar el recorrido. En las intersecciones tipo T, este aspecto no demostró diferencias significativas en el PET y TE, lo que podría estar relacionado con la falta de planificación del recorrido por parte del conductor. En las intersecciones tipo X, el uso de las luces direccionales de giro mostró diferencias significativas para el PET y TE. Los motociclistas que usaron correctamente las luces de giro tuvieron valores de PET y TE más seguros.

En términos generales, en las intersecciones entre el 18% al 40% de los motociclistas no se detuvieron adecuadamente antes del ingreso, esta condición los hizo más propensos a valores de PET más inseguros, debido a que tomaron menos tiempo en su ingreso. Tan solo entre el 14% al 23% de los motociclistas esperaron pacientemente su ingreso. Algunos motociclistas esperaron tener acceso en la intersección de forma compartida o en adelantamiento. Este comportamiento les permitió tener acceso a la sombra (entre 46% al 58%), amparados en las maniobras, el espacio y brecha generados por otros vehículos. Adicionalmente, se identificó una maniobra peligrosa, que consistió en ingresar sobre la vía principal en contravía (entre el 13,1% al 17,1%) para luego integrarse al flujo del tráfico normal.

En los conflictos potenciales, los motociclistas tuvieron interacciones más recurrentes con los vehículos que se desplazan en el carril cercano. En las intersecciones de tres ramales, la zona en el centro de la intersección obtuvo el valor PET más riesgoso, esto por ser el área de mayor concentración de recorridos y cruces, aunque el sector más frecuente en conflictos críticos fue la zona E. Esta área puede estar relacionada con los giros a la izquierda, donde se invade el carril cuando no se realiza la escuadra en el giro o se ingresa en diagonal. En las intersecciones de cuatro ramales, la zona con valores de PET más inseguros se obtuvo en el carril más lejano. La zona más frecuente en conflictos críticos fue el centro de la intersección, comprendiendo que las intersecciones de cuatro ramales presentaron mayor frecuencia de posibles cruces.

Los giros a la izquierda fueron los de mayor riesgo por tener que sortear a los vehículos del carril próximo y lejano, por ende, obtuvo valores más pequeños de tiempo de interacciones, y este tiempo lo reflejó el indicador PET. El giro a la derecha de los motociclistas fue mucho más predecible para los demás actores viales con respecto al tipo de ingreso que se pretende realizar. Muchos de estos movimientos de giro derecho de los motociclistas se realizaron a la derecha del carril de desplazamiento, lo que posibilita que la interacción con otro actor vial planifique una mejor maniobra evasiva, debido a que es un movimiento convergente que podría aumentar el tiempo para llegar al mismo punto de conflicto, como lo reveló el indicador PET.

En las intersecciones tipo T de flujo vehicular alto, las motocicletas y los otros vehículos tuvieron mayor frecuencia de conflictos viales, pero en las motocicletas fueron más riesgosos los conflictos cuando circularon en una intersección de flujo vehicular moderado. Esta condición podría revelar que los motociclistas fueron reflexivos del nivel de riesgo y exposición, prefiriendo ser más precavidos en condiciones de alto volumen vehicular. En las intersecciones en X de flujo vehicular alto, los motociclistas asumieron mayores riesgos cuando la maniobra de cruce fue directa. En los otros vehículos, se evidenció que la frecuencia de conflictos aumentó en las intersecciones de mayor flujo vehicular, pero sin afectar el nivel de riesgo en el acceso.

En el análisis estadístico de los datos observacionales y de conflictos, se consideraron dos variables claves con la velocidad del vehículo que se desplazó sobre la intersección para acceder a la vía principal. Las variables fueron la velocidad de arribo y la velocidad de ingreso a la intersección de los motociclistas. En estas variables se pudo identificar que en la medida que aumentó la velocidad, el nivel de riesgo con el indicador de conflictos se hizo más inseguro. En la velocidad de los vehículos que se movilizaban sobre la vía principal frente a la intersección, se consideró que la variable con mayor relación fue el volumen/flujo vehicular. Esta variable demostró que las intersecciones con menor circulación (flujo menor a 10.000 vehículos/día) vehicular tienden a valores PET más inseguros, condición generada pues a menor tráfico, los vehículos aumentan su velocidad por encontrar las vías despejadas.

Entre las limitantes en las mediciones, se presentaron las habituales en análisis observacionales y de conflictos viales, donde por congestión o bloqueos en la intersección se debe esperar retomar el flujo normal para continuar con las observaciones.

10. ANÁLISIS PREDICTIVO DE CONDUCTAS Y CONFLICTOS VIALES EN LAS INTERSECCIONES PARA LOS MOTOCICLISTAS

En este capítulo se presenta el análisis predictivo para la extracción de conocimiento de los comportamientos y conflictos de los motociclistas observados al ingreso de las intersecciones de tres ramales y cuatro ramales. A continuación, se detallan aspectos metodológicos del algoritmo híbrido propuesto para el desarrollo de las predicciones, así como los resultados generados.

10.1 Metodología

La técnica de análisis se realizó con un método híbrido que combina un algoritmo genético y la heurística de recocido simulado. El algoritmo implementó un análisis no supervisado para establecer reglas de asociación entre las variables condicionales y resultantes. Las variables condicionales correspondieron al conjunto de variables significativas de conductas y conflictos viales en los motociclistas. Las variables resultantes correspondieron al nivel de conflicto viales establecido con el indicador PET.

El método aplicó las reglas de asociación de minería de datos con un algoritmo genético multiobjetivo de segunda generación (NSGA-II), mientras que la heurística de recocido simulado (RS) jerarquizó las reglas de decisión que maximizan las predicciones de eventos conflictivos. El proceso metodológico del algoritmo propuesto fue validado con las predicciones de accidentes viales en motocicletas en Bogotá (Colombia) [211]. El esquema metodológico que describe esta etapa se presenta en la Figura 13.

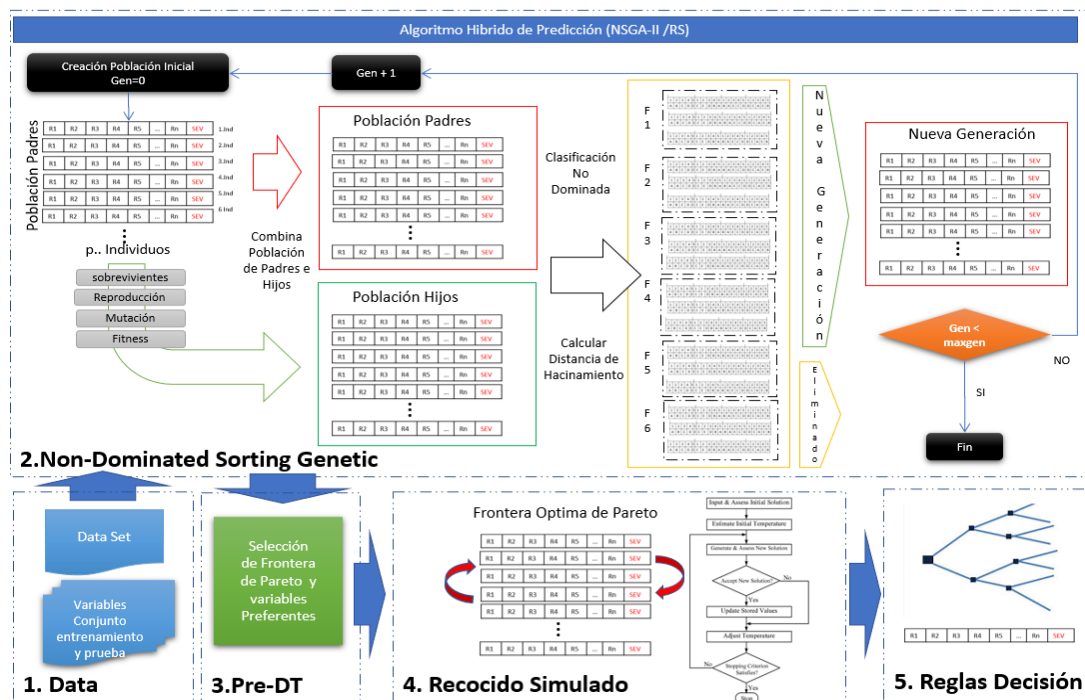


Figura 13. Etapas metodológicas del algoritmo híbrido.
Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento consistió en 5 fases:

- a) preprocesamiento de los datos, y definición de los conjuntos de entrenamiento y prueba: en la primera fase, se definió el conjunto de datos y las variables seleccionadas. Los datos de entrenamiento y prueba fueron definidos con las proporciones recomendadas en la literatura en 70% y 30%.
- b) clasificación de datos con el algoritmo genético multiobjetivo: en la segunda fase, se aplicó el algoritmo genético multiobjetivo (NSGA-II) como técnica de clasificación de los diferentes niveles de conflictos viales de motociclistas a partir de las reglas de asociación.
- c) definición de variables significativas y selección de soluciones del frente de Pareto: en la tercera fase, luego de aplicar el algoritmo genético y establecer el frente de Pareto óptimo del problema, se seleccionaron las reglas de decisión con mejor desempeño.
- d) aplicación de recocido simulado para definir la jerarquía de las reglas de decisión: en la cuarta fase, se empleó el recocido simulado, el cual es una técnica propuesta por Kirkpatrick, et al. [212].
- e) definición y validación final de reglas de decisión: la última fase consistió en la aplicación y validación de las reglas de decisión con los datos de prueba. La validación consideró la matriz de confusión, así como las métricas de precisión, exhaustividad y F1. Adicionalmente, se contrastaron los resultados con el Software Weka aplicando métodos tradicionales de minería de datos y machine learning.

10.2 Conjunto de Datos en Conductas y Conflictos Viales

Los datos usados en las predicciones correspondieron a aquellos derivados de los eventos con interacciones (conflictos potenciales) en los motociclistas que buscaron acceder a la vía principales sobre las intersecciones de tres y cuatro ramales. El análisis predictivo consideró el indicador PET como una de las medidas sustitutivas de seguridad vial más recomendada para los conflictos en intersecciones [213].

Los conflictos potenciales fueron categorizados en tres niveles (graves/serios, moderados, leves). Los conflictos serios/graves fueron aquellos por debajo de 1 segundo en el PET como lo recomiendan Paul y Ghosh [206], y Peesapati, et al. [214]. Así mismo, los conflictos moderados fueron aquellos que se encontraron entre 1 a 1,5 segundos, como un umbral mínimo deseable como lo señaló Hsu y Wen [123] y Mahmud, et al. [113]. Los conflictos leves se delimitaron entre 1,5 segundo hasta 3,0 segundos. No todos los eventos conflictivos son críticos, por ello, varios estudios han definido el umbral de PET para distinguir los críticos dentro de los eventos potenciales con valores superiores a 3 segundos [215, 216].

El conjunto de datos de conductas y conflictos viales recopilados en las intersecciones tipo T y tipo X, se describen en la Tabla 32. En las intersecciones tipo T de las interacciones totales se excluyeron 191 conflictos potenciales con valores PET superiores a 3,0 segundos, mientras que en las intersecciones tipo X fueron 228 conflictos potenciales.

Tabla 32. Resumen de niveles de conflictos por tipo de intersección.

Conflictos críticos	PET (seg)	Intersecciones tipo T		Intersecciones tipo X	
		Cantidad	%	Cantidad	%
Serios/graves	0,0 – 1,0	257	11,5	128	7,6
Moderados	1,01 – 1,50	449	20,2	426	25,4
Leves	1,50 – 3,00	1.520	68,3	1221	72,9
Totales		2.226	100	1775	100

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis predictivos se realizaron de manera independiente para cada tipo de intersección. En las intersecciones tipo T se contabilizaron 2.226 eventos, y en las intersecciones tipo X se trabajó con 1.775 conflictos. Los datos fueron segmentados en 1.558 de entrenamiento y 668 de prueba en las intersecciones tipo T, mientras que en las intersecciones tipo X fueron 1.243 de entrenamiento y 533 de prueba. Los datos de entrenamiento fueron usados en el algoritmo híbrido para definir las reglas de decisión. Los datos de prueba fueron implementados posteriormente del recocido simulado para calcular y validar la efectividad en las predicciones.

El planteamiento y representación general de las variables fueron en forma categórica. La codificación permitió la clasificación y agrupación de eventos para la definición de las reglas de decisión. En el conjunto de datos se priorizaron 36 variables para evitar una hiper-parametrización que dificultara definir relaciones y la generación de buenas predicciones. Las variables fueron seleccionadas de manera discrecional por el investigador y buscaron involucrar aquellas significativas en los análisis previos con el indicador PET. En la Tabla 33 se describen las variables establecidas para las predicciones, las categorías sintetizadas y las etiquetas consideradas para desarrollar la minería de datos con el algoritmo propuesto.

Tabla 33. Conjunto de variables para la predicción de conflictos viales.

Variable General	Variable específica	Etiqueta	Definición [código](valor)
Condiciones espaciotemporales	Franja horaria	HOR	[1] pico; [2] valle
	Calidad de vía	CAL	[1] bueno; [2] mal-regular
	Flujo vehicular	FLU	[1] alto; [2] moderado
	Visibilidad derecha	VDE	[1] amplia; [2] moderada
	Visibilidad izquierda	VIZ	[1] amplia; [2] moderada
Uso de la motocicleta y características individuales de los ocupantes	Número de pasajeros	NUP	[1] uno; [2] dos o más
	Tipo de servicio	TSE	[0]-ni; [1] laboral/oficial/particular; [2] mototaxista
	Edad de conductor	EDC	[0]-ni; [1] adulto mayor; [2] adulto joven; [3] joven
Vestuario, condiciones de conducción y elementos de protección	Casco del conductor	CCAS	[1] en uso; [2] no usa
	Visor del casco	VCAS	[0] ni; [1] adecuado; [2] abierto; [3] no
	Protección solar	PSOL	[0] ni; [1] sí; [2] no
	Conduce hablando	HAB	[1] si (celular/entorno /pasajero); [2] no
	Casco de pasajero	CPAS	[0] ni; [1] uso; [2] extremidad del conductor; [3] sobre motocicleta; [4] no
Características y condiciones de la motocicleta	Manipulación carga	CAR	[1] no; [2] contenedor; [3] sobredimensiona
	Tipo de motocicleta	TMO	[0] ni; [1] estándar; [2] deportiva / todoterreno; [3] scooter; [4] tri/cuatrimoto; [5] eléctrica/ monaleta
	Espejos	RET	[0] ni; [1] sí; [2] no
	Uso de faros	FAR	[0] ni; [1] sí; [2] no
	Velocidad de arribo	VELA	[1] lento, [2] normal; [3] rápido
Conducta y acciones sobre	Uso de direccionales de giro	IND	[1] sí; [2] no; [3] error
	Parada/ubicación de parada	STOP	[1] antes; [2] stop; [3] después; [4] no detiene

Variable General	Variable específica	Etiqueta	Definición [código](valor)
motocicleta antes de ingreso	Espera de ingreso	TESP	[1] corta; [2] no espera; [3] paciente
	Giro de cabeza /observación	OBSI	[1] ambos; [2] derecha; [3] izquierda; [4] no
	Tipo de entrada	TIPEA	[1] adelantamiento/compartido; [2] solo
	Posición de ingreso	CARA	[1] derecha -centro- izquierda; [2] contravía
	Malabares	MAL	[1] sí; [2] no
	Errores de conducción	ERR	[1] sí; [2] no
Condiciones de interacción con tráfico durante ingreso	Observación durante	OBSD	[1] foco; [2] panorámico
	Giro o ingreso a la intersección	GIRO	[1] derecha; [2] izquierda; [3] izquierda contravía; [4] directo
	Velocidad de entrada	VELE	[1] lento ; [2] normal; [3] rápido
	Posición de ingreso	CARD	[1] derecha -centro- izquierda; [2] contravía
	Intención del conductor	INT	[1] arriesgado; [2] calmado
	Tipo de entrada durante ingreso	TIPED	[1] adelantamiento/compartido; [2] solo
Conflictos	Maniobra de entrada	MANI	[1] frente uno; [2] entre 2's vehículos; [3] después uno; [4] contravía
	Punto de Conflicto	ZON	[1] acceso; [2] carril cercano; [3] carril lejano; [5] intermedio; [4] opuesto
	Vehículo de interacción	VEHI	[1] moto; [2] carro; [3] heavy/bus/otros
	Rango TE	RTE	[1] 0 a 2; [2] 2 a 4; [3] 4 o más

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los datos que se usaron para las predicciones en las intersecciones de tres y cuatro ramales se muestra en los Anexo 59 y Anexo 60 respectivamente.

10.3 Implementación y Estrategias del Algoritmo Genético Propuesto

La técnica evolutiva multiobjetivo aplicada en este problema fue un algoritmo NSGA-II desarrollado por Deb, et al. [217]. Esta técnica hace parte de los algoritmos evolutivos como una herramienta general para la búsqueda y optimización de problemas. Este método permite la diversidad de soluciones y archiva las mejores soluciones a través de su elitismo; reduciendo así la complejidad con respecto al ordenamiento de las soluciones significativas al problema.

La NSGA-II parte de la generación aleatoria de individuos (población inicial), donde la clasificación de la población se realiza por fronteras. Los individuos que corresponden al primer frente no están dominados, y los pertenecientes al segundo frente no están dominados por el primer grupo. A los individuos se les asigna un valor de rango equivalente a su nivel de no dominación.

El algoritmo NSGA-II implementado ayuda a determinar el nivel de dominancia de cada individuo con respecto a su conformidad con el frente de Pareto óptimo utilizando funciones de aptitud. Los individuos no dominados se definieron comparando cada uno de los cromosomas con la población total. Cuando se evaluó la dominancia, se ordenaron por su rango o jerarquía sobre el conjunto de datos total. En la selección de sucesores, se consideró el rango dentro del frente de Pareto y el valor de apilamiento.

El proceso de apilamiento es una de las ventajas de NSGA-II, ya que aumenta la diversidad y mejora la convergencia de soluciones futuras; por lo tanto, permite la supervivencia de individuos en áreas donde la aglomeración de soluciones es baja. El pseudocódigo implementado para el algoritmo genético se presenta en la Figura 14.

Input: Parámetros (Población, cromosoma, operadores, generaciones)

1. Crear los individuos iniciales (tamaño de la población, N) por medio de la creación aleatoria de los cromosomas.
2. Aplicar los operadores de Cruce y Mutación.
3. Compilar la población de tamaño $2N$ (Padres y descendientes).
4. Evaluar el desempeño de cada cromosoma.
5. Calcular la asignación de rango en los frentes de no dominancia a la población ($2N$).
6. Calcular el apilamiento de cada cromosoma.

$$d_i = \sum_{m=1}^M \left| \frac{f_m^{(l(i)+1)} - f_m^{(l(i)-1)}}{f_m^{(max)} - f_m^{(min)}} \right|$$

- Donde $l(m)$ es el vector que indica la solución alternativa vecina a la alternativa i , $f_m^{(max)}$ y $f_m^{(min)}$, son los valores máximo y mínimo en todo el espacio de solución de la función objetivo m . M es el número de funciones objetivo a optimizar.

7. Conformar la población (N) descendiente por medio del Rango de No dominancia y desempataando por el valor de Apilamiento.
8. Repetir pasos del 2 al 7, hasta el criterio de parada o número de generaciones definida.

Figura 14. Seudocódigo del algoritmo genético multiobjetivo (NSGA-II).

Fuente: Elaboración propia.

El algoritmo genético representó el conjunto de datos en un arreglo en forma de cromosoma (ver Figura 15). La representación del problema se planteó en forma de reglas, por ello se dio [Si ($V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$) entonces (V_s)], donde V_n representó la categoría de las clases condicionantes, y V_s el nivel de conflicto vial.

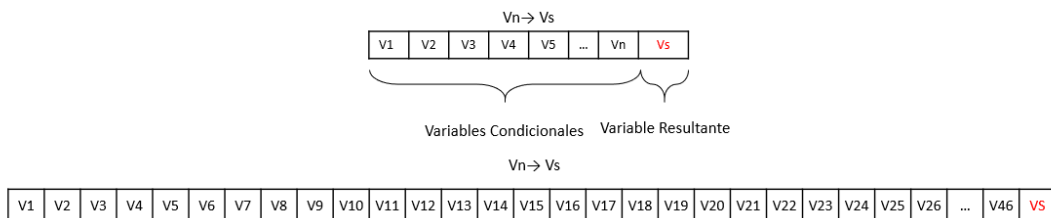


Figura 15. Representación del cromosoma del algoritmo genético.

Fuente: Elaboración propia.

El problema aplicó técnicas de reproducción y mutación para la generación de nuevos descendientes. El proceso de reproducción implica la selección aleatoria de individuos del grupo parental. El cruce fue en un punto, y la ubicación del corte se seleccionó al azar con respecto al tamaño del cromosoma. El proceso de mutación consideró tanto a la población de padres como a la descendencia para la generación de las modificaciones. La mutación selecciona al individuo y la posición para afectar al azar. La mutación propuesta comienza con alta intensidad en los individuos seleccionados y disminuye con las generaciones.

La intensidad de las mutaciones permite cambios en los genes del individuo, o neutraliza (poda) su presencia dentro del cromosoma. Las estrategias de reproducción y mutación implementadas dentro del algoritmo genético se describen en la Figura 16. La figura muestra la posibilidad de cruzar de tal manera que los padres se recombinen. La mutación permite el establecimiento de un cambio o la eliminación de la influencia de una variable condicional (V_n). La aplicación de estos operadores permite una mayor diversidad de individuos, además de una mejor orientación o convergencia hacia mejores resultados.

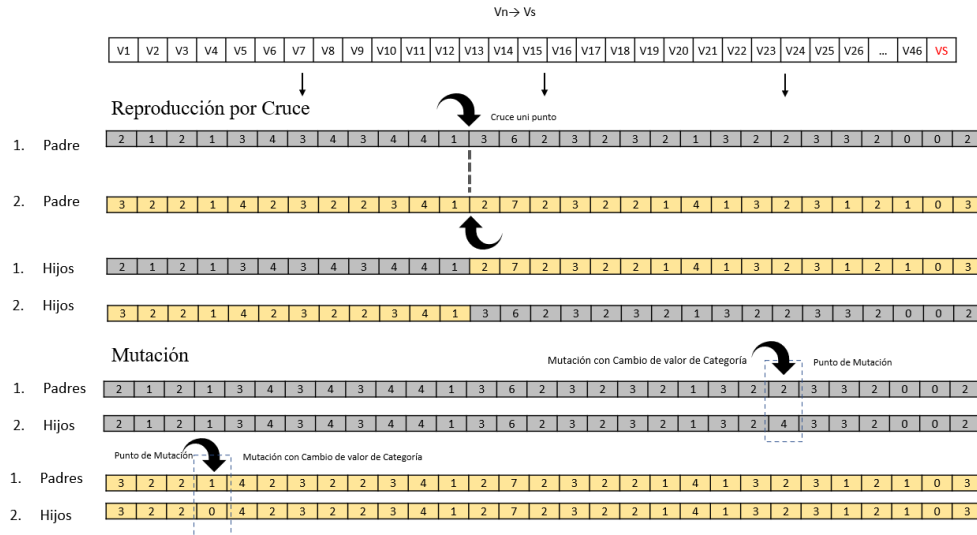


Figura 16. Estrategia de cruce y mutación de individuos para el algoritmo genético.
Fuente: Elaboración propia.

El algoritmo genético planteado hizo uso de las reglas de asociación propuestas por Agrawal, et al. [218] para descubrir eventos que ocurren en un conjunto de datos. Las reglas aplicadas fueron soporte, confianza, lift y compresibilidad. A continuación, se describen elementos conceptuales para el cálculo de las reglas de asociación, así:

- I Conjunto de ítems: $I = (i_1, i_2, \dots, i_m)$.
- Transacción: subconjunto de ítems $t \subseteq I$.
- Base de datos de n transacciones: $T = (t_1, t_2, \dots, t_n)$.
- Itemset es un subconjunto de ítems, "X" es un itemset, $X \subset I$.
- Items sets "X" e "Y" tales que $X \cap Y = \emptyset$.
- $X \rightarrow Y$: establece que cuando "X" ocurre, entonces "Y" ocurre con una dada probabilidad.
- "X" es el antecedente e "Y" es el consecuente de la regla.
- $t(X)$ evento con todas las transacciones que contienen "X".

El soporte de un conjunto de ítems "X" se definió como la proporción de transacciones "T" que contienen el itemset "X". El soporte se calculó así:

$$\begin{aligned} \text{Soporte}(X) &= \#X/n = P(t(X)), \text{ dado } X \rightarrow Y (X \cap Y = \emptyset): \\ \text{Soporte}(X \rightarrow Y) &= \#(X \cup Y)/n = \text{soporte}(X \cup Y) = P(t(X) \cap t(Y)) \end{aligned} \quad \text{Eq. 11}$$

La confianza se interpretó como la probabilidad de encontrar la parte derecha de una regla, condicionada a que se encuentre también la parte izquierda. La confianza se calculó así:

$$\text{Confianza}(X \rightarrow Y) = \#(X \cup Y)/\#X = \text{soporte}(X \cup Y) / \text{soporte}(X) = P(t(Y) | t(X)) \quad \text{Eq. 12}$$

El Lift expresa la proporción del soporte observado de un conjunto de ítems respecto al soporte teórico de ese conjunto. El lift se calculó así:

$$\text{Lift}(X \rightarrow Y) = \text{soporte}(X \cup Y) / (\text{soporte}(X) * \text{soporte}(Y)) = P(t(X) \cap t(Y)) / P(t(X)) P(t(Y)). \quad \text{Eq. 13}$$

Compresibilidad es una regla relacionada con el tamaño del arreglo e interpretación, identificando como comprensible aquellas reglas más cortas [219]. La compresibilidad se calculó así:

$$\text{Comp}(X \rightarrow Y) = 1 / \ln(2 + |X|) \quad \text{Eq. 14}$$

La función de desempeño del algoritmo planteado (NSGA-II) fue maximizar de manera simultánea el soporte, confianza, lift y compresibilidad para la construcción de reglas. En la definición de reglas el soporte aportó la frecuencia, mientras que la confianza aportó la fortaleza de las reglas definidas. El lift evaluó la relación entre los valores antecedentes y consecuentes, mientras que la compresibilidad buscó reglas reducidas y simplificadas en pocas variables. A continuación, se presenta un ejemplo para establecer la función de desempeño.

Dataset							
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	VR
3	2	3	4	4	4	2	1
4	3	4	3	1	3	4	3
3	3	4	3	4	1	1	3
2	1	2	3	4	4	1	2
1	4	2	3	3	1	1	1
2	2	3	1	1	2	3	1
4	2	4	3	1	4	1	1
2	2	4	3	3	1	4	1
2	1	2	1	2	2	1	3
2	1	1	3	1	4	2	3
3	4	4	1	3	1	2	1
1	1	1	2	4	2	4	3
4	3	3	2	1	4	2	3
2	3	4	4	3	2	1	1
1	1	1	1	1	3	3	1
2	3	4	1	3	4	1	2
2	2	1	1	3	4	1	2
3	1	4	3	4	2	2	3
4	2	4	2	3	4	1	3
1	1	2	2	3	1	2	1

Soporte	
Regla:	
V1= 2 ; V3= 4, V5= 3 → VR=1	
Soporte(X → Y)	
#(X ∪ Y)	
2	
Tamaño de Dataset (n)	
20	
Soporte = #(X ∪ Y)/n	
Soporte= 2/20	
10%	

Confianza	
Regla:	
V1= 2 ; V3= 4, V5= 3 → VR=1	
Confianza(X → Y)	
#(X ∪ Y)	
2	
#X	
3	
Confianza = #(X ∪ Y)/#X	
Confianza= 2/3	
67%	

Lift	
Regla:	
V1= 2 ; V3= 4, V5= 3 → VR=1	
Lift(X → Y)	
#(X ∪ Y)	
2	
#X	
3	
#Y	
9	
Lift = soporte(X ∪ Y) / (soporte(X) * soporte(Y)) =	
Lift = (2/20) / ((3/20) * (9/20))	
1,48	

Compresibilidad	
Regla:	
V1= 2 ; V3= 4, V5= 3 → VR=1	
Compre(X → Y)	
X	
3	
Comp(X → Y) = 1 / Ln(2+ X)	
Comp = 1 / (Ln(2+3))	
62%	

Figura 17. Ejemplo de cálculo de función de desempeño para el algoritmo genético.
Fuente: Elaboración propia.

La programación del algoritmo requirió de la definición del número de generaciones, población, intensidad de cruces y mutaciones, en estos parámetros se consideró la configuración previamente establecida por Ospina-Mateus, et al. [211]. Finalmente, luego de aplicar el algoritmo genético y establecer el frente de Pareto óptimo del problema, se seleccionaron las reglas de decisión con mejor desempeño. En esta fase, se eligieron las reglas conformadas por más de dos variables, con la finalidad de encontrar mayores relaciones en las predicciones.

10.4 Implementación y Estrategias del Recocido Simulado

En esta etapa se empleó el recocido simulado, el cual es una técnica propuesta por Kirkpatrick, et al. [212]. El recocido se fundamenta en el proceso térmico para mejorar las propiedades de los sólidos; que es un proceso en el que se eleva la temperatura de un sólido y luego se enfría lentamente para obtener estructuras cristalinas perfectas. En la aplicación de esta técnica se consideró jerarquizar las reglas previamente seleccionadas, buscando optimizar la cantidad y el ordenamiento, para mejorar la predicción de los conflictos viales con los datos de prueba.

La heurística consiste en simular la optimización describiendo el comportamiento físico de un sistema complejo. El recocido simulado es un proceso en el que las soluciones que componen un

vecindario intentan cambiar de posición de una solución actual a otra. La heurística genera una nueva solución S' en la vecindad de las soluciones actuales, y luego calcula el cambio en la función objetivo de la solución inicial ($d = C(S') - C(s)$). Las nuevas vecindades dentro de la heurística corresponde a un cambio de ubicación de alguna regla de decisión en la jerarquía de todas las reglas.

En su aplicación al problema, es necesario diseñar la representación de las soluciones y permitir intercambios con soluciones vecinas, el cálculo del cambio y la reducción de temperatura (T). El proceso comienza con una temperatura alta, lo que permite la ocurrencia de varias soluciones factibles como aceptación y establece una solución de referencia. En la secuencia, el problema se enfría y la temperatura disminuye a medida que no mejora el valor de referencia, lo que reduce el número de movimientos entre los vecindarios.

Finalmente, la temperatura se reduce lo suficiente como para pausar el procedimiento; por lo tanto, solo se aceptan las mejores soluciones. El parámetro T disminuye gradualmente por una función de enfriamiento o la realización de una condición de parada. En esta heurística se requirieron un conjunto de parámetros como la cantidad de las reglas a evaluar, la temperatura de inicio, el factor de enfriamiento y las iteraciones que habilitan el criterio de parada. El pseudocódigo y el esquema de aplicación de la heurística se describen así:

Algoritmo. Heurística Recocido Simulado.

Inicia

Elija una solución inicial S ;

Seleccione la temperatura inicial y la temperatura final $T_0, T_f > 0$;

Mientras que, dado que no se cumple la condición de terminación,

Genera un vecino S' de S

Si, S' "satisface el criterio de aceptación

$S = S'$

Devuelve T según el criterio de disminución

Nota: El algoritmo puede tomar T como el número de pasos de búsqueda.

Figura 18. Seudocódigo del recocido simulado.

Fuente: Elaboración propia.

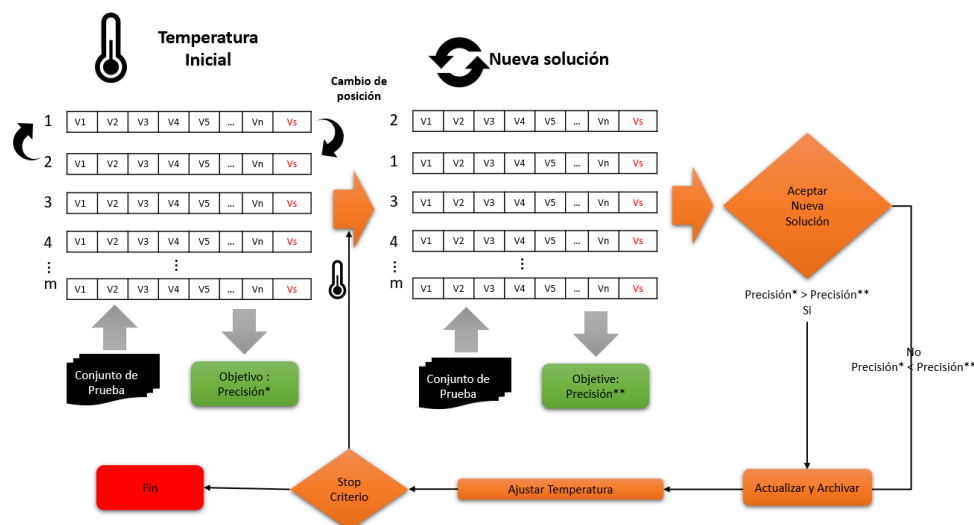


Figura 19. Estrategia de aplicación de recocido simulado en la definición de las reglas prioritarias.
Fuente: Elaboración propia.

10.5 Aplicación del Algoritmo Híbrido en la Predicción de Conflictos Viales

El algoritmo se implementó a partir del conjunto de datos que representaron las variables condicionales (36 variables conductuales) y las variables resultantes (Nivel de Conflicto Vial (NCV); [1] serio/grave, [2] moderado, [3] Leve). Los parámetros usados en el algoritmo NSGA-II y recocido simulado con los datos de entrenamiento se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. Resumen de parámetros aplicados en algoritmo híbrido.

No	Nombre del parámetro	Valor de prueba	Parámetro definido
1	Número de variables de decisión	36	(Ver tabla 33)
2	Tamaño de población de padres	2.000, 3.000, 4.000	4.000
3	Número de generaciones	100, 180, 250, 300	100
4	Porcentaje de cruce	40%, 60%, 80%	60%
5	Porcentaje de mutación	5%, 6%, 7%, 8%	7%
6	Genes para mutación	1, 2, 5	1
7	Selección de bit a mutar	-	Aleatorio[1-36]
8	Temperatura en RS	1, 5, 10	1
9	Factor Frio en RS	1 a 99%	90%
10	Número máximo de Iteraciones de RS	10, 30, 50	50

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del algoritmo híbrido se configuró y evaluó en un computador Intel Core i7-8550U de 2,40 GHz y 12 GB de memoria RAM con Windows 10 Pro 64x. El algoritmo se diseñó en lenguaje JAVA con el compilador Eclipse "IDE Java EE Developers Luna Release (4.4.0)". El algoritmo se conectó con Microsoft Excel para importar los datos y parámetros, así como para exportar las soluciones sobre una hoja de cálculo estructurada. En la ejecución se realizaron 5 corridas del algoritmo para proceder con la mejor solución. El análisis predictivo se realizó para cada tipo de intersección. Los resultados de mejor dominancia dentro de la frontera de Pareto para las intersecciones se muestran en el Anexo 61 y Anexo 62.

Los algoritmos implementados tomaron poco tiempo en el procesamiento de los datos, alrededor de 3 minutos. En las intersecciones de tres ramales, el análisis predictivo se desarrolló con los resultados de la primera corrida, mientras que en las intersecciones de cuatro ramales se ejecutaron con la tercera corrida. Adicionalmente a los resultados, la aplicación de los algoritmos genéticos tuvo un desempeño adecuado. El desempeño del algoritmo con los datos de prueba sobre las intersecciones tipo T y X, se muestran en el Anexo 63 y Anexo 64.

En la optimización simultánea de los distintos objetivos (reglas de asociación) con el algoritmo genético se obtuvieron los resultados en las fronteras de Pareto óptimas. Estos resultados fueron seleccionados y filtrados para la obtención de reglas de decisión. En el conjunto de datos de las intersecciones de tres ramales, el algoritmo permitió generar 1.833 soluciones al finalizar su ejecución, de este conjunto 276 soluciones conformaron el frente de Pareto. En el conjunto de datos de las intersecciones de cuatro ramales, el algoritmo permitió generar 1.696 soluciones al

finalizar su ejecución, de este conjunto 258 conformaron el frente de Pareto. Estas soluciones que conforman las fronteras de Pareto en los dos tipos de intersecciones fueron las soluciones que se remitieron en la siguiente etapa del recocido simulado.

La ejecución del recocido simulado permitió definir 34 reglas preferenciales que mejoraron la exactitud de las predicciones en las intersecciones de tres ramales, mientras que en las intersecciones de cuatro ramales se definieron 28 reglas preferenciales. El tiempo promedio de ejecución de la metaheurística fue alrededor de 5 minutos.

10.6 Reglas de Decisión Extraídas para las Intersecciones de Tres Ramales (Tipo T)

Las 34 reglas de decisión preferenciales para el conjunto de datos de las intersecciones de tres ramales se resumen en la Tabla 35. Las reglas extraídas tuvieron un promedio de 4 variables condicionales.

Tabla 35. Conjunto reglas de decisión para la predicción de conflictos viales en las intersecciones de tres ramales.

No	Reglas de decisión	Soporte (%)	Confianza (%)	Lift	Comprensibilidad (%)
1	Si (VIZ = 1 – CCAS = 1 – IND = 2 – TIPED = 2) → NCV = 3	0,657	0,685	1,003	0,558
2	Si (TIPEA = 2 – INT = 2 – TIPED = 2) → NCV = 3	0,409	0,689	1,009	0,621
3	Si (CAL = 1 – STOP = 3 – TESP = 1) → NCV = 3	0,343	0,707	1,036	0,621
4	Si (CAR = 3 – IND = 2 – TESP = 1 – CARD = 1) → NCV = 3	0,304	0,682	0,999	0,558
5	Si (CAL = 1 – FLU = 1 – TESP = 1) → NCV = 3	0,276	0,690	1,010	0,621
6	Si (CPAS = 2 – VELA = 3 – MANI = 1 – RTE = 1) → NCV = 1	0,254	0,692	1,013	0,558
7	Si (VDE = 2 – NUP = 1 – TMO = 1 – IND = 2 – VELE = 2 – TIPED = 2) → NCV = 3	0,237	0,710	1,039	0,480
8	Si (CAR = 2 – TIPED = 1) → NCV = 2	0,223	0,663	0,971	0,721
9	Si (HOR = 1 – OBSI = 2 – MANI = 4) → NCV = 2	0,209	0,654	0,957	0,621
10	Si (RET = 1 – STOP = 4 – TIPEA = 2 – CARA = 1 – MANI = 3) → NCV = 2	0,198	0,680	0,996	0,513
11	Si (VIZ = 2 – NUP = 2 – TIPEA = 1 – RTE = 1) → NCV = 1	0,185	0,662	0,970	0,558
12	Si (TSE = 2 – CCAS = 1 – CAR = 3 – TIPEA = 2 – ZON = 2) → NCV = 3	0,175	0,709	1,038	0,513
13	Si (FLU = 2 – VDE = 2 – VIZ = 2 – TMO = 1 – VELE = 2) → NCV = 3	0,167	0,567	0,830	0,513
14	Si (VIZ = 2 – PSOL = 2 – RET = 2 – STOP = 4 – OBSI = 3 – CARD = 1) → NCV = 2	0,159	0,672	0,985	0,480
15	Si (CAR = 3 – TMO = 1 – ZON = 2 – RTE = 2) → NCV = 3	0,150	0,666	0,975	0,558
16	Si (VIZ = 1 – IND = 2 – GIRO = 2 – CARD = 1 – TIPED = 1 – MANI = 1) → NCV = 3	0,142	0,696	1,019	0,480
17	Si (CAL = 2 – VDE = 2 – EDC = 2) → NCV = 2	0,135	0,698	1,022	0,621
18	Si (VIZ = 1 – CCAS = 1 – TMO = 1 – OBSI = 3 – TIPEA = 2) → NCV = 3	0,128	0,645	0,945	0,513
19	Si (EDC = 3 – FAR = 1 – OBSI = 3 – MANI = 3) → NCV = 2	0,122	0,699	1,024	0,558
20	Si (CAL = 2 – FLU = 2 – VIZ = 2 – TMO = 1 – VELA = 3 – MANI = 1) → NCV = 3	0,118	0,708	1,037	0,480
21	Si (HOR = 1 – OBSI = 3 – GIRO = 1 – INT = 1 – RTE = 2) → NCV = 2	0,112	0,703	1,030	0,513
22	Si (EDC = 3 – MANI = 2 – RTE = 1) → NCV = 1	0,107	0,687	1,006	0,621
23	Si (TSE = 2 – STOP = 4 – MAL = 1 – MANI = 1) → NCV = 1	0,103	0,676	0,991	0,558
24	Si (VIZ = 2 – TMO = 1 – TIPEA = 1 – CARA = 1 – MAL = 1) → NCV = 2	0,097	0,648	0,949	0,513
25	Si (VDE = 1 – VIZ = 1 – CAR = 3 – CARA = 2 – TIPED = 2) → NCV = 3	0,092	0,690	1,011	0,513
26	Si (TSE = 2 – OBSI = 3 – CARA = 1 – CARD = 1) → NCV = 3	0,088	0,699	1,024	0,558
27	Si (NUP = 1 – CAR = 3 – TIPED = 2 – RTE = 2) → NCV = 3	0,083	0,709	1,038	0,558
28	Si (NUP = 2 – CARA = 2 – INT = 1) → NCV = 1	0,080	0,682	0,999	0,621
29	Si (VIZ = 2 – EDC = 2 – INT = 1) → NCV = 2	0,077	0,707	1,035	0,621
30	Si (VIZ = 2 – TSE = 2 – TESP = 1 – VEHI = 2) → NCV = 1	0,074	0,679	0,994	0,558
31	Si (TSE = 2 – STOP = 3 – OBSI = 3 – MANI = 2) → NCV = 1	0,071	0,690	1,010	0,558
32	Si (EDC = 2 – OBSI = 3 – INT = 1 – MANI = 3) → NCV = 2	0,067	0,688	1,008	0,558
33	Si (EDC = 3 – VELA = 3 – CARA = 2 – CARD = 2) → NCV = 1	0,065	0,610	0,894	0,558
34	Si (TSE = 2 – EDC = 3 – GIRO = 3) → NCV = 1	0,062	0,706	1,034	0,621

Fuente: Elaboración propia.

En los conflictos leves se encontró la participación de 24 variables y se generaron 15 reglas de decisión. Los conflictos leves pueden ocurrir en:

- Visibilidad izquierda amplia, motociclistas con casco, no usan direccionales de giro e ingresan solos a la vía principal.
- Motociclistas que partieron de la intersección solos e ingresan a la vía principal solos con una intención calmada.
- Intersecciones con vía en buenas condiciones, motociclistas que se detienen después de la esquina y esperan corto tiempo.
- Motociclistas que manipulan carga sobredimensionada, no usan direccionales de giro, tienen tiempos de espera cortos e ingresan en la vía principal dentro del carril.
- Intersecciones con vías buenas, flujo vehicular alto y motociclistas que esperan corto tiempo al ingreso.
- Intersecciones con visibilidad derecha moderada, desplazamiento en motocicleta estándar, sin pasajero, no usan direccionales de giro, ingresan a velocidad normal y solos en vía principal.
- Mototaxistas con casco, manipulan carga, ingresan solos desde la intersección y con interacciones en el carril cercano.
- Flujo vehicular moderado, visibilidad derecha e izquierda moderada, motocicleta estándar e ingresan a velocidad normal.
- Motocicletas estándar, manipulan carga e ingresan durante 2 a 4 segundos.
- Intersecciones con visibilidad izquierda amplia, no usan direccionales de giro, giran a la izquierda, ingresan compartido con otro actor vial y frente a un vehículo.
- Intersecciones con visibilidad izquierda amplia, motociclistas con casco en motocicleta estándar, observan a la izquierda e ingresan solos.
- Intersecciones con vías deficientes, flujo vehicular moderado, visibilidad izquierda moderada, velocidad de arribo rápido e ingresan frente a un vehículo.
- Intersecciones con visibilidad derecha e izquierda amplia, manipulan carga, arriban solos en contravía.
- Mototaxistas que observan solo a la izquierda y se desplazan siempre dentro del carril.
- Motociclistas sin pasajeros, manipulan carga, ingresan solos y toman entre 2 a 4 segundos en el ingreso en la vía principal.

En los conflictos moderados se encontró la participación de 23 variables y se generaron 10 reglas de decisión. Los conflictos moderados pueden ocurrir en:

- Motociclistas con contenedor de carga que ingresan solos en la vía principal.
- Motociclistas que ingresan en contravía en horas pico.
- Motociclistas que no se detiene en la intersección e ingresan con mucha proximidad a un vehículo que pasa por la vía principal.
- Intersecciones con visibilidad izquierda moderada, motocicletas sin retrovisores y motociclistas que no se detienen y que observan solo a la izquierda.
- Intersecciones con vías deficientes, visibilidad derecha moderada y motociclistas jóvenes.
- Motociclistas mayores que observan a la izquierda e ingresan con mucha proximidad después de un vehículo que circula por la vía principal.

- Horas pico, motociclistas que giran a la derecha con intención arriesgada e ingresan durante 2 a 4 segundos.
- Intersecciones con visibilidad izquierda moderada, motocicletas estándar, motociclistas que ingresan compartiendo el carril y con malabares.
- En intersecciones con visibilidad izquierda moderada, motociclistas adultos jóvenes e intención de ingreso arriesgada.
- Motociclistas adultos jóvenes que observan a la izquierda con intención arriesgada e ingresan con mucha proximidad después de un vehículo que pasa por la vía principal.

En los conflictos graves se encontró la participación de 18 variables y se generaron 9 reglas de decisión. Los conflictos graves pueden ocurrir en:

- Motociclistas con casco de pasajero en el brazo/antebrazo, velocidad de arribo rápido, e ingresan frente a un vehículo y con tiempos de ingresos menor a dos segundos.
- Intersecciones con visibilidad izquierda moderada, motociclistas con pasajeros, adelantando/compartiendo el carril y tiempos de ingreso menores a dos segundos.
- Motociclistas jóvenes que ingresan entre dos vehículos y demoran dos segundos.
- Mototaxistas que no se detienen, realizan malabares e ingresan frente a un vehículo.
- Motociclistas con pasajero que llegan en contravía y con intención arriesgada.
- Intersecciones con visibilidad izquierda moderada, mototaxista con tiempos de espera cortos e interacción con un automóvil en el cruce.
- Mototaxistas que no se detienen, observan solo a la izquierda e ingresan entre dos vehículos.
- Motociclistas jóvenes con desplazamiento rápido, que llegan en contravía y acceden en contravía sobre la vía principal.
- Mototaxistas jóvenes que giran a la izquierda en contravía.

10.7 Reglas de Decisión Extraídas para las Intersecciones de Cuatro ramales (Tipo X)

Las 28 reglas de decisión preferenciales para el conjunto de datos de las intersecciones de cuatro ramales se resumen en la Tabla 36. Las reglas extraídas en promedio tuvieron un tamaño de 4 variables condicionales.

Tabla 36. Conjunto reglas de decisión para la predicción de conflictos viales en las intersecciones de cuatro ramales.

No	Reglas de decisión	Soporte (%)	Confianza (%)	Lift	Comprensibilidad (%)
1	Si (EDC = 2 – OBSI = 1 – INT = 1 – ZON = 2) → NCV = 3	0,654	0,685	0,995	0,558
2	Si (HOR = 1 – VDE = 2 – NUP = 2 – TESP = 1 – ZON = 2) → NCV = 3	0,457	0,745	1,083	0,513
3	Si (IND = 2 – MANI = 1) → NCV = 2	0,406	0,699	1,017	0,721
4	Si (VDE = 2 – VIZ = 2 – CPAS = 2 ; VELA = 3) → NCV = 1	0,372	0,652	0,947	0,558
5	Si (STOP = 3 – OBSD = 2) → NCV = 3	0,349	0,701	1,020	0,721
6	Si (HOR = 1 – MAL = 1) → NCV = 2	0,331	0,709	1,031	0,721
7	Si (IND = 2 – CARA = 1 – GIRO = 2 – MANI = 2) → NCV = 2	0,312	0,696	1,012	0,558
8	Si (HOR = 1 – CAL = 2 – TSE = 2 – TESP = 1 – MANI = 1) → NCV = 1	0,295	0,703	1,022	0,513
9	Si (VIZ = 1 – TESP = 1 – OBSD = 2 – TIPED = 2 – ZON = 2) → NCV = 3	0,283	0,696	1,012	0,513
10	Si (NUP = 2 – OBSI = 4 – VELE = 3 – CARD = 1) → NCV = 2	0,271	0,748	1,087	0,558
11	Si (VIZ = 2 – TIPEA = 1 – CARA = 1) → NCV = 2	0,260	0,702	1,020	0,621
12	Si (CAL = 2 – VDE = 2 – VIZ = 2 – IND = 2) → NCV = 3	0,250	0,686	0,998	0,558
13	Si (VDE = 2 – TESP = 1 – MAL = 1) → NCV = 3	0,241	0,711	1,034	0,621
14	Si (CAR = 3 – TESP = 1 – CARA = 2 – TIPED = 1) → NCV = 1	0,232	0,720	1,047	0,558
15	Si (CAL = 2 – STOP = 3 – OBSI = 1 – MAL = 1) → NCV = 3	0,224	0,699	1,017	0,558
16	Si (NUP = 1 – CCAS = 2 – IND = 2 – STOP = 3 – OBSD = 2) → NCV = 2	0,217	0,675	0,982	0,513

No	Reglas de decisión	Soporte (%)	Confianza (%)	Lift	Comprensibilidad (%)
17	Si (EDC = 1 – VELA = 3 – GIRO = 1) → NCV = 2	0,210	0,688	1,000	0,621
18	Si (EDC = 3 – TESP = 2 – MANI = 2) → NCV = 1	0,202	0,728	1,058	0,621
19	Si (CAL = 2 – NUP = 2 – INT = 1 – MANI = 1) → NCV = 1	0,195	0,709	1,031	0,558
20	Si (TSE = 2 – STOP = 3 – MANI = 2) → NCV = 2	0,189	0,736	1,070	0,621
21	Si (EDC = 2 – TESP = 1 – INT = 1) → NCV = 1	0,182	0,690	1,003	0,621
22	Si (HOR = 1 – EDC = 2 – VELA = 3 – STOP = 3 – ZON = 3) → NCV = 3	0,176	0,695	1,010	0,513
23	Si (EDC = 3 – STOP = 3 – GIRO = 3 – ZON = 2) → NCV = 1	0,171	0,732	1,064	0,558
24	Si (CCAS = 2 – VELA = 3 – STOP = 3 – GIRO = 3) → NCV = 2	0,165	0,740	1,076	0,558
25	Si (FLU = 1 – EDC = 3 – TESP = 2 – GIRO = 3) → NCV = 1	0,159	0,690	1,003	0,558
26	Si (VIZ = 2 – STOP = 3 – OBSD = 2) → NCV = 3	0,155	0,676	0,982	0,621
27	Si (IND = 2 – STOP = 3 – TESP = 1 – OBSD = 2 – VEHI = 1) → NCV = 3	0,150	0,721	1,048	0,513
28	Si (HOR = 1 – EDC = 2 – MAL = 1) → NCV = 2	0,145	0,725	1,054	0,621

Fuente: Elaboración propia.

En los conflictos leves se encontró la participación de 17 variables y se generaron 10 reglas de decisión. Los conflictos leves pueden ocurrir en:

- Motociclistas adultos jóvenes que observan a la izquierda y derecha con intención arriesgada y tienen interacciones en zonas próximas al carril.
- Horas pico, visibilidad derecha moderada, motocicleta con pasajeros, tiempos de espera cortos e interacciones en zona próxima al carril.
- Motociclistas que se detienen después de la esquina y observan de forma panorámica luego del ingreso a la vía.
- Visibilidad izquierda amplia, motociclistas con tiempos de espera cortos, observan de forma panorámica luego de ingresar a la vía, ingresan solo y con interacciones en zonas próximas al carril.
- Intersecciones con vías deficientes, visibilidad izquierda y derecha moderada, motociclistas que no usan luces direccionales de giro.
- Visibilidad derecha moderada, motociclistas con tiempos de espera cortos que ejecutan malabares previos.
- Intersecciones con vías deficientes, motociclistas que se detienen después de la esquina y ejecutan malabares previos.
- Horas pico, motociclistas adultos jóvenes que arriban a una velocidad rápida y que se detienen después de la esquina y con interacciones en las zonas lejanas al carril.
- Visibilidad izquierda moderada, motociclistas que se detienen después de la esquina y con observación panorámica luego de ingresar a la vía.
- Motociclistas que no usan luces direccionales de giro, se detienen después de la esquina, tienen tiempos de espera cortos y observan de forma panorámica luego del ingreso a la vía.

En los conflictos moderados se encontró la participación de 18 variables y se generaron 10 reglas de decisión. Los conflictos moderados pueden ocurrir en:

- Motocicletas que no usan luces direccionales de giro e ingresan frente a un vehículo.
- Hora pico y motociclistas que realizan malabares previos al ingreso.
- Motocicletas que no usan luces direccionales de giro, se desplazan sobre el carril, giran a la izquierda e ingresan ente dos vehículos.
- Motocicletas con pasajeros, sin giro de cabeza para observar e ingresan rápido.

- Intersección con visibilidad izquierda moderada y motociclistas que ingresan en adelantamiento sobre el carril.
- Motociclistas sin pasajeros, sin cascos, no usan la direccional de giro, se detienen después de la esquina y observan de forma panorámica después del ingreso.
- Motociclista mayor con velocidad de arribo rápido que giran a la derecha.
- Mototaxistas que se detienen después de esquina e ingresan entre dos vehículos.
- Motociclistas sin cascos, velocidad de arribo rápido, que se detienen después de la esquina y giran en contravía.
- Motociclistas adultos jóvenes en hora pico y realizan malabares previos al ingreso sobre el carril.

En los conflictos graves se encontró la participación de 19 variables y se generaron 8 reglas de decisión. Los conflictos graves pueden ocurrir en:

- Visibilidad izquierda y derecha moderada y motociclista con casco en las extremidades que arriban a una velocidad rápida.
- Horas pico, vías deficientes, mototaxistas con tiempos de espera cortos que ingresan frente a un vehículo.
- Motociclistas manipulando carga que arriban en contravía, esperan corto tiempo y se adelantan en el ingreso.
- Motociclistas jóvenes que no esperan en el acceso e ingresan entre dos vehículos.
- Intersección con calidad de vía deficiente, motociclistas con pasajeros que ingresando frente a un vehículo con intención arriesgada.
- Motociclistas adultos jóvenes que esperan corto tiempo y con intención arriesgada.
- Motociclistas jóvenes que se detienen después de la esquina, giran a la izquierda en contravía y con interacción en carril cercano.
- Intersección con flujo vehicular alto, motociclista joven que no se detienen y giran a la izquierda en contravía.

10.8 Validación de Reglas de Decisión Extraídas en el Conjunto de Datos

En la fase final, se validaron las reglas identificadas por medio de las métricas de precisión, exhaustividad, y F1 (ver Anexo 65). Los métodos de aprendizaje y predicción con los cuales se establecieron comparación fueron las técnicas: PART, C4.5, SVM, Naive Bayes, Multilayer Perceptron, random forest y random tree, implementadas con el Software Weka. Las comparaciones de las métricas en cada uno de los métodos se muestran la Tabla 37 y Tabla 38.

Tabla 37. Métricas de las predicciones en el conjunto de datos en las intersecciones de tres ramales (tipo T).

Método	Precisión			Exhaustividad			F1			General		
	NCV-1	NCV-2	NCV-3	NCV-1	NCV-2	NCV-3	NCV-1	NCV-2	NCV-3	Precisión	Exhaustividad	F1
NSGA-II & SA	37,8%	46,8%	83,8%	38,8%	38,8%	87,7%	38,3%	42,4%	85,7%	70,9%	72,0%	71,4%
Random tree	25,7%	27,6%	75,4%	25,1%	29,6%	74,0%	25,4%	28,6%	74,7%	60,1%	59,6%	59,9%
Random forest	46,7%	35,8%	70,9%	10,9%	5,3%	97,9%	17,7%	9,3%	82,2%	61,0%	69,2%	64,8%
J48	33,7%	24,8%	74,0%	26,5%	12,7%	87,3%	29,6%	16,8%	80,1%	59,4%	65,2%	62,2%
PART	30,8%	28,8%	76,8%	32,7%	24,7%	79,2%	31,7%	26,6%	78,0%	61,8%	62,8%	62,3%
SVM	40,5%	0,0%	73,1%	35,8%	0,0%	96,1%	38,0%	0,0%	83,0%	54,6%	69,7%	61,2%
RNN	31,4%	27,7%	76,2%	23,3%	25,4%	81,4%	26,8%	26,5%	78,7%	61,3%	63,4%	62,3%

Naive Bayes	38,5%	24,8%	73,5%	28,8%	6,2%	93,0%	33,0%	10,0%	82,1%	59,6%	68,0%	63,6%
-------------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Métricas de las predicciones en el conjunto de datos en las intersecciones de cuatro ramales (tipo X).

Método	Precisión			Exhaustividad			F1			General		
	NCV-1	NCV-2	NCV-3	NCV-1	NCV-2	NCV-3	NCV-1	NCV-2	NCV-3	Precisión	Exhaustividad	F1
NSGA-II & SA	50,0%	51,1%	74,0%	18,8%	26,5%	91,2%	27,3%	34,9%	81,7%	66,8%	70,5%	68,6%
Random tree	15,3%	27,4%	72,1%	16,4%	27,5%	71,5%	15,8%	27,4%	71,8%	57,3%	57,0%	57,1%
Random forest	66,7%	46,5%	70,9%	1,6%	11,0%	97,0%	0,0%	17,8%	81,9%	64,7%	69,5%	67,0%
J48	18,8%	42,2%	73,1%	9,4%	18,3%	91,3%	12,5%	25,5%	81,2%	61,7%	67,9%	64,7%
PART	14,1%	31,1%	72,8%	14,1%	31,2%	72,7%	14,1%	31,1%	72,8%	58,6%	58,5%	58,6%
SVM	14,3%	46,9%	73,4%	0,8%	21,6%	94,5%	1,5%	29,6%	82,6%	62,8%	70,3%	66,3%
RNN	23,7%	29,8%	73,1%	18,0%	27,5%	77,0%	20,4%	28,6%	75,0%	59,2%	60,8%	60,0%
Naive Bayes	21,7%	42,4%	73,9%	3,9%	26,3%	90,0%	89,6%	72,3%	70,4%	62,6%	68,5%	68,5%

Fuente: Elaboración propia.

Al contrastar las métricas en los diferentes métodos, se identificó que el algoritmo propuesto obtuvo los mejores resultados en las predicciones. Los resultados para el conjunto de datos en las intersecciones de tres ramales mostraron en las métricas de precisión, exhaustividad y F1 valores de 70,9%, 72,0% y 71,4% respectivamente, mientras en las intersecciones de cuatro ramales expusieron en las métricas de precisión, exhaustividad y F1 valores de 66,8%, 70,5% y 68,6% respectivamente.

10.9 Discusión

Es importante resaltar el grado de riesgo que presentaron las intersecciones objeto de estudio en la presente investigación. En las intersecciones de tres ramales se dieron más de 2.417 interacciones potencialmente conflictivas, de estas el 92% correspondieron a interacciones que fueron consideradas críticas. De los 2.226 conflictos críticos en intersecciones tipo T, alrededor del 12% estuvieron en un umbral grave, 20% en un umbral moderado, y 68% en un nivel leve. Por otra parte, en las intersecciones de cuatro ramales se dieron más de 1.903 interacciones potencialmente conflictivas, de estas el 93% correspondieron a interacciones que fueron consideradas críticas. De los 1.775 conflictos críticos en intersecciones tipo T, alrededor del 8% estuvieron en un umbral grave, 25% en un umbral moderado, y 73% en un nivel leve.

A partir de los conflictos críticos sobre las intersecciones de tres y cuatro ramales, fue ejecutado el algoritmo propuesto. El método propuesto fue validado previamente en un conjunto de datos más robustos de accidentes viales en Bogotá [211]. El algoritmo permitió replicar sus etapas procedimentales para la definición de reglas de decisión, identificando patrones con las variables condicionales establecidas. La aplicación del método propuesto dependió del conjunto de datos disponibles y las variables que caracterizaron los eventos observados. El uso de reglas de asociación como soporte, confianza, y lift han evidenciado en este estudio y otras investigaciones su aplicabilidad para definir predicciones en accidentes viales, y específicamente en motociclistas [31, 124, 220].

El procedimiento propuesto logró mejorar las métricas de predicción de eventos cuando se comparó con otros métodos de análisis de datos. La definición de las reglas ayudó a caracterizar tres tipos de conflictos viales (serios/graves, moderados, leves). En la predicción con los diferentes métodos realizados con el software Weka, en los eventos de las intersecciones de tres ramales,

se logró superar en un 13% la métrica de precisión, en un 4% la métrica de exhaustividad y en un 10% la métrica de F1.

En los conflictos de las intersecciones de cuatro ramales, se alcanzó a mejorar en un 21% en la métrica de precisión, en un 7% en la métrica de exhaustividad y en un 12% en la métrica de F1. Las clases de conflictos leves y moderados obtuvieron menor desempeño en las predicciones con las métricas usadas. Este tipo de comportamientos son recurrentes en las predicciones de eventos viales cuando los datos son desbalanceados [221, 222].

Las reglas permitieron identificar patrones entre las diversas variables para las intersecciones de tres y cuatro ramales. En las intersecciones de tres ramales (tipo T), se identificó que los conflictos leves se caracterizaron por relacionar condiciones como la visibilidad izquierda amplia, el ingreso solo y la manipulación de carga sobredimensionada. Los aspectos más reiterativos en la predicción de conflictos moderados se relacionaron con los motociclistas adultos jóvenes, observación izquierda al ingreso y visibilidad izquierda moderada. En los conflictos graves se resaltó la práctica del mototaxismo, la edad joven e ingresar a la intersección en menos de 2 segundos.

En las intersecciones de cuatro ramales (tipo X), los conflictos leves se caracterizaron por relacionar condiciones como detenerse después del acceso, tiempos de espera cortos y observación panorámica después del ingreso. En los conflictos moderados se resaltaron comportamientos como no detenerse totalmente al ingreso y no utilizar las direccionales de giro. En los conflictos graves sobresalieron los motociclistas jóvenes y los tiempos de espera limitados para ingresar a la intersección.

Al analizar los tiempos de espera y las detenciones, únicamente entre el 14% al 23% de los motociclistas que se detuvieron, esperaron pacientemente su ingreso. En las motocicletas que tuvieron interacciones, entre el 66% al 76%, se detuvieron después de la intersección. Las conductas de no detenerse o frenar después de la esquina exponen a los motociclistas en una invasión de carril que se relaciona con conflictos potenciales como señala Das, et al. [167].

El ingreso por adelantamiento o compartido (ingreso a la sombra) permitió identificar un comportamiento de alto riesgo. El desarrollo de estas maniobras obliga a acceder rápidamente e influye en la pérdida de visibilidad cuando el vehículo delantero lo dificulta. Muchas veces los motociclistas quedan en contravía o frente a otros vehículos. Las maniobras de adelantamiento representan el mayor riesgo de sufrir lesiones graves como lo señalan Huertas-Leyva, et al. [223].

Los motociclistas con una actitud arriesgada tuvieron más riesgos de conflictos viales. Los movimientos arriesgados se experimentan como actos agresivos de los motociclistas que buscan prevalecer ante otros actores viales y la búsqueda de sensaciones como lo señala Cheng y Ng [88] y Tunncliffe, et al. [224]. Los motociclistas con estas conductas están muy propensos a violar el derecho a la vía de otros vehículos [118].

En general, la tasa de conflictos serios por hora identificados en motociclistas fue elevada en consideración con estudios referentes en LMIC, como los desarrollados por Abdul Manan [210], Uzundu, et al. [121] y Paul y Ghosh [206]. La implementación del análisis observacional y las

técnicas de conflictos viales apoyados de las medidas sustitutivas de seguridad vial, permitieron un análisis global de las interacciones de los motociclistas en el acceso desde la intersección a la vía principal. El indicador PET fue el utilizado para desarrollar los análisis de riesgos como lo recomienda la literatura, por la confiabilidad en su medición en conflictos en intersecciones, donde se calculan solo tiempos a partir del cruce entre dos actores viales apoyados con los fotogramas sobre las videgrabaciones [113, 117].

Los registros y observaciones fueron realizados por una sola persona (autor) con la finalidad de disminuir la subjetividad en la identificación de las variables planteadas, las cuales fueron definidas previamente y respondían a una categorización. Las características de los comportamientos observados correspondieron a acciones manifiestas o características evidentes. En el proceso de recolección, características no visibles o sin posibilidad de estimación se categorizaron como “No identificado- Ni” dentro de algunas variables.

11. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

La accidentalidad vial de motociclistas en Colombia es crítica y los registros de víctimas fatales y heridas así lo demostraron. El 50% de los accidentes viales en Cartagena corresponden a motociclistas, donde en promedio se presentan 40 muertos y 430 heridos anuales. En los últimos cinco años, Cartagena se ubicó entre las 7 ciudades más peligrosas en Colombia para los motociclistas, donde circulan más de 75.000, y alrededor del 65% corresponden a mototaxistas.

La accidentalidad de motociclistas en Cartagena mostró que en las intersecciones se dieron más del 70% de las colisiones. Al identificar el tipo de locación, las intersecciones de tres y cuatro ramales representaron el 90% de las colisiones, donde el 80% fueron en accesos no semaforizados. Adicionalmente, se identificó que el número de intersecciones, el volumen del flujo vehicular, tipo de zonas y vías fueron factores asociados para predecir en tramos viales accidentes de motociclistas, como lo reveló el modelo SPF. Los hallazgos ratificaron a las intersecciones como las zonas de mayor riesgo de accidentalidad vial. A continuación, se definieron un conjunto de conclusiones así:

- ❖ Las condiciones de la infraestructura vial influyeron en las conductas de los motociclistas. El 70% de los accidentes viales se dieron en vías de condiciones deficientes. Las malas condiciones de las vías propician errores en el control de la motocicleta, y pueden influenciar la severidad de un potencial accidente.
- ❖ Los desplazamientos de las motocicletas sobre las intersecciones con vías en buenas condiciones tuvieron valores más riesgosos en los conflictos viales. Las vías en buenas condiciones pueden propiciar desplazamientos rápidos que aumentan la severidad de un posible accidente vial.
- ❖ En la infraestructura se resaltan las condiciones de visibilidad, también conocido como triángulo de visión clara desde el acceso a la vía principal. La visibilidad se dificulta por la invasión, construcción indebida y obstrucción de las esquinas. La visibilidad más crítica se dio a la izquierda, por ser el giro con mayor dificultad, donde se debe sortear a los vehículos del carril cercano y opuesto.
- ❖ Las condiciones temporales como las franjas horarias tuvieron afectación en el comportamiento de los motociclistas. En las franjas pico se pueden presentar más conflictos serios por hora en los dos tipos de intersecciones.
- ❖ El análisis observacional identificó a los mototaxistas como el tipo de actor vial más representativo en el uso de las motocicletas. En la aplicación del instrumento MRBQ, se identificó que los mototaxistas fueron principalmente hombres adultos jóvenes con escasa experiencia de conducción, bajos niveles socioeconómicos y laboraban durante largas jornadas.
- ❖ Con el instrumento MRBQ, se identificó que los años de experiencia, los errores de control y tráfico reportados por los mototaxistas fueron variables predictivas para estar involucrados en accidentes y cuasi-accidentes.

- ❖ El análisis observacional identificó a los mototaxistas, como los más involucrados en las interacciones de ingreso, así como los que obtuvieron mayor riesgo de conflictos viales.
- ❖ El análisis observacional permitió predecir conflictos graves, cuando se desplazaron más de dos ocupantes y tuvieron una intención arriesgada para acceder a la intersección.
- ❖ Los hombres fueron los usuarios más observados en la conducción de las motocicletas.
- ❖ La edad de los motociclistas fue otro factor relevante, donde los jóvenes y adultos jóvenes fueron alrededor del 85% de los motociclistas identificados. Los jóvenes y adultos jóvenes participaron en el 90% de los conflictos serios en las intersecciones.
- ❖ El 85% de los motociclistas conductores hicieron buen uso del casco. Se identificó que un 8% no usaron adecuadamente el casco y el 67% no usaron el visor protector adecuadamente.
- ❖ En las intersecciones en T, se identificó que los motociclistas que portaron el casco tuvieron valores más seguros en conflictos viales. En las intersecciones en X, no utilizarlo fue predictivo en conflictos moderados.
- ❖ El 15% de los pasajeros de las motocicletas usaron adecuadamente el casco, y fueron los jóvenes y las mujeres quienes menos lo portaron. Los conductores han optado por portar el casco del pasajero en el brazo/antebrazo (entre 44% al 55%), siendo un comportamiento incómodo e inseguro. Esta condición fue predictiva para conflictos moderados en intersecciones en T, y predictiva en conflictos graves en intersecciones en X.
- ❖ El 87% de los motociclistas observados no utilizaron las luces direccionales de giro, y entre el 7% al 12% se vincularon con conflictos serios. Este comportamiento fue predictivo para conflictos leves en intersecciones en T. En intersecciones en X, fue predictivo en conflictos leves y moderados. Usualmente, los motociclistas indican su dirección de giro extendiendo los brazos en el sentido del desplazamiento.
- ❖ El exceso de velocidad fue un comportamiento relevante para los mototaxistas de acuerdo con el instrumento MRBQ. Los mototaxistas aceptan su responsabilidad en accidentes viales cuando exceden la velocidad, e inclusive se identificó que las violaciones de velocidad aumentan cuando la conducción semanal fue mayor a 70 horas. Los mototaxistas usualmente exceden la velocidad para acelerar sus viajes y obtener más dinero.
- ❖ En las mediciones de velocidad de circulación frente a las intersecciones, se identificó que las motocicletas fueron más rápidas que el resto del tráfico. Las motocicletas no variaron su velocidad de circulación frente a la intersección, cuando estaba ocupada o vacía por cualquier tipo de vehículo. La velocidad de las motocicletas en contravía fue superior a la velocidad de recorrido dentro del carril.
- ❖ En la velocidad de arribo de las motocicletas en las intersecciones, se observó que las motocicletas que llegan más rápido (mayor a 20 km/h), tuvieron mayor riesgo de conflictos viales y tomaron menor tiempo ingresando a la vía principal.
- ❖ La ocupación del carril de los motociclistas que se desplazaron en la vía principal frente a la intersección reveló que entre el 11% al 17% lo realizaron en contravía, mientras que en los otros actores viales la proporción fue más baja (2%).
- ❖ En las motocicletas que accedieron a la intersección y previamente se desplazaron en contravía, presentaron mayor riesgo de conflictos viales. Esta conducta fue predictiva para conflictos graves cuando se arribó e ingresó en contravía.

- ❖ En las intersecciones los conflictos viales más frecuentes fueron girando a la derecha. Al analizar el nivel de riesgo, en las intersecciones en T, los giros más inseguros fueron a la izquierda, mientras en las intersecciones en X fueron en el cruce directo.
- ❖ Los motociclistas modificaron el giro normal a la izquierda, agregando un movimiento en contravía. Esta conducta fue de mayor riesgo en las intersecciones, y fue predictiva para eventos conflictivos graves.
- ❖ Los motociclistas que no se detuvieron para acceder a la intersección, obtuvieron valores más inseguros en conflictos viales y tiempos de ingreso inferiores.
- ❖ En la observación del tráfico, se identificó que los giros a la izquierda (normal/contravía) tuvieron mayor riesgo cuando los motociclistas solo giraron la cabeza al lado izquierdo, en contraste con ingresar observando a ambos lados.
- ❖ El acceder en adelantamiento o compartido (ingreso a la sombra), donde el motociclista aprovecha el espacio generado por otros actores viales, fue un comportamiento inseguro. Este comportamiento fue predictivo para conflictos moderados y serios en las intersecciones.
- ❖ Los motociclistas con actitudes arriesgadas tuvieron más riesgos de conflictos viales. Esta conducta fue predictiva en conflictos moderados para las intersecciones en T, y conflictos serios para las intersecciones en X.
- ❖ En las intersecciones en T se encontraron 257 conflictos serios, correspondiente al 11% de los conflictos potenciales, y representaron 12 eventos serios por hora.
- ❖ En las intersecciones en X se presentaron 128 conflictos serios, correspondiente al 7% de los conflictos potenciales, y representaron 9 eventos serios por hora.
- ❖ Los motociclistas en las intersecciones en T fueron más arriesgados y presentaron más interacciones conflictivas en contraste con las intersecciones en X.
- ❖ En las interacciones conflictivas de las motocicletas, no existió diferencia significativa con el valor PET, de acuerdo con el actor vial con el que se interactuó en el ingreso.
- ❖ Los motociclistas asumieron más riesgos de conflictos viales en comparación con los demás actores viales (automóviles, autobuses, camiones).

12. RECOMENDACIONES EN LA SEGURIDAD VIAL DE LOS MOTOCICLISTAS

A continuación, se señalan un conjunto de propuestas de mejora, contramedidas y estrategias focalizadas a partir de los hallazgos identificados.

- ❖ Modificar las medidas de restricción a la movilidad (“Pico y Placa” - número pares e impares) que existen sobre los motociclistas por días y en vías principales. Esta propuesta contribuye a disminuir el nivel de exposición en las franjas horarias pico, donde se identificó mayor frecuencia de conflictos viales de los motociclistas.
- ❖ Mejorar el campo de visibilidad en las intersecciones críticas identificadas, especialmente en la zona izquierda próximas a las intersecciones. Esta condición busca controlar un aspecto reiterativo en Cartagena, que se da por la invasión del espacio público, carteles, pendones, vallas y construcciones por fuera de límite permitido en las esquinas. Las dificultades en la visibilidad podrían motivar a los motociclistas a detenerse después de las esquinas.
- ❖ Mejorar las condiciones relacionadas con la calidad de la vía y el pavimento en los tramos viales priorizados, evitando los deterioros que son muy frecuentes en las vías de Cartagena, donde el 30% de la malla vial se encuentra en condiciones deficientes. Las condiciones del pavimento afectan la estabilidad, y fueron influyentes en los errores de control de los motociclistas.
- ❖ Mejorar la señalización por demarcación en la proximidad de las intersecciones (acceso y vía principal) e implementar separadores tipo hitos, taches o tope. Estos elementos han demostrado su beneficio en la invasión de carriles, así como los desplazamientos en contravía, disminuyendo la velocidad de recorrido y los conflictos viales en motocicletas [123].
- ❖ Desarrollar políticas para controlar la informalidad en los motociclistas, y coordinar la circulación por zonas y husos horarios, para reducir el nivel de exposición y riesgos viales.
- ❖ Desarrollar campañas de promoción para el uso adecuado del casco en los motociclistas. La promoción de ser direccionado a los conductores y pasajeros. Adicionalmente, se debe restringir el porte de un segundo casco en las extremidades, para evitar problemas de maniobrabilidad y estabilidad con la motocicleta.
- ❖ Promover el uso de elementos de seguridad para las motocicletas y motociclistas. En los motociclistas se recomienda más allá de chalecos, casco o guantes, el uso de elementos adicionales como protectores lumbares, coderas, rodilleras y airbags.
- ❖ Desarrollar controles a la velocidad en los tramos de vía colectoras y locales, por medio de reguladores de velocidad y agentes de tránsito. Adicionalmente, modificar el umbral de velocidad máxima en 30 km/hora como lo recomienda la Organización de las Naciones Unidas, Organización Mundial de la Salud y la Federación Internacional de Carreteras (IRF).
- ❖ Desarrollar campañas de educación vial, focalizando a motociclistas en grupos etarios vulnerables, como los jóvenes y adultos jóvenes. Estas campañas deben comprender capacitaciones relacionadas con sus habilidades, vulnerabilidades y comportamientos viales.

- ❖ Promover el uso adecuado y oportuno de las luces direccionales de giro en los motociclistas, como una medida de prevención del recorrido para los demás actores viales.
- ❖ Penalizar y aumentar los controles en la movilidad de infantes y niños menores de 12 años en motocicletas, donde se observó una circulación alrededor del 5% de los vehículos registrados.
- ❖ Establecer controles adicionales sobre las condiciones de las motocicletas, diferentes a la revisión técnico-mecánica, que permita garantizar el mantenimiento y las condiciones adecuadas de funcionalidad del vehículo, por ejemplo, el porte de los retrovisores o espejos.
- ❖ Desarrollar controles viales con agentes de tránsito, considerando los tramos viales donde se identificaron mayores riesgos de accidentalidad para los motociclistas. Es importante generar conciencia de acciones riesgosas, por ejemplo, la manipulación de carga sobredimensionada, adelantamiento, contravía, velocidad, así como cumplimiento de la documentación legal.
- ❖ Desarrollar estudios adicionales de seguridad vial sobre los tramos viales de alto riesgo de accidentalidad en los motociclistas. Adicionalmente, se recomienda implementar análisis de semaforización sobre tramos críticos que relacionen alto volumen vehicular, recurrentes conflictos viales y alta frecuencia de accidentes, para coordinar la prioridad de acceso.

12.1 Aportes

La presente investigación desarrolló un análisis alrededor de un conjunto de factores de riesgo alineados a la seguridad vial de los motociclistas en Cartagena (Colombia). Los estudios de campo aplicados en motociclistas a nivel global y específicamente en Colombia son limitados, bajo este enfoque el estudio permitió:

- Analizar las investigaciones en accidentalidad de motociclistas a nivel global para direccionar futuros trabajos de investigación.
- Caracterizar la accidentalidad de los motociclistas en Colombia en los últimos años e identificar su representación en el contexto global, regional y local.
- Caracterizar la accidentalidad de los motociclistas específicamente en Cartagena, a partir de un análisis de minería de datos y reglas de asociación.
- Identificar los factores de riesgo relacionados con el entorno y la movilidad que inciden en la accidentalidad de los motociclistas para predecir los posibles accidentes por tramos y zonas críticas.
- Determinar los comportamientos en relación con la velocidad de las motocicletas y otros actores viales en las proximidades de intersecciones críticas en accidentes viales.
- Establecer un conjunto de variables claves para desarrollar un análisis observacional y de conflictos viales en motocicletas.
- Detectar un conjunto de características y comportamientos inseguros desarrollados por los motociclistas cuando desean acceder a las intersecciones.
- Identificar por auto-reporte las conductas riesgosas e inseguras de mototaxistas en relación con su accidentalidad, cuasi-accidentes e infracciones en Cartagena.
- Diseñar una nueva metodología para la predicción de eventos, soportadas en técnicas de minería de datos y machine learning, para las predicciones en forma de reglas de decisión.

Beneficios:

- La investigación desarrollada demostró la utilidad de aplicar análisis observacionales de conductas y conflictos, para obtener información en relación con la seguridad vial de los motociclistas, donde son limitados los estudios de accidentalidad.
- La investigación brinda la oportunidad de replicar los análisis observacionales y de conflictos viales para identificar comportamientos inseguros que pueden conducir a conflictos y posteriormente contribuir a choques. En su implementación se requiere de menor tiempo de recolección de datos, es económica y ofrece mayor nivel de información. Por ejemplo, se propone analizar los conflictos viales de otras ciudades con problemas viales en motociclistas como Montería y Sincelejo, donde se podrían replicar el análisis observacional, así como el algoritmo híbrido para el desarrollo de predicciones en conductas viales.
- La nueva metodología propuesta (algoritmo híbrido) desde el enfoque de minería de datos y machine learning es una contribución original para el análisis predictivo de eventos de alto riesgo. El algoritmo propuesto permitió un mejor entendimiento de los resultados con reglas de decisión, y se aleja de los métodos tradicionales que se denominan "caja negra".
- La presente investigación se desarrolló en el marco de las becas doctorales de "Bolívar Gana con Ciencia", administradas por la fundación CEIBA. El estudio fue focalizado en el núcleo problémico de salud pública del departamento de Bolívar.
- Los resultados generados además del aporte científico son de vital importancia social, principalmente para los entres de movilidad y tránsito de Cartagena en la toma de decisiones en seguridad vial de los motociclistas.
- La validación del método predictivo fue ejecutada con más de 34.000 datos de accidentes viales en motocicletas de la ciudad de Bogotá. Los hallazgos y resultados fueron transferidos al departamento de movilidad de Bogotá.

12.2 Futuras Investigaciones

En las futuras investigaciones que se despliegan del presente estudio, se proponen:

- ❖ Incluir en el algoritmo propuesto una metodología conocida como validación cruzada (K-fold cross-validation). Esta técnica permite evaluar las predicciones a partir de K combinaciones de datos de entrenamiento y prueba. Adicionalmente, en el algoritmo se propone incluir nuevas técnicas de muestreo para mejorar la presencia de datos desbalanceados. Entre algunas de las técnicas que se podrían considerar: muestreos aleatorios, sintéticos o adaptativos, como lo proponen Morris y Yang [222]. También, una mejora en el algoritmo consiste en incluir una fase de procesamiento de preferencia de variables para disminuir la subjetividad en la elección como lo señalan Jiang, et al. [220].
- ❖ Construir un nuevo algoritmo híbrido con características de Deep Learning, diseñado a partir de redes neuronales e integrado con algoritmos evolutivos.
- ❖ Aplicar un modelo de regresión avanzado que considere ruidos no observados o aleatorios que considere los datos compilados para las intersecciones y los diferentes actores viales.
- ❖ Ampliar el tamaño de recolección de muestras, continuando con la priorización de tramos viales críticos en Cartagena. Adicionalmente, transformar el estudio de corte transversal a

longitudinal, así como considerar vías arteriales, y extender a otros tipos de intersecciones (estrella, "Y", semaforizados, entre otros) e inclusive considerar muestras en horarios nocturnos.

- ❖ Diseñar un método sistematizado para la cuantificación de información en campo, relacionada con las características de conducción y desplazamiento en las motocicletas.
- ❖ Extender y adaptar el análisis observacional de conductas y conflictos viales en las intersecciones semaforizadas, para comprender el cumplimiento de las normas de tránsito que se dan por parte de los motociclistas en Cartagena.
- ❖ Planificar un estudio de observación naturalístico y simulado, que permita identificar nuevos escenarios conflictivos y nuevos comportamientos de los motociclistas en las vías.
- ❖ Analizar la estabilidad del motociclista sobre las vías más críticas y con condiciones de infraestructura y pavimento defectuoso, por medio de una cuantificación de sus vibraciones, aceleración y desplazamiento, que permitan identificar el confort y control de las motocicletas.
- ❖ Desarrollar un análisis de antes y después en las intersecciones que puedan ser intervenidas, para luego identificar medidas de soluciones para la seguridad vial de los motociclistas.
- ❖ Analizar las condiciones de impacto de la colisión en el motociclista, valorando su trauma y afectación musculo esquelética.
- ❖ Profundizar en el análisis de factores humanos de comportamientos planificados o predispuestos, planeación de ruta, así como carga mental/cognitiva en la manipulación de la motocicleta. Por ejemplo, el accionamiento de dispositivos como testigos/direccionales en las motocicletas o el uso de retrovisores.
- ❖ Incluir elementos adicionales (cualitativos) para contrastar los análisis observacionales, con condiciones no observables como factores socioeconómicos, educación, conductas predispuestas, experiencia, distractores, fatiga, confort y carga cognitiva.
- ❖ Analizar la efectividad en uso de retrovisores en las motocicletas en maniobras potencialmente conflictivas con simulaciones o recolección natural.

11.5 Otras Consideraciones

A continuación, se mencionan un conjunto de resultados del presente estudio como artículos en desarrollo y divulgaciones de los resultados desde el enfoque científico y social.

Artículos en Desarrollo

- Velocidades de motocicletas versus automóviles acercándose a intersecciones urbanas de tres y cuatro ramales en Cartagena (Colombia) .
- Investigando los comportamientos inseguros en conflictos viales sobre intersecciones de tres y cuatro ramales en motociclistas: un análisis observacional en Cartagena (Colombia)..
- Modelo predictivo de conflictos viales de ingreso en motociclistas a partir de comportamientos inseguros en el acceso de intersecciones de tres y cuatro ramales en Cartagena (Colombia).

Eventos

- 63th Annual Scientific Conference for the Association for the Advancement of Automotive Medicine. Annual student's symposium. Lugar: Universidad Pontificia de Comillas - Madrid, España. Octubre 2019.
- 6th Workshop on Engineering Applications - WEA 2019. Lugar: Santa Marta, Colombia. Noviembre 2019.
- 65th Annual scientific conference for the Association for the Advancement of Automotive Medicine. Participación virtual. Octubre 2021.

Distinciones

- Outstanding presentation at the 11th Annual student's symposium 63rd Annual scientific conference for the Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM). Premio Económico de 1300 dólares y 700 dólares en Afiliación AAAM. (Patrocinado por Nissan Motors).

Divulgación en Medio

- Televisión: Caracol Tv, CityTv, Canal13, Señal Colombia, Oro Noticias.
- Radio: Blue Radio, RCN Radio, Javeriana Estéreo, Radio Vita Radio Cardenal.
- Periódicos: El Universal, ADN.

Participación en Entidades Regionales y Locales

- Socialización de resultados en el Departamento de Tránsito y Transporte de Cartagena.
- Socialización de resultados de la Fundación CEIBA.
- Invitado de la mesa de aseguramiento social del DADIS (Cartagena).
- Invitado del comité de consultores académicos de Transcaribe.
- Invitado del comité de seguridad vial de industrias de Cartagena.

REFERENCIAS

- [1] W. H. O. WHO, Global status report on road safety 2018, 2018. [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276462/9789241565684-eng.pdf?ua=1>.
- [2] IHME. Institute for Health Metrics and Evaluation- Global Burden of Disease [Online]. Available: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
- [3] A. Shahar, D. Poulter, D. Clarke, y D. Crundall, "Motorcyclists' and car drivers' responses to hazards," (in English), *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Article vol. 13, no. 4, pp. 243-254, 2010.
- [4] H. Ospina-Mateus y L. A. Quintana Jiménez, "Understanding the impact of physical fatigue and postural comfort experienced during motorcycling: A systematic review," *Journal of Transport & Health*, vol. 12, pp. 290-318, 2019.
- [5] M. S. Horswill y S. Helman, "A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: Factors influencing accident risk," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 35, no. 4, pp. 589-597, 2003.
- [6] M. M. Peden y P. Puvanachandra, "Looking back on 10 years of global road safety," *International health*, vol. 11, no. 5, pp. 327-330, 2019.
- [7] ONSV. (2019). *Observatorio Nacional de Seguridad Vial. Boletines Estadísticos, Víctimas Fallecidas, Heridos por INMLCF en eventos de tránsito en Colombia - Datos Nacionales, Departamentales y Municipales 2012-2019.*). Available: <https://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=63&page=20>
- [8] W. H. O. WHO, "Global status report on road safety 2015," Available: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189242/1/9789241565066_eng.pdf?ua=1
- [9] A. Jimenez, J. P. Bocarejo, R. Zarama, y J. Yerpez, "A case study analysis to examine motorcycle crashes in Bogota, Colombia," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 52, pp. 29-38, 2015.
- [10] D. Aristizabal, G. Gonzalez, J. F. Suarez, y P. Roldan, "Factors associated with fatal trauma in Medellin (Colombia) motorcyclists," (in Spanish), *Biomedica*, Article vol. 32, no. 1, pp. 112-124, Mar 2012.
- [11] E. Polders y T. Brijs, *How to analyse accident causation? A handbook with focus on vulnerable road users*. Hasselt University, 2018.
- [12] D. Shinar, J. R. Treat, y S. T. McDonald, "The validity of police reported accident data," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 15, no. 3, pp. 175-191, 1983.
- [13] D. L. Rosman y M. W. Knuiman, "A comparison of hospital and police road injury data," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 26, no. 2, pp. 215-222, 1994.
- [14] M. W. Maas y S. Harris, "Police recording of road accident in-patients: investigation into the completeness, representativity and reliability of police records of hospitalized traffic victims," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 16, no. 3, pp. 167-184, 1984.
- [15] N. Haworth, "How valid are motorcycle safety data," in *Road Safety Research, Education and Policing Conference, September*, 2003, pp. 24-26.
- [16] A. Laureshyn, Å. Svensson, y C. Hydén, "Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 6, pp. 1637-1646, 2010.
- [17] W. Van Haperen, M. S. Riaz, S. Daniels, N. Saunier, T. Brijs, y G. Wets, "Observing the observation of (vulnerable) road user behaviour and traffic safety: A scoping review," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 123, pp. 211-221, 2019.
- [18] D. Shinar, "Aggressive driving: the contribution of the drivers and the situation," *Transportation Research Part F: traffic psychology and behaviour*, vol. 1, no. 2, pp. 137-160, 1998.
- [19] D. W. Eby, "Naturalistic observational field techniques for traffic psychology research," in *Handbook of traffic psychology*: Elsevier, 2011, pp. 61-72.

- [20] ONSV. (2019). *Observatorio Nacional de Seguridad Vial. Registro Nacional de Automotores*. Available: <https://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=64>
- [21] H. Ospina-Mateus, L. A. Q. Jiménez, F. J. López-Valdés, N. Morales-Londoño, y K. Salas-Navarro, "Using data-mining techniques for the prediction of the severity of road crashes in Cartagena, Colombia," in *Workshop on Engineering Applications*, 2019, pp. 309-320: Springer.
- [22] H. Ospina Mateus y L. A. Quintana Jiménez, "Predicción de accidentes viales en Cartagena, Colombia, con árboles de decisión y reglas de asociación," *Economía & Región*, vol. 13, no. 2, 2019.
- [23] M. M. Haque, H. C. Chin, y H. Huang, "Modeling fault among motorcyclists involved in crashes," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 41, no. 2, pp. 327-335, 2009.
- [24] M. De Lapparent, "Empirical Bayesian analysis of accident severity for motorcyclists in large French urban areas," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Review vol. 38, no. 2, pp. 260-268, 2006.
- [25] N. Clabaux, T. Brenac, C. Perrin, J. Magnin, B. Canu, y P. Van Elslande, "Motorcyclists' speed and "looked-but-failed-to-see" accidents," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 49, pp. 73-77, 2012.
- [26] A. Tarko, G. Davis, N. Saunier, T. Sayed, y S. Washington, "White paper: surrogate measures of safety," *Committee on Safety Data Evaluation and Analysis (ANB20)*, 2009.
- [27] N. Alhawmasi y F. Mannering, "A statistical assessment of temporal instability in the factors determining motorcyclist injury severities," *Analytic methods in accident research*, vol. 22, p. 100090, 2019.
- [28] W. H. O. WHO, *Powered two- and three-wheelers safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners*, 2017. [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272757/9789243511924-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [29] G. H. Walker, N. A. Stanton, y M. S. Young, "The ironies of vehicle feedback in car design," *Ergonomics*, vol. 49, no. 2, pp. 161-179, 2006.
- [30] H. Ospina-Mateus, L. A. Quintana Jiménez, F. J. Lopez-Valdes, y K. Salas-Navarro, "Bibliometric analysis in motorcycle accident research: a global overview," *Scientometrics*, vol. 121, no. 2, pp. 793-815, 2019/11/01 2019.
- [31] A. Montella, M. Aria, A. D'Ambrosio, y F. Mauriello, "Analysis of powered two-wheeler crashes in Italy by classification trees and rules discovery," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 49, pp. 58-72, 2012.
- [32] J. D. Kraemer, "Urbanization and unintentional injury in low-and middle-income countries," in *Innovating for Healthy Urbanization*: Springer, 2015, pp. 209-244.
- [33] M. A. Quddus, R. B. Noland, y H. C. Chin, "An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models," (in English), *Journal of safety research*, Article vol. 33, no. 4, pp. 445-462, 2002, Art. no. 322.
- [34] P. Savolainen y F. Mannering, "Probabilistic models of motorcyclists' injury severities in single- and multi-vehicle crashes," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 39, no. 5, pp. 955-963, 2007.
- [35] C. W. Pai, "Motorcycle right-of-way accidents - A literature review," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Review vol. 43, no. 3, pp. 971-982, 2011.
- [36] F. Zamani-Alavijeh *et al.*, "Accident-related risk behaviors associated with motivations for motorcycle use in Iran: A country with very high traffic deaths," (in English), *Traffic Injury Prevention*, Article vol. 10, no. 3, pp. 237-242, 2009.
- [37] T. M. Rice, L. Troszak, T. Erhardt, R. B. Trent, y M. Zhu, "Novelty helmet use and motorcycle rider fatality," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 103, pp. 123-128, 2017.
- [38] C. Donate-López, E. Espigares-Rodríguez, J. J. Jiménez-Moleón, J. de Dios Luna-del-Castillo, A. Bueno-Cavanillas, y P. Lardelli-Claret, "The association of age, sex and helmet use with the risk of death for occupants of two-wheeled motor vehicles involved in traffic crashes in Spain," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 1, pp. 297-306, 2010.
- [39] S. Nakahara, W. Chadbunchachai, M. Ichikawa, N. Tipsuntornsak, y S. Wakai, "Temporal distribution of motorcyclist injuries and risk of fatalities in relation to age, helmet use, and riding

- while intoxicated in Khon Kaen, Thailand," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 37, no. 5, pp. 833-842, 2005.
- [40] C. Peek-Asa y J. F. Kraus, "Alcohol use, driver, and crash characteristics among injured motorcycle drivers," (in English), *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*, Article vol. 41, no. 6, pp. 989-993, 1996.
- [41] V. Jevtić, M. Vujanić, K. Lipovac, D. Jovanović, y D. Pešić, "The relationship between the travelling speed and motorcycle styles in urban settings: A case study in Belgrade," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 75, pp. 77-85, 2015.
- [42] T. Bjørnskau, T. O. Nævestad, y J. Akhtar, "Traffic safety among motorcyclists in Norway: A study of subgroups and risk factors," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 49, pp. 50-57, 2012.
- [43] F. Zambon y M. Hasselberg, "Factors affecting the severity of injuries among young motorcyclists - A Swedish nationwide cohort study," (in English), *Traffic Injury Prevention*, Article vol. 7, no. 2, pp. 143-149, 2006.
- [44] S. J. Chen, C. Y. Chen, y M. R. Lin, "Risk factors for crash involvement in older motorcycle riders," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 111, pp. 109-114, 2018.
- [45] M. R. Lin y J. F. Kraus, "A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 41, no. 4, pp. 710-722, 2009.
- [46] C. Sakashita, T. Senserrick, S. Lo, S. Boufous, L. de Rome, y R. Ivers, "The Motorcycle Rider Behavior Questionnaire: Psychometric properties and application amongst novice riders in Australia," *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, vol. 22, pp. 126-139, 2014.
- [47] M. A. Elliott, C. J. Baughan, y B. F. Sexton, "Errors and violations in relation to motorcyclists' crash risk," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, no. 3, pp. 491-499, 2007/05/01/ 2007.
- [48] A. Stephens, J. Brown, L. De Rome, M. Baldock, R. Fernandes, y M. Fitzharris, "The relationship between Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire scores and crashes for riders in Australia," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 102, pp. 202-212, 2017.
- [49] M. M. Abdul Manan, T. Jonsson, y A. Várhelyi, "Development of a safety performance function for motorcycle accident fatalities on malaysian primary roads," (in English), *Safety Science*, Article vol. 60, pp. 13-20, 2013.
- [50] G. T. Arosanyin, A. T. Olowosulu, y G. M. Oyeyemi, "An examination of some safety issues among commercial motorcyclists in Nigeria: A case study," (in English), *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, Article vol. 20, no. 2, pp. 103-110, 2013.
- [51] M. M. Abdul Manan, A. Várhelyi, A. K. Çelik, y H. H. Hashim, "Road characteristics and environment factors associated with motorcycle fatal crashes in Malaysia," (in English), *IATSS Research*, Article in Press 2017.
- [52] S. Nunn, "Death by motorcycle: Background, behavioral, and situational correlates of fatal motorcycle collisions," (in English), *Journal of Forensic Sciences*, Article vol. 56, no. 2, pp. 429-437, 2011.
- [53] S. Harnen, R. S. Radin Umar, S. V. Wong, y W. I. Wan Hashim, "Predictive Model for Motorcycle Accidents at Three-Legged Priority Junctions," (in English), *Traffic Injury Prevention*, Article vol. 4, no. 4, pp. 363-369, 2003.
- [54] M. M. Haque, H. C. Chin, y H. Huang, "Applying Bayesian hierarchical models to examine motorcycle crashes at signalized intersections," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 42, no. 1, pp. 203-212, 2010.
- [55] W. Haddon Jr, "Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy," *Public health reports*, vol. 95, no. 5, p. 411, 1980.
- [56] X. Qu y Q. Meng, "A note on hotspot identification for urban expressways," *Safety Science*, vol. 66, pp. 87-91, 2014.
- [57] E. Hauer, *Observational before/after studies in road safety. estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. 1997.
- [58] AASHTO, "The Highway Safety Manual," *American Association of State Highway Transportation Professionals Washington, D.C., USA*, vol. 529, 2010.

- [59] J. Lee y F. Mannering, "Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 34, no. 2, pp. 149-161, 2002.
- [60] E. Hauer, D. W. Harwood, F. M. Council, y M. S. Griffith, "Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial," *Transportation Research Record*, vol. 1784, no. 1, pp. 126-131, 2002.
- [61] W. Cheng y S. Washington, "New Criteria for Evaluating Methods of Identifying Hot Spots," *Transportation Research Record*, vol. 2083, no. 1, pp. 76-85, 2008.
- [62] A. Montella, "A comparative analysis of hotspot identification methods," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 2, pp. 571-581, 2010/03/01/ 2010.
- [63] D. Lord, S. P. Washington, y J. N. Ivan, "Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 37, no. 1, pp. 35-46, 2005.
- [64] V. Shankar, F. Mannering, y W. Barfield, "Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 27, no. 3, pp. 371-389, 1995/06/01/ 1995.
- [65] B. A. Ramírez, F. A. Izquierdo, C. G. Fernández, y A. G. Méndez, "The influence of heavy goods vehicle traffic on accidents on different types of Spanish interurban roads," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, no. 1, pp. 15-24, 2009/01/01/ 2009.
- [66] M. A. Abdel-Aty y A. E. Radwan, "Modeling traffic accident occurrence and involvement," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 32, no. 5, pp. 633-642, 2000.
- [67] W. Ackaah y M. Salifu, "Crash prediction model for two-lane rural highways in the Ashanti region of Ghana," *IATSS Research*, vol. 35, no. 1, pp. 34-40, 2011/07/01/ 2011.
- [68] K. Yang, X. Wang, y R. Yu, "A Bayesian dynamic updating approach for urban expressway real-time crash risk evaluation," *Transportation research part C: emerging technologies*, vol. 96, pp. 192-207, 2018.
- [69] J. D. Febres, F. Mohamadi, M. Mariscal, S. Herrera, y S. García-Herrero, "The Role of Journey Purpose in Road Traffic Injuries: A Bayesian Network Approach," *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2019, 2019.
- [70] A. P. Afghari, M. M. Haque, S. Washington, y T. Smyth, "Effects of globally obtained informative priors on bayesian safety performance functions developed for Australian crash data," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 129, pp. 55-65, 2019/08/01/ 2019.
- [71] T. Tang, S. Zhu, Y. Guo, X. Zhou, y Y. Cao, "Evaluating the safety risk of rural roadsides using a Bayesian network method," *International journal of environmental research and public health*, vol. 16, no. 7, p. 1166, 2019.
- [72] R. Elvik, *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks*. Transportøkonomisk institutt Oslo, 2007.
- [73] D. Lord y B. N. Persaud, "Estimating the safety performance of urban road transportation networks," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 36, no. 4, pp. 609-620, 2004.
- [74] K. El-Basyouny y T. Sayed, "Safety performance functions using traffic conflicts," *Safety science*, vol. 51, no. 1, pp. 160-164, 2013.
- [75] A. Vogt y J. Bared, "Accident models for two-lane rural segments and intersections," *Transportation Research Record*, vol. 1635, no. 1, pp. 18-29, 1998.
- [76] R. A. Tegge, J.-H. Jo, y Y. Ouyang, "Development and application of safety performance functions for Illinois," *ICT-10-066 UILU-ENG-2010-2006*, 2010.
- [77] K. Bauer y D. W. Harwood, "Statistical Models of At-Grade Intersection Accidents. Addendum," United States. Federal Highway Administration2000.
- [78] C. Chen, H. Wang, J. Roll, K. Nordback, y Y. Wang, "Using bicycle app data to develop Safety Performance Functions (SPFs) for bicyclists at intersections: a generic framework," *Transportation research part A: policy and practice*, vol. 132, pp. 1034-1052, 2020.
- [79] C. Xin, Z. Wang, P.-S. Lin, C. Lee, y R. Guo, "Safety Effects of Horizontal Curve Design on Motorcycle Crash Frequency on Rural, Two-Lane, Undivided Highways in Florida," *Transportation Research Record*, vol. 2637, no. 1, pp. 1-8, 2017/01/01 2017.
- [80] R. S. Radin Umar, M. Mackay, y B. Hills, "Multivariate analysis of motorcycle accidents and the effects of exclusive motorcycle lanes in Malaysia," *Journal of Crash Prevention and Injury Control*, vol. 2, no. 1, pp. 11-17, 2000.

- [81] S. Harnen, R. Umar, S. Wong, y W. H. Wan Ibrahim, "Motorcycle accident prediction model for junctions on urban roads in Malaysia," *Advances in Transportation Studies*, 01/01 2006.
- [82] C. Lyon, B. Persaud, y S. Himes, "Investigating total annual average daily traffic as a surrogate for motorcycle volumes in estimating safety performance functions for motorcycle crashes," *Transportation research record*, vol. 2637, no. 1, pp. 9-16, 2017.
- [83] B. Lan, B. Persaud, C. Lyon, y R. Bhim, "Validation of a full Bayes methodology for observational before–after road safety studies and application to evaluation of rural signal conversions," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, no. 3, pp. 574-580, 2009.
- [84] E. Hauer, D. W. Harwood, F. Council, y M. Griffith, "The empirical bayes method for estimating safety: A tutorial," *Transportation Research Record*, vol. 1784, pp. 126-131, 2002.
- [85] B. Persaud y C. Lyon, "Empirical Bayes before–after safety studies: lessons learned from two decades of experience and future directions," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, no. 3, pp. 546-555, 2007.
- [86] T. Lajunen, D. Parker, y H. Summala, "The Manchester driver behaviour questionnaire: a cross-cultural study," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 36, no. 2, pp. 231-238, 2004.
- [87] D. Parker, J. T. Reason, A. S. Manstead, y S. G. Stradling, "Driving errors, driving violations and accident involvement," *Ergonomics*, vol. 38, no. 5, pp. 1036-1048, 1995.
- [88] A. S.-K. Cheng y T. C.-K. Ng, "Development of a Chinese motorcycle rider driving violation questionnaire," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 4, pp. 1250-1256, 2010.
- [89] J. De Winter y D. Dodou, "The Driver Behaviour Questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis," *Journal of safety research*, vol. 41, no. 6, pp. 463-470, 2010.
- [90] J. Reason, A. Manstead, S. Stradling, J. Baxter, y K. Campbell, "Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*," 1990.
- [91] A. M. Hezaveh, M. F. Zavareh, C. R. Cherry, y T. Nordfjærn, "Errors and violations in relation to bicyclists' crash risks: Development of the Bicycle Rider Behavior Questionnaire (BRBQ)," *Journal of Transport & Health*, vol. 8, pp. 289-298, 2018.
- [92] S. A. Motevalian, M. Asadi-Lari, H. Rahimi, y M. Eftekhari, "Validation of a persian version of motorcycle rider behavior questionnaire," in *Annals of Advances in Automotive Medicine/Annual Scientific Conference*, 2011, vol. 55, p. 91: Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- [93] O. K. Sunday y L. Akintola, "The Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire (MRBQ) and commercial motorcycle riders in Nigeria," *Driver behaviour and training*, vol. 4, pp. 193-209, 2011.
- [94] T. Özkan, T. Lajunen, B. Doğruyol, Z. Yıldırım, y A. Çoymak, "Motorcycle accidents, rider behaviour, and psychological models," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 49, pp. 124-132, 2012.
- [95] H. Hosseinpourfeizi *et al.*, "The short Persian version of motorcycle riding behavior questionnaire and its interchangeability with the full version," *PloS one*, vol. 13, no. 8, p. e0201946, 2018.
- [96] S. Uttra, S. Jomnonkwao, D. Watthanaklang, y V. Ratanavaraha, "Development of Self-Assessment Indicators for Motorcycle Riders in Thailand: Application of the Motorcycle Rider Behavior Questionnaire (MRBQ)," *Sustainability*, vol. 12, no. 7, p. 2785, 2020.
- [97] F. L. Mannering y L. L. Grodsky, "Statistical analysis of motorcyclists' perceived accident risk," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 27, no. 1, pp. 21-31, 1995.
- [98] J.-T. Wong, Y.-S. Chung, y S.-H. Huang, "Determinants behind young motorcyclists' risky riding behavior," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 42, no. 1, pp. 275-281, Jan 2010.
- [99] O. Njå y S. M. Nesvåg, "Traffic behaviour among adolescents using mopeds and light motorcycles," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 38, no. 4, pp. 481-492, 2007.
- [100] D. D. Clarke, P. Ward, C. Bartle, y W. Truman, "The role of motorcyclist and other driver behaviour in two types of serious accident in the UK," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 39, no. 5, pp. 974-981, 2007.
- [101] L. Pariota y G. N. Bifulco, "Experimental evidence supporting simpler Action Point paradigms for car-following," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 35, pp. 1-15, 2015/11/01/ 2015.
- [102] M. M. Abdul Manan y A. Várhelyi, "Exploration of motorcyclists' behavior at access points of a Malaysian primary road - A qualitative observation study," (in English), *Safety Science*, Article vol. 74, pp. 172-183, 2015.

- [103] A. Jensupakarn y K. Kanitpong, "Influences of motorcycle rider and driver characteristics and road environment on red light running behavior at signalized intersections," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 113, pp. 317-324, 2018.
- [104] M. M. Abdul Manan, J. S. Ho, S. T. M. Syed Tajul Arif, M. R. Abdul Ghani, y A. Várhelyi, "Factors associated with motorcyclists' speed behaviour on Malaysian roads," (in English), *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Article vol. 50, pp. 109-127, 2017.
- [105] J. Zhang y L. Zhang, "Analysis of moped rider violation behavior characteristics at mixed traffic intersection," in *2nd International Conference on Access Management: Access Management Theories and Practices, AM 2014*, 2014, pp. 108-117: American Society of Civil Engineers (ASCE).
- [106] F. Zamani-Alavijeh et al., "Risk-taking behaviors among motorcyclists in middle east countries: A case of islamic republic of Iran," (in English), *Traffic Injury Prevention*, Article vol. 11, no. 1, pp. 25-34, 2010.
- [107] P. Temmerman y M. Roynard, "Motorcycle Speed Survey 2014: Results of the First Motorcycle Speed Behaviour Survey in Belgium," in *Transportation Research Procedia*, 2016, vol. 14, pp. 4218-4227: Elsevier B.V.
- [108] D. Walton y J. Buchanan, "Motorcycle and scooter speeds approaching urban intersections," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 48, pp. 335-340, 2012.
- [109] A. Arun, M. M. Haque, A. Bhaskar, S. Washington, y T. Sayed, "A systematic mapping review of surrogate safety assessment using traffic conflict techniques," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 153, p. 106016, 2021/04/01/ 2021.
- [110] A. Svensson, *A method for analysing the traffic process in a safety perspective*. Lund Institute of Technology Sweden, 1998.
- [111] C. Hydén, "The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique," *Bulletin Lund Institute of Technology, Department*, no. 70, 1987.
- [112] L. Zheng, K. Ismail, y X. Meng, "Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights," *Canadian journal of civil engineering*, vol. 41, no. 7, pp. 633-641, 2014.
- [113] S. S. Mahmud, L. Ferreira, M. S. Hoque, y A. Tavassoli, "Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs," *IATSS research*, vol. 41, no. 4, pp. 153-163, 2017.
- [114] J. Kraay, A. van der Horst, y S. Oppe, "Manual conflict observation technique DOCTOR (Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research)," 2013.
- [115] B. L. Allen, B. T. Shin, y P. J. Cooper, "Analysis of traffic conflicts and collisions," 0361-1981, 1978.
- [116] P. Cooper, "Experience with traffic conflicts in Canada with emphasis on "post encroachment time" techniques," in *International calibration study of traffic conflict techniques*: Springer, 1984, pp. 75-96.
- [117] C. Hydén, "Traffic conflicts technique: state-of-the-art," *Traffic safety work with video processing*, vol. 37, pp. 3-14, 1996.
- [118] M. M. Abdul Manan y A. Várhelyi, "Motorcyclists' road safety related behavior at access points on primary roads in Malaysia - A case study," (in English), *Safety Science*, Article vol. 77, pp. 80-94, 2015.
- [119] L. X. Nguyen, S. Hanaoka, y T. Kawasaki, "Traffic conflict assessment for non-lane-based movements of motorcycles under congested conditions," *IATSS Research*, vol. 37, no. 2, pp. 137-147, 2014/03/01/ 2014.
- [120] C. Uzundu, S. Jamson, y F. Lai, "Exploratory study involving observation of traffic behaviour and conflicts in Nigeria using the Traffic Conflict Technique," *Safety Science*, vol. 110, pp. 273-284, 2018/12/01/ 2018.
- [121] C. Uzundu, S. Jamson, y F. Lai, "Investigating unsafe behaviours in traffic conflict situations: An observational study in Nigeria," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 6, no. 5, pp. 482-492, 2019/10/01/ 2019.
- [122] A. Ahmed, A. F. M. Sadullah, y A. Shukri Yahya, "Field study on the behavior of right-turning vehicles in Malaysia and their contribution on the safety of unsignalized intersections," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 42, pp. 433-446, 2016/10/01/ 2016.

- [123] T.-P. Hsu y K.-L. Wen, "Effect of novel divergence markings on conflict prevention regarding motorcycle-involved right turn accidents of mixed traffic flow," *Journal of safety research*, vol. 69, pp. 167-176, 2019.
- [124] S. H.-A. Hashmienejad y S. M. H. Hasheminejad, "Traffic accident severity prediction using a novel multi-objective genetic algorithm," *International journal of crashworthiness*, vol. 22, no. 4, pp. 425-440, 2017.
- [125] H. Abdelwahab y M. Abdel-Aty, "Development of artificial neural network models to predict driver injury severity in traffic accidents at signalized intersections," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 1746, pp. 6-13, 2001.
- [126] D. Delen, R. Sharda, y M. Bessonov, "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, no. 3, pp. 434-444, 2006.
- [127] F. R. Moghaddam, S. Afandizadeh, y M. Ziyadi, "Prediction of accident severity using artificial neural networks," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 9, no. 1, p. 41, 2011.
- [128] S. Sohn y H. Shin, "Data mining for road traffic accident type classification," *Ergonomics*, vol. 44, pp. 107-117, 2001.
- [129] L.-Y. Chang y H.-W. Wang, "Analysis of traffic injury severity: An application of non-parametric classification tree techniques," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, no. 5, pp. 1019-1027, 2006.
- [130] A. T. Kashani y A. S. Mohaymany, "Analysis of the traffic injury severity on two-lane, two-way rural roads based on classification tree models," *Safety Science*, vol. 49, no. 10, pp. 1314-1320, 2011.
- [131] J. de Oña, R. O. Mujalli, y F. J. Calvo, "Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, no. 1, pp. 402-411, 2011.
- [132] H. Huang y M. Abdel-Aty, "Multilevel data and Bayesian analysis in traffic safety," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 6, pp. 1556-1565, 2010.
- [133] H. Huang, H. C. Chin, y M. M. Haque, "Severity of driver injury and vehicle damage in traffic crashes at intersections: a Bayesian hierarchical analysis," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 1, pp. 45-54, 2008.
- [134] W. Cheng, G. S. Gill, T. Sakrani, M. Dasu, y J. Zhou, "Predicting motorcycle crash injury severity using weather data and alternative Bayesian multivariate crash frequency models," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 108, pp. 172-180, 2017.
- [135] X. Li, D. Lord, Y. Zhang, y Y. Xie, "Predicting motor vehicle crashes using support vector machine models," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 4, pp. 1611-1618, 2008.
- [136] Z. Li, P. Liu, W. Wang, y C. Xu, "Using support vector machine models for crash injury severity analysis," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 45, pp. 478-486, 2012.
- [137] M. Zheng *et al.*, "Traffic accident's severity prediction: A deep-learning approach-based CNN network," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 39897-39910, 2019.
- [138] M. I. Sameen y B. Pradhan, "Severity prediction of traffic accidents with recurrent neural networks," *Applied Sciences*, vol. 7, no. 6, p. 476, 2017.
- [139] M. Rezapour, A. Farid, S. Nazneen, y K. Ksaibati, "Using machine learning techniques for evaluation of motorcycle injury severity," *IATSS Research*, 2020.
- [140] S. A. Jafari, S. Jahandideh, M. Jahandideh, y E. B. Asadabadi, "Prediction of road traffic death rate using neural networks optimised by genetic algorithm," *International journal of injury control and safety promotion*, vol. 22, no. 2, pp. 153-157, 2015.
- [141] Y. Li, D. Ma, M. Zhu, Z. Zeng, y Y. Wang, "Identification of significant factors in fatal-injury highway crashes using genetic algorithm and neural network," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 111, pp. 354-363, 2018.
- [142] J. Xi, Z. Gao, S. Niu, T. Ding, y G. Ning, "A hybrid algorithm of traffic accident data mining on cause analysis," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, 2013.
- [143] M. Taamneh, S. Alkheder, y S. Taamneh, "Data-mining techniques for traffic accident modeling and prediction in the United Arab Emirates," *Journal of Transportation Safety & Security*, vol. 9, no. 2, pp. 146-166, 2017.
- [144] L. Martín, L. Baena, L. Garach, G. López, y J. de Oña, "Using data mining techniques to road safety improvement in Spanish roads," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 160, pp. 607-614, 2014.

- [145] D. Delen, L. Tomak, K. Topuz, y E. Eryarsoy, "Investigating injury severity risk factors in automobile crashes with predictive analytics and sensitivity analysis methods," *Journal of Transport & Health*, vol. 4, pp. 118-131, 2017.
- [146] D. J. Gabauer y X. Li, "Influence of horizontally curved roadway section characteristics on motorcycle-to-barrier crash frequency," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 77, pp. 105-112, 2015.
- [147] E. R. Teoh y M. Campbell, "Role of motorcycle type in fatal motorcycle crashes," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 41, no. 6, pp. 507-512, 2010.
- [148] V. Shankar y F. Mannering, "An exploratory multinomial logit analysis of single-vehicle motorcycle accident severity," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 27, no. 3, pp. 183-194, 1996.
- [149] S. Jung, Q. Xiao, y Y. Yoon, "Evaluation of motorcycle safety strategies using the severity of injuries," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 59, pp. 357-364, 2013.
- [150] D. M. P. Wedagama, "Estimating the Influence of Accident Related Factors on Motorcycle Fatal Accidents using Logistic Regression (Case Study: Denpasar-Bali)," *Civil Engineering Dimension*, Article vol. 12, no. 2, pp. 106-112, 2010.
- [151] S. R. Geedipally, P. A. Turner, y S. Patil, "Analysis of Motorcycle Crashes in Texas with Multinomial Logit Model," (in English), *Transportation Research Record*, Article no. 2265, pp. 62-69, 2011.
- [152] C. W. Pai, "Motorcyclist injury severity in angle crashes at T-junctions: Identifying significant factors and analysing what made motorists fail to yield to motorcycles," (in English), *Safety Science*, Article vol. 47, no. 8, pp. 1097-1106, 2009.
- [153] C. W. Pai, K. P. Hwang, y W. Saleh, "A mixed logit analysis of motorists' right-of-way violation in motorcycle accidents at priority T-junctions," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 41, no. 3, pp. 565-573, 2009.
- [154] P. Perez-Fuster, M. F. Rodrigo, M. L. Ballestar, y J. Sanmartin, "Modeling offenses among motorcyclists involved in crashes in Spain," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 56, pp. 95-102, 2013.
- [155] S. Harnen, R. S. R. Umar, S. V. Wong, y W. I. Wan Hashim, "Predictive model for motorcycle accidents at three-legged priority junctions," *Traffic injury prevention*, vol. 4, no. 4, pp. 363-9, 2003.
- [156] M. A. Quddus, H. C. Chin, y J. Wang, "Motorcycle crash prediction model for signalised intersections," in *Seventh International Conference on Urban Transport and the Environment for the 21st Century, URBAN TRANSPORT VII* vol. 8, L. J. Sucharov and C. A. Brebbia, Eds., ed. Lemnos, 2001, pp. 609-617.
- [157] A. Montella, R. de Oña, F. Mauriello, M. R. Riccardi, y G. Silvestro, "A data mining approach to investigate patterns of powered two-wheeler crashes in Spain," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 134, p. 105251, 2020.
- [158] M. B. Anvari, A. T. Kashani, y R. Rabieyan, "Identifying the most important factors in the at-fault probability of motorcyclists by data mining, based on classification tree models," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 15, no. 4, pp. 653-662, 2017.
- [159] A. T. Kashani, R. Rabieyan, y M. M. Besharati, "A data mining approach to investigate the factors influencing the crash severity of motorcycle pillion passengers," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 51, pp. 93-98, Dec 2014.
- [160] L. Wahab y H. Jiang, "A comparative study on machine learning based algorithms for prediction of motorcycle crash severity," *PLoS one*, vol. 14, no. 4, p. e0214966, 2019.
- [161] L. Wahab y H. Jiang, "Severity prediction of motorcycle crashes with machine learning methods," *International journal of crashworthiness*, vol. 25, no. 5, pp. 485-492, 2020.
- [162] S. Kumar y D. Toshniwal, "Severity analysis of powered two wheeler traffic accidents in Uttarakhand, India," *European transport research review*, vol. 9, no. 2, pp. 1-10, 2017.
- [163] M. Rezapour, A. M. Molan, y K. Ksaibati, "Analyzing injury severity of motorcycle at-fault crashes using machine learning techniques, decision tree and logistic regression models," *International journal of transportation science and technology*, vol. 9, no. 2, pp. 89-99, 2020.
- [164] S. Das, A. Dutta, K. Dixon, L. Minjares-Kyle, y G. Gillette, "Using deep learning in severity analysis of at-fault motorcycle rider crashes," *Transportation research record*, vol. 2672, no. 34, pp. 122-134, 2018.

- [165] M. Rezapour y K. Ksaibati, "Application of various machine learning architectures for crash prediction, considering different depths and processing layers," *Engineering Reports*, vol. 2, no. 8, p. e12215, 2020.
- [166] Z. E. A. Elasad, H. Mousannif, H. Al Moatassime, y A. Karkouch, "The application of machine learning techniques for driving behavior analysis: A conceptual framework and a systematic literature review," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 87, p. 103312, 2020.
- [167] S. Das, S. M. Mousavi, y M. Shirinzad, "Pattern recognition in speeding related motorcycle crashes," *Journal of Transportation Safety & Security*, pp. 1-18, 2021.
- [168] M. M. Haque, H. C. Chin, y A. K. Debnath, "An investigation on multi-vehicle motorcycle crashes using log-linear models," (in English), *Safety Science*, Article vol. 50, no. 2, pp. 352-362, 2012.
- [169] A. Cámara de la Industria Automotriz de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, "Motorcycles in Colombia: allies of the country's development," 2017, Available: <http://www.andi.com.co/Uploads/LasMotocicletasEnColombia.pdf>.
- [170] C. C. V. CCV, Encuesta de Percepción Ciudadana de Cartagena, 2018. [Online]. Available: <http://www.cartagenacomovamos.org/nuevo/wp-content/uploads/2019/02/Resultados-Encuesta-de-percepci%C3%B3n-Ciudadana-2018.pdf>.
- [171] F. J. Maza Ávila, M. P. Fals Galezo, L. C. Espinosa Flórez, C. F. Safar Cano, y D. Licona Dáger, "Percepciones del riesgo asociado a la práctica del mototaxismo en Cartagena, Colombia," *Economía & Región*, vol. 13, no. 2, pp. 57-81, 2019.
- [172] ANDEMOS. (2018). *Colombian Association of Motor Vehicles. Motorcycle Registration Report in Colombia - December 2018*. Available: <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2019/01/Informe-Motos-2018-12.pdf>
- [173] W. E. Forum, W. E. Forum, Ed. *The Global Competitiveness Report 2019*. 2019, p. 393.
- [174] INMLCF, *Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Forensis- Datos de por vida (1)*. 2015-2019.
- [175] J. M. Hernandez, F. A. Tovar, y L. K. Ruiz, "Factors associated with the use of motorcycle helmets in two Colombian cities," *Cien Saude Colet*, vol. 21, no. 12, pp. 3793-3801, Dec 2016. Factores asociados al uso del casco de protección en dos ciudades de Colombia.
- [176] ONSV. (2018). *Observatorio Nacional de Seguridad Vial. Control, multas y fatalidad vial: solución plausible de ciencia y tecnología en Colombia*. Available: https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/control%20y%20fatalidad%202017-2018_policia.pdf
- [177] ONSV. (2017). *Observatorio Nacional de Seguridad Vial. EMBRIAGUEZ PARA CONDUCIR: DESCRIPCIÓN DE UN PROBLEMÁTICO EN COLOMBIA*. Available: [https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/embriaguez%202017%20-%20bavaria%20\(jun_2018_final\).pdf](https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/embriaguez%202017%20-%20bavaria%20(jun_2018_final).pdf)
- [178] W. S. Huang y C. H. Lai, "Survival risk factors for fatal injured car and motorcycle drivers in single alcohol-related and alcohol-unrelated vehicle crashes," (in English), *Journal of Safety Research*, Article vol. 42, no. 2, pp. 93-99, 2011.
- [179] I. d. E. U.-. IEU, "El mototaxismo sigue aumentando en Colombia," 2019, Available: <http://ieu.unal.edu.co/noticias-del-ieu/item/el-mototaxismo-sigue-aumentando-en-colombia>.
- [180] C. C. CCV, Encuesta de Percepción Ciudadana de Cartagena, 2019. [Online]. Available: <http://www.cartagenacomovamos.org/nuevo/wp-content/uploads/2020/05/Presentacion-EPC-2019-Cartagena-C%C3%B3mo-Vamos.pdf>.
- [181] L. Fuentes, R. Camargo, J. Arellana, C. Velosa, y G. Martinez, "Modelling pavement serviceability of urban roads using deterministic and probabilistic approaches," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 77-86, 2021.
- [182] U. Kırbaş y M. Karaşahin, "Investigation of ride comfort limits on urban asphalt concrete pavements," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 19, no. 10, pp. 949-955, 2018.
- [183] V. Cantillo, P. Garcés, y L. Márquez, "Factors influencing the occurrence of traffic accidents in urban roads: A combined GIS-Empirical Bayesian approach," *Dyna*, vol. 83, no. 195, pp. 21-28, 2016.
- [184] S. Washington, M. G. Karlaftis, F. Mannering, y P. Anastasopoulos, *Statistical and econometric methods for transportation data analysis*. CRC press, 2020.

- [185] K. P. Burnham y D. R. Anderson, "Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection," *Sociological methods & research*, vol. 33, no. 2, pp. 261-304, 2004.
- [186] E. Hauer, "Statistical road safety modeling," *Transportation Research Record*, vol. 1897, no. 1, pp. 81-87, 2004.
- [187] S. Harnen, S. Wong, R. R. Umar, y W. W. Hashim, "Motorcycle crash prediction model for non-signalized intersections," *IATSS research*, vol. 27, no. 2, pp. 58-65, 2003.
- [188] R. Elvik, A. Høye, T. Vaa, y M. Sørensen, *Driver Training and Regulation of Professional Drivers', The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Publishing Limited, 2009.
- [189] S. Harnen, S. Radin, S. V. Wong, y W. H. Wan Ibrahim, "Development of Prediction Models for Motorcycle Crashes at Signalized Intersections on Urban Roads in Malaysia," *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 7, 01/01 2004.
- [190] M. I. Gutierrez y D. Mohan, "Safety of motorized two-wheeler riders in the formal and informal transport sector," *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, vol. 27, no. 1, pp. 51-60, 2020/01/02 2020.
- [191] T. Özkan, "The regional differences between countries in traffic safety: A cross-cultural study and Turkish Case," 2006.
- [192] C.-q. Xie y D. Parker, "A social psychological approach to driving violations in two Chinese cities," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 5, no. 4, pp. 293-308, 2002.
- [193] F. J. Maza Ávila, M. P. F. Galezo, L. C. E. Flórez, C. F. S. Cano, y D. L. Dáger, "Percepciones del riesgo asociado a la práctica del mototaxismo en Cartagena, Colombia," *Economía & Región*, vol. 13, no. 2, pp. 57-81, 2019.
- [194] F. Zambon y M. Hasselberg, "Socioeconomic differences and motorcycle injuries: Age at risk and injury severity among young drivers. A Swedish nationwide cohort study," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 38, no. 6, pp. 1183-1189, 2006.
- [195] A. Theofilatos y G. Yannis, "Relationship between motorcyclists' attitudes, behavior, and other attributes with declared accident involvement in Europe," *Traffic injury prevention*, vol. 15, no. 2, pp. 156-164, 2014.
- [196] L. T. Truong, H. T. Nguyen, y R. Tay, "A random parameter logistic model of fatigue-related motorcycle crash involvement in Hanoi, Vietnam," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 144, p. 105627, 2020.
- [197] J. X. Hagen, C. Pardo, y J. B. Valente, "Motivations for motorcycle use for Urban travel in Latin America: A qualitative study," *Transport Policy*, vol. 49, pp. 93-104, 2016.
- [198] R. Cervero y A. Golub, "Informal transport: A global perspective," *Transport policy*, vol. 14, no. 6, pp. 445-457, 2007.
- [199] I. Y. Castillo Avila, B. G. Herrera, y H. P. Gómez, "Condiciones de trabajo y salud de mototaxistas Cartagena-Colombia," *Salud univorte*, vol. 29, no. 3, pp. 514-524, 2013.
- [200] Y. Herazo B, R. Domínguez A, S. Olarte B, y L. Quitian O, "Discapacidad y mototaxismo en Cartagena, Colombia," *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, Article vol. 29, no. 4, pp. 469-473, 2011.
- [201] M.-R. Lin y J. F. Kraus, "Methodological issues in motorcycle injury epidemiology," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 5, pp. 1653-1660, 2008.
- [202] T. Lajunen y H. Summala, "Can we trust self-reports of driving? Effects of impression management on driver behaviour questionnaire responses," *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, vol. 6, no. 2, pp. 97-107, 2003.
- [203] A. R. A. Van der Horst, "A time-based analysis of road user behaviour in normal and critical encounters," 1991.
- [204] T. Sayed, G. Brown, y F. Navin, "Simulation of traffic conflicts at unsignalized intersections with TSC-Sim," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 26, no. 5, pp. 593-607, 1994.
- [205] J. Archer, "Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections," KTH, 2005.
- [206] M. Paul y I. Ghosh, "Post encroachment time threshold identification for right-turn related crashes at unsignalized intersections on intercity highways under mixed traffic," *International journal of injury control and safety promotion*, vol. 27, no. 2, pp. 121-135, 2020.

- [207] A. T. Flores, "Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos," Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- [208] T.-C. Lee, J. W. Polak, M. G. Bell, y M. R. Wigan, "The kinematic features of motorcycles in congested urban networks," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 49, pp. 203-211, 2012.
- [209] P. Broughton *et al.*, "Conditions for speeding behaviour: a comparison of car drivers and powered two wheeled riders," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 12, no. 5, pp. 417-427, 2009.
- [210] M. M. Abdul Manan, "Motorcycles entering from access points and merging with traffic on primary roads in Malaysia: Behavioral and road environment influence on the occurrence of traffic conflicts," (in English), *Accident Analysis and Prevention*, Article vol. 70, pp. 301-313, 2014.
- [211] H. Ospina-Mateus, L. A. Quintana Jiménez, F. J. Lopez-Valdes, S. Berrio Garcia, L. H. Barrero, y S. S. Sana, "Extraction of decision rules using genetic algorithms and simulated annealing for prediction of severity of traffic accidents by motorcyclists," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021/01/06 2021.
- [212] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, y M. P. Vecchi, "Optimization by simulated annealing," *science*, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680, 1983.
- [213] L. N. Peesapati, M. P. Hunter, y M. O. Rodgers, "Can post encroachment time substitute intersection characteristics in crash prediction models?," *Journal of Safety Research*, vol. 66, pp. 205-211, 2018/09/01/ 2018.
- [214] L. N. Peesapati, M. P. Hunter, y M. O. Rodgers, "Evaluation of Postencroachment Time as Surrogate for Opposing Left-Turn Crashes," *Transportation Research Record*, vol. 2386, no. 1, pp. 42-51, 2013.
- [215] J. Archer y W. Young, "The measurement and modelling of proximal safety measures," in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 2010, vol. 163, no. 4, pp. 191-201: Thomas Telford Ltd.
- [216] D. Gettman y L. Head, "Surrogate safety measures from traffic simulation models," *Transportation Research Record*, vol. 1840, no. 1, pp. 104-115, 2003.
- [217] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, y T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, vol. 6, no. 2, pp. 182-197, 2002.
- [218] R. Agrawal, T. Imieliński, y A. Swami, "Mining association rules between sets of items in large databases," in *Acm sigmod record*, 1993, vol. 22, no. 2, pp. 207-216: ACM.
- [219] J. Huysmans, K. Dejaeger, C. Mues, J. Vanthienen, y B. Baesens, "An empirical evaluation of the comprehensibility of decision table, tree and rule based predictive models," *Decision Support Systems*, vol. 51, no. 1, pp. 141-154, 2011.
- [220] F. Jiang, K. K. R. Yuen, y E. W. M. Lee, "Analysis of motorcycle accidents using association rule mining-based framework with parameter optimization and GIS technology," *Journal of safety research*, vol. 75, pp. 292-309, 2020.
- [221] N. Fiorentini y M. Losa, "Handling imbalanced data in road crash severity prediction by machine learning algorithms," *Infrastructures*, vol. 5, no. 7, p. 61, 2020.
- [222] C. Morris y J. J. Yang, "Effectiveness of resampling methods in coping with imbalanced crash data: Crash type analysis and predictive modeling," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 159, p. 106240, 2021/09/01/ 2021.
- [223] P. Huertas-Leyva, N. Baldanzini, G. Savino, y M. Pierini, "Human error in motorcycle crashes: A methodology based on in-depth data to identify the skills needed and support training interventions for safe riding," *Traffic Injury Prevention*, vol. 22, no. 4, pp. 294-300, 2021/05/19 2021.
- [224] D. J. Tunnicliff, B. C. Watson, K. M. White, M. K. Hyde, C. C. Schonfeld, y D. E. Wishart, "Understanding the factors influencing safe and unsafe motorcycle rider intentions," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 49, pp. 133-141, 2012.

ANEXOS

Anexo 1. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por regiones: 2016-2019.

Región (Ubicación # Dep.)	Población (Millón)	Registro motos (Millón)	Víctimas mortales			Heridos			Letali- dad %	OR (IC 95%)
			Promedio (%)	No/100,000 hab	No /10,000 motos	Promedio (%)	No/100,000 hab,	No /10,000 motos		
Amazonas (Sur-5)	1,1	0,32	115 (3)	10,3	3,6	230 (1)	20,5	7,1	33,4	1,00
Andina (Centro-11)	27,3	4,70	1.693 (48)	6,2	3,6	13.195 (59)	48,3	28,1	11,4	0,34 (0,27-0,43)
Caribe (Norte-8)	10,7	1,30	736 (21)	6,9	5,5	3.109 (14)	29,0	23,3	19,1	0,57 (0,45-0,72)
Orinoco (Este-4)	1,7	0,55	294 (8)	17,2	5,4	1.166 (5)	68,2	21,3	20,1	0,6 (0,46-0,78)
Pacífico (Oeste-4)	8,4	1,64	722 (20)	8,6	4,4	44.82 (20)	53,3	27,4	13,9	0,42 (0,33-0,53)
									P- valor	0,000

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 2. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por departamentos: 2016-2019.

Departamentos	Población (Millón)	Registro motos (Miles)	Víctimas mortales			Heridos			OR	
			Promedio (%)	No, /100,000 hab,	No /10,000 MC	Promedio %	No, /100,000 hab,	No /10,000 MC	Letali dad %	(IC 95%)
Antioquia	6,61	1370,1	485 (13,6)	7,3	3,5	2.727 (12,3)	41,2	19,9	15,1	1,00
Valle del Cauca	4,71	1107,6	481 (13,5)	10,2	4,3	3.081 (13,9)	65,4	27,8	13,5	0,89 (0,78-1,02)
Cundinamarca	2,76	768,8	203 (5,7)	7,3	2,6	886 (4)	32,1	11,5	18,6	1,23 (1,03-1,47)
Bogotá D, C	8,08	539,6	181 (5,1)	2,2	3,4	2.780 (12,5)	34,4	51,5	6,1	0,4 (0,33-0,48)
Santander	2,08	566,3	176 (4,9)	8,5	3,1	1.584 (7,1)	76,1	28,0	10,0	0,66 (0,55-0,79)
Huila	1,18	300,7	160 (4,5)	13,5	5,3	685 (3,1)	57,9	22,8	18,9	1,25 (1,03-1,52)
Meta	1,00	398,9	149 (4,2)	14,9	3,7	584,5 (2,6)	58,6	14,7	20,3	1,35 (1,1-1,66)
Cesar	1,05	421,5	148 (4,2)	14,0	3,5	484 (2,2)	45,9	11,5	23,4	1,55 (1,26-1,91)
Tolima	1,42	258,9	145 (4,1)	10,2	5,6	1.231 (5,6)	86,9	47,6	10,5	0,7 (0,57-0,85)
Córdoba	1,76	44,4	130 (3,6)	7,4	29,3	5.033 (2,3)	28,5	113,3	20,5	1,36 (1,1-1,69)
Cauca	1,40	235,3	121 (3,4)	8,6	5,1	437,5 (2)	31,2	18,6	21,7	1,43 (1,14-1,79)
Atlántico	2,52	240,5	117 (3,3)	4,6	4,9	889 (4)	35,3	37,0	11,6	0,77 (0,62-0,96)
Norte Santander	1,38	216,1	108 (3)	7,8	5,0	505 (2,3)	36,6	23,4	17,6	1,17 (0,93-1,47)
Nariño	1,79	257,4	108 (3)	6,0	4,2	917 (4,1)	51,3	35,6	10,5	0,7 (0,56-0,87)
Bolívar	2,15	242,9	107 (3)	5,0	4,4	575,5 (2,6)	26,8	23,7	15,7	1,04 (0,83-1,31)
Magdalena	1,29	216,6	101 (2,8)	7,9	4,7	317,25 (1,4)	24,7	14,6	24,1	1,6 (1,25-2,04)
Casanare	0,37	82,0	88 (2,5)	23,8	10,7	423,75 (1,9)	114,8	51,7	17,2	1,14 (0,89-1,46)
Boyacá	1,28	105,3	72 (2)	5,6	6,8	374,5 (1,7)	29,3	35,6	16,1	1,07 (0,82-1,4)
Sucre	0,87	132,1	65 (1,8)	7,5	4,9	163,75 (0,7)	18,9	12,4	28,4	1,88 (1,39-2,55)
Caldas	0,99	223,5	61 (1,7)	6,2	2,7	623,5 (2,8)	62,9	27,9	8,9	0,59 (0,45-0,78)
Risaralda	0,96	204,3	59 (1,7)	6,1	2,9	1.150 (5,2)	119,5	56,3	4,9	0,32 (0,24-0,42)
Guajira	1,01	16,4	57 (1,6)	5,6	34,8	118,25 (0,5)	11,7	72,1	32,5	2,15 (1,54-2,99)
Putumayo	0,35	125,2	56 (1,6)	15,8	4,5	92,75 (0,4)	26,2	7,4	37,6	2,49 (1,76-3,52)
Arauca	0,27	61,0	53 (1,5)	19,8	8,7	149 (0,7)	55,6	24,4	26,2	1,74 (1,25-2,42)
Caquetá	0,49	150,1	46 (1,3)	9,4	3,1	84,5 (0,4)	17,2	5,6	35,2	2,33 (1,61-3,38)
Quindío	0,57	137,3	45 (1,3)	7,9	3,3	649,75 (2,9)	113,6	47,3	6,5	0,43 (0,31-0,59)
Choco	0,51	37,1	13 (0,4)	2,5	3,5	45,75 (0,2)	9,0	12,3	22,1	1,47 (0,79-2,74)
San Andres	0,08	18,0	11 (0,3)	14,1	6,1	58,75 (0,3)	75,6	32,7	15,8	1,04 (0,54-1,99)
Guaviare	0,11	24,5	8 (0,2)	7,0	3,3	10,75 (0)	9,4	4,4	42,7	2,83 (1,13-7,1)
Vichada	0,08	4,8	4 (0,1)	5,3	8,3	9 (0)	11,9	18,6	30,8	2,04 (0,63-6,65)
Amazonas	0,08	16,7	3 (0,1)	3,8	1,8	18,75 (0,1)	24,1	11,3	13,8	0,91 (0,27-3,09)
Guainia	0,04	3,2	2 (0,1)	4,7	6,3	21,5 (0,1)	50,3	68,1	8,5	0,56 (0,13-2,39)
Vaupés	0,04	3,0	1 (0)	2,5	3,3	1,5 (0)	3,75	5	40,0	2,65 (0,21-33,34)
P-valor									0,00	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 3. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por capitales: 2016-2019.

Ciudades	Población (Millón)	Registro motos (Miles)	Victimas Mortales			Heridos			Letalidad	OR
			Promedio (%)	No, /100,000 hab,	No /10,000 MC	Promedio %	No, /100,000 hab,	No /10,000 MC	%	(IC 95%)
Bogotá	8,08	502,5	192 (16,8)	2,4	3,8	2.780 (20)	34,4	55,3	6,4	1,00
Cali	2,42	166,8	157 (13,7)	6,5	9,4	1.557 (11,2)	64,3	93,3	9,1	1,42 (1,14-1,77)
Medellín	2,51	6,9	112 (9,8)	4,5	161,8	1.479 (10,7)	59,0	2136,4	7,0	1,09 (0,86-1,39)
Villavicencio	0,51	57,7	52 (4,5)	10,3	9,0	370 (2,7)	73,1	64,1	12,3	1,91 (1,38-2,64)
Barranquilla	1,23	27,7	49 (4,3)	4,0	17,7	556 (4)	45,3	200,8	8,1	1,26 (0,91-1,75)
Montería	0,45	33,1	44 (3,8)	9,7	13,3	289 (2,1)	63,7	87,2	13,2	2,04 (1,44-2,9)
Cartagena	1,03	63,4	44 (3,8)	4,3	6,9	437 (3,1)	42,6	69,0	9,0	1,4 (0,99-1,98)
Santa Marta	0,50	25,2	40 (3,5)	8,0	15,9	216 (1,6)	43,3	85,6	15,6	2,42 (1,68-3,5)
Cúcuta	0,66	21,8	36 (3,1)	5,4	16,6	348 (2,5)	52,5	160,0	9,3	1,44 (0,99-2,09)
Neiva	0,35	10,8	35 (3,1)	10,1	32,5	360 (2,6)	104,1	334,4	8,9	1,37 (0,94-2)
Ibagué	0,56	99,8	35 (3,1)	6,2	3,5	849 (6,1)	150,5	85,0	3,9	0,61 (0,42-0,88)
Valledupar	0,47	39,3	33 (2,9)	7,0	8,4	330 (2,4)	69,7	84,0	9,2	1,42 (0,97-2,09)
Popayán	0,28	20,3	30 (2,6)	10,6	14,8	254 (1,8)	89,9	125,1	10,4	1,61 (1,07-2,42)
Armenia	0,30	37,2	29 (2,5)	9,7	7,8	478 (3,4)	159,5	128,4	5,8	0,9 (0,6-1,34)
Sincelejo	0,28	27,6	29 (2,5)	10,3	10,5	100 (0,7)	35,4	36,3	22,7	3,52 (2,27-5,45)
Pereira	0,47	60,0	29 (2,5)	6,1	4,8	881 (6,3)	185,7	146,7	3,2	0,49 (0,33-0,73)
Yopal	0,15	31,7	29 (2,5)	19,8	9,1	180 (1,3)	123,1	56,8	13,7	2,13 (1,4-3,25)
Bucaramanga	0,53	22,7	28 (2,4)	5,3	12,3	769 (5,5)	145,5	338,9	3,5	0,55 (0,37-0,82)
Pasto	0,45	113,0	26 (2,3)	5,8	2,3	790 (5,7)	175,2	69,9	3,1	0,49 (0,32-0,75)
Florencia	0,18	41,0	20 (1,7)	11,2	4,9	64 (0,5)	35,9	15,6	23,8	3,69 (2,19-6,23)
Manizales	0,40	68,2	19 (1,7)	4,8	2,8	382 (2,8)	95,8	56,0	4,8	0,74 (0,46-1,2)
Riohacha	0,28	5,2	18 (1,6)	6,5	34,4	62 (0,4)	22,3	118,5	22,3	3,45 (2-5,97)
San Andrés	0,08	13,2	12 (1)	15,4	9,1	56 (0,4)	72,0	42,4	17,1	2,65 (1,38-5,08)
Arauca	0,09	25,3	8 (0,7)	8,8	3,2	89 (0,6)	97,9	35,2	8,0	1,25 (0,59-2,64)
Mocoa	0,04	26,8	8 (0,7)	18,3	3,0	29 (0,2)	66,3	10,8	21,1	3,27 (1,46-7,32)
Quibdó	0,12	2,9	8 (0,7)	6,9	28,0	40 (0,3)	34,5	140,1	16,0	2,48 (1,12-5,49)
Guaviare	0,07	18,4	6 (0,5)	9,0	3,3	10 (0,1)	15,0	5,4	35,9	5,58 (1,99-15,66)
Tunja	0,20	4,8	6 (0,5)	3,1	12,5	73 (0,5)	37,3	151,5	7,0	1,09 (0,45-2,63)
Leticia	0,04	15,2	3 (0,3)	7,2	2,0	19 (0,1)	45,3	12,5	12,8	1,98 (0,55-7,08)
Puerto Carreño	0,02	3,4	3 (0,3)	18,5	8,8	9 (0,1)	55,4	26,4	22,7	3,53 (0,86-14,57)
Inírida	0,02	2,5	2 (0,2)	9,9	8,0	22 (0,2)	109,2	87,5	6,5	1,01 (0,19-5,32)
Mitú	0,03	2,0	1 (0,1)	3,1	5,0	1 (0)	3,1	5,0	50,0	7,76 (0,32-191,14)
P-valor									0,00	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 4. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por meses: 2016-2019.

Meses	Victimas mortales					Heridos					Letalidad	OR
	2016	2017	2018	2019	Promedio (%)	2016	2017	2018	2019	Promedio (%)	%	(IC 95%)
Enero	329	284	291	251	289 (8)	2.019	1.962	1.773	1.807	1.890 (9)	13,3	1,00
Febrero	296	278	287	272	283 (8)	2.271	1.992	1.839	1.787	1.972 (9)	12,5	0,95 (0,8-1,13)
Marzo	341	281	273	291	297 (9)	2.325	2.118	2.055	1.942	2.110 (10)	12,3	0,93 (0,78-1,11)
Abril	299	248	267	269	271 (8)	2.245	1.872	1.984	1.687	1.947 (9)	12,2	0,92 (0,77-1,1)
Mayo	337	297	268	301	301 (9)	2.293	1.970	1.962	1.802	2.007 (9)	13,0	0,98 (0,82-1,17)
Junio	308	303	286	349	312 (9)	2.207	1.877	1.887	1.716	1.922 (9)	14,0	1,05 (0,88-1,25)
Julio	342	324	263	304	308 (9)	2.256	2.119	1.843	1.841	2.015 (9)	13,3	1 (0,84-1,19)
Agosto	300	285	258	297	285 (8)	2.234	2.025	1.898	1.803	1.990 (9)	12,5	0,94 (0,79-1,12)
Septiembre	299	232	273	281	271 (8)	2.242	1.897	1.865	1.651	1.914 (9)	12,4	0,94 (0,79-1,12)
Octubre	318	288	253	302	290 (8)	2.135	1.836	1.664	1.466	1.775 (8)	14,0	1,06 (0,89-1,26)
Noviembre	280	245	218	262	251 (7)	1.860	1.610	1.296	1.115	1.470 (7)	14,6	1,1 (0,92-1,32)
Diciembre	310	310	189	276	271 (8)	1.811	1.398	786	660	1.164 (5)	18,9	1,42 (1,18-1,7)
											P-valor	0,00

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 5. Accidentes viales en motocicletas por días: 2016-2019.

	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR	P-valor
	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Días							
Lunes	505	14,7	3.218	13,9	13,6	1,00	0,00
Martes	337	9,8	3.213	13,9	9,5	0,7 (0,6-0,81)	
Miércoles	314	9,2	3.170	13,7	9,0	0,66 (0,57-0,77)	
Jueves	343	10,0	3.155	13,6	9,8	0,72 (0,62-0,83)	
Viernes	400	11,7	3.392	14,6	10,5	0,78 (0,68-0,9)	
Sábado	622	18,1	3.668	15,8	14,5	1,07 (0,94-1,21)	
Domingo	909	26,5	3.356	14,5	21,3	1,57 (1,39-1,77)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

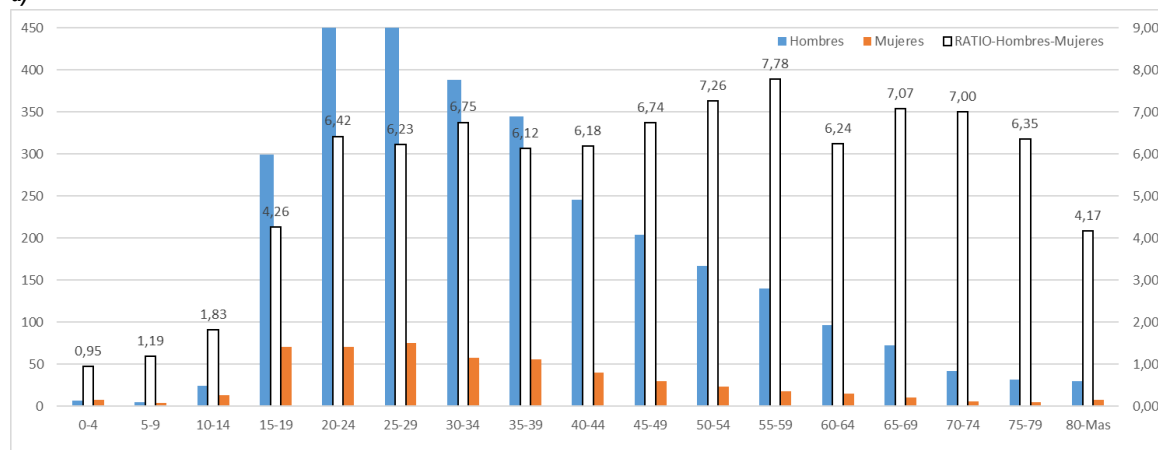
Anexo 6. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por hora-precipitación: 2016-2019.

Precipitaciones (mm)	Victimas mortales				Total (%)	Heridos				Total (%)	Letalidad (%)	OR (IC95%)
	12am- 6am	6am- 12m	12m- 6pm	6pm- 12am		12am- 6am	6am- 12m	12m- 6pm	6pm- 12am			
100	31	27	34	40	131 (39%)	77	326	416	291	1.111 (37%)	11	1
90	23	20	25	29	97 (29%)	58	248	317	222	845 (28%)	10	0,98 (0,74-1,28)
80	15	13	16	19	64 (19%)	39	170	217	152	578 (19%)	10	0,95 (0,69-1,29)
70	8	6	7	9	30 (9%)	21	92	117	82	312 (10%)	9	0,83 (0,54-1,24)
65	4	3	2	4	13 (4%)	11	53	67	47	179 (6%)	7	0,64 (0,34-1,11)
R=0,8473-R²=0,7179						R=0,7419-R²=0,5504					P-valor (0,50)	

Fuente: Adaptado con datos del Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

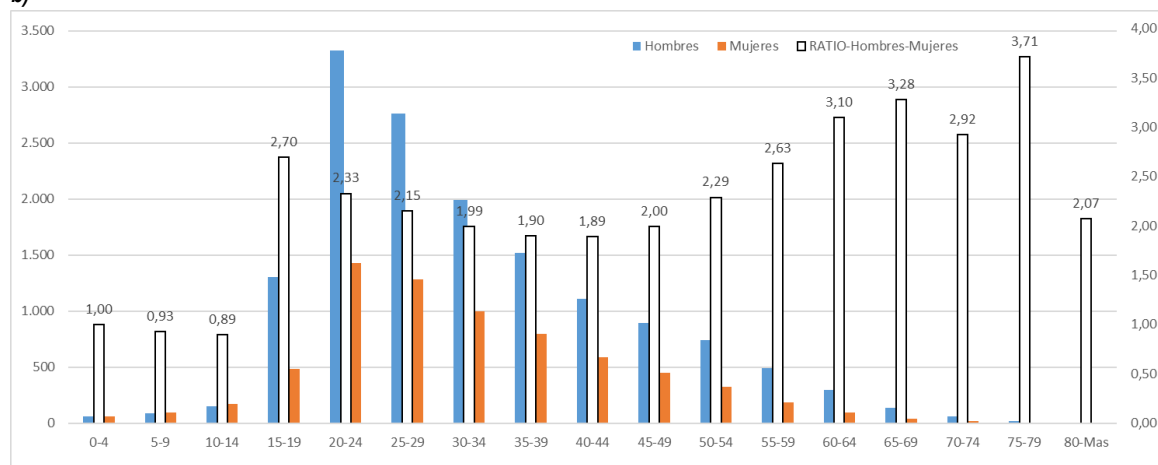
Anexo 7. Histograma de accidentes viales de motocicletas en Colombia por edad y género: 2016-2019, a) víctimas mortales, b) heridas.

a)



Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

b)



Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 8. Accidentes viales en motocicletas en Colombia por interacción de Colisión: 2016-2019.

	Víctimas mortales		Heridos		Letalidad	OR Crudo	P-valor
	Promedio	%	Promedio	%	%	(IC 95%)	
Motocicleta	495	14,5	5.859	24,2	7,8	1	0,00
Automóvil ligero	696	20,3	12.796	52,8	5,2	0,66 (0,59-0,66)	
Bicicleta	23	0,7	228	0,9	9,0	1,16 (0,75-1,17)	
Bus(buseta/flota)	227	6,6	1.644	6,8	12,1	1,56 (1,32-1,56)	
Vehículo pesado	605	17,7	1.577	6,5	27,7	3,56 (3,12-3,56)	
Objeto fijo	656	19,2	295	1,2	68,9	8,86 (7,51-8,86)	
Otros vehículos (no motorizados)	14	0,4	695	2,9	1,9	0,25 (0,15-0,26)	
Volcamientos, caídas, hundimientos	706	20,6	1.135	4,7	38,4	4,95 (4,32-4,93)	

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

Anexo 9. Valor social de las muertes relacionadas con motociclistas en Colombia: 2016-2019.

Edad	Promedio		Expectativa de vida Colombia *		Años potenciales de vida pérdida		Total	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
0-4	7	7	77	83	75	81	525	594
5-9	5	4	79	84	72	77	342	308
10-14	24	13	79	84	67	72	1.630	960
15-19	299	70	79	84	62	67	18.559	4712
20-24	453	71	79	85	57	63	25.793	4442
25-29	467	75	80	85	53	58	24.751	4350
30-34	388	58	81	85	49	53	19.024	3048
35-39	345	56	81	85	44	48	15.158	2700
40-44	246	40	82	85	40	43	9.830	1709
45-49	204	30	82	85	35	38	7.140	1150
50-54	167	23	82	86	30	34	5.010	782
55-59	140	18	83	86	26	29	3.640	522
60-64	97	16	84	87	22	25	2.129	388
65-69	73	10	85	87	18	20	1.305	205
70-74	42	6	86	88	14	16	588	96
75-79	32	5	88	90	11	13	349	65
< 80	30	7	94	95	12	13	363	94
						Sub	135.773	26.124
						Total	161.896	
Producto interno bruto per cápita por año de vida ganado (Promedio 2016-2019) (Banco de la Republica)							\$ 19.481.000	
Costo total = (PIB*3* Años totales perdido)							\$ 9.461.707.409.000	
Costo total/ número promedio de víctimas mortales (2016-2019)							\$ 2.654.800.059	
Costo total/ registro de motos 2019							\$ 1.100.200	

* Datos (2017), del Banco de la Republica Colombia.

Fuente: Desarrollado con información de Observatorio Nacional de Seguridad Vial con registros del INMLCF [7].

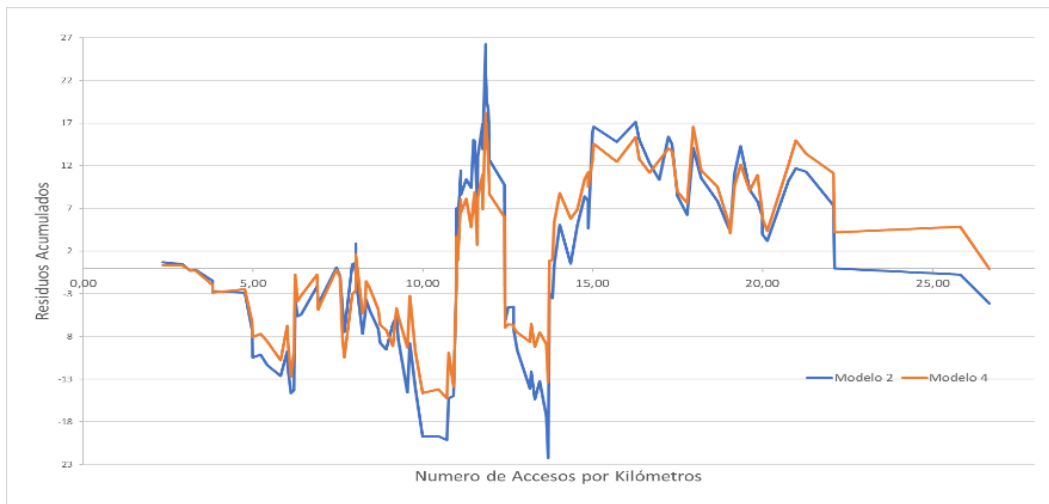
Anexo 10. Análisis de correlación entre las variables cuantitativas independientes.

	<i>Cu</i>	<i>Nit</i>	<i>% Res</i>	<i>% Com</i>	<i>% Ind</i>	<i>% Ru</i>	<i>AADT</i>	<i>AADT-A</i>	<i>AADT-MC</i>	<i>AADT- B</i>	<i>AADT-HV</i>
<i>Cu</i>	1,00										
<i>Nit</i>	0,50	1,00									
<i>% Res</i>	-0,12	-0,03	1,00								
<i>% Com</i>	-0,12	-0,11	-0,61	1,00							
<i>% Ind</i>	0,26	0,09	-0,49	-0,16	1,00						
<i>% Ru</i>	0,11	0,13	-0,37	-0,20	0,00	1,00					
<i>AADT</i>	0,01	0,13	-0,46	0,46	0,19	-0,07	1,00				
<i>AADT-C</i>	0,05	0,04	-0,50	0,43	0,28	-0,05	0,94	1,00			
<i>AADT-MC</i>	-0,05	0,19	-0,30	0,43	-0,01	-0,10	0,91	0,73	1,00		
<i>AADT-B</i>	0,04	0,19	-0,46	0,44	0,21	-0,05	0,84	0,80	0,72	1,00	
<i>AADT-HV</i>	0,16	0,11	-0,52	0,05	0,77	0,01	0,51	0,56	0,30	0,43	1,00

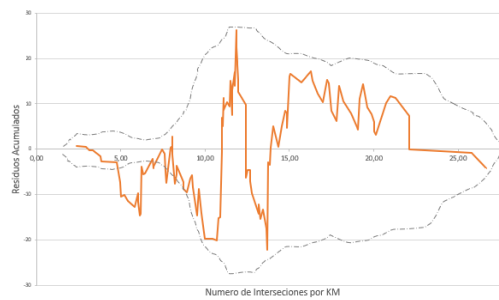
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Gráficos Residuales modelo 2 y modelo 4.

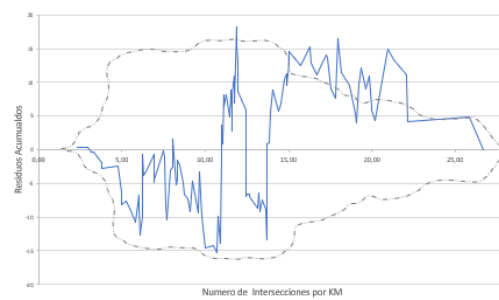
a) Gráfico CURE comparativo de Modelo 2 y 4.



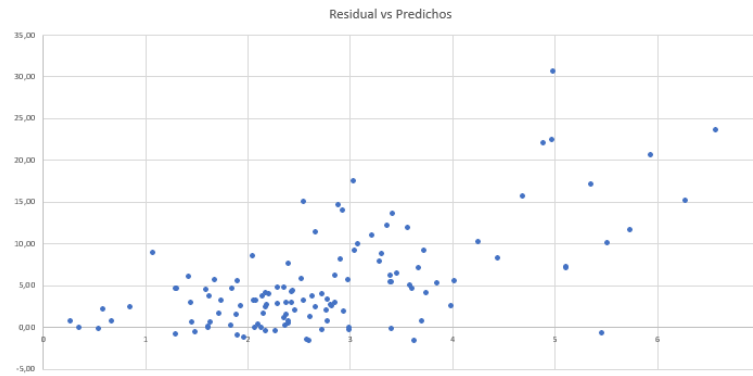
b) Gráfico CURE de Modelo 2 con umbrales de ± 2 desviaciones.



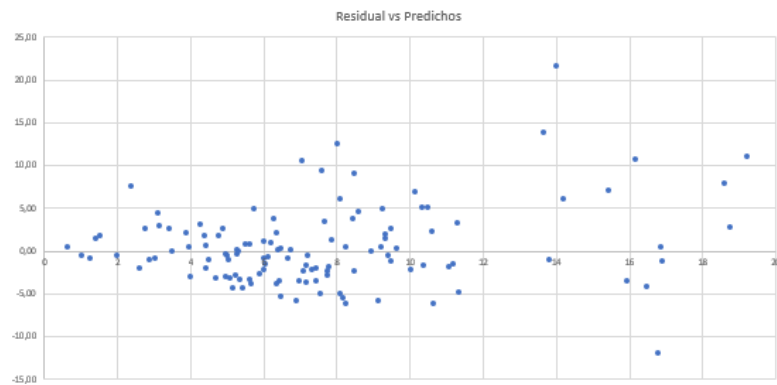
c) Gráfico CURE de Modelo 4 con umbrales de ± 2 desviaciones.



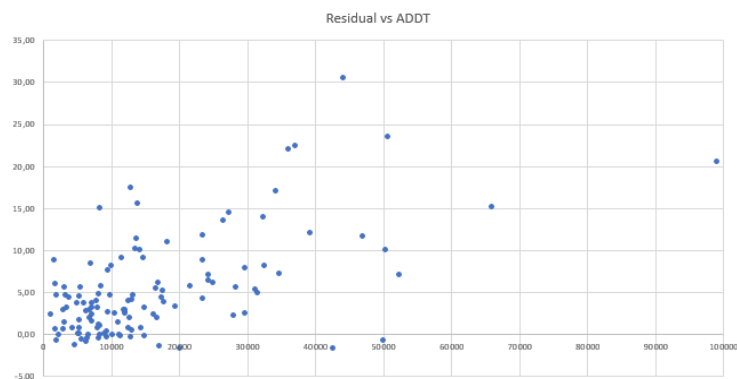
d) Gráfico de valores residuales versus valores predichos de modelo 2.



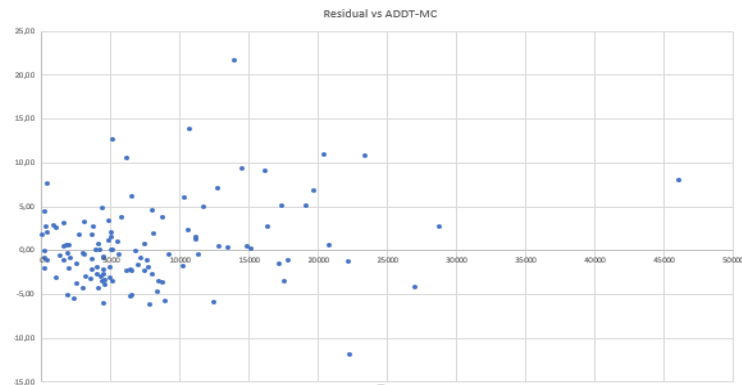
e) Gráfico de valores residuales versus valores predichos de modelo 4.



f) Gráfico de valores residuales versus volumen vehicular de modelo 2.



g) Gráfico de valores residuales versus volumen vehicular de modelo 4.



Anexo 12. Cálculo de tramos viales propensos en accidentes en motocicletas en Cartagena.

Etiqueta	Nombre de Tramo Vial	Condición	Observado (cobs)	Predictor (y)	W	E(a)	$\Delta = E(a) - \text{Predicho}$	Variedad = $\text{Observado} - E(a)$	Tipo
1	57D Campestre(Telecartagena-Vistahermosa)	No Crítico	5	7	0,2	5,4	-1,6	-0,4	Local
2	57D caracoles(Telecartagena-Corenao)	No Crítico	8	9	0,1	8,5	-0,5	-0,5	Colector
3	Aeropuerto Morros(inicio-fin)	No Crítico	0	1	0,6	0,9	-0,1	-0,9	Rural
4	Almirante colon(Tv 54-Cal 14)	No Crítico	3	6	0,2	3,7	-2,3	-0,7	Local
5	Amparo Turbaco(Amparo-Turbaco)	No Crítico	12	16	0,1	12,7	-3,3	-0,7	Arterial
6	Av. Pedro Heredia(4 vientos-mercado)	Crítico	22	19	0,1	21,3	2,3	0,7	Arterial
7	Av. Pedro Heredia(Amparo-4 vientos)	No Crítico	16	17	0,1	15,8	-1,2	0,2	Arterial
8	Av. Pedro Heredia(Popa-Bazurto)	Crítico	27	19	0,1	25,9	6,9	1,1	Arterial
9	Av. Pedro Heredia(Popa-India)	No Crítico	12	16	0,1	12,6	-3,4	-0,6	Arterial
10	Av. Santander(Marina-Megatiendas)	No Crítico	6	8	0,2	6,5	-1,5	-0,5	Arterial
11	Av. Santander(Megatienda-Crespo)	No Crítico	5	7	0,2	5,8	-1,2	-0,8	Arterial
12	Avenida del Lago(cerro-Estibas)	No Crítico	5	11	0,1	5,3	-5,7	-0,3	Arterial
13	Avenida ermita(Mercado-candelaria)	No Crítico	5	6	0,2	4,8	-1,2	0,2	Colector
14	Calle 14(Kr 58-Kr 67)	Crítico	9	8	0,2	8,9	0,9	0,1	Colector
15	Calle 15(Tv 58-Kr 83)	No Crítico	10	11	0,1	9,8	-1,2	0,2	Colector
16	Calle 19(Tv 58-Kr 71)	Crítico	5	5	0,2	5,3	0,3	-0,3	Local
17	Calle 24 Bahía Manga (Jamile-Sanidad)	No Crítico	2	3	0,3	2,2	-0,8	-0,2	Local
18	Calle 25 Bdezo (Av. Kennedy-Roan)	No Crítico	3	6	0,2	3,6	-2,4	-0,6	Local
19	Calle 25 Manga(Román-Aduanas)	No Crítico	2	5	0,2	2,6	-2,4	-0,6	Colector
20	Calle 26 Av. Jimenez(Kr 15-Kr 25)	No Crítico	4	5	0,2	4,2	-0,8	-0,2	Colector
21	calle 28 Amberes(Kr 38-kr49)	Crítico	7	6	0,2	6,9	0,9	0,1	Local
22	Calle 28 Manga(madrial-sociedad)	Crítico	5	3	0,3	4,5	1,5	0,5	Local
23	calle 29 Amberes(Kr 38-kr49)	Crítico	10	6	0,2	9,4	3,4	0,6	Local
24	Calle 29 Peaje Manga(Peaje-Kr 17)	No Crítico	5	5	0,2	4,7	-0,3	0,3	Colector
25	Calle 30 Media luna(convenciones-cda)	No Crítico	5	5	0,2	5,0	0,0	0,0	Colector
26	Calle 30 Unisim(universal-Caribe)	No Crítico	9	11	0,1	9,4	-1,6	-0,4	Arterial
27	Calle 30(Tacarigua-Tv 54)	No Crítico	8	10	0,1	8,1	-1,9	-0,1	Colector
28	Calle 31b Estadio(Unicolombo-estadio)	Crítico	11	6	0,2	9,6	3,6	1,4	Colector
29	Calle 32 Fredonia(Cai Olaya-moteles)	No Crítico	9	9	0,1	9,0	0,0	0,0	Colector
30	Calle 40 Centro(megatiendas-india)	No Crítico	7	11	0,1	7,1	-3,9	-0,1	Arterial
31	Calle 5 el educador(Kr 68A-Sierria)	No Crítico	4	7	0,2	4,2	-2,8	-0,2	Local
32	Calle 5-6 Bocagrande (Y-Club militar)	No Crítico	1	3	0,3	1,3	-1,7	-0,3	Local
33	Calle 62 Loma Fresca(Popa-santa Rita)	No Crítico	1	5	0,2	1,8	-3,2	-0,8	Local
34	Calle 70 Crespo(Kr 1-Kr 9)	Crítico	15	11	0,1	14,1	3,1	0,9	Arterial
35	calle larga(calle larga-puente Román)	No Crítico	3	7	0,2	4,1	-2,9	-1,1	Colector
36	Campiña -Calamares- Ph(Campiña -Av. Ph)	Crítico	6	6	0,2	6,1	0,1	-0,1	Local
37	CRA 68CALLE 27 (Entrada semáforo-Ara Carmelo)	Crítico	10	9	0,1	9,6	0,6	0,4	Colector
38	Diag. 21(peaje-Purina)	No Crítico	9	10	0,1	8,8	-1,2	0,2	Arterial
39	Diag. 21a Bosque(curva-papa)	No Crítico	2	5	0,2	2,7	-2,3	-0,7	Colector
40	Diag. 22(mercado-martines martelo)	Crítico	20	14	0,1	19,8	5,8	0,2	Arterial
41	Diag. 22(rincón-martelo)	Crítico	23	15	0,1	21,9	6,9	1,1	Arterial
42	Diag. 29b nuevo bosque(iglesia-casa)	No Crítico	2	5	0,2	3,1	-1,9	-1,1	Local
43	Diag. 29E nuevo bosque(iglesia-Y)	No Crítico	6	7	0,2	6,0	-1,0	0,0	Colector
44	Diag. 30 Mirador(campiña-lavadero)	No Crítico	5	8	0,2	5,4	-2,6	-0,4	Colector
45	Diag. 30 Nuevo bosque(car- Y)	Crítico	11	9	0,1	10,6	1,6	0,4	Colector
46	Diag. 32 Ternera Real(Gallo-Cárcel)	Crítico	17	8	0,2	15,4	7,4	1,6	Colector
47	Diag. 33 Palmeras(Calle 32-Trav 54)	Crítico	8	6	0,2	8,0	2,0	0,0	Local
48	Diag. 30(Santa Clara-ARA)	Crítico	28	14	0,1	26,1	12,1	1,9	Arterial
49	Gaviotas Alpes(Tv 66-Alpes)	Crítico	6	6	0,2	6,4	0,4	-0,4	Local
50	Gaviotas-13 de junio(Diag. 32)	No Crítico	7	7	0,2	6,8	-0,2	0,2	Colector
51	Interna Boquilla	No Crítico	2	2	0,4	1,7	-0,3	0,3	Rural
52	K17(manga-pie cerro)	No Crítico	4	7	0,2	4,5	-2,5	-0,5	Colector
53	Kr 1 Bocagrande(bomberos-Hilton)	No Crítico	2	8	0,2	3,3	-4,7	-1,3	Arterial
54	Kr 100 San Jose(Troncal-fin barrio)	No Crítico	6	8	0,2	6,2	-1,8	-0,2	Colector
55	Kr 102 San Jose(calle 35-parque felicidad)	No Crítico	5	6	0,2	5,5	-0,5	-0,5	Local
56	Kr 103 San Jose(calle 35-fin barrio)	No Crítico	5	6	0,2	5,3	-0,7	-0,3	Local
57	Kr 14 Torices(Mall-Petromil)	No Crítico	5	7	0,2	5,5	-1,5	-0,5	Colector
58	Kr 15 Canapote(Kr 13-fin barrio)	No Crítico	4	5	0,2	4,6	-0,4	-0,6	Local
59	Kr 16 Torice(Mall-calle 50)	No Crítico	3	6	0,2	3,3	-2,7	-0,3	Colector
60	Kr 17(pie cerro-Y59)	Crítico	13	9	0,1	12,5	3,5	0,5	Colector
61	Kr 17(y59-san Francisco)	Crítico	12	9	0,1	11,8	2,8	0,2	Colector
62	Kr 2 Cabrero(megatiendas-Y)	Crítico	6	3	0,3	5,2	2,2	0,8	Local
63	KR 2 Centro(india -Santa Clara)	Crítico	3	3	0,3	3,4	0,4	-0,4	Local
64	Kr 2 San Martín Bocagrande(Marina-Hotel Caribe)	No Crítico	3	8	0,2	3,5	-4,5	-0,5	Arterial
65	Kr 22 Manga(inicio -Fin)	No Crítico	1	6	0,2	2,2	-3,8	-1,2	Colector
66	Kr 25 Manga(inicio -Fin)	Crítico	6	4	0,3	5,4	1,4	0,6	Colector
67	Kr 3 Bocagrande(Militar-Hilton)	Crítico	7	3	0,3	6,0	3,0	1,0	Colector
68	Kr 30 Maria(Mercado-Kr 34)	Crítico	9	8	0,2	8,7	0,7	0,3	Colector
69	Kr 34 maria(Megatiendas Maria- cl. 76)	No Crítico	1	7	0,2	2,1	-4,9	-1,1	Local
70	Kr 4 Bocagrande(Américas-calle 10)	No Crítico	2	3	0,3	2,4	-0,6	-0,4	Local
71	Kr 5 y 6 Bocagrande(Y-club Cartagena)	Crítico	3	2	0,4	2,4	0,4	0,6	Local
72	Kr 52-54 Escalón(consulado- Av. Ph)	Crítico	4	4	0,3	4,3	0,3	-0,3	Local
73	Kr 59(Av. Pedro H-Calle 31d)	No Crítico	2	6	0,2	2,9	-3,1	-0,9	Colector
74	Kr 63 Alpes pedro(Alpes-pedro)	No Crítico	2	4	0,3	2,8	-1,2	-0,8	Local
75	Kr 66(Calle 21-Calle 23)	Crítico	18	7	0,2	15,7	8,7	2,3	Local
76	Kr 71 Santa lucia(Biblioteca-Diag. 32)	Crítico	18	8	0,2	16,1	8,1	1,9	Colector
77	Kr 80 San fernando(Troncal-Calle 5)	No Crítico	1	5	0,2	2,0	-3,0	-1,0	Colector
78	Kr 80E San Fernando(Gestión salud -Fire)	Crítico	12	8	0,2	11,6	3,6	0,4	Colector
79	Kr 81 San Fernando(mi vaquita-Calle 15)	No Crítico	5	7	0,2	5,8	-1,2	-0,8	Local
80	Kr 83 principal Nelson Mandela(ARA Mandela-fin)	Crítico	5	5	0,2	5,3	0,3	-0,3	Local
81	Kr 83 san fernando(Home center-Nelson Mandela)	No Crítico	3	9	0,1	4,2	-4,8	-1,2	Colector
82	Kr 87(Tr 54-Tr 77)	No Crítico	3	4	0,3	3,7	-0,3	-0,7	Local
83	Kr 88(Tr 54-Tr 75)	Crítico	8	5	0,2	6,9	1,9	1,1	Local
84	Kr 11 Centro(Getsemani-India)	No Crítico	2	8	0,2	3,0	-5,0	-1,0	Colector
85	Kr 2 Crespo(Calle 63-Calle 70)	Crítico	10	2	0,4	7,0	5,0	3,0	Local
86	Kr 71(Sisbén -Calle 19)	Crítico	7	6	0,2	6,7	0,7	0,3	Local
87	Kr 92(Tv 54-fin barrio)	Crítico	7	5	0,2	6,1	1,1	0,9	Local
88	L Bellavista 20 julio(Olimpica-rotonda)	Crítico	6	6	0,2	6,2	0,2	-0,2	Local
89	Lo amador(Profamilia-Torices)	Crítico	7	6	0,2	7,0	1,0	0,0	Local
90	Mall Atrás(Glorieta-Cai Policia)	Crítico	21	8	0,2	18,6	10,6	2,4	Colector
91	Marginal Marbella(Calle 40-Calle 48)	Crítico	6	3	0,3	5,1	2,1	0,9	Colector
92	Pedro Romero Tramo 1(Unicolombo-Cai Olaya)	Crítico	14	8	0,2	13,1	5,1	0,9	Colector
93	Pedro Romero Tramo 2(Y Mercado-Unicolombo)	Crítico	13	11	0,1	12,6	1,6	0,4	Colector
94	Perimetral(Kr 34-Kr 53)	No Crítico	2	5	0,2	2,3	-2,7	-0,3	Arterial
95	Principal 13junio Diag. 32(Tv 67-Tv 54)	No Crítico	10	10	0,1	9,9	-0,1	0,1	Colector
96	Simón Bolívar(parque Surtigas-troncal)	No Crítico	2	5	0,2	2,8	-2,2	-0,8	Colector
97	Tramo 0 Consulado(Mariaxiladora-confenalco)	Crítico	14	9	0,1	13,5	4,5	0,5	Colector
98	Tramo 1 consulado(Y ARA-Zaragocilla lavadero)	Crítico	17	10	0,1	16,1	6,1	0,9	Colector
99	Tramo 2 consulado(Zaragocilla lavadero-y tacarigua)	Crítico	15	10	0,1	14,8	4,8	0,2	Colector
100	Tramo latino(TCC-Amberes)	No Crítico	4	6	0,2	4,2	-1,8	-0,2	Colector
101	Tramo via al mar arahuaco(Boquilla-peaje)	No Crítico	1	1	0,6	0,8	-0,2	0,2	Rural
102	Trasversal 54(Amparo-Gallo)	No Crítico	5	17	0,1	5,8	-11,2	-0,8	Arterial
103	Trasversal 54(ARA Ceballos- Rincon Bosque)	Crítico	36	14	0,1	33,5	19,5	2,5	Arterial
104	Trasversal 54(Calle 27a-BombaAmparo)	Crítico	30	19	0,1	29,4	10,4	0,6	Arterial
105	Trasversal 54(Corales-coreano)	Crítico	17	17	0,1	17,4	0,4	-0,4	Arterial
106	Trasversal 54(Diag. 27-Ceballos)	No Crítico	7	7	0,2	6,8	-0,2	0,2	Arterial
107	Trasversal 54(Gallo-Y Olaya)	No Crítico	13	14	0,1	12,8	-1,2	0,2	Arterial
108	Trasversal 54(Terminal-Glorieta)	Crítico	16	10	0,1	14,9	4,9	1,1	Arterial

109	Trasversal 54(TV 57-Kr 56)	Critico	11	9	0,1	11,0	2,0	0,0	Arterial
110	Trasversal 54(Y Olaya-Terminal)	Critico	27	16	0,1	26,0	10,0	1,0	Arterial
111	Tv 49 nuevo bosque(cancha-country)	No Critico	1	4	0,3	1,8	-2,2	-0,8	Local
112	Tv 33(Diag. 22-PH)	No Critico	5	8	0,2	5,8	-2,2	-0,8	Colector
113	Tv 35 Martines Martelo(Dig 22-PH)	Critico	11	8	0,2	10,5	2,5	0,5	Colector
114	Tv 52 Chile cerros nuevo b(Tv 45 a-cai 7a)	No Critico	3	8	0,2	3,8	-4,2	-0,8	Colector
115	Tv 52 Manzanillo(base-fin alto bosque)	Critico	6	4	0,3	5,6	1,6	0,4	Local
116	Tv 61 Caracoles(Estación-coreano)	No Critico	2	6	0,2	2,6	-3,4	-0,6	Local
117	TV 71D Alpes(13 de junio-Fin)	Critico	5	4	0,3	4,9	0,9	0,1	Local
118	TV 73 Alpes(13 de junio-Fin)	Critico	7	4	0,3	6,5	2,5	0,5	Local
119	Variante Mamonal Tramo 1(Puerto-América)	No Critico	9	9	0,1	8,8	-0,2	0,2	Arterial
120	Variante Mamonal Tramo 2(América-Pasacaballos)	Critico	3	1	0,6	2,1	1,1	0,9	Rural
121	Via Barú(Clay-Pueblo)	No Critico	0	1	0,6	0,8	-0,2	-0,8	Rural

Fuente: Elaboración propia.

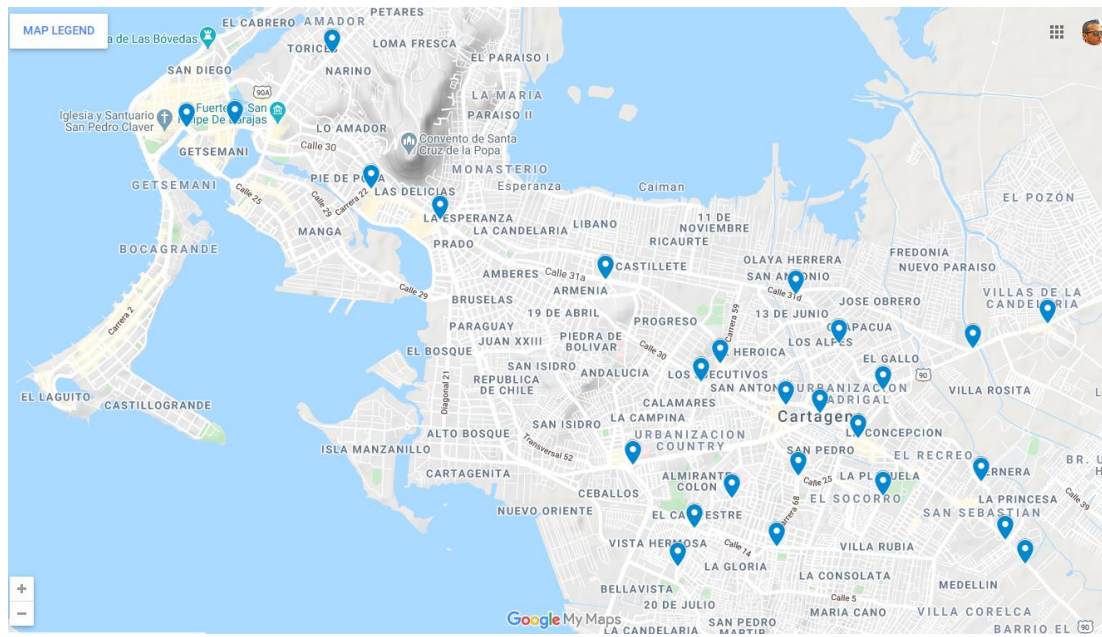
Anexo 13. Instrumento MRBQ aplicado y adaptado al contexto.

No	Ítem (Originales - Ingles)	Español Estándar	Mejorado en español	Fuente
1	Failed to notice that pedestrians are crossing when turning into a side street from a main road	No se dio cuenta de que los peatones se cruzan cuando giran hacia una calle lateral desde una carretera principal	Ha estado a punto de chocar con un peatón, cuando gira hacia una calle lateral viniendo de una carretera principal	Elliot, 2007
2	Not noticed someone stepping out from behind a parked vehicle until it is nearly too late	No se dio cuenta de que alguien salió de detrás de un vehículo estacionado hasta que es casi demasiado tarde	Ha estado a punto de chocar a un peatón cuando sale de imprevisto detrás de un vehículo	Elliot, 2007
3	Not noticed a pedestrian waiting at a crossing where the lights have just turned red	No noté a un peatón esperando en un cruce donde las luces se acaban de encender,	Respecta el paso de peatones en un cruce o cebrá	Elliot, 2007
4	Pulled out on to a main road in front of a vehicle you hadn't noticed or whose speed you misjudged	Salió a una carretera principal frente a un vehículo que no había notado o cuya velocidad juzgó mal	Ha estado a punto de chocar con un vehículo de frente por no verlo o calcular mal su velocidad al ingresar en una vía principal	Elliot, 2007
5	Miss "Give Way" signs and narrowly avoid colliding with traffic having the right of way	Olvido ceder el paso y debe evitar por poco chocar con el tráfico que tiene derecho a la vía	Olvida ceder el paso y ha estado a punto de chocar	Elliot, 2007
6	Failed to notice or anticipate another vehicle pulling out in front of you and had difficulty stopping	No notó o anticipó que otro vehículo se retiró frente a usted y tuvo dificultades para detenerse	Ha estado a punto de chocar con vehículo que viene de frente/contravía	Elliot, 2007
7	Queuing to turn left on a main road, you pay such close attention to the main traffic that you nearly hit the vehicle in front	Haciendo cola para girar a la izquierda en una carretera principal, presta tanta atención al tráfico principal que casi choca con el vehículo de enfrente	Ha estado a punto de chocar cuando hace un giro a la izquierda en una vía principal	Elliot, 2007
8	Distracted or pre-occupied, you belatedly realize that the vehicle in front has slowed and you have to brake hard to avoid collision	Distraído o preocupado, te das cuenta tardíamente de que el vehículo en el frente ha disminuido y debes frenar con fuerza para evitar colisiones	Casi choca porque el vehículo del frente frena o disminuye la velocidad	Elliot, 2007
9	Attempt to overtake someone that you had not noticed to be signalling a right turn	Intenta adelantar a alguien y no notar la señalización de un giro a la derecha o izquierda	Ha estado a punto de chocar con vehículo de frente por que esta gira o a la izquierda o derecha	Elliot, 2007
10	When riding at the same speed as other traffic, you find it difficult to stop in time when a traffic light has turned against you	Cuando circula a la misma velocidad que el resto del tráfico, le resulta difícil detenerse a tiempo cuando un semáforo se ha vuelto en su contra	Respete el semáforo cuando cambia de amarillo a rojo (acelera pasar rápido),	Elliot, 2007
11	Ride so close to the vehicle in front that it would be difficult to stop in an emergency	Conduzca tan cerca del vehículo en frente que sería difícil detenerse en una emergencia	Guarda la distancia con el vehículo que va en frente en caso de emergencia,	Elliot, 2007
12	Run wide when going around a corner	Se abre mucho al girar una esquina	Respete el giro en una esquina (Hace la escuadra)	Elliot, 2007
13	Ride so fast into a corner that you feel it is an unsafe act	Conduce tan rápido en una esquina que sientes que podrías perder el control	Conduce con seguridad y prudencia cuando al tomar una esquina rápidamente,	Mejorado y combinado de Elliot, 2007
14	Exceed the speed limit on a country/rural road Or Open up the throttle and just go for it on a country road	Superar el límite de velocidad en una vía rural o se abre paso a toda velocidad	Superar los límites de velocidad por fuera de la ciudad	Mejorado y combinado de Elliot, 2007
15	Disregard speed limit late at night or in the early hours of morning	Ignora el límite de velocidad en altas horas de la noche o en las primeras horas de la mañana	Ignora el límite de velocidad en altas horas de la noche o madrugada	Elliot, 2007
16	Exceed the speed limit on a motorway	Superar el límite de velocidad en una autopista	Superar el límite de velocidad en una avenida	Elliot, 2007
17	Exceed the speed limit on a residential road	Superar el límite de velocidad en una carretera residencial	Supera los límites de velocidad en una vía residencial	Elliot, 2007
18	Race away from traffic lights with the intention of beating the driver/rider next to you	Corre lejos en los semáforos con la intención de vencer al conductor del lado, o que nadie lo alcance	Arranca de forma veloz en los semáforos cuando cambia	Elliot, 2007
19	Ride between two lanes of fast-moving traffic	Viaja entre dos carriles de tránsito rápido	Se desplaza rápido entre carriles con tráfico y zigzagueante	Elliot, 2007
20	Got involved in racing other riders or drivers	Se involucró en carreras de otros corredores o conductores	Se ha involucrado en piques o carreras con otros conductores	Elliot, 2007
21	Attempted or done a wheelie	Intentar hacer la posición de Caballo,	Intentar levantar la motocicleta (posición de Caballo)	Elliot, 2007
22	Pulled away too quickly and your front wheel lifted off the road	Se retiró demasiado rápido y su rueda delantera se levantó de la carretera	Sin querer se le ha levantado la motocicleta	Elliot, 2007
23	Intentionally or unintentionally do a wheel spin	Intencionalmente o no intencional hace un giro de la rueda	Intencionalmente o no le saca humo en el giro de la rueda	Mejorado y combinado de Elliot, 2007
24	Use daytime headlights on your bike	Utiliza las luces de día en la moto	Usa faros diurnos en la motocicleta	Elliot, 2007
25	Brake or throttle back when going around a bend	Freno o aceleración hacia atrás cuando se gira alrededor de una curva	Toma las curvas con seguridad (Velocidad y posición)	Elliot, 2007
26	Change gears when going around a corner	Cambia de marcha al doblar una esquina	Dobla en las esquinas con seguridad y guarda prelación de cambio,	Elliot, 2007
27	Find that you have difficulty controlling the bike when riding at speed (steering wobble)	Encuentra que tienes dificultad para controlar la motocicleta cuando viajas a velocidad (balanceo de la dirección)	Encuentra dificultad para controlar la Motocicleta a alta velocidad (balanceo de la dirección)	Elliot, 2007
28	Skid on a wet road or manhole cover, road marking	Deslizamiento en un camino mojado o tapa de pozo, señalización vial	Se ha deslizado en vía mojada, huecos o residuos en la vía	Elliot, 2007

No	Ítem (Originales - Ingles)	Español Estándar	Mejorado en español	Fuente
29	Using helmet with quality in support, protection, and visors / goggles,	Utiliza casco con calidad de soporte, protección y visores	Calidad y estado en los visores del Casco	Mejorado y combinado de Elliot, 2007, Motevalian et al., 2011
30	Another driver deliberately annoys you or puts you at risk	Otro conductor te molesta deliberadamente o te pone en riesgo	Otros conductores lo molestan verbalmente o lanzan el vehículo	Elliot, 2007
31	Ride when you suspect you might be over the legal limit for alcohol	Viaja cuando sospechas que puedes estar por encima del límite legal de alcohol	Conduce bajo límite legal de alcohol o Sustancias Activas	Elliot, 2007
32	Cross junction while traffic light is red	Cruzar mientras que el semáforo está rojo	Respetar las señales de tránsito (semáforo)	Motevalian et al., 2011
33	Riding in opposite direction of roadway	Conducir en vía contraria al sentido de la avenida,	Conduce consciente en contravía de la carretera	Motevalian et al., 2011, Hosseinpourfeizi et al., 2018
34	Riding on prohibited areas (sidewalks and platforms)	Conduce en áreas prohibidas (andenes, bahías, peatonales)	Conduce o realiza adelantamiento sobre áreas prohibidas (andenes, bahías, peatonales)	Motevalian et al., 2011, Hosseinpourfeizi et al., 2018,
35	Call with mobile phone while riding	Realizar una llamada telefónica mientras se conduce	Realizar una llamada telefónica o contestar sin manos-libres mientras se conduce	Motevalian et al., 2011,
36	Riding with legal and current documents for circulation,	Conduce bajo el cumplimiento de los documentos o norma necesarios para circulación (licencia, seguro)	Conduce bajo el cumplimiento de los documentos o norma necesarios para circulación (licencia, seguro)	Ítem nuevo
37	Ride the motorcycle carrying bulky materials	Usar la motocicleta para llevar materiales voluminosos	Utiliza la motocicleta para el transporte de o acarreo de materiales con exceso de capacidad	Motevalian et al., 2011, Hosseinpourfeizi et al., 2018,
38	Carry more than one passenger with your motorcycle,	Lleva más de un individuo sobre la motocicleta	Transporta más de un (1) pasajero en motocicleta	Motevalian et al., 2011, Sunday and Akintola, 2011, Hosseinpourfeizi et al., 2018,
39	Riding with helmet (only rider)	Porta el uso del casco el conductor	Conduce con casco (conductor)	Motevalian et al., (2011)
40	Carry a passenger who have not worn helmet (only passengers)	Lleva un pasajero que no porta el casco	El pasajero no hace uso del casco	Motevalian et al., (2011)
41	Have collided with the side mirrors or side of vehicles when riding	Ha colisionado con espejos o vehículos cuando circula	Toca los retrovisores o vehículos cuando conduce	Ítem nuevo
42	Difficulty noticing the front vehicle in the situation when a passenger gets out or a vehicle door is opened	Dificultad en notar en el automóvil delantero, cuando desciende un pasajero o se abre la puerta de repente	Casi choca un vehículo de enfrente por que se abrió una puerta o salió un pasajero repentinamente,	Motevalian et al., 2011
43	Wear protective clothing	Luce ropa protectora	Utiliza ropa que le brinda protección en la conducción de motocicleta	Elliot, 2007
44	Wear body armour /impact protection for any part of the body	Luce protección o armadura para cualquier parte del cuerpo	Usa sistema de protección para columna, codos, rodillas, tobillos, hombros	Mejorado y combinado de Elliot, 2007
45	Bright fluorescent clothing or wear bright fluorescent strips/patches on your clothing	Luce ropa reflectiva o fluorescentes en cualquier parte de la indumentaria	Utiliza Ropa/chaleco reflectivo	Mejorado y combinado de Elliot, 2007
46	Wear motorcycle riding boots	Llevar botas de moto		Descartada
47	Wear protective trousers leather	Use pantalones de protección de cuero		Descartado
48	Wear a protective jacket – leather	Use una chaqueta protectora - cuero		Descartado
49	Carry s by your motorcycle for money	Ofrece recorrido o acarreo en la motocicleta		Descartado
50	Riding with an impaired motorcycle	Conduce con una motocicleta deteriorada		Descartado
51	Wear motorcycle gloves - leather	Usa guantes de cuero		Descartado
52	Wear bright fluorescent strips/patches on your clothing	Use tiras / parches fluorescentes brillantes en su ropa		Descartado
53	Wear a full leather suit	Use un traje de cuero completo		Descartado
54	Smoking while riding	Conducir fumando		Descartado

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14. Distribución de entrevistas en motociclistas en Cartagena.



Fuente: Geolocalizados con Google Maps

Anexo 15. Análisis de componentes principales de los ítems MRBQ y estructura factorial.

Ítems	Media	Desviación estándar	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
23	1,42	0,80	0,71				
21	1,39	0,72	0,70				
20	1,39	0,72	0,69				
37	1,80	1,22	0,67				
22	1,57	0,85	0,61				
17	1,65	0,94	0,58				
34	2,11	1,28	0,53				
38	1,94	1,22	0,50				
32	1,64	1,09	0,48				
42	1,79	1,06	0,46				
31	1,60	1,16	0,41				
27	1,76	1,14	0,41				
33	2,01	1,37	0,38				
35	2,47	1,34	0,33				
25	1,93	1,35	0,32				
36	1,91	1,34	0,31				
26	1,83	1,30	0,30				
18	2,11	1,32		0,73			
14	2,48	1,81		0,64			
15	1,98	1,27		0,63			
8	2,33	1,23		0,60			
19	1,98	1,16		0,60			
16	1,89	1,22		0,56			
30	2,72	1,73		0,51			
41	2,03	1,23		0,37			
2	2,16	1,22			0,56		
6	2,05	1,06			0,55		
24	3,56	2,08			0,55		
1	1,83	1,03			0,50		
9	2,15	1,13			0,48		
4	1,99	1,21			0,48		
7	1,78	0,94			0,45		
5	1,84	1,10			0,44		
28	2,68	1,24			0,40		
10	2,95	1,91			0,34		
11	2,28	1,70			0,34		
3	1,63	1,19				0,71	
12	1,58	1,15				0,66	
29	2,07	1,25				0,53	
39	5,62	0,97				-0,31	
40	5,30	1,09				0,68	
44	1,60	1,16					0,67
43	2,91	1,95					0,61
13	1,93	1,43					0,61
45	4,52	1,87					0,49
Eigenvalores			9,16	3,17	2,31	2,13	2,00
% de varianza explicada			20,40	7,00	5,10	4,70	4,40
Alpha de Cronbach			0,76	0,75	0,76	0,78	0,91
Media ^a			1,72	2,19	2,30	3,24	2,74
Desviación estándar			0,60	0,87	0,70	0,51	1,05

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16. Contraste factores MRBQ y variables independientes.

Características		Maniobras	Exceso de velocidad	Errores de tráfico	Errores de control	Seguridad
		Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)
Edad ^a	18-20	1,9 (0,8)	1,9 (0,8)	2,1 (0,8)	3,0 (0,4)	2,7 (0,9)
	21-25	1,6 (0,6)	2,2 (1,0)	2,3 (0,6)	3,2 (0,5)	2,8 (1,1)
	26-30	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,2 (0,7)	3,3 (0,6)	2,7 (1,0)
	31-35	1,8 (0,6)	2,4 (1,0)	2,4 (0,7)	3,2 (0,5)	2,8 (1,2)
	36-40	1,8 (0,5)	2,2 (0,7)	2,4 (0,7)	3,2 (0,4)	2,8 (0,9)
	41-50	1,6 (0,5)	2,1 (0,8)	2,4 (0,8)	3,4 (0,6)	2,8 (1,1)
	51>	1,8 (0,6)	2,2 (0,8)	2,2 (0,8)	3,2 (0,4)	2,8 (1,2)
	Test estadístico (P-valor)	8,4 (0,21)	6,8 (0,34)	7,4 (0,29)	8,0 (0,24)	0,8 (0,99)
Estado civil ^a	Casado	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,3 (0,7)	3,2 (0,5)	2,8 (1,1)
	Soltero	1,8 (0,6)	2,2 (0,9)	2,3 (0,6)	3,2 (0,5)	2,8 (1,0)
	Soltero (con hijos)	1,8 (0,5)	2,7 (0,8)	2,5 (0,6)	3,9 (1,0)	3,0 (1,3)
	Separado/divorciado	1,3 (0,3)	1,7 (0,9)	1,6 (0,4)	3,6 (0,7)	3,0 (2,1)
	Unión Libre	5,4 (0,14)	6,0 (0,11)	5,7 (0,13)	8,7 (0,03)*	0,5 (0,93)
Educación ^a	Primaria	1,7 (0,7)	2,1 (0,7)	2,3 (0,6)	3,4 (0,8)	2,9 (1,0)
	Secundaria	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,3 (0,7)	2,3 (0,7)	2,7 (1,0)
	Técnico/tecnológico	1,7 (0,6)	2,4 (0,9)	2,5 (0,7)	3,3 (0,5)***	2,8 (1,2)
	Universitario	1,4 (0,4)	2,6 (1,3)	3,2 (1,2)	3,4 (0,6)***	2,8 (0,5)
	Sin información	1,7 (0,7)	1,9 (0,7)	2,0 (0,8)	3,5 (1,0)	2,8 (1,8)
	Test estadístico (P-valor)	1,6 (0,82)	6,4 (0,17)	10,1 (0,04)*	162,6 (0,00)***	0,3 (0,99)
Calidad motocicleta ^a	Baja	2,0 (0,6) ***	2,4 (0,9) ***	2,4 (0,7)	3,2 (0,6)	2,6 (1,0)
	Media	1,7 (0,6)	2,1 (0,9)	2,2 (0,8)	3,3 (0,5)	2,7 (1,0)
	Alta	1,7 (0,6)	2,2 (0,8)	2,3 (0,6)	3,2 (0,5)	2,8 (1,1)
	Test estadístico (P-valor)	14,8(0,00)***	9,4(0,01)**	3,9(0,15)	2,2 (0,33)	1,7(0,42)
Años de conducción ^a	1 a 2	1,9 (0,6)	2,2 (0,9)	2,4 (0,6)	3,3 (0,4)	2,9 (0,9)
	3 a 5	1,8 (0,7)	2,2 (0,9)	2,2 (0,6)	3,2 (0,5)	2,6 (1)
	6 a 10	1,7 (0,6)	2,2 (0,8)	2,3 (0,7)	3,2 (0,5)	2,7 (1,1)
	11 >	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,3 (0,8)	3,3 (0,6)	2,8 (1,1)
	Test estadístico (P-valor)	8,3(0,04)*	0,7(0,88)	2,7(0,44)	0,8(0,86)	6,8(0,08)
	Horas de conducción semanal ^a	50 o menos	1,6 (0,5)	2,1 (0,9)	2,1 (0,8)***	3,2 (0,6)
51 -70		1,7 (0,6)	2,3 (0,8)	2,4 (0,6)	3,2 (0,4)	2,9 (1,1)
71 - 90		2,0 (0,6)	2,6 (0,8)***	2,6 (0,6)	3,3 (0,5)	2,6 (0,9)
90 >		2,2 (0,5) ***	2,6 (0,7)***	2,6 (0,5)	3,4 (0,6)	3,0 (0,7)
Test estadístico (P-valor)		54,9(0,00)***	17,0(0,00)***	46,0(0,00)***	5,7(0,13)	6,3(0,10)
Kilómetros recorridos semana ^a	500 o menos	1,7 (0,6)***	2,4 (0,9)	2,4 (0,6)	3,3 (0,6)	2,9 (1,1)
	500 - 1000	1,7 (0,6)	1,8 (0,8)***	1,9 (0,8)***	3,2 (0,4)	2,6 (1,1)
	1001 - 1500	1,8 (0,6)	2,6 (0,5)	2,6 (0,5)	3,2 (0,4)	2,6 (0,8)
	1501 - 2000	1,9 (0,4)	2,6 (0,5)	2,6 (0,5)	3,1 (0,7)	2,7 (0,8)
	Test estadístico (P-valor)	9,3(0,03)*	74,5(0,00)***	50,5(0,00)***	0,3(0,95)	7,1(0,07)
	Propiedad ^b	Propia	1,7 (0,6)	2,1 (0,8)	2,3 (0,7)	3,2 (0,5)
Rentada		1,8 (0,6)	2,5 (0,9)	2,4 (0,7)	3,3 (0,4)	2,8 (1,2)
Test estadístico (P-valor)		-2,2(0,03)*	-4,6 (0,00)***	-1,8(0,08)	-1,5(0,14)	-0,7(0,5)
Pasajeros/día ^a	4 <	1,7 (0,5)	2,1 (0,8)	2,0 (0,7)*	3,2 (0,4)	3,2 (1,5)
	5	1,6 (0,6)	2,0 (0,7)	2,1 (0,6)	3,2 (0,5)	2,9 (1,1)
	6	1,6 (0,6)	2,3 (1,0)	2,1 (0,7)	3,3 (0,6)	2,9 (1,2)
	7	1,7 (0,6)	2,1 (0,7)	2,3 (0,6)	3,3 (0,6)	2,9 (1)
	8	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,4 (0,7)	3,4 (0,6)	2,7 (1)
	9	1,8 (0,5)	2,4 (1,0)	2,5 (0,7)	3,3 (0,6)	2,7 (1,2)
	10	2,0 (0,7)	2,4 (0,7)	2,5 (0,8)	3,2 (0,4)	2,4 (1)
	11>	1,8 (0,7)	2,4 (0,9)	2,6 (0,4)	3,4 (0,4)	2,6 (1)
	Test estadístico (P-valor)	9,5(0,22)	9,6(0,21)	24,4(0,00)***	10,6(0,16)	8,667(0,28)
	Ingreso diario ^a	\$40 Mil COP o menos	1,7 (0,7)	2,2 (1)	2,2 (0,7)	3,2 (0,5)
\$41- 45 Mil COP		1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,2 (0,7)	3,2 (0,5)	2,8 (1,1)
\$46- \$50 Mil COP		1,8 (0,6)	2,3 (0,9)	2,4 (0,8)	3,3 (0,6)	2,8 (1,0)
\$50 Mil COP >		1,8 (0,6)	2,3 (0,9)	2,4 (0,7)	3,4 (0,6)	2,8 (1,1)
Test estadístico (P-valor)		4,5(0,21)	2,5 (0,48)	8,1(0,04)*	5,1 (0,16)	0,1 (0,99)
Infracciones ^b		No	1,5 (0,5)	2,1 (0,8)	2,2 (0,7)	3,2 (0,5)
	Si	2,0 (0,7)	2,3 (0,9)	2,4 (0,7)	3,3 (0,5)	2,2 (0,8)
	Test estadístico (P-valor)	-6,9(0,00)***	-1,9(0,05)*	-3,1(0,00)**	-2,1(0,04)*	-9,5(0,00)***
Cuasi-accidentes ^b	No	1,7 (0,6)	2,2 (0,9)	2,2 (0,7)	3,2 (0,5)	2,7 (1,1)
	Si	2,0 (0,6)	2,4 (0,9)	2,6 (0,5)	3,5 (0,5)	2,7 (0,8)
	Test estadístico (P-valor)	-4,7(0,00)***	-2,7(0,01)*	-4,2(0,00)***	-4,9(0,00)***	-0,40(0,70)
Accidentes ^b	No	1,7 (0,6)	2,1 (0,8)	2,2 (0,7)	3,2 (0,5)	2,8 (1,1)
	Si	2,1 (0,7)	2,8 (0,9)	2,9 (0,6)	3,4 (0,6)	2,6 (0,9)
	Test estadístico (P-valor)	-5,0(0,00)***	-5,9(0,00)***	-7,7(0,00)***	-3,4(0,00)***	-1,1(0,27)
Accidente (responsabilidad/culpa) ^b	Activo	1,7 (0,6)	2,1 (0,8)	2,3 (0,7)	3,3 (0,5)	2,8 (1,0)
	Pasivo	2,0 (0,7)	3,7 (0,6)	3,0 (0,9)	3,1 (0,4)	2,4 (1,3)
	Test Estadístico (P-valor)	-2,4(0,02)*	-7,5(0,00)***	-4,3(0,00)***	-1,4(0,17)	-2,4(0,02)*

a: Test-H de Kruskal-Wallis, b: Test-U de Mann-Whitney; * valor-p< 0,05, ** valor-p< 0,01, *** valor-p< 0,001; Se realizaron ajustes de Bonferroni para múltiples comparaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Correlaciones entre variables independientes y factores MRBQ.

	Edad	Años experiencia	Promedio de horas de conducción semana	Propiedad	Pasajeros diarios	Ingreso diario	Maniobras	Exceso de velocidad	Errores de tráfico	Errores de control	Seguridad	VIF ^a
Edad	1,00											1,34
Años experiencia	0,49**	1,00										1,41
Promedio de horas de conducción semana	0,03	-0,08	1,00									1,40
Propiedad	-0,03	-0,08	-0,38**	1,00								1,27
Pasajeros diarios	-0,07	-0,18**	0,14**	-0,05	1,00							1,12
Ingreso diario	0,030	-0,05	0,05	-0,05	0,03	1,00						1,03
Maniobras	-0,010	-0,13**	0,33**	-0,10*	0,13**	0,07	1,00					1,40
Exceso de velocidad	-0,002	-0,02	0,14**	-0,21**	0,11*	0,05	0,35**	1,00				1,47
Errores de tráfico	0,074	-0,00	0,31**	-0,09	0,24**	0,12**	0,46**	0,48**	1,00			1,73
Errores de control	0,050	-0,01	0,05	-0,05	0,07	0,12*	0,11*	-0,02	0,21**	1,00		1,09
Seguridad	0,020	0,03	0,02	-0,01	-0,13**	0,01	-0,00	0,01*	-0,00	0,04	1,00	1,04

* valor-p< 0,05, ** valor-p< 0,01, ^a Prueba de colinealidad.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18. Comparación de factores MRBQ con estudios referentes.

Ítem s	Este estudio	Elliott, et al. [47]	Özkan, et al. [94]	Sakashita, et al. [46]	Stephens, et al. [48]	Sunday y Akintola [93]	Motevalian, et al. [92]
1	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Errores	Error de tráfico
2	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Errores	Error de tráfico
3	Control errores ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Errores	Na
4	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Na	Error de tráfico
5	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Na	Error de tráfico
6	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Velocidad/ impaciencia	Error de tráfico
7	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Velocidad/ impaciencia	Error de tráfico
8	Exceso de velocidad	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Maniobras	Error de tráfico
9	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico ^d	Error de tráfico	Velocidad/ impaciencia	Error de tráfico
10	Error de tráfico ^a	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Error de tráfico	Velocidad/ impaciencia	Error de tráfico
11	Control errores	Error de tráfico/ exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Error de tráfico	Na	Velocidad/ impaciencia	Error de tráfico
12	Control errores ^a	Error de tráfico/ control errores	Exceso de velocidad	Error de tráfico	Control errores	Maniobras	Error de tráfico
13	Seguridad ^c	Na	Na	Na	Na	Na	Na
14	Exceso de velocidad ^a	Exceso de velocidad/ maniobras	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Na	Exceso de velocidad
15	Exceso de velocidad ^a	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Velocidad/ impaciencia	Exceso de velocidad
16	Exceso de velocidad ^a	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Na	Exceso de velocidad
17	Maniobras	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Na	Exceso de velocidad
18	Exceso de velocidad ^a	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Na	Exceso de velocidad
19	Exceso de velocidad ^a	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad ^d	Na	Na	Exceso de velocidad
20	Maniobras ^a	Exceso de velocidad/ maniobras	Maniobras	Exceso de velocidad	Maniobras	Velocidad/ impaciencia	Exceso de velocidad
21	Maniobras ^a	Maniobras	Maniobras	Maniobras	Maniobras	Na	Maniobras
22	Maniobras ^a	Maniobras	Maniobras	Maniobras	Maniobras	Control /seguridad	Maniobras
23	Maniobras ^a	Maniobras	Maniobras	Maniobras	Na	Control /seguridad	Maniobras
24	Error de tráfico	Seguridad	Control errores ^d	Seguridad ^d	Na	Na	Seguridad
25	Maniobras ^b	Control errores	Control errores	Error de tráfico	Control errores	Control /seguridad	Maniobras
26	Maniobras ^b	Control errores	Control errores	Error de tráfico	Control errores	Na	Maniobras
27	Maniobras	Control errores	Control errores	Error de tráfico	Control errores	Na	Control errores
28	Error de tráfico ^b	Control errores	Control errores	Error de tráfico	Control errores	Control /seguridad	Control errores
29	Control errores ^a	Control errores ^d	Control errores	Error de tráfico ^d	Na	Na	Control errores ^d
30	Exceso de velocidad ^a	Maniobras ^d	Exceso de velocidad	Exceso de velocidad ^d	Na	Control /seguridad	Control errores
31	Maniobras	Exceso de velocidad ^d	Seguridad ^d	Exceso de velocidad ^d	Na	Control /seguridad	Exceso de velocidad ^d
32	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Violación de tráfico
33	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Violación de tráfico
34	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Violación de tráfico
35	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Violación de tráfico
36	Maniobras ^c	Na	Na	Na	Na	Na	Na
37	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Seguridad
38	Maniobras ^c	Na	Na	Na	Na	Na	Na
39	Control errores ^b	Na	Na	Na	Na	Control/seguridad	Seguridad
40	Control errores	Na	Na	Na	Na	Na	Seguridad
41	Exceso de velocidad ^c	Na	Na	Na	Na	Na	Na
42	Maniobras	Na	Na	Na	Na	Na	Control errores
43	Seguridad ^a	Seguridad	Seguridad	Seguridad ^d	Seguridad	Control /seguridad	Na
44	Seguridad ^a	Seguridad	Seguridad	Seguridad	Seguridad	Na	Na
45	Seguridad ^a	Exceso de velocidad ^d	Seguridad	Seguridad ^d	Na	Na	Na

a Coincide con más de 1 estudio (n: 24 ítems), b Coincide con un solo estudio (n: 4 ítems), c Ítems sin referencia, d Ítem con carga <0,30, Na: Sin factor de registro.

Fuente: Elaboración propia.

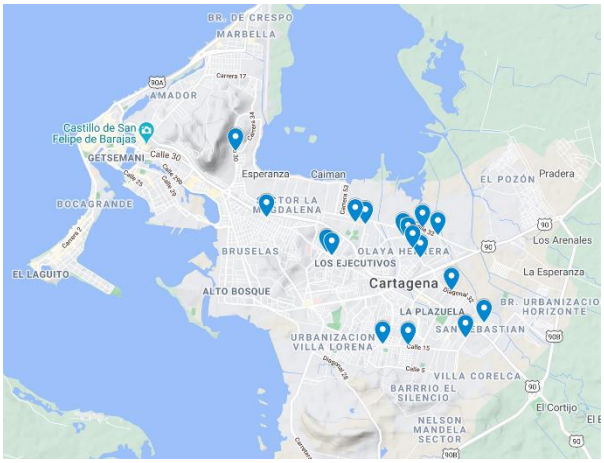
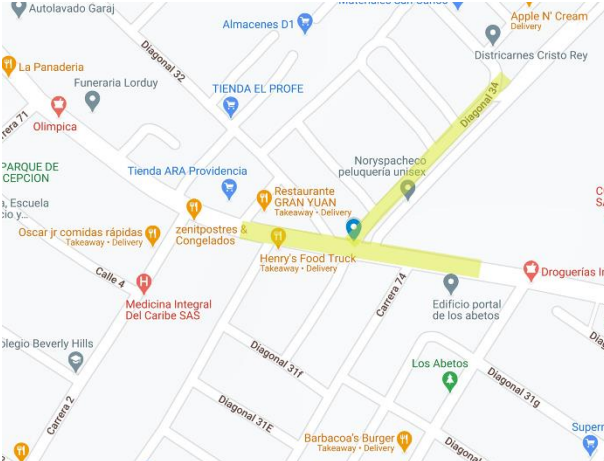
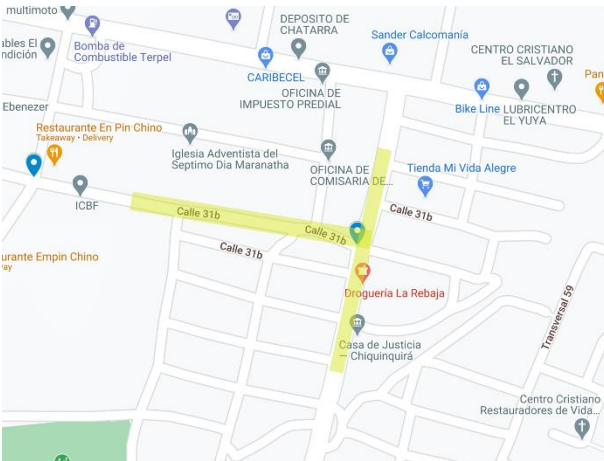
Anexo 19. Contraste de factores predictores y estudios referenciales.

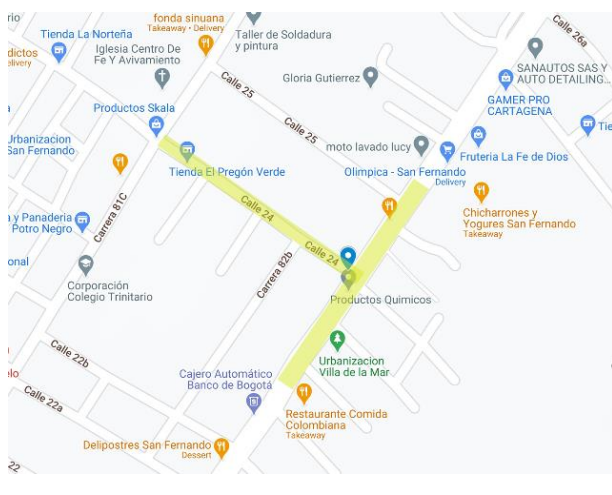
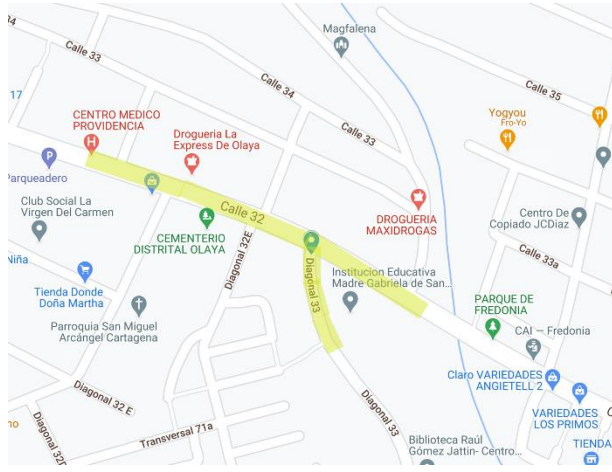
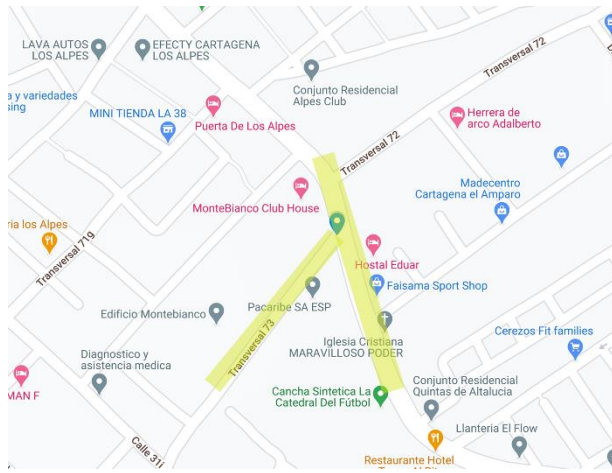
Predicciones	Este estudio	Elliot (2007)	Özkan et al. (2012)	Sakashita et al. (2014)	A.N. Stephens et al. (2017)	Sunday and Akintola (2011)
Auto-reporte cuasi-accidentes	años de experiencia errores de tráfico errores de control seguridad	na	na	edad género exposición errores exceso de velocidad	razones de conducción errores de control exceso de velocidad	na
Auto-reporte accidentes	años de experiencia propiedad ingreso diario errores de tráfico errores de control seguridad	edad experiencia recorrido anual errores de tráfico	na	edad exposición errores exceso de velocidad	edad maniobras	velocidad alcohol experiencia razones de conducción
Auto-reporte accidentes con responsabilidad	edad propiedad exceso de velocidad errores de control seguridad	edad experiencia recorrido anual errores de tráfico errores de control exceso de velocidad	edad recorrido anual maniobras	na	na	na
Auto-reporte con infracciones viales	edad pasajeros diarios propiedad maniobras errores de control seguridad	na	recorrido anual exceso de velocidad	género elementos protección	exceso de velocidad	na
Períodos reportados (años)	1	1	3	1	3	1
% Varianza	41,7	41,2	45,51	23,6	54,0	32,5

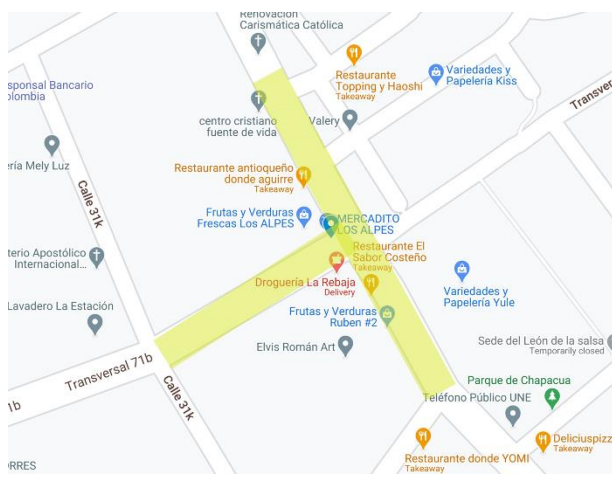
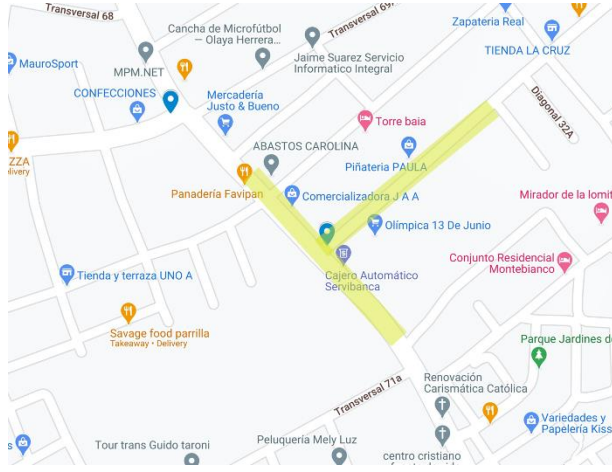
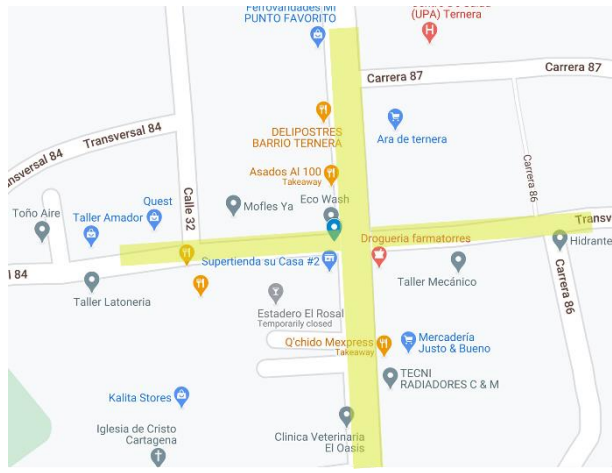
na: no aplica.

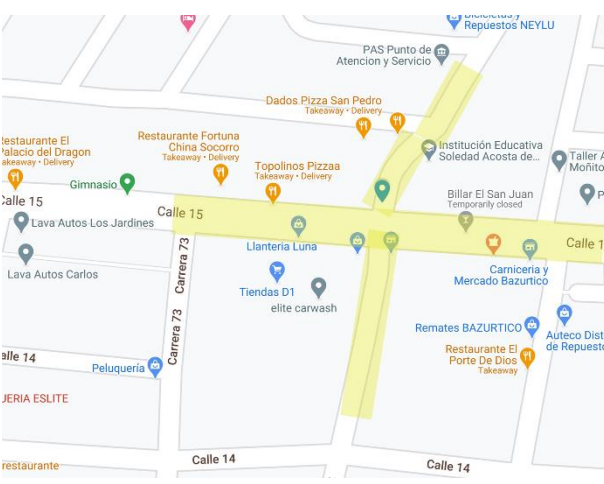
Fuente: Elaboración propia.

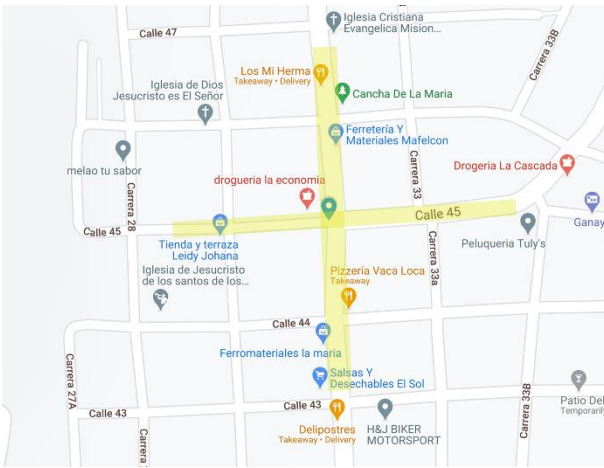
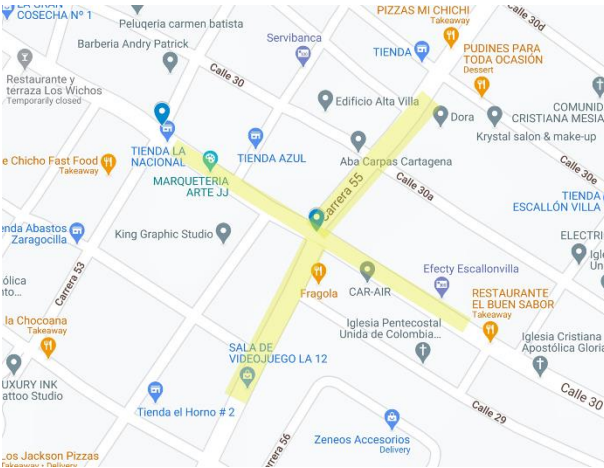
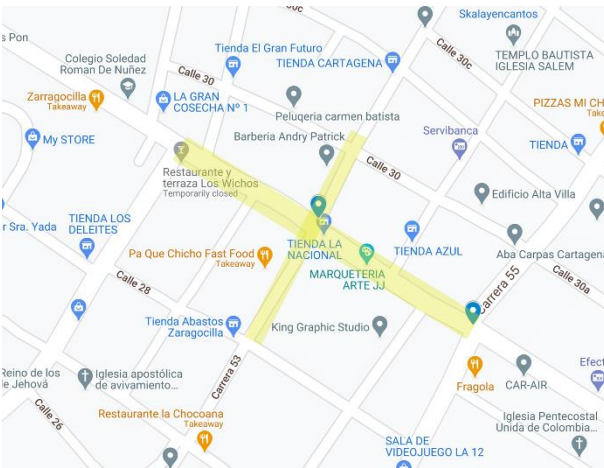
Anexo 20. Ubicación y características de las intersecciones analizadas.

Dirección	Características	Mapa (Ubicación)
General	Cartagena Localización de Puntos de Observación en las Intersecciones. 10 locaciones de tres ramales. 7 locaciones de cuatro ramales.	
Dg 32- Dg 34	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: Ternera-13 Localidad: Industrial/Bahía Cobertura Res/Com %: (80-20) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Agudo/Obtuso Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.39139, -75.47289	
Cra 58 - Cl 31B	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: Chiquinquirá -5 Localidad: Virgen Turística Cobertura Res/Com %: (80-20) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Recto Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Amplio/Moderado Georeferencia: 10.40561, -75.49166	

Cra 83 - CI 24	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: San Fernando-14 Localidad: Industrial/Bahía Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Recto Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Moderado/Moderado Georeferencia: 10.38137, -75.46989	
CI 32 - Dg 33	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: Palmeras-7 Localidad: Virgen Turística Cobertura Res/Com %: (80-20) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Agudo/Obtuso Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.40329, -75.47586	
Dg 32 - Tv 73	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: 13 de junio - 7 Localidad: Vieja Historica Cobertura Res/Com %: (80-20) Señal Pare: Adecuado Intersección Angulo Agudo/Obtuso Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.39844, -75.47969	

Dg 32 - Cr 71b	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: 13 de Junio - 7 Localidad: Virgen Historica Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.40047, -75.48134	
Dg 32 - Tv 70	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: 13 de Junio - 7 Localidad: Virgen Turistica Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Amplio/Moderado Georeferencia: 10.40221, -75.48235	
Dg 32 - Tv 84	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: Ternera - 13 Localidad: Industrial Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Adecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Amplio/Moderado Georeferencia: 10.38458, -75.46582	

CI 30 - Cra 44	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: España - 9 Localidad: Historica Caribe Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Moderado/Moderado Georeferencia: 10.40711, -75.51314	
CI 31B - Cra 56	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: Chiquinquiera - 5 Localidad: Vieja Historica Cobertura Res/Com %: (80-20) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Agudo/Obtuso Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Amplio/Amplio Georeferencia: 10.40606, -75.49382	
CI 15 - Cra 74	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: Jardines - 15 Localidad: Industrial Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Adecuado Intersección Angulo Agudo/Obtuso Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.37977, -75.48234	

Cra 30- Cra 34	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: LaMaria - 4 Localidad: Vieja Turistica Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Adecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Moderado/amplio Georeferencia: 10.42122, -75.51987	
CI 30 - Cra 53	Nivel de Riesgo: Alto Nivel de Flujo: Alto Barrio/Comuna: Zaragocilla - 8 Localidad: Historica Caribe Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Inadecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Moderado Visibilidad Der/Izq: Moderado/Moderado Georeferencia: 10.39962, -75.5	
CI 30 - Cra 55	Nivel de Riesgo: Moderado Nivel de Flujo: Moderado Barrio/Comuna: Zaragocilla - 9 Localidad: Historica Caribe Cobertura Res/Com %: (70-30) Señal Pare: Adecuado Intersección Angulo Perpendicular Arcén: Amplio Visibilidad Der/Izq: Moderado/Amplio Georeferencia: 10.39892, -75.49896	

Fuente: Geolocalizados con Google Maps

Anexo 21. Ejemplo de formato de recolección de velocidad de circulación

[illegible]

NOTA: Vac: Vacío; Aut: Automóvil; Bus: Bus/Buseta/Flota; Hea: Camión/Furgón; Moto: Motocicletas; Con: Contravía; Iz: Izquierda; Cen: Centro; Der: Derecha

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22. Ficha de recolección de conducta y conflictos viales para motociclistas.

Pasajeros:	1 / 2 / 3 / +
Servicio:	taxi / laboral / oficial / particular
Edad Conductor:	joven / media / mayor
Peso Conductor:	d / n / g / s
Chal Conductor:	sí / no
Género Conductor:	hombre / mujer / ni
Ropa Conductor:	formal / informal / trabajo
Color Ropa Conductor:	oscuros / claros / fluorescente
Casco Conductor:	bien / medio / no / cuerpo / moto
Tipo Casco Cond:	completo / canasta / medio / ni
Color Casco Cond:	oscuro / claro / fluorescente
Visor Conductor:	adecuado / sin / con sin uso / ni
Protector Solar:	sí / no / na
Zapatos Conductor:	sin / abierto / formal / sport / bota
Protector Adicional:	sí / no / na
Postura:	90 / encorvado / reclinado
Conduce Hablando:	no / celular / pasajero / entorno
Edad Pasajero 1:	infante/ joven / media / mayor / na
Género Pasajero 1:	hombre / mujer / na
Peso Pasajero 1:	d / n / g / s / na
Chal Pasajero:	sí / no / na
Edad Pasajero 2:	infante/ joven / media / mayor / na
Género Pasajero 2:	hombre / mujer / na
Peso Pasajero 2:	d / n / g / s / na
Casco Pasajero:	bien / medio / no / ext. conductor / ext. pasa / moto
Tipo Casco Pasajero:	completo / canasta / medio / ni
Color Casco Pas:	oscuro / claro / fluorescente
Tipo De Motocicletas:	elec / mona / estándar / scooter / todoter-depor / tr34
Cilindraje:	eléctrica / 90 -150 / mayor de 150
Color Moto:	oscuro / claro / fluorescente
Modelo Motocicleta:	antigua / contemporánea / nueva
Calidad De La Moto:	bien / mal
Manipula Carga:	no / sobredimensionada / con contenedor
Espejos:	sí / no
Uso De Faros:	sí / no
Direccionales de giro:	sí / no / error
Velocidad Arribo:	lento / normal / rápido
Parada Intersección:	total / parcial / no stop
Ubicación:	antes / stop / después / na
Espera:	no espera / corta / paciente
Observación:	no / derecha / izquierda / ambos
posición Antes:	izquierda / centro / derecha / contravía
Tipo De Entrada:	solo / compartido / adelantamiento
Malabares:	sí / no
Errores:	sí / no
Giro:	derecha / izquierda / directo / izquierdo contravía
Angulo:	perpendicular / agudo / directo
Observación Durante:	panorámicos / focalizado
Velocidad Entrada:	lento / normal / rápido
Posición después:	izquierda / centro / derecha / contravía
Presión Ingreso:	sí / no
Intención Durante:	ansioso / calmado-pasivo
Entrada Durante:	solo / compartido / adelantamiento
Interacción:	sí / no
Maniobra De Entrada:	entre 2s vehículos/ frente uno / después uno / contravía / sin
Zona:	na a b c d e f g h i j k l m
vehículo Interacción:	motocicleta / carro / bus / heavy / otro / na
Arribo Simultáneo:	sí / no
Acción Evasiva:	sí / no
Indicador PET:	
Indicador TTC:	
Indicador TE:	

Pasajeros:	1 / 2 / 3 / +
Servicio:	taxi / laboral / oficial / particular
Edad Conductor:	joven / media / mayor
Peso Conductor:	d / n / g / s
Chal Conductor:	sí / no
Género Conductor:	hombre / mujer / ni
Ropa Conductor:	formal / informal / trabajo
Color Ropa Conductor:	oscuros / claros / fluorescente
Casco Conductor:	bien / medio / no / cuerpo / moto
Tipo Casco Cond:	completo / canasta / medio / ni
Color Casco Cond:	oscuro / claro / fluorescente
Visor Conductor:	adecuado / sin / con sin uso / ni
Protector Solar:	sí / no / na
Zapatos Conductor:	sin / abierto / formal / sport / bota
Protector Adicional:	sí / no / na
Postura:	90 / encorvado / reclinado
Conduce Hablando:	no / celular / pasajero / entorno
Edad Pasajero 1:	infante/ joven / media / mayor / na
Género Pasajero 1:	hombre / mujer / na
Peso Pasajero 1:	d / n / g / s / na
Chal Pasajero:	sí / no / na
Edad Pasajero 2:	infante/ joven / media / mayor / na
Género Pasajero 2:	hombre / mujer / na
Peso Pasajero 2:	d / n / g / s / na
Casco Pasajero:	bien / medio / no / ext. conductor / ext. pasa / moto
Tipo Casco Pasajero:	completo / canasta / medio / ni
Color Casco Pas:	oscuro / claro / fluorescente
Tipo De Motocicletas:	elec / mona / estándar / scooter / todoter-depor / tr34
Cilindraje:	eléctrica / 90 -150 / mayor de 150
Color Moto:	oscuro / claro / fluorescente
Modelo Motocicleta:	antigua / contemporánea / nueva
Calidad De La Moto:	bien / mal
Manipula Carga:	no / sobredimensionada / con contenedor
Espejos:	sí / no
Uso De Faros:	sí / no
Direccionales de giro:	sí / no / error
Velocidad Arribo:	lento / normal / rápido
Parada Intersección:	total / parcial / no stop
Ubicación:	antes / stop / después / na
Espera:	no espera / corta / paciente
Observación:	no / derecha / izquierda / ambos
posición Antes:	izquierda / centro / derecha / contravía
Tipo De Entrada:	solo / compartido / adelantamiento
Malabares:	sí / no
Errores:	sí / no
Giro:	derecha / izquierda / directo / izquierdo contravía
Angulo:	perpendicular / agudo / directo
Observación Durante:	panorámicos / focalizado
Velocidad Entrada:	lento / normal / rápido
Posición después:	izquierda / centro / derecha / contravía
Presión Ingreso:	sí / no
Intención Durante:	ansioso / calmado-pasivo
Entrada Durante:	solo / compartido / adelantamiento
Interacción:	sí / no
Maniobra De Entrada:	entre 2s vehículos/ frente uno / después uno / contravía / sin
Punto:	na a b c d e f g h i j k l m
vehículo Interacción:	motocicleta / carro / bus / heavy / otro / na
Arribo Simultáneo:	sí / no
Acción Evasiva:	sí / no
Indicador PET:	
Indicador TTC:	
Indicador TE:	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23. Descripción de las variables de la ficha de recolección de conducta y conflictos viales.

Variable	Descripción
Flujo vehicular	Categorizado por el volumen vehicular promedio diario reportado en los tramos viales. Las dos categorías fueron alto y moderado. Se considera alto cuando circularon más de 10.000 vehículos/día, y moderado cuando fue inferior a 10.000 vehículos/día.
Calidad de la vía	Describe la condición del pavimento, rugosidad y comodidad en el desplazamiento. Se identificó como bueno, cuando no fue incómodo transitar en diferentes velocidades y el pavimento carece de rugosidad. Regular, cuando fue un poco incómodo transitar a bajas velocidades y el pavimento evidencia leve rugosidad. En malas condiciones, cuando fue bastante incómodo transitar sin importar la velocidad y el pavimento evidencia alta rugosidad y grietas.
Visibilidad derecha/izquierda	Detalla las condiciones del campo de observación de la intersección, o también conocido como triángulo de visión clara desde el acceso a la vía principal (AASHTO, 2010). Se categorizó en amplia y moderado. Fue amplia cuando no existen interrupciones en la visibilidad por invasión del espacio público, carteles, señalizaciones, vallas o construcciones que bloquean el campo de observación. Fue considerada moderada cuando el campo de observación es libre de obstrucciones.
Chicana	Describe las condiciones de la intersección también conocido como arcén u orilla. Esta representa el reborde en la esquina entre la vía de acceso y la vía principal. Se categorizó en amplia y moderado, de acuerdo con que tan pronunciada se encuentre el borde de la orilla en la esquina.
Tipo de servicio	Esta condición describe el uso de la motocicleta. Se categorizó en mototaxismo, particular, laboral y oficial. La condición de mototaxismo se identificó por rasgos distintivos o insignias en chalecos o cascos, portar un casco adicional, buscar u observar posibles clientes, o transportar pasajeros. Laborales se identificaron aquellos que conducían con rasgos distintivos de organizaciones o compañías. Oficiales aquellos que portaron indumentaria reservadas para las fuerzas armadas o militares. Los motociclistas particulares fueron categorizados cuando no se perfilaron en ninguna de las categorías anteriores.
Edad de conductor/pasajeros	Estas variables se categorizaron por grupos etarios así: infante, joven, adulto joven y adulto mayor. Se estiman en infantes (niños) personas menores de 12 años (no alcanza reposapiés). Jóvenes entre los 15 a 25 años. Adulto joven entre 26 a 40 años. Adultos mayores por encima de 40 años.
Peso	Describe la fisonomía corporal constituida por la cantidad de masa corporal. Se estimó subjetivamente por el peso del individuo entre delgado (menor 50 kg), normal (entre 50 a 70 kg), grueso (70 a 80 kg) y con sobrepeso (mayor que 80 kg).
Clasificación de colores	La clasificación de los colores se categorizó en tres niveles, oscuros, claros y fluorescentes. Los oscuros hacen referencia a tonos cálidos y los claros a los tonos fríos. Mientras los fluorescentes corresponde a colores luminiscentes, resplandecientes o reflectivos.
Manipulación de carga	Detalla el transporte de materiales que pueden darse en contenedor, cajuela, elementos voluminosos o sobredimensionada. Entre los materiales voluminosos se reconocieron bultos, pipetas, repuestos, tulas, paquetes, maletas o sacos e inclusive trasteos.
Tipo de motocicleta	Describe la estructura de la motocicleta o categoría. Se clasificaron en estándar, scooter, sport-lujo, eléctrica, trimoto o cuatrimoto y motonetas. Las motocicletas estándar son aquellas de marco cerrado. Scooter son aquellas de cuadro o marco abierto con carrocería y apoya pies frontales. Sport-lujo son motocicletas que emulan las motocicletas todoterreno o de alta competencia para velocidades mayores, entre ellas las conocidas como: naked, trail, racing, motocross, enduro, chopper y turismo. Tri/cuatrimoto son motocicletas con más de dos ruedas. Motonetas son motocicletas de motor pequeño o baja combustión, por ejemplo, bicimotos. Eléctricas son aquellas que no son de combustión.
Cilindraje de motocicleta	Describe las condiciones del tamaño del motor. Estas se dividieron en dos, el grupo de 90 a 150 centímetros cúbicos, y las mayores a 150 centímetros cúbicos. El primer grupo es un tamaño tradicional en el motor de las motocicletas por su bajo consumo.
Modelo de la motocicleta	Determina que tan nueva, reciente o contemporánea puede ser una motocicleta. En esta condición se consideró dos categorías: nuevas (recientes/contemporáneas) y antiguas. En esta clasificación se consideraron el estilo en el diseño de la motocicleta, la forma de los faros, tablero digital y el tipo de luces (leds), entre otros. Entre más clásica la motocicleta, más antigua. Entre más aerodinámica, estilizada y tecnológica, se consideró más reciente.
Calidad de la motocicleta	Esta condición describe las condiciones visibles de la motocicleta en su estructura, color y mantenimiento. Se caracterizó en bien o mal. Por ejemplo, elementos oxidados, componentes averiados, faltantes o desgastados, se consideró una motocicleta en malas condiciones.
Velocidad de arribo o entrada	Clasifica la velocidad de ingreso en lento, normal o rápido. Se determinó lento a una velocidad estimada inferior a 20 km/h. Normal a una velocidad aproximada a 20 km/h. Rápido a una velocidad superior a 20 km/h.
Uso de direccionales de giro	Determina el uso adecuado de los indicadores o testigos de giro. Se categorizó en "sí", "no" o errático. La opción errática se constituye cuando se identificó encendido previamente o no corresponde con el tipo de giro.

Variable	Descripción
Parada	Determina la detención previa al acceso. Las categorías fueron: "no", parcial, total. "No", hace referencia cuando la motocicleta obtiene el acceso sin detenerse. Parcial, corresponde cuando las motocicletas desaceleran, se enciende el faro de stop o se baja un pie. Total, corresponde a la detención previa sin movimientos adicionales, donde el motociclista pone los pies sobre el suelo.
Espera de ingreso	Clasifica el tiempo de espera previo al ingreso. Se determinó en: No espera, corta o paciente. No espera, corresponde a que no existió detención previa. Corta, corresponde a una detención con tiempo aproximado de espera inferior a 10 segundos. Esperar paciente, corresponde a un tiempo superior a 10 segundos.
Tipo de entrada (antes/después)	El tipo de entrada corresponde a la forma como se comparte el ingreso que puede ser antes o después. Se puede realizar un ingreso solo, donde no hay más actores viales. Se puede realizar compartido, donde existen dos actores viales en el desarrollo de la maniobra de acceso o giro. En adelante, donde un actor vial busca saltar la espera en la intersección e ingresar con otros actores viales. El ingreso en adelantamiento o compartido se puede dar también por un movimiento de acceso a la sombra de otro actor vial.
Malabares	Define conductas deliberadas previas como zigzag, spin, adelantar áreas prohibidas, acelerar, acciones bruscas, no mantener la misma posición en el carril, venir en contravía, venir del andén, conducir con una sola mano, o realizar indicaciones de giro con el brazo/antebrazo.
Errores de conducción	Corresponde a errores de control y conducción, los cuales se manifiesta con apagado, pérdida del equilibrio, perder la prelación, mal embrague, problema de arranque (aceleración)
Observación durante	Define la forma como observa el motociclista luego del ingreso. Se clasificó en focalizado y panorámico. Se determina focalizado cuando el motociclista no realiza más giros de cabeza después que ingresa. Se determina panorámico cuando el motociclista sigue con movimientos de cabeza luego de ingresar en la intersección.
Giro o ingreso/acceso a la intersección	Describe la dirección del giro o ingreso/cruce, estos pueden ser a la derecha, izquierda o cruce directo en el caso de las intersecciones de cuatro ramales (tipo X). En el giro a la izquierda se definió una clasificación adicional conocida como giro izquierdo en contravía. Este corresponde a una maniobra arriesgada donde el motociclista no respeta el movimiento de cruce y se desplaza temporalmente en contravía sobre la vía de acceso para tomar posteriormente el carril que le corresponde.
Posición de ingreso	Describe la ubicación con referencia al carril de acceso después de acceder en la intersección. Su ubicación en el carril se puede dar en la izquierda, centro o derecha, y cuando se ubique fuera del carril se denotará como en contravía o carril de sentido opuesto.
Intención del conductor	Describe la actitud visible y manifiesta del motociclista durante el ingreso. Se clasificó en arriesgada o calmado. Se determinó como arriesgado cuando el motociclista se evidencia acelerado, ansioso en el ingreso, lanza el vehículo, con movimientos rápidos o bruscos en los manubrios, sobre acelera, viola el derecho a la vía, sobrepone la motocicleta o frena en medio de la intersección. Se determino calmado, cuando el motociclista se evidencia sin reacciones agresivas, con serenidad y movimientos naturales.
Presión de ingreso	Detalla si el vehículo que está en condición de acceder a la vía posee vehículos en fila esperando el ingreso, donde recibe apremio por ruido de bocinas, invasión de carril, o cambio de luces, para que genere su acceso de manera rápida.
Arribo simultáneo	Determina un arribo simultáneo cuando en la vía principal el actor vial que se desplaza se ubica en frente del vehículo que se desplaza sobre la vía de acceso, de esta forma los dos actores viales coinciden simultáneamente en el momento de ocupar la intersección.
Acción evasiva	Describe como la acción de frenado, cambio de dirección de al menos un actor vial posiblemente involucrado en un conflicto o cuasi-accidentes. Los actores viales involucrados pueden coincidir en el área de desplazamiento a una velocidad determinada.

Anexo 24. Variables de observación en conducta y conflictos viales para los otros vehículos en las intersecciones.

Tipo de Variable	Variable	Descripción	Valoración
Espaciotemporales	Lugar de recolección	Dirección de intersección	nombre
	Tipo de intersección	Intersección de 3r o 4r	nombre
	Franja horaria	Hora de recolección	hora
	Fecha de recolección	Identificación de fecha	día /mes/año
	Calidad de vía	Identifica la calidad de la vía	categórico
	Característica de zona	Cobertura comercial/residencial	número (%-%)
	Calidad de señalización (stop)	Calidad de señal stop	categórico
Características del vehículo	Tipo de actor vial	Define el tipo de actor vial motorizado	categórico
	Tipo de servicio	Identifica el servicio público o privado	categórico
	Color de vehículo	Describe el tono principal del vehículo	categórico
	Polarizado	Determina los vidrios polarizados	categórico (si/no)
Conducta y acciones sobre el vehículo antes de ingreso	Velocidad de arribo a la intersección	Describe la rapidez de arribo	categórico
	Uso de direccionales de giro	Uso de luces direccionales de giro	categórico
	Parada en la intersección	Describe la detención en la intersección	categórico
	Ubicación de parada	Lugar de espera de parada	categórico
	Espera de ingreso intersección	Identifica el gap de espera	categórico
	Tipo de entrada en intersección	Describe como ingresa en vía principal en relación con otros actores viales	categórico
	Posición de ingreso antes	Indica la posición en carril previo al ingreso	categórico
	Malabares/maniobras	Define conductas deliberadas previas (zigzag, spin, adelantamiento, entre otros)	categórico
	Comete errores en la conducción	Define errores de control y conducción (apagado, errático, equilibrio)	categórico (si/no)
	Giro o ingreso a la intersección	Define el ingreso ejecutado (derecha, izquierda, directo, contravía-izquierda)	categórico
Condiciones de interacción con tráfico durante ingreso	Angulo de entrada	Define el ángulo de ingreso	categórico
	Velocidad de entrada	Estima la rapidez durante el ingreso	categórico
	Posición de ingreso en vía principal	Define la posición sobre el carril en vía principal	categórico
	Intención del conductor durante	Describe la actitud del conductor	categórico
	Presión de ingreso	Define si es presionado a ingresar rápido, por parte de otro actor (pitos, reclamos)	categórico (si/no)
	Tipo de entrada durante ingreso	Describe como ingresa en vía principal en relación con otros actores viales	categórico
	Conflictos de interacción	Define interacciones conflictivas	categórico (si/no)
Conflictos	Punto de conflicto	Define la zona de conflicto frente la intersección	categórico
	Maniobra de entrada	Describe la forma de ingreso con respecto a otros actores viales en la vía principal.	categórico
	Vehículo de interacción conflictiva	Tipo de vehículo interacción	categórico
	Arribo simultáneo	Define el arribo simultáneo entre vía principal y secundaria	categórico (si/no)
	Acción evasiva	Define acciones evasivas en la interacción	categórico (si/no)
	Indicador PET	Define el tiempo de post invasión	numérico
	Indicador TTC	Define el tiempo posible a la colisión	numérico
	Indicador TE	Define el tiempo en el ingreso desde la vía secundaria a vía principal	numérico

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25. Velocidad media de vehículos con características operativas de las intersecciones tipo T.

Características	Vehículo	n	%	Media (km/h)	D.E	Min	Max	Per85%	% por encima de 40 km/h	P-valor*	Cumple/ Violan	OR
Vehículo de circulación	No motocicleta	6.093	32,3	25,4	7,9	5,6	74,0	32,6	4,5	0,00	0,15	1,0
	Motocicleta	12.756	67,7	30,4	9,1	5,1	76,1	39,1	13,0		0,05	3,20 (2,81-3,66)
Ocupación	Ocupado	9.190	48,8	28,7	9,1	5,1	75,4	37,3	10,0	0,34	0,11	1,00
	Vacio	9.659	51,2	28,9	9,0	5,1	75,4	37,3	10,5		0,12	1,1 (0,96-1,16)
Posición carril	Vía	16.846	89,4	27,8	8,3	5,1	76,1	35,7	7,2	0,00	0,08	1,00
	Contravía	2.003	10,6	37,3	10,6	7,1	76,1	48,0	35,8		0,56	7,20 (6,45-8,01)
Franja horaria	Valle	10.240	54,3	28,7	9,5	5,1	76,1	37,8	11,1	0,005	0,13	1,00
	Pico	8.609	45,7	28,9	8,5	5,4	75,2	36,8	9,2		0,10	0,81 (0,74-0,89)
Flujo vehicular	Moderado	8.199	43,5	28,1	8,7	5,1	75,4	36,0	8,2	0,00	0,09	1,00
	Alto	10.650	56,5	29,3	9,2	5,4	76,1	38,4	11,8		0,13	1,15 (1,4-1,7)
Riesgo	Moderado	8.735	46,3	28,8	9,2	6,7	76,1	37,5	10,5	0,615	0,12	1,00
	Alto	10.114	53,7	28,8	8,9	5,1	75,4	37,3	10,1		0,11	0,96 (0,87-1,05)
Calidad vía	Bueno	5.464	29,0	28,7	9,6	6,7	76,1	37,6	11,0	0,032	0,12	1,0
	Regular-Mal	13.385	71,0	28,8	8,8	5,1	75,4	37,3	10,0		0,11	0,89 (0,81-0,99)

* Diferencia estadísticamente significativa, según test Mann W. (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26. Contraste velocidad media entre motocicletas y otros vehículos en las bajo características operativas de las intersecciones tipo T.

Motocicleta						No motocicleta				
	Características	Conteo	Media	DE	% Vehículos por encima de 40 km/h	Conteo	Media	D.E	% Vehículos por encima de 40 km/h	P-valor*
Ocupación intersección	Vacio	6.491	30,4	9,0	13,2	3.168	25,8	8,0	5,0	0,000
	Ocupado	6.265	30,4	9,2	12,8	2.925	25,1	7,8	3,9	0,000
		P-valor	0,72			P-Valor	0,00			
Posición carril	Via	10.902	29,2	8,2	9,0	5.944	25,2	7,7	4,0	0,000
	Contravía	1.854	37,6	10,5	36,8	149	34,2	11,6	24,2	0,001
		P-Valor	0,00			P-valor	0,00			
Franja horaria	Valle	6.645	30,5	9,6	14,4	3.595	25,3	8,3	5,2	0,000
	Pico	6.111	30,3	8,5	11,6	2.498	25,6	7,3	3,4	0,000
		P-valor	0,26			P-valor	0,01			
Flujo vehicular	Moderado	5.458	29,7	8,8	10,6	2.741	24,9	7,4	3,5	0,000
	Alto	7.298	30,9	9,2	14,8	3.352	25,9	8,3	5,3	0,000
		P-valor	0,00			P-valor	0,00			
Riesgo	Moderado	5.844	30,5	9,1	13,2	2.891	25,3	8,3	4,9	0,000
	Alto	6.912	30,3	9,0	12,9	3.202	25,5	7,6	4,0	0,000
		P-valor	0,13			P-valor	0,02			
Calidad vía	Bueno	3.611	30,4	9,5	13,6	1.853	25,4	8,8	5,9	0,000
	Regular-mal	9.145	30,4	8,9	12,8	4.240	25,5	7,5	3,8	0,000
		P-valor	0,48			P-valor	0,05			

* Diferencia estadísticamente significativa, según test Mann W. (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril vs flujo vehicular en las intersecciones de tipo T.

Intersección	Vehículo	Posición	Flujo alto			Flujo moderado			P-valor*
			Media	D.E	% Vehículos por encima de 40 km/h	Media	D.E	% Vehículos por encima de 40 km/h	
Ocupado	Moto	Contravía	37,14	9,31	35,2	38,02	10,89	37,2	0,812
Ocupado	Moto	Vía	29,61	8,24	9,0	28,78	8,30	8,3	0,000
Vacio	Moto	Contravía	38,82	10,80	41,9	33,33	9,58	22,2	0,000
Vacio	Moto	Vía	29,64	8,49	11,2	28,11	6,83	3,6	0,000
Ocupado	No moto	Contravía	31,20	10,18	8,3	34,38	12,74	36,4	0,246
Ocupado	No moto	Vía	25,10	7,99	4,2	24,80	7,39	3,2	0,194
Vacio	No moto	Contravía	35,26	10,69	27,3	36,67	15,22	21,4	0,522
Vacio	No moto	Vía	25,82	8,08	5,1	24,59	6,65	2,5	0,000

* Diferencia estadísticamente significativa, según test Mann W. (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular alto en las intersecciones tipo T.

		Vacio motocicleta contravía	Vacio no motocicleta vía	Vacio no motocicleta contravía	Ocupado motocicleta vía	Ocupada moto contravía	Ocupado no motocicleta vía	Ocupado no motocicleta contravía
	Media	38,8	25,8	35,3	29,6	37,1	25,10	31,20
Vacio-motocicleta-vía	29,64	9,2*	-3,8*	5,6*	-0,03	7,5*	-4,5*	1,6
Vacio-motocicleta-contravía	38,82		-13,0*	-3,6*	-9,2*	-1,7*	-13,7*	-7,6*
Vacio -no motocicleta- vía	25,82			9,4*	3,8*	11,3*	-0,7*	5,4*
Vacio - no motocicleta - contravía	35,26				-5,7*	1,9	-10,2*	-4,1*
Ocupado-moto-vía	29,61					7,5*	-4,5*	1,6
Ocupada-moto-contravía	37,14						-12,04*	-5,93*
Ocupado-no motocicleta-vía	25,10							6,1*

* Diferencia estadísticamente significativa, según test Mann W. (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular moderado en las intersecciones tipo T.

		Vacio motocicleta contravía	Vacio no motocicleta vía	Vacio no motocicleta contravía	Ocupado motocicleta vía	Ocupada moto contravía	Ocupado no motocicleta vía	Ocupado no motocicleta contravía
	Media	33,3	24,6	36,7	28,8	38,0	24,80	34,38
Vacio-motocicleta-vía	28,11	5,2*	-3,5*	8,6*	0,67*	9,9*	-3,3*	6,3*
Vacio-motocicleta-contravía	33,33		-8,7*	3,3	-4,6*	4,7*	-8,5*	1,0
Vacio -no motocicleta- vía	24,59			12,1*	4,2*	13,4*	0,2	9,8*
Vacio - no motocicleta - contravía	36,67				-7,9	1,3	-11,9*	-2,3
Ocupado-moto-vía	28,78					9,2*	-4,0*	5,6*
Ocupada-moto-contravía	38,02						-13,22*	-3,64
Ocupado-no motocicleta-vía	24,80							9,6*

* Diferencia estadísticamente significativa, según test Mann W. (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30. Velocidad media de vehículos con características operativas de las intersecciones tipo X.

Características	Vehículo	n	%	Media (km/h)	D.E	Min	Max	Per85%	% por encima de 40 km/h	P-valor	Cumple/ Violan	OR
Vehículo de circulación	No motocicletas	4.496	30,5	23,6	4,0	10,0	54,1	27,0	0,4	0,000	0,004	1,0
	Motocicleta	10.255	69,5	26,6	3,7	8,7	51,0	29,9	0,4		0,005	5,67 (2,40-13,40)
Ocupación intersección	Vacio	6.874	46,6	25,6	3,7	10,0	50,0	29,5	0,2	0,243	0,002	1,00
	Ocupado	7.877	53,4	25,7	4,3	10,0	50,0	29,5	0,6		0,006	2,32 (1,33-4,05)
Posición carril	Via	13.653	92,6	25,4	3,8	8,7	54,1	28,9	0,2	0,000	0,002	1,00
	Contravía	1.098	7,4	29,2	5,0	11,1	51,0	34,1	2,6		0,026	10,48 (6,33-17,35)
Franja horaria	Pico	8.753	59,3	25,7	3,8	8,7	43,6	29,4	0,2	0,001	0,002	1,00
	Valle	5.998	40,7	25,6	4,4	10,0	54,1	29,5	0,8		0,008	3,88 (2,22-6,79)
Flujo vehicular	Alto	8.962	60,8	25,2	3,9	8,7	54,1	28,8	0,4	0,000	0,004	1,00
	Moderado	5.789	39,2	26,4	4,2	10,3	51,0	30,3	0,5		0,005	1,45 (0,88-2,39)
Riesgo	Alto	9.898	67,1	25,2	3,8	8,7	54,1	28,8	0,3	0,000	0,003	1,00
	Moderado	4.853	32,9	26,5	4,4	10,3	51,0	30,6	0,6		0,006	1,92 (1,16-3,16)
Calidad via	Bueno	3.257	22,1	26,3	3,3	11,4	39,2	29,5	0,0	0,000	0,000	1,0
	Regular-mal	11.494	77,9	25,5	4,3	8,7	54,1	29,3	0,5		0,005	-

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31. Contraste velocidad media entre motocicletas y otros vehículos en las bajo características operativas de las intersecciones tipo X.

Motocicleta						No Motocicleta				
	Características	Conteo	Media	DE	% vehículos por encima de 40 km/h	Conteo	Media	D.E	% vehículos por encima de 40 km/h	P-valor
Ocupación intersección	Vacio	4.842	26,5	3,5	0,2	2.032	23,7	3,6	0,2	0,000
	Ocupado	5.413	26,7	3,9	0,6	2.464	23,5	4,4	0,4	0,000
		P-valor	0,004			P-valor	0,071			
Posición carril	Vía	9.229	26,3	3,4	0,2	4.424	23,6	4,0	0,4	0,000
	Contravía	1.026	29,5	4,8	2,7	72	23,9	5,2	0,0	0,000
		P-valor	0,000			P-valor	0,936			
Franja horaria	Valle	4.060	26,5	4,1	0,9	1.938	23,7	4,4	0,5	0,000
	Pico	6.195	26,6	3,4	0,2	2.558	23,5	3,8	0,2	0,000
		P-valor	0,000			P-valor	0,008			
Flujo vehicular	Moderado	4.078	27,3	4,0	0,7	1.711	24,3	4,0	0,1	0,000
	Alto	6.177	26,1	3,4	0,3	2.785	23,1	4,0	0,5	0,000
		P-valor	0,000			P-valor	0,000			
Riesgo	Moderado	3.273	27,5	4,2	0,9	1.580	24,5	4,0	0,1	0,000
	Alto	6.982	26,1	3,4	0,3	2.916	23,1	4,0	0,5	0,000
		P-valor	0,000			P-valor	0,000			
Calidad vía	Bueno	2.472	27,0	3,2	0,0	785	24,2	2,7	0,0	0,000
	Regular-Mal	7.783	26,5	3,9	0,6	3.711	23,4	4,3	0,4	0,000
		P-valor	0,000			P-valor	0,000			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 32. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril vs flujo vehicular en las intersecciones de tipo X.

Intersección	Vehículo	Posición	Flujo alto			Flujo moderado			P-valor
			Media	D.E	% vehículos por encima de 40 km/h	Media	D.E	% vehículos por encima de 40 km/h	
Ocupado	Moto	Contravía	28,77	5,20	2,7	31,08	4,54	4,0	0,000
Ocupado	Moto	Vía	25,94	3,15	0,2	26,90	4,07	0,5	0,000
Vacío	Moto	Contravía	28,39	3,19	0,0	31,32	5,59	6,3	0,000
Vacío	Moto	Vía	25,73	3,16	0,1	26,83	3,36	0,1	0,000
Ocupado	No moto	Contravía	24,33	4,30	0,0	21,17	5,14	0,0	0,011
Ocupado	No moto	Vía	23,14	4,37	0,6	23,94	4,32	0,2	0,000
Vacío	No moto	Contravía	25,10	6,43	0,0	25,77	5,93	0,0	0,837
Vacío	No moto	Vía	22,99	3,51	0,4	24,92	3,32	0,0	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 33. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular alto en las intersecciones tipo X.

		Vacio motocicleta contravía	Vacio no motocicleta vía	Vacio no motocicleta contravía	Ocupado motocicleta vía	Ocupada moto contravía	Ocupado no motocicleta vía	Ocupado no motocicleta contravía
	Media	28,4	23,0	25,1	25,9	28,8	23,14	24,33
Vacio-motocicleta-vía	25,73	2,7*	-2,7*	-0,63	0,21*	3,0*	-2,6*	-1,4
Vacio-motocicleta- contravía	28,39		-5,4*	-3,3	-2,5*	0,38	-5,3*	-4,1*
Vacio -no motocicleta- vía	22,99			2,1	2,9*	5,8*	0,15	1,3
Vacio - no motocicleta - contravía	25,10				0,84	3,7	-1,9	-0,77
Ocupado-moto-vía	25,94					2,8*	-2,8*	-1,6*
Ocupada-moto-contravía	28,77						-5,6*	-4,4*
Ocupado-no motocicleta- vía	23,14							1,2

* Diferencia estadísticamente significativa, según prueba t (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34. Contraste velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección, posición en el carril y flujo vehicular moderado en las intersecciones tipo X.

		Vacio motocicleta contravía	Vacio no motocicleta vía	Vacio no motocicleta contravía	Ocupado motocicleta vía	Ocupada moto contravía	Ocupado no motocicleta vía	Ocupado no motocicleta contravía
	Media	31,3	24,9	25,8	26,9	31,1	23,94	21,17
Vacio-motocicleta-vía	26,83	4,4*	-1,9*	-1,1	0,06	4,3*	-2,9*	-5,7*
Vacio-motocicleta-contravía	31,32		-6,4*	-5,6*	-4,4*	-0,23	-7,4*	-10,1*
Vacio -no motocicleta- vía	24,92			0,85	1,9*	6,2*	-0,97*	-3,7*
Vacio - no motocicleta - contravía	25,77				1,13	5,3*	-1,8	-4,6
Ocupado-moto-vía	26,90					4,1*	-2,9*	-5,7*
Ocupada-moto-contravía	31,08						-7,1*	-9,9*
Ocupado-no motocicleta-vía	23,94							-2,8*

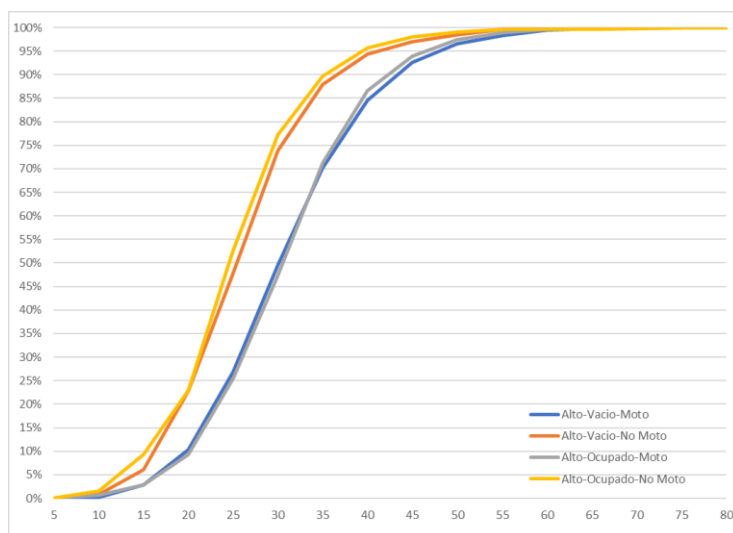
* Diferencia estadísticamente significativa, según prueba t (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

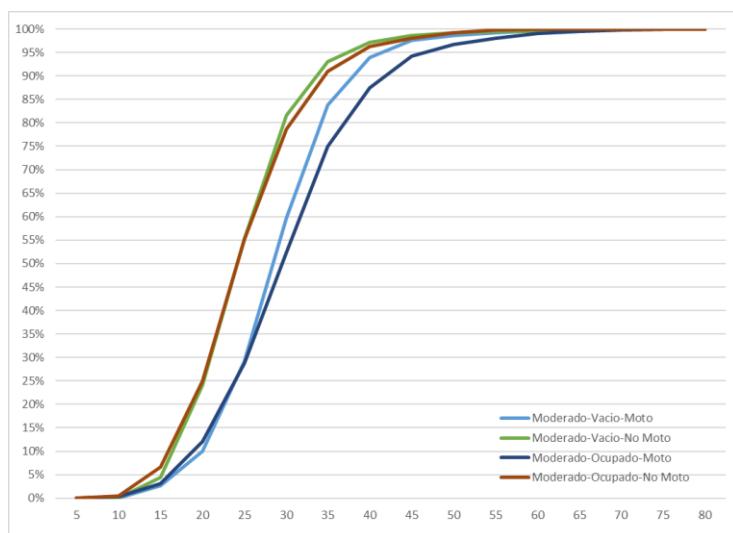
Anexo 35. Diferencia de velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección y flujo vehicular en las intersecciones tipo T y gráfica de velocidad acumulada por tipo de flujo.

		Alto-vacio-no motocicleta	Alto-ocupado- motocicleta	Alto-ocupado- no motocicleta	Moderado- vacio- motocicleta	Moderado-vacio- no motocicleta	Moderado- ocupado- motocicleta	Moderado- ocupado-no motocicleta
Media		26,1	30,9	25,3	28,8	24,80	30,12	24,96
Alto-vacio- motocicleta	30,91	-4,8*	0,0	-5,6*	-2,1*	-6,1*	-0,8*	-5,9*
Alto-vacio-no motocicleta	26,09		4,8*	-0,8*	2,7*	-1,3*	4,0*	-1,1*
Alto-ocupado- motocicleta	30,87			-5,6*	-2,1*	-6,1*	-0,8*	-5,9*
Alto-ocupado-no motocicleta	25,32				3,5*	-0,5	4,8*	-0,4
Moderado-vacio- motocicleta	28,80					-4,0*	1,3*	-3,8*
Moderado-vacio- no motocicleta	24,80						5,3*	0,2
Moderado- ocupado- motocicleta	30,12							-5,2*

* Diferencia estadísticamente significativa, según prueba t (valor-p<0,05).



Distribución de velocidad acumulada para intersección de flujo alto.

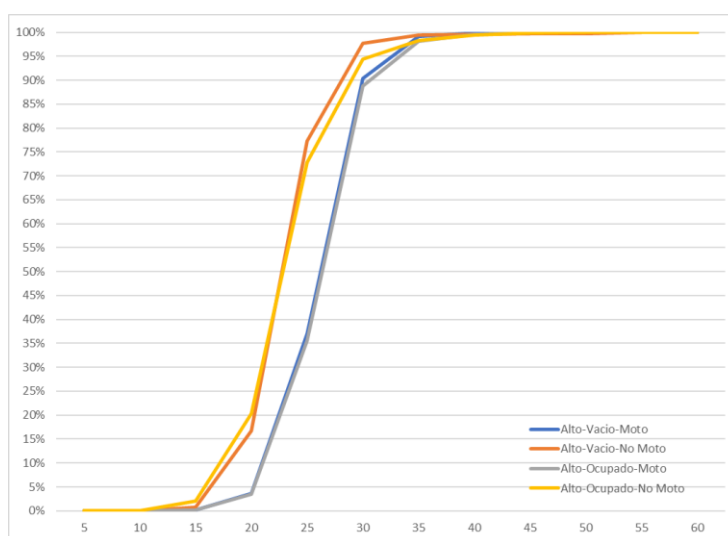


Distribución de velocidad acumulada para intersección de flujo moderado.

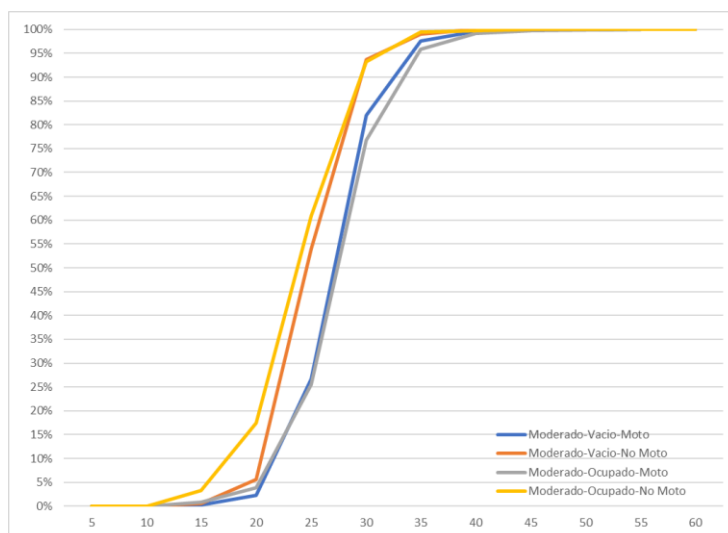
Anexo 36. Diferencia de velocidad media entre vehículos, ocupación de la intersección y flujo vehicular en las intersecciones tipo X y gráfica de velocidad acumulada por tipo de flujo.

	Alto-vacio-no motocicleta	Alto-ocupado-motocicleta	Alto-ocupado-no motocicleta	Moderado-vacio-motocicleta	Moderado-vacio-no motocicleta	Moderado-ocupado-motocicleta	Moderado-ocupado-no motocicleta
Media	23,0	26,3	23,2	27,1	24,9	27,4	23,9
Alto-vacio-motocicleta	23,0	-3,0*	0,3*	-2,8*	1,1*	-1,1*	1,4*
Alto-vacio-no motocicleta	26,3		3,3*	0,2	4,1*	1,9*	4,4*
Alto-ocupado-motocicleta	23,2			-3,1*	0,9*	-1,3*	1,1*
Alto-ocupado-no motocicleta	27,1				3,9*	1,8*	4,2*
Moderado-vacio-motocicleta	24,9					-2,2*	0,3*
Moderado-vacio-no motocicleta	27,4						2,5*
Moderado-ocupado-motocicleta	23,9						
							-3,5*

* Diferencia estadísticamente significativa, según prueba t (valor-p<0,05).



Distribución de velocidad acumulada para intersección de flujo alto.



Distribución de velocidad acumulada para intersección de flujo moderado.

Anexo 37. Tabulación de variables espaciotemporales, uso de motocicleta, vestuario y elementos de protección, y características de la motocicleta en las intersecciones de tres ramales tipo T.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio (Ingresos totales-interacciones) %	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Dirección	Dg 32-Dg 34	634	10,4%	547	22,6%	86,3%	1,84	0,83	2,10	0,82	3,04	1,03
	Cra 58 - Cl 31b	933	15,3%	367	15,2%	39,3%	1,88	0,82	2,01	0,82	2,54	0,93
	Cra 83 - Cl 24	658	10,8%	248	10,3%	37,7%	2,04	0,94	2,19	0,94	3,55	1,33
	Cl 32 - Dg 33	466	7,6%	230	9,5%	49,4%	1,65	0,69	1,82	0,69	4,07	1,50
	Dg 32- Tv 73	368	6,0%	102	4,2%	27,7%	2,06	1,01	2,12	1,00	3,83	1,53
	Cl 32 - Tv 70	518	8,5%	140	5,8%	27,0%	1,92	0,88	2,05	0,88	3,31	1,39
	Dg 32 -Tv 69a	608	10,0%	136	5,6%	22,4%	1,74	0,80	1,81	0,78	2,66	0,89
	Cl 15 - Cra 68a	901	14,8%	295	12,2%	32,7%	1,89	0,85	2,02	0,85	2,99	1,27
	Dg 32 - Cr 71b	370	6,1%	100	4,1%	27,0%	2,50	1,18	2,62	1,18	3,86	1,17
	Dg 32 - Tv 70	639	10,5%	252	10,4%	39,4%	2,38	1,13	2,51	1,13	3,64	1,15
Franja horaria	Valle	2.688	44,1%	1.000	41,4%	37,2%	2,02	0,98	2,18	0,97	3,52	1,31
	Pico	3.407	55,9%	1.417	58,6%	41,6%	1,89	0,87	2,05	0,86	3,01	1,25
Día	Lunes	518	8,5%	265	11,0%	51,2%	2,24	0,98	2,41	0,97	3,56	1,30
	Martes	471	7,7%	202	8,4%	42,9%	2,02	1,04	2,15	1,03	3,84	1,24
	Miércoles	1.086	17,8%	306	12,7%	28,2%	1,81	0,84	1,95	0,84	3,16	1,25
	Jueves	3.640	59,7%	1.371	56,7%	37,7%	1,93	0,90	2,08	0,90	3,13	1,32
	Viernes	380	6,2%	273	11,3%	71,8%	1,82	0,84	2,05	0,83	3,30	1,10
Calidad vía	Bueno	1.610	26,4%	785	32,5%	48,8%	1,85	0,85	2,05	0,85	3,08	1,20
	Regular - mal	4.485	73,6%	1.632	67,5%	36,4%	1,99	0,94	2,13	0,94	3,29	1,33
Flujo vehicular	Moderado	3.566	58,5%	1.276	52,8%	35,8%	1,86	0,84	1,99	0,84	3,06	1,29
	Alto	2.529	41,5%	1.141	47,2%	45,1%	2,05	0,99	2,23	0,98	3,48	1,28
Número de pasajeros	1	3.718	61,0%	1.493	61,8%	40,2%	1,95	0,94	2,11	0,93	3,30	1,31
	2	2.212	36,3%	869	36,0%	39,3%	1,94	0,89	2,10	0,88	3,14	1,30
	3	165	2,7%	55	2,3%	33,3%	1,95	0,88	2,13	0,93	3,09	1,20
Tipo de servicio	Mototaxista	4.007	65,7%	1.616	66,9%	40,3%	1,89	0,90	2,05	0,90	3,20	1,29
	Laboral	823	13,5%	331	13,7%	40,2%	2,12	0,92	2,27	0,91	3,36	1,29
	Particular	1.161	19,0%	437	18,1%	37,6%	2,02	0,93	2,17	0,93	3,25	1,34
	Oficial	34	0,6%	15	0,6%	44,1%	2,46	1,01	2,58	1,00	3,27	1,38
	Ni	70	1,1%	18	0,7%	25,7%	1,90	1,08	2,00	1,04	3,25	1,24
Edad de conductor	Joven	2.630	43,1%	1.057	43,7%	40,2%	1,89	0,91	2,05	0,91	3,18	1,27
	Adulto joven	2.770	45,4%	1.089	45,1%	39,3%	2,00	0,92	2,16	0,92	3,25	1,30
	Adulto mayor	603	9,9%	234	9,7%	38,8%	1,97	0,89	2,11	0,89	3,39	1,42
	Ni	92	1,5%	37	1,5%	40,2%	1,87	0,99	2,00	1,02	3,31	1,30
Género de conductor	Hombre	5.941	97,5%	2.351	97,3%	39,6%	1,94	0,92	2,10	0,91	3,23	1,30
	Mujer	127	2,1%	54	2,2%	42,5%	2,11	0,88	2,25	0,86	3,38	1,43
	Ni	27	0,4%	12	0,5%	44,4%	2,25	1,04	2,35	1,04	3,18	1,66
Peso conductor	Delgado	988	16,2%	350	14,5%	35,4%	1,81	0,86	1,97	0,86	3,13	1,28
	Normal	3.213	52,7%	1.296	53,6%	40,3%	1,98	0,93	2,14	0,92	3,26	1,33
	Grueso	1.630	26,7%	667	27,6%	40,9%	1,94	0,93	2,11	0,93	3,25	1,26
Chaleco motociclista	Sobrepeso	264	4,3%	104	4,3%	39,4%	1,97	0,85	2,13	0,86	3,22	1,27
	Si	1.738	28,5%	696	28,8%	40,0%	1,99	0,92	2,15	0,91	3,19	1,29
	No	4.345	71,3%	1.711	70,8%	39,4%	1,93	0,92	2,09	0,91	3,26	1,31
Tipo de ropa de conductor	Ni	12	0,2%	10	0,4%	83,3%	1,73	1,02	2,01	1,01	2,79	0,75
	Informal	3.728	61,2%	1.562	64,6%	41,9%	1,91	0,91	2,08	0,91	3,22	1,30
	Formal	1.859	30,5%	646	26,7%	34,7%	1,97	0,94	2,11	0,93	3,26	1,32
	Trabajo	505	8,3%	206	8,5%	40,8%	2,12	0,90	2,25	0,89	3,24	1,26
	Ni	3	0,0%	3	0,1%	100,0%	2,38	1,00	2,73	1,00	4,03	1,60
Colores ropa de conductor	Oscuro	3.079	50,5%	1.214	50,2%	39,4%	1,97	0,92	2,13	0,92	3,28	1,31
	Fluorescente	1.024	16,8%	452	18,7%	44,1%	1,99	0,91	2,17	0,91	3,23	1,31
	Claro	1.992	32,7%	751	31,1%	37,7%	1,88	0,91	2,03	0,90	3,18	1,28
Casco conductor - motociclistas	Bien	5.331	87,5%	2.127	88,0%	39,9%	1,95	0,91	2,11	0,91	3,22	1,30
	Medio	489	8,0%	198	8,2%	40,5%	2,03	1,00	2,17	0,98	3,25	1,30
	No	78	1,3%	38	1,6%	48,7%	1,92	0,84	2,07	0,84	3,72	1,38
	Cuerpo	104	1,7%	32	1,3%	30,8%	1,54	0,77	1,67	0,77	3,29	1,28
	Motocicleta	93	1,5%	22	0,9%	23,7%	1,67	0,68	1,79	0,67	3,46	1,40
Tipo de casco conductor-motociclista	Completo	4.069	66,7%	1.599	66,2%	39,3%	1,99	0,92	2,14	0,91	3,23	1,30
	Abatible	937	15,4%	428	17,7%	45,7%	1,92	0,96	2,12	0,94	3,26	1,28
	Canasta	697	11,4%	243	10,1%	34,9%	1,82	0,84	1,96	0,85	3,13	1,32
	Ni	392	6,4%	147	6,1%	37,5%	1,79	0,89	1,94	0,89	3,39	1,34
Protector de visor de casco motociclista	Adecuado	1.340	22,0%	479	19,8%	35,7%	1,93	0,91	2,07	0,91	3,21	1,35
	Sin visor	1.991	32,7%	800	33,1%	40,2%	1,90	0,89	2,05	0,89	3,21	1,32
	Con visor sin uso	2.141	35,1%	910	37,6%	42,5%	2,04	0,95	2,21	0,94	3,23	1,25
	Ni	623	10,2%	228	9,4%	36,6%	1,79	0,88	1,93	0,87	3,39	1,32
Protección solar	Si	1.511	24,8%	690	28,5%	45,7%	1,88	0,89	2,07	0,88	3,24	1,33
	No	3.840	63,0%	1.458	60,3%	38,0%	2,01	0,93	2,15	0,93	3,21	1,29
	Ni	744	12,2%	269	11,1%	36,2%	1,79	0,88	1,93	0,88	3,38	1,31
Color casco conductor	Oscuro	4.053	66,5%	1.656	68,5%	40,9%	1,97	0,93	2,14	0,92	3,20	1,27
	Claro	735	12,1%	274	11,3%	37,3%	1,87	0,92	2,02	0,90	3,38	1,35
	Fluorescente	951	15,6%	350	14,5%	36,8%	1,88	0,86	2,04	0,87	3,20	1,34
	Ni	356	5,8%	137	5,7%	38,5%	1,94	0,90	2,07	0,89	3,41	1,37
Tipo de zapato de motociclista	Sport	3.180	52,2%	1.287	53,2%	40,5%	1,94	0,91	2,11	0,91	3,20	1,27
	Abierto	516	8,5%	215	8,9%	41,7%	1,94	0,93	2,10	0,94	3,21	1,31
	Bota	1.106	18,1%	429	17,7%	38,8%	1,93	0,91	2,09	0,90	3,25	1,34
	Formal	1.286	21,1%	484	20,0%	37,6%	1,97	0,93	2,12	0,93	3,32	1,34
	Sin calzado	7	0,1%	2	0,1%	28,6%	1,39	0,83	1,57	0,87	3,67	1,38
Protección adicional de conductor	No	5.117	83,9%	2.051	84,9%	40,1%	1,95	0,92	2,11	0,92	3,23	1,30
	Si	912	15,0%	342	14,1%	37,5%	1,89	0,87	2,05	0,87	3,29	1,34
	Ni	66	1,1%	24	1,0%	36,4%	2,23	1,05	2,36	1,03	3,07	1,17
Postura de motociclista	Encorvado	1.949	32,0%	806	33,3%	41,4%	1,87	0,89	2,04	0,89	3,14	1,25
	Recto	3.946	64,7%	1.529	63,3%	38,7%	1,98	0,93	2,13	0,92	3,29	1,33
	Reclinado	200	3,3%	82	3,4%	41,0%	2,10	0,91	2,24	0,91	3,17	1,22
Conduce hablando	No	5.439	89,2%	2.167	89,7%	39,8%	1,94	0,92	2,10	0,91	3,25	1,30
	Pasajero	299	4,9%	120	5,0%	40,1%	1,93	0,84	2,11	0,83	3,08	1,23
	Entorno	174	2,9%	68	2,8%	39,1%	2,10	0,93	2,22	0,94	3,26	1,35
	Celular	183	3,0%	62	2,6%	33,9%	1,92	0,98	2,04	0,95	3,12	1,27
Chaleco pasajero	Si	91	1,5%	25	1,0%	27,5%	1,94	0,85	2,11	0,85	2,80	1,14
	No	2.245	36,8%	890	36,8%	39,6%	1,94	0,89	2,10	0,88	3,14	1,28
	Na	3.718	61,0%	1.493	61,8%	40,2%	1,95	0,94	2,11	0,93	3,30	1,31

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio (Ingresos totales-interacciones) %	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Casco de pasajero	Ni	41	0,7%	9	0,4%	22,0%	1,78	0,92	1,85	0,91	3,37	1,78
	Bien	345	5,7%	134	5,5%	38,8%	2,01	0,83	2,16	0,82	3,06	1,24
	No	1.756	28,8%	702	29,0%	40,0%	1,97	0,91	2,12	0,91	3,26	1,30
	Moto	737	12,1%	310	12,8%	42,1%	1,89	0,88	2,06	0,87	3,19	1,27
	Extremidad-pasajero	346	5,7%	141	5,8%	40,8%	2,00	0,95	2,15	0,94	3,20	1,33
	Extremidad-conductor	2.762	45,3%	1.067	44,1%	38,6%	1,94	0,94	2,10	0,93	3,25	1,31
	Ni	84	1,4%	42	1,7%	50,0%	1,81	1,01	1,94	0,96	3,26	1,29
Tipo de casco de pasajero	Medio	65	1,1%	21	0,9%	32,3%	2,17	0,93	2,31	0,92	3,32	1,25
	Completo	2.972	48,8%	1.163	48,1%	39,1%	1,97	0,92	2,13	0,92	3,23	1,31
	Abatible	161	2,6%	62	2,6%	38,5%	2,10	1,03	2,26	1,04	3,31	1,24
	Canasta	85	1,4%	28	1,2%	32,9%	1,73	0,95	1,87	0,93	2,97	1,27
	Na	709	11,6%	274	11,3%	38,6%	1,80	0,91	1,98	0,90	3,29	1,27
	Ni	2.168	35,6%	890	36,8%	41,1%	1,95	0,90	2,11	0,90	3,23	1,30
	Oscuro	2.467	40,5%	1.009	41,7%	40,9%	1,98	0,92	2,14	0,91	3,22	1,29
Color casco pasajero	Fluorescente	383	6,3%	153	6,3%	39,9%	1,87	0,89	2,02	0,88	3,28	1,38
	Claro	431	7,1%	143	5,9%	33,2%	2,01	0,97	2,15	0,99	3,23	1,37
	Ni	2.105	34,5%	838	34,7%	39,8%	1,96	0,91	2,11	0,90	3,23	1,29
Manipulación de carga en moto	No	5.781	94,8%	2.291	94,8%	39,6%	1,94	0,92	2,10	0,91	3,24	1,30
	Sobredimensiona	252	4,1%	110	4,6%	43,7%	1,94	0,91	2,09	0,90	3,16	1,28
	Contenedor	62	1,0%	16	0,7%	25,8%	2,34	1,12	2,46	1,13	3,49	1,36
Tipo de motocicletas	Estándar	5.305	87,0%	2.121	87,8%	40,0%	1,94	0,91	2,09	0,91	3,24	1,31
	Scooter	356	5,8%	126	5,2%	35,4%	2,18	0,93	2,34	0,93	3,29	1,33
	Monaleta	28	0,5%	10	0,4%	35,7%	1,68	0,68	1,86	0,65	3,19	1,30
	Deportiva / cross	268	4,4%	114	4,7%	42,5%	1,88	0,94	2,03	0,94	3,01	1,22
	Tri-cuatri-moto	33	0,5%	7	0,3%	21,2%	1,87	0,88	2,02	0,93	3,14	1,08
	Ni	85	1,4%	32	1,3%	37,6%	2,00	1,11	2,16	1,09	3,08	1,16
	Eléctrica	20	0,3%	7	0,3%	35,0%	2,28	1,27	2,30	1,26	3,44	1,57
Cilindraje de la motocicleta	90-150	5.588	91,7%	2.223	92,0%	39,8%	1,95	0,92	2,11	0,91	3,25	1,30
	Mayor de 150	433	7,1%	169	7,0%	39,0%	1,83	0,92	1,98	0,90	3,10	1,22
	Ni	54	0,9%	18	0,7%	33,3%	1,92	0,76	2,02	0,80	3,17	1,47
	Eléctrica	20	0,3%	7	0,3%	35,0%	2,28	1,27	2,30	1,26	3,44	1,57
Color de motocicleta	Claro	704	11,5%	301	12,5%	42,8%	1,90	0,93	2,06	0,91	3,22	1,30
	Oscuro	4.344	71,3%	1.728	71,5%	39,8%	1,97	0,92	2,13	0,92	3,25	1,30
	Fluorescente	954	15,6%	360	14,9%	37,7%	1,86	0,88	2,00	0,87	3,22	1,31
	Ni	93	1,5%	28	1,2%	30,1%	2,07	1,00	2,17	1,00	2,94	1,15
Modelo de motocicleta	Nueva	4.332	71,1%	1.673	69,2%	38,6%	1,95	0,93	2,11	0,93	3,24	1,30
	Antigua	1.660	27,2%	710	29,4%	42,8%	1,92	0,86	2,09	0,86	3,23	1,30
	Ni	103	1,7%	34	1,4%	33,0%	2,20	1,14	2,29	1,14	3,15	1,20
Espejos	Si	3.835	62,9%	1.547	64,0%	40,3%	1,98	0,94	2,15	0,93	3,30	1,30
	No	2.235	36,7%	863	35,7%	38,6%	1,89	0,87	2,03	0,87	3,12	1,29
	Ni	25	0,4%	7	0,3%	28,0%	1,66	1,21	1,82	1,18	3,14	1,51
Uso de faros	Si	2.912	47,8%	1.136	47,0%	39,0%	2,01	0,94	2,15	0,94	3,32	1,32
	No	3.103	50,9%	1.248	51,6%	40,2%	1,88	0,89	2,06	0,88	3,15	1,28
	Ni	80	1,3%	33	1,4%	41,3%	2,14	0,95	2,28	0,96	3,51	1,26
Calidad de la moto	Bien	5.090	83,5%	1.987	82,2%	39,0%	1,95	0,91	2,11	0,90	3,22	1,30
	Mal	930	15,3%	403	16,7%	43,3%	1,92	0,93	2,09	0,93	3,30	1,33
	Ni	75	1,2%	27	1,1%	36,0%	1,98	1,20	2,10	1,20	3,54	1,21

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38. Tabulación de variables conductuales de los motociclistas antes y durante del ingreso e indicadores de conflictos en las intersecciones de tres ramales tipo T.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con Interacciones		Ratio (Accesos Totales-Interacciones)	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Velocidad de arribo a la intersección	Lento	863	14,2%	447	18,5%	51,8%	1,94	0,85	2,15	0,85	3,39	1,26
	Normal	2.883	47,3%	1.094	45,3%	37,9%	1,99	0,95	2,14	0,94	3,30	1,31
	Rápido	2.349	38,5%	876	36,2%	37,3%	1,89	0,90	2,04	0,90	3,10	1,29
Uso de direccionales de giro	Si	626	10,3%	221	9,1%	35,3%	1,90	0,90	2,05	0,87	3,31	1,36
	No	5.317	87,2%	2.141	88,6%	40,3%	1,95	0,92	2,11	0,92	3,23	1,30
	Error	152	2,5%	55	2,3%	36,2%	1,99	0,94	2,15	0,95	3,22	1,28
Parada en la intersección	No stop	2.295	37,6%	973	40,3%	42,4%	1,61	0,77	1,77	0,77	2,78	1,08
	Parcial	2.642	43,3%	966	40,0%	36,6%	2,13	0,93	2,28	0,92	3,46	1,35
	Total	1.158	19,0%	478	19,8%	41,3%	2,26	0,96	2,43	0,95	3,64	1,34
Ubicación de parada	Antes	194	5,1%	71	4,9%	36,6%	2,29	0,90	2,44	0,92	3,49	1,31
	Stop	1.110	29,2%	425	29,4%	38,3%	2,37	0,97	2,52	0,96	3,64	1,33
	Después	2.496	65,7%	948	65,7%	38,0%	2,08	0,92	2,24	0,91	3,46	1,35
Espera de ingreso intersección	Paciente	884	23,3%	333	23,1%	37,7%	2,31	0,96	2,47	0,96	3,70	1,34
	Corta	2.916	76,7%	1.111	76,9%	38,1%	2,13	0,93	2,29	0,92	3,46	1,34
Observación de ingreso de arribo	Derecha	11	0,2%	1	0,0%	9,1%	1,19	0,01	1,34	0,00	3,70	1,29
	Izquierda	3.054	50,1%	1.226	50,7%	40,1%	1,86	0,91	2,01	0,90	3,16	1,30
	Ambos	2.706	44,4%	1.052	43,5%	38,9%	2,06	0,92	2,22	0,92	3,35	1,31
Tipo de entrada antes	No	324	5,3%	138	5,7%	42,6%	1,87	0,91	2,04	0,91	2,96	1,22
	Compartido	1.808	29,7%	687	28,4%	38,0%	1,91	0,95	2,06	0,95	3,13	1,23
	Solo	3.320	54,5%	1.303	53,9%	39,2%	2,02	0,90	2,18	0,90	3,36	1,36
Posición de ingreso antes	Adelantamiento	967	15,9%	427	17,7%	44,2%	1,76	0,89	1,94	0,88	3,00	1,18
	Derecha	1.710	28,1%	603	24,9%	35,3%	1,93	0,89	2,07	0,89	3,17	1,31
	Izquierda	1.048	17,2%	426	17,6%	40,6%	1,93	0,91	2,10	0,90	3,17	1,29
Malabares o maniobras previas	Centro	2.553	41,9%	974	40,3%	38,2%	2,03	0,96	2,17	0,95	3,29	1,29
	Contravía	784	12,9%	414	17,1%	52,8%	1,80	0,85	2,00	0,84	3,29	1,31
	Si	2.667	43,8%	1.085	44,9%	40,7%	1,91	0,84	2,07	0,85	3,13	1,31
Comete errores en la conducción	No	3.428	56,2%	1.332	55,1%	38,9%	1,98	0,97	2,13	0,96	3,32	1,29
	Si	1.512	24,8%	668	27,6%	44,2%	1,84	0,83	2,03	0,83	3,19	1,29
	No	4.583	75,2%	1.749	72,4%	38,2%	1,98	0,94	2,13	0,94	3,25	1,30
Característica de observación durante	Panorámico	3.045	50,0%	1.147	47,5%	37,7%	1,96	0,93	2,12	0,92	3,28	1,32
	Foco	3.050	50,0%	1.270	52,5%	41,6%	1,93	0,90	2,10	0,90	3,19	1,28
Giro o ingreso a la intersección	Izquierda contravía	579	9,5%	347	14,4%	59,9%	1,59	0,75	1,81	0,76	3,81	1,34
	Izquierda	2.158	35,4%	931	38,5%	43,1%	1,68	0,84	1,85	0,85	3,90	1,40
	Derecha	3.358	55,1%	1.139	47,1%	33,9%	2,27	0,92	2,40	0,91	2,71	0,94
Angulo de entrada	Perpendicular	3.981	65,3%	1.496	61,9%	37,6%	1,96	0,92	2,10	0,92	3,19	1,29
	Agudo	2.114	34,7%	921	38,1%	43,6%	1,93	0,91	2,11	0,90	3,32	1,32
	Lento	1.389	22,8%	634	26,2%	45,6%	1,96	0,96	2,21	0,95	3,27	1,27
Velocidad de entrada	Normal	3.257	53,4%	1.192	49,3%	36,6%	2,00	0,91	2,08	0,90	3,27	1,32
	Rápido	1.449	23,8%	591	24,5%	40,8%	1,82	0,88	2,04	0,88	3,14	1,28
	Derecha	1.889	31,0%	686	28,4%	36,3%	2,33	0,92	2,47	0,91	2,77	1,01
Posición de ingreso nueva carril	Izquierda	1.695	27,8%	810	33,5%	47,8%	1,64	0,81	1,82	0,81	3,79	1,37
	Centro	2.246	36,8%	757	31,3%	33,7%	2,00	0,92	2,14	0,92	3,14	1,27
	Contravía	265	4,3%	164	6,8%	61,9%	1,59	0,75	1,82	0,74	3,80	1,42
Intención del conductor durante	Arriesgado	3.850	63,2%	1.664	68,8%	43,2%	1,63	0,73	1,80	0,74	2,61	0,93
	Calmado	2.245	36,8%	753	31,2%	33,5%	2,65	0,90	2,78	0,90	4,31	1,13
Presión de ingreso	Si	481	7,9%	226	9,4%	47,0%	1,83	0,83	1,99	0,82	3,13	1,32
	No	5.614	92,1%	2.191	90,6%	39,0%	1,96	0,92	2,12	0,92	3,24	1,30
Tipo de entrada durante	Solo	4.038	66,2%	1.586	65,6%	39,3%	1,91	0,89	2,06	0,88	3,22	1,33
	Adelantamiento	632	10,4%	252	10,4%	39,9%	1,92	0,89	2,10	0,87	3,17	1,29
	Compartido	1.425	23,4%	579	24,0%	40,6%	2,07	1,00	2,24	0,99	3,30	1,23

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 39. Tabulación de conflictos viales de motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T.

Categoría		Accesos con interacciones (Conflictos potenciales)		TTC		PET		TE	
		N	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Maniobra de entrada	Frente uno	1.597	66,1%	1,93	0,89	2,08	0,89	3,21	1,33
	Después uno	471	19,5%	2,04	1,00	2,21	0,98	3,07	1,22
	Entre 2's vehículos	257	10,6%	2,01	0,93	2,16	0,92	3,22	1,27
	Contravía	92	3,8%	1,67	0,86	1,83	0,85	3,98	1,24
Vehículo de interacción	Moto	1.428	59,1%	1,96	0,92	2,12	0,91	3,20	1,31
	Carro	835	34,5%	1,93	0,92	2,09	0,91	3,23	1,31
	Bus/busetas	64	2,6%	1,98	0,99	2,08	0,99	3,25	1,24
	Camiones	88	3,6%	1,95	0,83	2,08	0,85	3,15	1,41
	Otros	2	0,1%	2,68	0,88	2,95	0,78	4,38	2,33
Arribo simultáneo	Si	541	22,4%	1,95	0,94	2,10	0,93	3,28	1,34
	No	1.876	77,6%	1,94	0,91	2,11	0,91	3,19	1,30
Acción evasiva	Si	851	35,2%	1,77	0,82	2,05	0,83	3,20	1,28
	No	1.566	64,8%	2,04	0,95	2,13	0,96	3,22	1,33

Fuente: Elaboración propia.

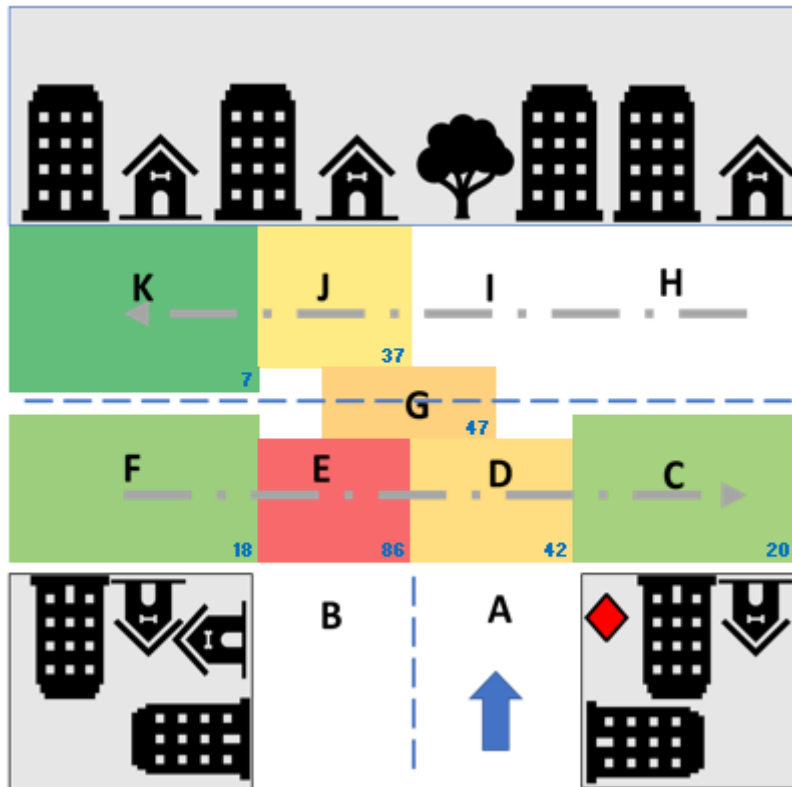
Anexo 40. Contraste de variables de estudio para motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T con indicadores PET y TE.

Categoría		Ingresos con interacción		PET<1 Segundos		PET		P-valor	TE		P-valor
		N	%	N	%	Media	D.E		Media	D.E	
Franja horaria	Valle	1.000	41%	108	42%	2,18	0,97	0,00*	3,52	1,31	0,00*
	Pico	1.417	59%	149	58%	2,05	0,86		3,01	1,25	
Flujo	Moderado	1.276	53%	152	59%	1,99	0,84	0,00*	3,06	1,29	0,00*
	Alto	1.141	47%	105	41%	2,23	0,98		3,48	1,28	
Chicana	Corta	1.654	68%	159	62%	2,18	0,94	0,00*	3,23	1,24	0,56
	Amplia	763	32%	98	38%	1,94	0,82		3,25	1,39	
Geometría de la intersección	Oblicuo	879	36%	88	34%	2,03	0,82	0,00*	3,57	1,41	0,00*
	Perpendicular	1.538	64%	169	66%	2,15	0,96		3,13	1,25	
Visibilidad derecha	Moderado	1.112	46%	123	48%	2,12	0,93	0,56	3,17	1,32	0,02*
	Amplio	1.305	54%	134	52%	2,09	0,90		3,31	1,28	
Visibilidad izquierda	Moderado	1.003	41%	112	44%	2,15	0,96	0,04*	3,05	1,19	0,00*
	Amplio	1.414	59%	145	56%	2,07	0,87		3,40	1,37	
Tipo de motociclista	Mototaxista	1.616	67%	192	75%	2,05	0,90	0,00*	3,20	1,29	0,16
	Otros	801	33%	65	25%	2,21	0,93		3,30	1,32	
Número de pasajeros	1	1.493	62%	163	63%	2,11	0,93	0,78	3,30	1,31	0,00*
	2 o más	924	38%	94	37%	2,10	0,88		3,14	1,29	
Género de conductor	Hombre	2.351	97%	252	98%	2,10	0,91	0,24	3,23	1,30	0,47
	Mujer	54	2%	4	2%	2,25	0,86		3,38	1,43	
Chaleco motociclista	Si	696	29%	67	26%	2,15	0,91	0,12	3,19	1,29	0,33
	No	1.711	71%	189	74%	2,09	0,91		3,26	1,31	
Protección solar	Si	690	29%	76	30%	2,07	0,88	0,04*	3,24	1,33	0,61
	No	1.458	60%	140	54%	2,15	0,93		3,21	1,29	
Protección adicional de conductor	No	2.051	85%	213	83%	2,11	0,92	0,20	3,23	1,30	0,52
	Si	342	14%	42	16%	2,05	0,87		3,29	1,34	
Cilindraje de la motocicleta	90-150	2.223	92%	234	91%	2,11	0,91	0,09	3,25	1,30	0,21
	Mayor de 150	169	7%	22	9%	1,98	0,90		3,10	1,22	
Modelo de motocicleta	Nueva	1.673	69%	178	69%	2,11	0,93	0,62	3,24	1,30	0,82
	Antigua	710	29%	75	29%	2,09	0,86		3,23	1,30	
Espejos	Si	1.547	64%	154	60%	2,15	0,93	0,00*	3,30	1,30	0,00*
	No	863	36%	101	39%	2,03	0,87		3,12	1,29	
Uso de faros	Si	1.136	47%	116	45%	2,15	0,94	0,01*	3,32	1,32	0,00*
	No	1.248	52%	139	54%	2,06	0,88		3,15	1,28	
Uso de direccionales de giro	Si	221	9%	21	8%	2,05	0,87	0,35	3,31	1,36	0,43
	No	2.141	89%	231	90%	2,11	0,92		3,23	1,30	
Espera de ingreso intersección	Paciente	333	14%	17	7%	2,47	0,96	0,00*	3,70	1,34	0,00*
	Corta	1.111	46%	77	30%	2,29	0,92		3,46	1,34	
Malabares o maniobras previas	Si	1.085	45%	109	42%	2,07	0,85	0,13	3,13	1,31	0,00*
	No	1.332	55%	148	58%	2,13	0,96		3,32	1,29	
Comete errores en la conducción	Si	668	28%	62	24%	2,03	0,83	0,02*	3,19	1,29	0,32
	No	1.749	72%	195	76%	2,13	0,94		3,25	1,30	
Característica de observación durante	Panorámico	1.147	47%	116	45%	2,12	0,92	0,76	3,28	1,32	0,13
	Foco	1.270	53%	141	55%	2,10	0,90		3,19	1,28	
Giro o ingreso a la intersección	Izquierda	1.278	53%	212	82%	1,84	0,82	0,00*	3,88	1,39	0,00*
	Derecha	1.139	47%	45	18%	2,40	0,91		2,71	0,94	
Detiene	No para	973	40%	163	63%	1,77	0,77	0,00*	2,78	1,08	0,00*
	Para	1.444	60%	94	37%	2,33	0,93		3,51	1,35	
Intención del conductor durante	Arriesgado	1.664	69%	247	96%	1,80	0,74	0,00*	2,61	0,93	0,01*
	Calmado	753	31%	10	4%	2,78	0,90		4,31	1,13	
Presión de ingreso	Si	226	9%	27	11%	1,99	0,82	0,02*	3,13	1,32	0,18
	No	2.191	91%	230	89%	2,12	0,92		3,24	1,30	
Vehículo de interacción	Moto	1.428	59%	144	56%	2,12	0,91	0,54	3,20	1,31	0,39
	No moto	989	41%	113	44%	2,09	0,91		3,24	1,30	
Arribo simultáneo	Si	541	22%	61	24%	2,10	0,93	0,91	3,28	1,34	0,21
	No	1.876	78%	196	76%	2,11	0,91		3,19	1,30	
Acción evasiva	Si	851	35%	80	31%	2,05	0,83	0,03*	3,20	1,28	0,62
	No	1.566	65%	177	69%	2,13	0,96		3,22	1,33	

* Diferencia estadísticamente significativa, según prueba Mann-Whitney (valor-p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

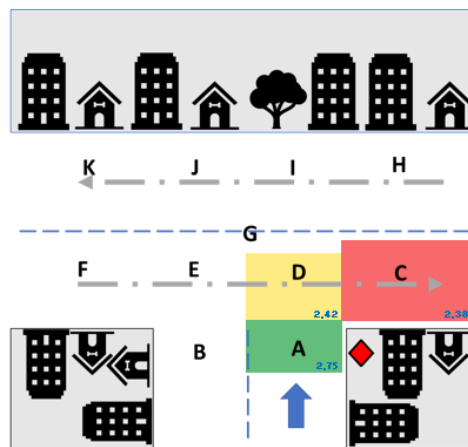
Anexo 41. Frecuencia de conflictos serios por zonas (PET<1 segundo) en las intersecciones de tres ramales tipo T.



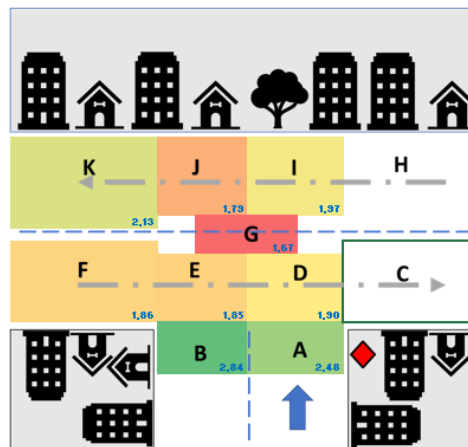
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 42. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de las motocicletas en las intersecciones de tres ramales tipo T.

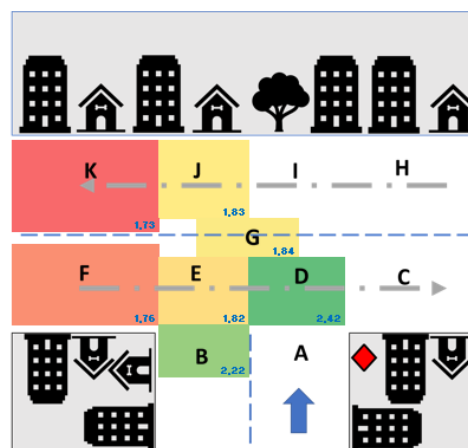
a) Derecha



b) Izquierda



c) Izquierda contravía



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 43. Tabulación de variables observacionales en automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con Interacciones		Ratio	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	DE
Franja horaria	Valle	977	37,4%	408	36,3%	41,8%	2,58	1,08	2,70	1,06	5,27	1,63
	Pico	1.636	62,6%	715	63,7%	43,7%	2,53	1,08	2,66	1,06	5,19	1,48
Calidad vía	Bueno	993	38,0%	512	45,6%	51,6%	2,51	1,08	2,67	1,05	5,02	1,40
	Regular-mal	1.620	62,0%	611	54,4%	37,7%	2,58	1,08	2,67	1,06	5,35	1,61
Flujo vehicular	Moderado	1.432	54,8%	528	47,0%	36,9%	2,77	1,11	2,86	1,09	5,38	1,48
	Alto	1.181	45,2%	595	53,0%	50,4%	2,36	1,02	2,51	1,00	5,03	1,58
Tipo de actor vial	Automóvil	2.294	87,8%	990	88,2%	43,2%	2,52	1,06	2,64	1,04	5,20	1,53
	Autobús	171	6,5%	71	6,3%	41,5%	2,74	1,16	2,84	1,16	5,51	1,58
Tipo de servicio	Camiones	148	5,7%	62	5,5%	41,9%	2,86	1,20	2,95	1,18	5,30	1,58
	Privado	1.769	67,7%	746	66,4%	42,2%	2,53	1,06	2,65	1,04	5,16	1,55
Color de vehículo	Publico	844	32,3%	377	33,6%	44,7%	2,59	1,12	2,71	1,10	5,35	1,51
	Oscuro	953	36,5%	415	37,0%	43,5%	2,57	1,13	2,69	1,10	5,33	1,51
Polarizado	Claro	896	34,3%	392	34,9%	43,8%	2,50	1,07	2,64	1,05	5,13	1,58
	Fluorescente	764	29,2%	316	28,1%	41,4%	2,58	1,02	2,69	1,01	5,20	1,52
Velocidad de arribo a la intersección	Si	2.052	78,5%	884	78,7%	43,1%	2,56	1,09	2,68	1,06	5,21	1,52
	No	561	21,5%	239	21,3%	42,6%	2,52	1,06	2,64	1,04	5,26	1,62
Uso de direccionales de giro	Lento	826	31,6%	435	38,7%	52,7%	2,41	1,06	2,57	1,03	5,31	1,59
	Normal	1.416	54,2%	549	48,9%	38,8%	2,68	1,07	2,78	1,06	5,18	1,51
Parada en la intersección	Rápido	371	14,2%	139	12,4%	37,5%	2,44	1,13	2,57	1,12	5,18	1,54
	Si	1.647	63,0%	719	64,0%	43,7%	2,59	1,07	2,71	1,05	5,29	1,56
Ubicación de parada	No	888	34,0%	380	33,8%	42,8%	2,46	1,09	2,59	1,06	5,11	1,48
	Error	78	3,0%	24	2,1%	30,8%	2,64	1,14	2,69	1,14	5,07	1,72
Espera de ingreso intersección	No stop	290	11,1%	129	11,5%	44,5%	2,05	1,00	2,16	0,99	4,08	1,34
	Parcial	1.069	40,9%	430	38,3%	40,2%	2,59	1,09	2,71	1,07	5,33	1,47
Tipo de entrada antes	Total	1.254	48,0%	564	50,2%	45,0%	2,63	1,06	2,76	1,03	5,39	1,53
	Antes	149	5,7%	52	5,2%	34,9%	2,75	1,17	2,85	1,12	5,64	1,55
Posición de ingreso antes	Stop	1.222	46,7%	505	50,8%	41,3%	2,74	1,09	2,86	1,07	5,32	1,50
	Después	952	36,4%	437	44,0%	45,9%	2,45	1,02	2,58	1,00	5,38	1,50
Malabares o maniobras previas	Na	290	11,1%	129	11,5%	44,5%	2,05	1,00	2,16	0,99	4,08	1,34
	Paciente	479	18,3%	203	18,1%	42,4%	2,78	1,06	2,90	1,04	5,50	1,56
Comete errores en la conducción	Corta	1.844	70,5%	791	70,4%	42,9%	2,57	1,07	2,70	1,05	5,33	1,49
	Compartido	443	16,9%	242	21,5%	54,6%	2,19	1,01	2,33	0,98	5,10	1,66
Giro o ingreso a la intersección	Solo	2.150	82,2%	872	77,6%	40,6%	2,65	1,08	2,77	1,06	5,25	1,51
	Adelantamiento	20	0,8%	9	0,8%	45,0%	2,12	1,05	2,25	1,01	5,08	1,63
Flujo de vehículos	Derecha	194	7,4%	73	6,5%	37,6%	2,42	1,18	2,52	1,19	5,07	1,59
	Izquierda	157	6,0%	78	6,9%	49,7%	2,48	1,00	2,62	0,98	5,59	1,74
Angulo de entrada	Centro	2.253	86,2%	968	86,2%	43,0%	2,57	1,08	2,69	1,05	5,21	1,52
	Contravía	9	0,3%	4	0,4%	44,4%	1,92	1,28	2,09	1,23	4,82	2,07
Velocidad de entrada	Si	782	29,9%	339	30,2%	43,4%	2,49	1,10	2,63	1,07	5,16	1,55
	No	1.831	70,0%	784	69,8%	42,8%	2,57	1,07	2,69	1,05	5,25	1,54
Presión de ingreso	Comete errores en la conducción	338	12,9%	150	13,4%	44,4%	2,37	1,08	2,51	1,06	5,07	1,64
	No	2.275	87,0%	973	86,6%	42,8%	2,58	1,08	2,70	1,06	5,24	1,52
Intención del conductor durante	Izquierda contravía	63	2,4%	26	2,3%	41,3%	1,66	0,70	1,83	0,68	5,67	1,49
	Izquierda	985	37,7%	516	45,9%	52,4%	2,12	0,95	2,26	0,94	6,24	1,47
Tipo de entrada durante	Derecha	1.565	59,9%	581	51,7%	37,1%	2,97	1,02	3,07	1,01	4,56	1,19
	Alto	579	22,1%	261	23,2%	45,1%	2,06	0,95	2,20	0,93	4,73	1,49
Arriesgado	Medio	1.068	40,9%	503	44,8%	47,1%	2,39	1,02	2,51	0,99	5,05	1,48
	Bajo	966	37,0%	359	32,0%	37,2%	3,12	1,01	3,24	0,98	5,71	1,51
Calmado	Perpendicular	2.173	83,1%	917	81,7%	42,2%	2,54	1,07	2,66	1,05	5,22	1,55
	Agudo	440	16,8%	206	18,3%	46,8%	2,61	1,13	2,74	1,09	5,25	1,47
Presión de ingreso	Lento	565	21,6%	309	27,5%	54,7%	2,34	1,00	2,57	0,98	5,46	1,67
	Normal	1.793	68,6%	695	61,9%	38,8%	2,65	1,11	2,71	1,10	5,16	1,51
Tipo de entrada durante	Rápido	255	9,8%	119	10,6%	46,7%	2,47	1,04	2,69	1,01	5,16	1,44
	Derecha	284	10,9%	125	11,1%	44,0%	2,53	1,06	2,65	1,03	5,20	1,63
Intención del conductor durante	Izquierda	475	18,2%	293	26,1%	61,7%	2,40	1,02	2,57	0,99	5,31	1,55
	Centro	1.811	69,3%	682	60,7%	37,7%	2,62	1,10	2,72	1,09	5,19	1,53
Presión de ingreso	Contravía	43	1,6%	23	2,0%	53,5%	2,64	1,14	2,81	1,11	5,57	1,35
	Arriesgado	1.015	38,8%	520	46,3%	51,2%	1,81	0,80	1,95	0,79	4,07	1,29
Tipo de entrada durante	Calmado	1.598	61,1%	603	53,7%	37,7%	3,19	0,86	3,30	0,84	5,96	1,20
	Si	350	13,4%	167	14,9%	47,7%	2,53	1,08	2,67	1,07	5,36	1,54
Tipo de entrada durante	No	2.263	86,6%	956	85,1%	42,2%	2,55	1,08	2,67	1,06	5,20	1,54
	Solo	1.902	72,8%	802	71,4%	42,2%	2,50	1,07	2,62	1,05	5,22	1,57
Tipo de entrada durante	Adelantamiento	22	0,8%	11	1,0%	50,0%	2,45	1,38	2,60	1,28	5,39	1,55
	Compartido	689	26,4%	310	27,6%	45,0%	2,68	1,08	2,80	1,06	5,23	1,45

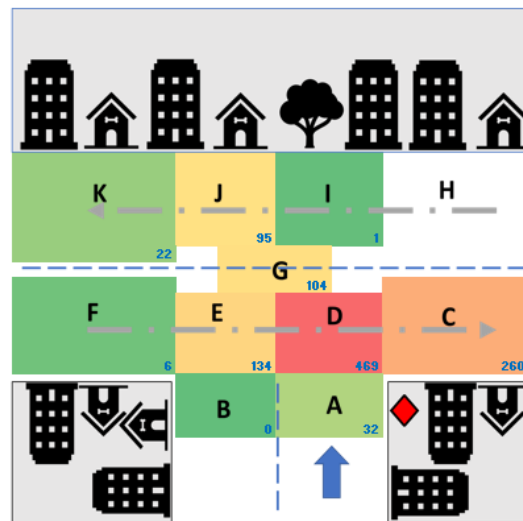
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 44. Tabulación de conflictos viales de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.

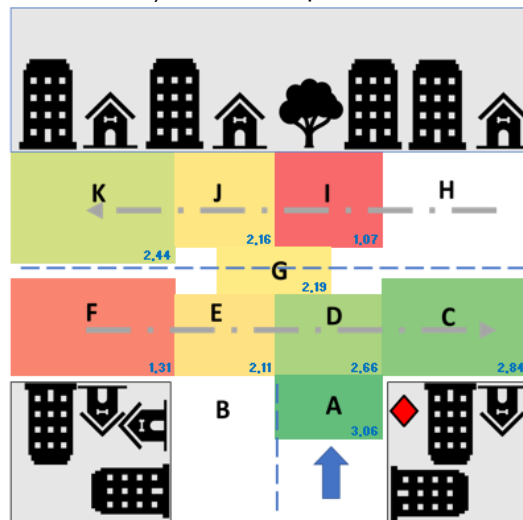
Categoría		Ingresos con Interacciones		TTC		PET		TE	
		N	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Maniobra de entrada	Frente uno	783	69,7%	2,56	1,09	2,68	1,07	5,20	1,55
	Después uno	225	20,0%	2,54	1,06	2,65	1,04	5,37	1,75
	Entre 2's vehículos	111	9,9%	2,52	1,06	2,65	1,05	4,77	1,42
	Contravía	4	0,4%	2,08	0,54	2,17	0,39	5,64	1,27
Vehículo de interacción	Carro	356	31,7%	2,50	1,07	2,62	1,04	5,13	1,61
	Moto	675	60,1%	2,55	1,08	2,67	1,07	5,27	1,59
	Bus/buseta	50	4,5%	2,78	1,17	2,88	1,13	4,93	1,50
	Camiones	42	3,7%	2,77	0,97	2,89	0,96	4,63	1,37
Arribo simultáneo	Si	225	20,0%	2,50	1,11	2,62	1,09	4,98	1,63
	No	898	80,0%	2,56	1,07	2,69	1,05	5,25	1,57
Acción evasiva	Si	345	30,7%	2,28	1,00	2,55	0,99	5,25	1,62
	No	778	69,3%	2,67	1,09	2,73	1,08	5,17	1,57

Fuente: Elaboración propia.

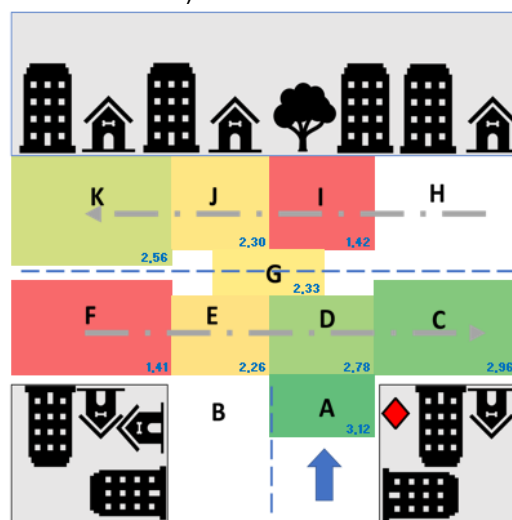
Anexo 45. Desempeño de conflictos de automóviles, autobuses y camiones por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas definidas para una intersección tipo T.



a) Frecuencia por zona



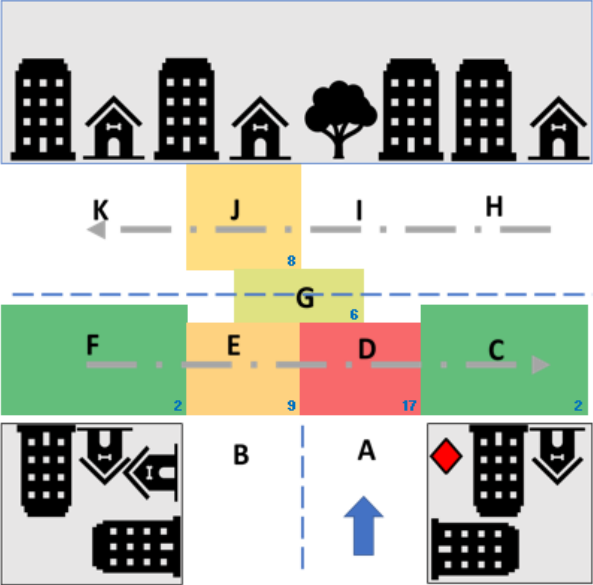
b) Indicador TTC



c) Indicador PET

Fuente: Elaboración propia.

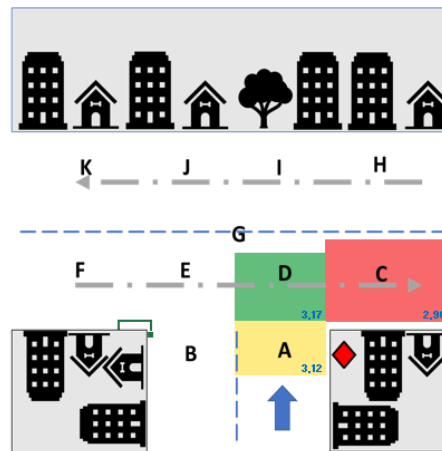
Anexo 46. Frecuencia de conflictos serios de automóviles, autobuses y camiones por Zonas (PET<1 Segundo) en las intersecciones de tres ramales tipo T.



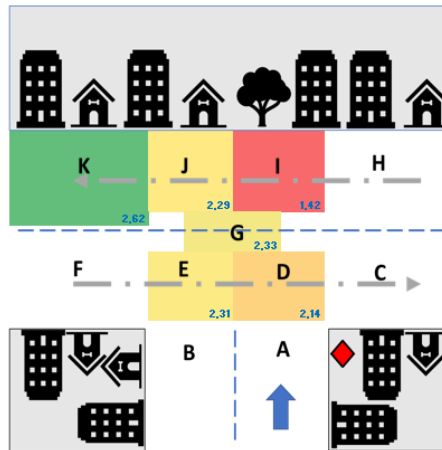
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 47. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de tres ramales tipo T.

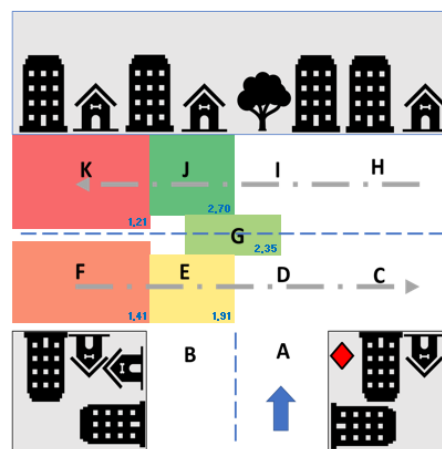
a) Derecha



b) Izquierda



c) Izquierda contravía



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 48. Tabulación de variables espaciotemporales, uso de motocicleta, vestuario y elementos de protección, y características de la motocicleta en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio (Ingresos totales- interacciones) %	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Dirección	Dg 32 - Tv 84	852	20,4%	405	21,3%	47,5%	1,78	0,81	2,03	0,76	3,92	1,32
	Cl 30 - Cra 44	387	9,2%	216	11,4%	55,8%	1,84	0,83	2,06	0,80	3,33	1,38
	Cl 31b - Cra 56	356	8,5%	128	6,7%	36,0%	1,93	0,92	2,14	0,87	2,58	1,02
	Cl 15 - Cra 74	1.130	27,0%	523	27,5%	46,3%	1,95	0,95	2,18	0,91	3,09	1,41
	Cra 30- Cra 34	491	11,7%	219	11,5%	44,6%	1,72	0,72	1,91	0,69	3,40	1,07
	Cl 30 - Cra 53	649	15,5%	262	13,8%	40,4%	1,86	0,85	2,06	0,84	3,09	1,28
Franja horaria	Cl 30 - Cra 55	321	7,7%	150	7,9%	46,7%	2,04	0,99	2,23	0,97	3,44	1,50
	Valle	1.414	33,8%	653	34,3%	46,2%	1,89	0,90	2,11	0,86	3,14	1,35
Día	Pico	2.772	66,2%	1.250	65,7%	45,1%	1,86	0,87	2,07	0,83	3,38	1,36
	Lunes	177	4,2%	65	3,4%	36,7%	2,01	1,06	2,23	0,99	2,70	1,30
Calidad vía	Martes	1.385	33,1%	621	32,6%	44,8%	1,92	0,92	2,13	0,89	3,12	1,37
	Miércoles	913	21,8%	428	22,5%	46,9%	1,82	0,84	2,03	0,81	3,26	1,25
	Jueves	1.067	25,5%	488	25,6%	45,7%	1,88	0,86	2,10	0,83	3,35	1,33
	Viernes	644	15,4%	301	15,8%	46,7%	1,77	0,80	2,02	0,76	3,84	1,40
Flujo vehicular	Bueno	677	16,2%	278	14,6%	41,1%	1,99	0,96	2,19	0,92	2,99	1,34
	Regular-mal	3.509	83,8%	1.625	85,4%	46,3%	1,85	0,86	2,07	0,82	3,36	1,36
Número de pasajeros	Moderado	2.020	48,3%	902	47,4%	44,7%	1,83	0,84	2,05	0,80	3,48	1,33
	Alto	2.166	51,7%	1.001	52,6%	46,2%	1,90	0,90	2,12	0,87	3,13	1,37
	1	1.929	46,1%	873	45,9%	45,3%	1,87	0,86	2,09	0,83	3,35	1,35
Tipo de servicio	2	2.073	49,5%	951	50,0%	45,9%	1,87	0,89	2,09	0,85	3,26	1,37
	3	177	4,2%	77	4,0%	43,5%	1,78	0,86	1,97	0,81	3,34	1,34
	Mototaxista	2.238	53,5%	1.023	53,8%	45,7%	1,80	0,86	2,02	0,82	3,36	1,37
	Laboral	746	17,8%	337	17,7%	45,2%	2,02	0,91	2,25	0,87	3,30	1,34
	Particular	948	22,6%	419	22,0%	44,2%	1,89	0,87	2,09	0,84	3,26	1,36
Edad de conductor	Oficial	44	1,1%	22	1,2%	50,0%	2,15	0,89	2,35	0,83	3,05	1,22
	Ni	210	5,0%	102	5,4%	48,6%	1,90	0,86	2,09	0,85	3,00	1,37
	Joven	1.962	46,9%	894	47,0%	45,6%	1,81	0,86	2,03	0,83	3,29	1,38
	Adulto joven	1.646	39,3%	727	38,2%	44,2%	1,94	0,90	2,16	0,87	3,32	1,36
Género de conductor	Adulto mayor	350	8,4%	166	8,7%	47,4%	1,91	0,86	2,11	0,82	3,31	1,31
	Ni	228	5,4%	116	6,1%	50,9%	1,82	0,77	2,01	0,75	3,26	1,36
	Hombre	4.059	97,0%	1.845	97,0%	45,5%	1,87	0,87	2,08	0,83	3,30	1,37
Peso conductor	Mujer	79	1,9%	33	1,7%	41,8%	1,98	1,02	2,18	1,02	3,42	1,24
	Ni	48	1,1%	25	1,3%	52,1%	1,94	1,10	2,18	1,09	3,01	1,22
	Delgado	355	8,5%	159	8,4%	44,8%	1,89	0,89	2,11	0,86	3,25	1,33
Chaleco motociclista	Normal	3.240	77,4%	1.467	77,1%	45,3%	1,85	0,88	2,07	0,85	3,30	1,36
	Grueso	409	9,8%	201	10,6%	49,1%	1,88	0,81	2,11	0,78	3,38	1,38
	Sobrepeso	182	4,3%	76	4,0%	41,8%	2,08	0,82	2,27	0,79	3,31	1,38
Tipo de ropa de conductor	Si	1.215	29,0%	552	29,0%	45,4%	1,90	0,91	2,12	0,87	3,40	1,37
	No	2.971	71,0%	1.351	71,0%	45,5%	1,86	0,86	2,07	0,83	3,26	1,36
	Informal	2.959	70,7%	1.326	69,7%	44,8%	1,87	0,88	2,08	0,85	3,32	1,37
Colores ropa de conductor	Formal	814	19,4%	380	20,0%	46,7%	1,90	0,87	2,13	0,83	3,31	1,36
	Trabajo	413	10,0%	197	10,0%	47,7%	1,82	0,85	2,05	0,81	3,20	1,29
	Oscuro	2.887	69,0%	1.320	69,4%	45,7%	1,86	0,86	2,08	0,83	3,31	1,37
Casco conductor - motociclistas	Fluorescente	438	10,5%	194	10,2%	44,3%	1,92	0,86	2,15	0,82	3,36	1,39
	Claro	861	20,6%	389	20,4%	45,2%	1,86	0,92	2,07	0,88	3,25	1,34
	Bien	3.579	85,5%	1.643	86,3%	45,9%	1,87	0,88	2,08	0,84	3,30	1,36
Tipo de casco conductor-motociclista	Medio	308	7,4%	127	6,7%	41,2%	1,85	0,89	2,08	0,85	3,30	1,41
	No	143	3,4%	60	3,2%	42,0%	1,92	0,88	2,13	0,81	3,35	1,36
	Cuerpo	93	2,2%	40	2,1%	43,0%	1,80	0,84	2,06	0,80	3,45	1,26
Protector de visor de casco motociclista	Moto	63	1,5%	33	1,7%	52,4%	2,00	0,73	2,22	0,70	3,36	1,38
	Completo	2.964	70,8%	1.345	70,7%	45,4%	1,88	0,88	2,10	0,85	3,31	1,36
	Abatible	732	17%	330	17,3%	45%	1,84	0,88	2,06	0,83	3,26	1,38
Protección solar	Canasta	105	2,5%	47	2,5%	44,8%	1,61	0,79	1,85	0,73	3,38	1,43
	Ni	385	9,2%	181	9,5%	47,0%	1,87	0,83	2,08	0,79	3,31	1,35
	Adecuado	719	17,2%	354	18,6%	49,2%	1,88	0,86	2,10	0,81	3,37	1,38
Color casco conductor	Sin	1.121	26,8%	510	26,8%	45,5%	1,83	0,85	2,05	0,83	3,29	1,40
	Con sin uso	1.696	40,5%	735	38,6%	43,3%	1,87	0,89	2,09	0,86	3,30	1,34
	Ni	650	15,5%	304	16,0%	46,8%	1,90	0,90	2,12	0,86	3,26	1,35
Tipo de zapato de motociclista	Si	653	15,6%	308	16,2%	47,2%	1,89	0,85	2,11	0,81	3,45	1,38
	No	2.644	63,2%	1.189	62,5%	45,0%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,28	1,37
	Ni	889	21,2%	406	21,3%	45,7%	1,88	0,90	2,09	0,87	3,28	1,32
Protección adicional de conductor	Oscuro	2.618	62,5%	1.198	63,0%	45,8%	1,89	0,88	2,10	0,84	3,30	1,37
	Claro	825	19,7%	374	19,7%	45,3%	1,84	0,90	2,06	0,87	3,31	1,36
	Fluorescente	414	9,9%	180	9,5%	43,5%	1,75	0,84	1,99	0,81	3,30	1,28
Postura de motociclista	Ni	329	7,9%	151	7,9%	45,9%	1,91	0,80	2,13	0,77	3,31	1,41
	Sport	2.560	61,2%	1.151	60,5%	45,0%	1,88	0,89	2,10	0,85	3,32	1,38
	Abierto	308	7,4%	148	7,8%	48,1%	1,83	0,81	2,04	0,80	3,22	1,31
Protección adicional de conductor	Bota	633	15,1%	288	15,1%	45,5%	1,82	0,87	2,04	0,83	3,25	1,34
	Formal	685	16,4%	316	16,6%	46,1%	1,90	0,87	2,11	0,83	3,31	1,35
	No	2.926	69,9%	1.339	70,4%	45,8%	1,87	0,88	2,09	0,85	3,32	1,35
Postura de motociclista	Si	865	20,7%	384	20,2%	44,4%	1,81	0,83	2,03	0,79	3,28	1,38
	Ni	395	9,4%	180	9,5%	45,6%	1,96	0,91	2,19	0,86	3,25	1,41
	Encorvado	564	13,5%	251	13,2%	44,5%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,33	1,36
Postura de motociclista	Recto	3.375	80,6%	1.548	81,3%	45,9%	1,86	0,88	2,08	0,84	3,29	1,36
	Reclinado	247	5,9%	104	5,5%	42,1%	1,96	0,88	2,17	0,85	3,42	1,42

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio (Ingresos totales-interacciones)	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Conduce hablando	No	3.608	86,2%	1.605	84,3%	44,5%	1,88	0,88	2,09	0,84	3,31	1,36
	Pasajero	225	5,4%	110	5,8%	48,9%	1,86	0,93	2,07	0,87	3,28	1,33
	Entorno	285	6,8%	153	8,0%	53,7%	1,82	0,83	2,04	0,80	3,26	1,36
	Celular	68	1,6%	35	1,8%	51,5%	1,83	0,93	2,06	0,92	3,30	1,37
Chaleco pasajero	Si	1.708	40,8%	786	41,3%	46,0%	1,85	0,88	2,07	0,83	3,29	1,36
	No	523	12,5%	229	12,0%	43,8%	1,93	0,94	2,13	0,93	3,19	1,40
	Na	1.929	46,1%	873	45,9%	45,3%	1,87	0,86	2,09	0,83	3,35	1,35
	Ni	26	0,6%	15	0,8%	57,7%	1,61	0,39	1,84	0,36	3,45	1,52
Casco de pasajero	Bien	354	8,5%	152	8,0%	42,9%	1,90	0,89	2,10	0,86	3,39	1,41
	No	638	15,2%	305	16,0%	47,8%	2,00	0,89	2,22	0,86	3,24	1,33
	Moto	444	10,6%	204	10,7%	45,9%	1,76	0,82	1,98	0,79	3,47	1,41
	Extremidad pasajero	322	7,7%	150	7,9%	46,6%	1,82	0,85	2,04	0,82	3,30	1,38
	Extremidad conductor	2.345	56,0%	1.057	55,5%	45,1%	1,85	0,88	2,07	0,84	3,27	1,35
	Medio	83	2,0%	35	1,8%	42,2%	2,06	0,84	2,26	0,80	3,27	1,42
Tipo de casco de pasajero	Completo	2.572	61,4%	1.175	61,7%	45,7%	1,83	0,87	2,05	0,83	3,30	1,36
	Abatible	491	11,7%	219	11,5%	44,6%	1,85	0,86	2,06	0,83	3,24	1,36
	Canasta	83	2,0%	29	1,5%	34,9%	1,78	0,69	2,02	0,66	3,69	1,43
	Na	904	21,6%	416	21,9%	46,0%	1,97	0,92	2,19	0,88	3,33	1,35
	Ni	136	3,2%	64	3,4%	47,1%	1,95	0,87	2,14	0,84	3,23	1,32
	Oscuro	2.419	57,8%	1.092	57,4%	45,1%	1,83	0,86	2,05	0,82	3,30	1,36
Color casco pasajero	Fluorescente	391	9,3%	179	9,4%	45,8%	1,87	0,89	2,09	0,85	3,22	1,37
	Claro	450	10,8%	207	10,9%	46,0%	1,86	0,87	2,07	0,85	3,36	1,40
	Ni	22	0,5%	9	0,5%	40,9%	1,67	0,82	1,83	0,82	3,25	1,46
Manipulación de carga en moto	No	3.994	95,4%	1.815	95,4%	45,4%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,30	1,36
	Sobredimensiona	158	3,8%	68	3,6%	43,0%	1,98	0,91	2,19	0,89	3,35	1,36
	Contenedor	34	0,8%	20	1,1%	58,8%	1,94	0,87	2,13	0,88	3,33	1,39
Tipo de motocicletas	Estándar	3.339	79,8%	1.524	80,1%	45,6%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,32	1,35
	Scooter	470	11,2%	215	11,3%	45,7%	1,85	0,86	2,06	0,83	3,20	1,39
	Monaleta	37	0,9%	15	0,8%	40,5%	1,71	0,79	1,94	0,71	2,83	1,32
	Deportiva / todoterreno	184	4,4%	83	4,4%	45,1%	1,90	0,90	2,10	0,86	3,45	1,35
	Tri-cuatri-moto	60	1,4%	32	1,7%	53,3%	1,79	0,80	1,97	0,77	3,28	1,46
	Ni	64	1,5%	23	1,2%	35,9%	1,92	0,95	2,21	0,91	3,21	1,39
Cilindraje de la motocicleta	Eléctrica	32	0,8%	11	0,6%	34,4%	1,73	0,69	1,91	0,64	3,34	1,46
	90-150	3.912	93,5%	1.780	93,5%	45,5%	1,88	0,88	2,10	0,85	3,32	1,36
	Mayor de 150	164	3,9%	79	4,2%	48,2%	1,74	0,78	1,92	0,74	3,01	1,38
	Ni	78	1,9%	33	1,7%	42,3%	1,74	0,90	1,97	0,87	3,03	1,20
	Eléctrica	32	0,8%	11	0,6%	34,4%	1,73	0,69	1,91	0,64	3,34	1,46
	Claro	463	11,1%	199	10,5%	43,0%	1,82	0,85	2,05	0,82	3,25	1,30
Color de motocicleta	Oscuro	3.218	76,9%	1.476	77,6%	45,9%	1,87	0,87	2,08	0,84	3,32	1,37
	Fluorescente	377	9,0%	166	8,7%	44,0%	1,93	0,94	2,15	0,90	3,29	1,40
	Ni	128	3,1%	62	3,3%	48,4%	1,88	0,88	2,12	0,82	3,21	1,31
Modelo de motocicleta	Nueva	2.722	65,0%	1.239	65,1%	45,5%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,32	1,36
	Antigua	1.242	29,7%	576	30,3%	46,4%	1,85	0,87	2,05	0,84	3,31	1,37
	Ni	222	5,3%	88	4,6%	39,6%	1,96	0,88	2,18	0,82	3,08	1,35
Espejos	Si	2.977	71,1%	1.358	71,4%	45,6%	1,87	0,87	2,08	0,83	3,32	1,38
	No	865	20,7%	387	20,3%	44,7%	1,90	0,91	2,12	0,88	3,30	1,32
	Ni	344	8,2%	158	8,3%	45,9%	1,81	0,83	2,03	0,81	3,17	1,28
Uso de faros	Si	976	23,3%	482	25,3%	49,4%	1,92	0,89	2,13	0,87	3,39	1,39
	No	2.948	70,4%	1.302	68,4%	44,2%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,28	1,36
	Ni	262	6,3%	119	6,3%	45,4%	1,83	0,82	2,04	0,80	3,28	1,25
Calidad de la moto	Bien	3.378	80,7%	1.542	81,0%	45,6%	1,90	0,88	2,11	0,85	3,29	1,36
	Mal	610	14,6%	272	14,3%	44,6%	1,74	0,83	1,96	0,80	3,38	1,37
	Ni	198	4,7%	89	4,7%	44,9%	1,79	0,84	2,01	0,84	3,25	1,39

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 49. Tabulación de variables conductuales de los motociclistas antes y durante del ingreso e indicadores de conflictos en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio (Ingresos totales-interacciones)	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Velocidad de arribo a la intersección	Lento	888	21,2%	403	21,2%	45,4%	1,90	0,87	2,12	0,83	3,35	1,35
	Normal	2.152	51,4%	979	51,4%	45,5%	1,92	0,90	2,13	0,86	3,33	1,38
	Rápido	1.146	27,4%	521	27,4%	45,5%	1,75	0,82	1,97	0,79	3,22	1,34
Uso de direccionales de giro	Si	236	5,6%	128	6,7%	54,2%	2,05	0,89	2,25	0,84	2,99	1,42
	No	3.693	88,2%	1.664	87,4%	45,1%	1,87	0,88	2,08	0,85	3,34	1,36
	Error	257	6,1%	111	5,8%	43,2%	1,70	0,78	1,93	0,74	3,04	1,24
Parada en la intersección	No stop	766	18,3%	350	18,4%	45,7%	1,45	0,71	1,69	0,67	2,66	1,08
	Parcial	1.832	43,8%	843	44,3%	46,0%	1,98	0,87	2,19	0,84	3,37	1,36
	Total	1.588	37,9%	710	37,3%	44,7%	1,94	0,90	2,16	0,87	3,53	1,39
Ubicación de parada	Antes	144	3,4%	56	3,6%	38,9%	2,00	0,89	2,18	0,86	3,46	1,36
	Stop	661	15,8%	314	20,2%	47,5%	2,03	0,93	2,23	0,90	3,43	1,40
	Después	2.615	62,5%	1.183	76,2%	45,2%	1,94	0,87	2,16	0,84	3,45	1,37
Espera de ingreso intersección	Paciente	444	10,6%	220	14,2%	49,5%	2,17	0,89	2,37	0,86	3,70	1,37
	Corta	2.976	71,1%	1.333	85,8%	44,8%	1,93	0,88	2,14	0,84	3,41	1,38
Observación de ingreso de arribo	Derecha	48	1,1%	22	1,2%	45,8%	1,74	0,91	1,96	0,81	3,37	1,34
	Izquierda	1.527	36,5%	694	36,5%	45,4%	1,79	0,85	2,01	0,82	3,19	1,35
	Ambos	2.218	53,0%	1.010	53,1%	45,5%	1,94	0,89	2,16	0,86	3,41	1,36
	No	393	9,4%	177	9,3%	45,0%	1,77	0,84	1,99	0,80	3,17	1,39
Tipo de entrada antes	Compartido	1.691	40,4%	787	41,4%	46,5%	1,76	0,84	1,97	0,81	3,28	1,36
	Solo	1.718	41,0%	760	39,9%	44,2%	2,04	0,92	2,25	0,89	3,32	1,36
	Adelantamiento	777	18,6%	356	18,7%	45,8%	1,75	0,77	1,98	0,73	3,31	1,37
Posición de ingreso antes	Derecha	596	14,2%	280	14,7%	47,0%	1,95	0,87	2,17	0,83	3,31	1,32
	Izquierda	1.251	29,9%	551	29,0%	44,0%	1,88	0,88	2,11	0,84	3,31	1,39
	Centro	1.731	41,4%	791	41,6%	45,7%	1,92	0,89	2,13	0,86	3,30	1,36
	Contravía	607	14,5%	280	14,7%	46,1%	1,63	0,78	1,86	0,76	3,29	1,37
Malabares o maniobras previas	Si	2.628	62,8%	1.193	62,7%	45,4%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,30	1,35
	No	1.558	37,2%	710	37,3%	45,6%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,31	1,39
Comete errores en la conducción	Si	763	18,2%	347	18,2%	45,5%	1,77	0,80	2,00	0,77	3,45	1,39
	No	3.422	81,7%	1.555	81,7%	45,4%	1,89	0,89	2,11	0,85	3,27	1,35
Característica de observación durante	Panorámico	2.993	71,5%	1.380	72,5%	46,1%	1,87	0,87	2,08	0,84	3,29	1,36
Giro o ingreso a la intersección	Foco	1.192	28,5%	523	27,5%	43,9%	1,86	0,88	2,09	0,85	3,35	1,36
	Izquierda contravía	582	13,9%	251	13,2%	43,1%	1,52	0,68	1,74	0,64	3,76	1,10
	Izquierda	805	19,2%	386	20,3%	48,0%	1,67	0,71	1,89	0,67	3,91	1,14
	Derecha	1.488	35,5%	664	34,9%	44,6%	2,34	0,91	2,54	0,89	2,13	0,92
Flujo de vehículos	Directo	1.311	31%	602	31,6%	45,9%	1,63	0,78	1,86	0,74	4,06	1,09
	Alto	1.407	33,6%	615	32,3%	43,7%	1,58	0,74	1,82	0,69	3,07	1,26
	Medio	1.598	38,2%	740	38,9%	46,3%	1,76	0,82	1,97	0,78	3,16	1,33
	Bajo	1.181	28,2%	548	28,8%	46,4%	2,34	0,90	2,53	0,89	3,77	1,40
Angulo de entrada	Perpendicular	2.078	49,6%	967	50,8%	46,5%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,37	1,36
	Agudo	2.107	50,3%	936	49,2%	44,4%	1,87	0,87	2,08	0,84	3,24	1,36
Velocidad de entrada	Lento	758	18,1%	349	18,3%	46,0%	1,72	0,87	2,00	0,84	3,18	1,37
	Normal	1.812	43,3%	818	43,0%	45,1%	1,97	0,89	2,10	0,86	3,36	1,38
	Rápido	1.616	38,6%	736	38,7%	45,5%	1,83	0,85	2,12	0,82	3,29	1,34
Posición de ingreso nueva carril	Derecha	481	11,5%	217	11,4%	45,1%	2,02	0,95	2,23	0,91	3,12	1,35
	Izquierda	1.117	26,7%	505	26,5%	45,2%	1,94	0,89	2,15	0,86	3,25	1,38
	Centro	2.297	54,9%	1.031	54,2%	44,9%	1,84	0,86	2,06	0,82	3,33	1,36
	Contravía	291	7,0%	150	7,9%	51,5%	1,61	0,78	1,84	0,74	3,61	1,22
Intención del conductor durante	Arriesgado	3.340	79,8%	1.506	79,1%	45,1%	1,68	0,76	1,90	0,72	2,92	1,11
	Calmado	844	20,2%	396	20,8%	46,9%	2,59	0,92	2,79	0,91	4,80	1,25
Presión de ingreso	Si	246	5,9%	110	5,8%	44,7%	1,90	0,90	2,10	0,86	3,32	1,35
	No	3.940	94,1%	1.793	94,2%	45,5%	1,87	0,87	2,09	0,84	3,30	1,36
Tipo de entrada durante	Solo	2.028	48,4%	931	48,9%	45,9%	1,87	0,87	2,08	0,85	3,29	1,37
	Adelantamiento	408	9,7%	184	9,7%	45,1%	1,86	0,88	2,08	0,82	3,33	1,38
	Compartido	1.750	41,8%	788	41,4%	45,0%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,31	1,34

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 50. Tabulación de conflictos viales de motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

Categoría		Ingresos con interacciones (Conflictos potenciales)		TTC		PET		TE	
		N	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Maniobra de entrada	Frente uno	929	48,8%	1,83	0,84	2,05	0,81	3,38	1,39
	Después uno	718	37,7%	1,89	0,90	2,11	0,86	3,30	1,36
	Entre 2's vehículos	230	12,1%	1,99	0,94	2,20	0,90	3,30	1,38
	Contravía	26	1,4%	1,52	0,63	1,71	0,61	3,78	0,94
Vehículo de interacción	Moto	1.302	68,4%	1,86	0,87	2,08	0,84	3,30	1,35
	Carro	538	28,3%	1,88	0,89	2,10	0,85	3,42	1,42
	Bus/buseta	32	1,7%	1,91	0,96	2,13	0,93	3,55	1,34
	Camión	31	1,6%	1,89	0,85	2,07	0,81	3,46	1,46
Arribo simultáneo	Si	493	25,9%	1,86	0,86	2,07	0,83	3,34	1,42
	No	1.410	74,1%	1,87	0,88	2,09	0,84	3,34	1,35
Acción evasiva	Si	1.067	56,1%	1,77	0,84	2,07	0,81	3,34	1,38
	No	836	43,9%	2,00	0,90	2,10	0,88	3,35	1,36

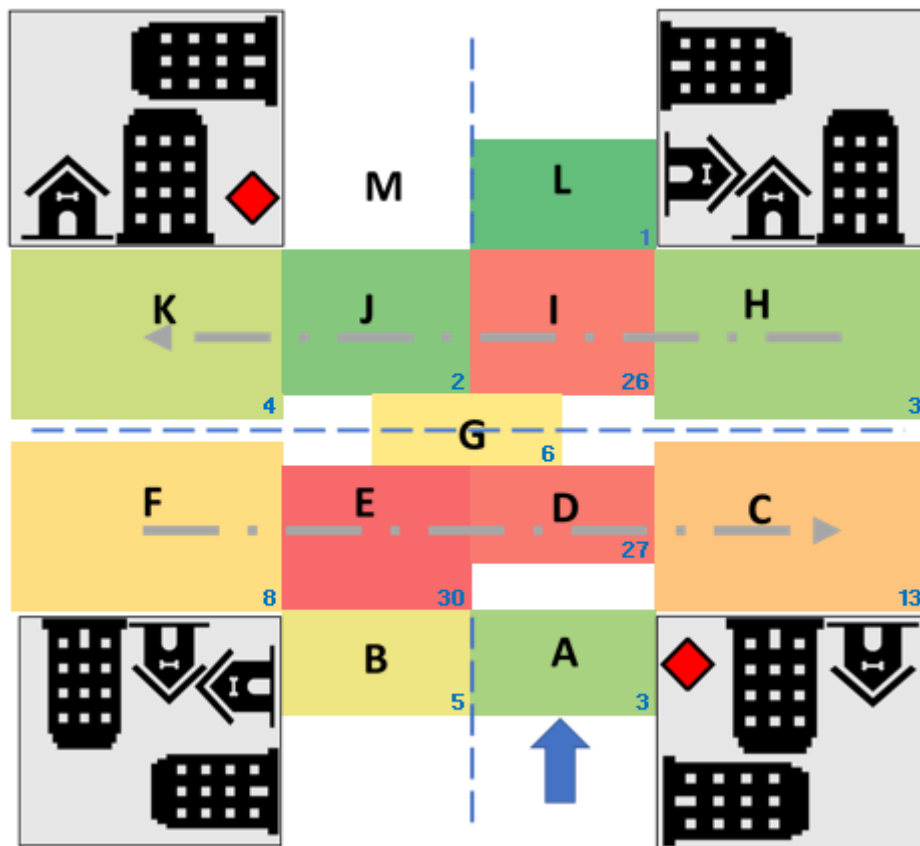
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 51. Contraste de variables de estudio para motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X con indicadores PET y TE.

Categoría		Ingresos con interacción		PET<1 seg		PET		P-valor	TE		P-valor
		N	%	N	%	Media	D.E.		Media	D.E.	
Franja horaria	Valle	653	34%	45	35%	2,11	0,86	0,43	3,14	1,35	0,00*
	Pico	1.250	66%	83	65%	2,07	0,83		3,38	1,36	
Flujo vehicular	Moderado	902	47%	60	47%	2,05	0,80	0,09	3,48	1,33	0,00*
	Alto	1.001	53%	68	53%	2,12	0,87		3,13	1,37	
Chicana	Corta	478	25%	34	27%	2,06	0,82	0,42	3,18	1,32	0,02*
	Amplia	1.425	75%	94	73%	2,09	0,85		3,34	1,37	
Geometría de la intersección	Oblicuo	801	42%	52	41%	2,18	0,92	0,00*	3,06	1,39	0,00*
	Perpendicular	1.102	58%	76	59%	2,02	0,77		3,49	1,31	
Visibilidad derecha	Moderado	1.370	72%	97	76%	2,10	0,86	0,23	3,21	1,34	0,00*
	Amplio	533	28%	31	24%	2,05	0,78		3,53	1,38	
Visibilidad izquierda	Moderado	883	46%	59	46%	2,05	0,79	0,03*	3,51	1,37	0,00*
	Amplio	1.020	54%	69	54%	2,12	0,88		3,13	1,33	
Tipo de motociclista	Mototaxista	1.023	54%	79	62%	2,02	0,82	0,01*	3,36	1,37	0,08
	Otros	880	46%	49	38%	2,16	0,86		3,24	1,35	
Número de pasajeros	1	873	46%	54	42%	2,09	0,83	0,72	3,35	1,35	0,25
	2 o más	1.030	54%	74	58%	2,08	0,85		3,27	1,37	
Género de conductor	Hombre	1.845	97%	123	96%	2,08	0,83	0,61	3,30	1,37	0,64
	Mujer	33	2%	3	2%	2,18	1,02		3,42	1,24	
Chaleco motociclista	Si	552	29%	37	29%	2,12	0,87	0,38	3,40	1,37	0,04*
	No	1.351	71%	91	71%	2,07	0,83		3,26	1,36	
Protección solar	Si	308	16%	17	13%	2,11	0,81	0,62	3,45	1,38	0,05*
	No	1.189	62%	80	63%	2,08	0,84		3,28	1,37	
Protección adicional de conductor	No	1.339	70%	98	77%	2,09	0,85	0,32	3,32	1,35	0,72
	Si	384	20%	23	18%	2,03	0,79		3,28	1,38	
Cilindraje de la motocicleta	90-150	1.780	94%	117	91%	2,10	0,85	0,04*	3,32	1,36	0,05*
	Mayor de 150	79	4%	8	6%	1,92	0,74		3,01	1,38	
Modelo de motocicleta	Nueva	1.239	65%	84	66%	2,09	0,84	0,37	3,32	1,36	0,96
	Antigua	576	30%	41	32%	2,05	0,84		3,31	1,37	
Espejos	Si	1.358	71%	92	72%	2,08	0,83	0,44	3,32	1,38	0,82
	No	387	20%	24	19%	2,12	0,88		3,30	1,32	
Uso de faros	Si	482	25%	36	28%	2,13	0,87	0,27	3,39	1,39	0,15
	No	1.302	68%	84	66%	2,08	0,84		3,28	1,36	
Uso de direccionales de giro	Si	128	7%	4	3%	2,25	0,84	0,03*	2,99	1,42	0,01*
	No	1.664	87%	112	88%	2,08	0,85		3,34	1,36	
Espera de ingreso intersección	Paciente	220	12%	11	9%	2,37	0,86	0,00*	3,70	1,37	0,01*
	Corta	1.333	70%	74	58%	2,14	0,84		3,41	1,38	
Malabares o maniobras previas	Si	1.193	63%	84	66%	2,09	0,84	0,73	3,30	1,35	0,95
	No	710	37%	44	34%	2,08	0,84		3,31	1,39	
Comete errores en la conducción	Si	347	18%	24	19%	2,00	0,77	0,03*	3,45	1,39	0,03*
	No	1.555	82%	104	81%	2,11	0,85		3,27	1,35	
Característica de observación durante	Panorámico	1.380	73%	94	73%	2,08	0,84	0,83	3,29	1,36	0,38
	Foco	523	27%	34	27%	2,09	0,85		3,35	1,36	
Detiene	No para	350	18%	43	34%	1,69	0,67	0,02*	2,66	1,08	0,00*
	Para	1.553	82%	85	66%	2,17	0,85		3,45	1,38	
Intención del conductor durante	Arriesgado	1.506	79%	126	98%	1,90	0,72	0,00*	2,92	1,11	0,02*
	Calmado	396	21%	2	2%	2,79	0,91		4,80	1,25	
Presión de ingreso	Si	110	6%	10	8%	2,10	0,86	0,94	3,32	1,35	0,93
	No	1.793	94%	118	92%	2,09	0,84		3,30	1,36	
Vehículo de interacción	Moto	1.302	68%	87	68%	2,08	0,84	0,77	3,30	1,35	0,99
	No moto	601	32%	41	32%	2,10	0,85		3,30	1,37	
Arribo simultáneo	Si	493	26%	32	25%	2,07	0,83	0,86	3,34	1,42	0,97
	No	1.410	74%	96	75%	2,09	0,84		3,34	1,35	
Acción evasiva	Si	1.067	56%	73	57%	2,07	0,81	0,64	3,34	1,38	0,81
	No	836	44%	55	43%	2,10	0,88		3,35	1,36	

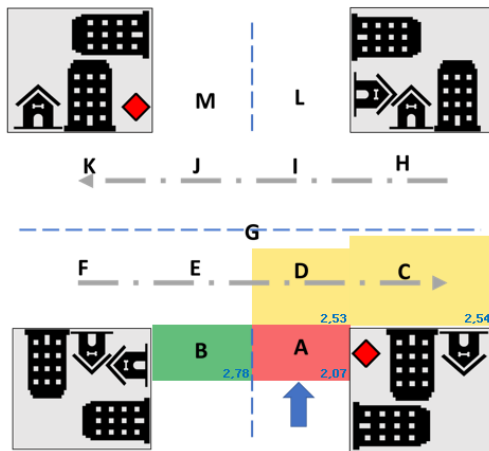
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 52. Frecuencia de Conflictos serios por zonas (PET<1 Segundo) en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

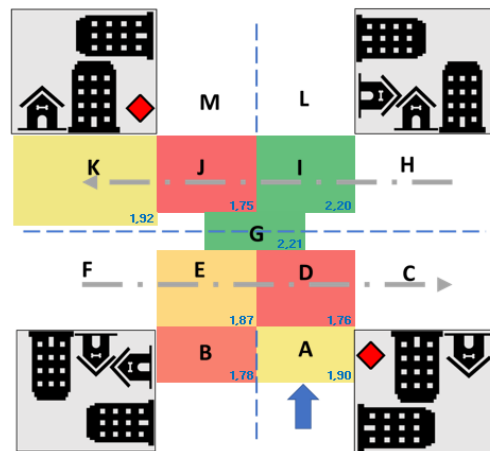


Fuente: Elaboración propia.

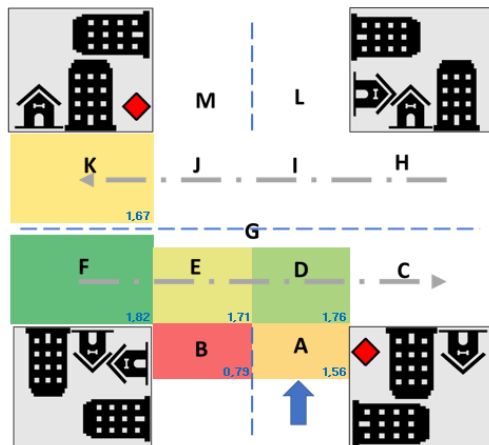
Anexo 53. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el Giro de acceso de las motocicletas en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.



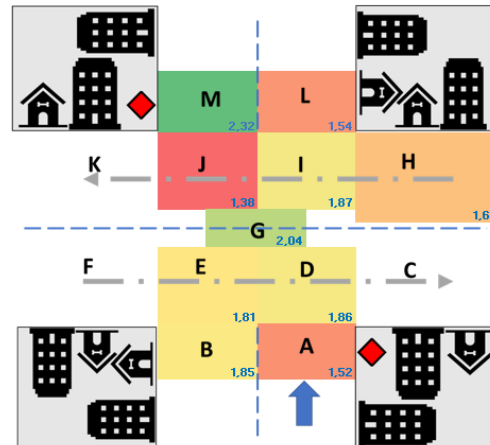
a) Derecha



b) Izquierda



c) Izquierda contravía



d) Cruce directo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 54. Tabulación de variables observacionales en automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo T.

Categoría		Ingresos totales		Ingresos con interacciones		Ratio	TTC		PET		TE	
		N	%	N	%	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Franja horaria	Valle	616	35,4%	344	41,4%	55,8%	2,62	1,18	2,79	1,18	5,50	1,57
	Pico	1.123	64,5%	486	58,6%	43,3%	2,50	1,10	2,65	1,11	5,89	1,58
Calidad vía	Bueno	333	19,1%	140	16,9%	42,0%	2,65	1,22	2,79	1,23	5,43	1,55
	Regular-mal	1.406	80,8%	690	83,1%	49,1%	2,53	1,11	2,69	1,12	5,83	1,59
Flujo vehicular	Moderado	771	44,3%	316	38,1%	41,0%	2,61	1,16	2,76	1,17	5,78	1,59
	Alto	968	55,6%	514	61,9%	53,1%	2,51	1,12	2,68	1,12	5,73	1,59
Tipo de actor vial	Automóvil	1.522	87,5%	734	88,4%	48,2%	2,54	1,13	2,70	1,13	5,75	1,59
	Autobús	119	6,8%	56	6,7%	47,1%	2,49	1,14	2,63	1,17	5,63	1,68
	Camiones	98	5,6%	40	4,8%	40,8%	2,81	1,15	2,96	1,17	5,93	1,51
Tipo de servicio	Privado	1.417	81,4%	676	81,4%	47,7%	2,55	1,14	2,72	1,14	5,77	1,58
	Público	322	18,5%	154	18,6%	47,8%	2,52	1,10	2,68	1,13	5,66	1,61
	Oscuro	1.072	61,6%	505	60,8%	47,1%	2,53	1,15	2,69	1,16	5,76	1,59
Color de vehículo	Claro	418	24,0%	199	24,0%	47,6%	2,50	1,12	2,66	1,14	5,80	1,59
	Fluorescente	249	14,3%	126	15,2%	50,6%	2,71	1,05	2,89	1,05	5,64	1,56
Polarizado	Si	1.531	88,0%	736	88,7%	48,1%	2,56	1,14	2,72	1,15	5,78	1,58
	No	208	12,0%	94	11,3%	45,2%	2,46	1,03	2,62	1,04	5,54	1,62
Velocidad de arribo a la intersección	Lento	276	15,9%	139	16,7%	50,4%	2,55	1,14	2,70	1,15	5,75	1,53
	Normal	1.295	74,4%	619	74,6%	47,8%	2,60	1,13	2,77	1,13	5,74	1,60
	Rápido	168	9,7%	72	8,7%	42,9%	2,09	1,06	2,23	1,10	5,87	1,56
Uso de direccionales de giro	Si	1.442	82,9%	682	82,2%	47,3%	2,54	1,14	2,71	1,14	5,79	1,59
	No	251	14,4%	124	14,9%	49,4%	2,51	1,15	2,67	1,16	5,64	1,56
	Error	46	2,6%	24	2,9%	52,2%	2,86	0,90	3,05	0,89	5,26	1,65
Parada en la intersección	No stop	112	6,4%	70	8,4%	62,5%	1,78	0,95	1,89	0,98	4,49	1,61
	Parcial	296	17,0%	143	17,2%	48,3%	2,32	1,16	2,49	1,16	5,86	1,59
	Total	1.331	76,5%	617	74,3%	46,4%	2,69	1,10	2,85	1,10	5,84	1,54
Ubicación de parada	Antes	124	7,1%	57	7,5%	46,0%	2,45	1,03	2,57	1,06	5,83	1,60
	Stop	904	52,0%	416	54,7%	46,0%	2,67	1,15	2,85	1,15	5,82	1,53
	Después	599	34,4%	287	37,8%	47,9%	2,57	1,09	2,73	1,09	5,87	1,57
	Na	112	6,4%	70	8,4%	62,5%	1,78	0,95	1,89	0,98	4,49	1,61
Espera de ingreso intersección	Paciente	907	52,1%	408	49,2%	45,0%	2,75	1,12	2,93	1,11	5,96	1,57
	Corta	720	41,4%	352	42,4%	48,9%	2,46	1,11	2,62	1,12	5,69	1,51
Tipo de entrada antes	Compartido	184	10,6%	88	10,6%	47,8%	2,29	1,04	2,44	1,06	5,55	1,52
	Solo	1.373	78,9%	650	78,3%	47,3%	2,65	1,12	2,82	1,12	5,81	1,60
	Adelantamiento	182	10,5%	92	11,1%	50,5%	2,06	1,11	2,20	1,14	5,55	1,50
Posición de ingreso antes	Derecha	182	10,5%	86	10,4%	47,3%	2,45	1,10	2,62	1,08	5,72	1,60
	Izquierda	861	49,5%	395	47,6%	45,9%	2,58	1,13	2,74	1,14	5,89	1,56
	Centro	636	36,6%	317	38,2%	49,8%	2,55	1,15	2,70	1,16	5,59	1,59
	Contravía	60	3,4%	32	3,9%	53,3%	2,41	1,09	2,60	1,09	5,57	1,68
Malabares o maniobras previas	Si	284	16,3%	120	14,5%	42,3%	2,61	1,22	2,79	1,21	5,83	1,51
	No	1.455	83,6%	710	85,5%	48,8%	2,54	1,12	2,69	1,12	5,74	1,60
Comete errores en la conducción	Si	103	5,9%	53	6,4%	51,5%	2,43	0,99	2,55	1,05	5,70	1,63
	No	1.636	94,0%	777	93,6%	47,5%	2,56	1,14	2,72	1,14	5,76	1,59
Giro o ingreso a la intersección	Izquierda contravía	114	6,6%	66	8,0%	57,9%	1,81	0,86	1,96	0,88	7,00	1,24
	Izquierda	618	35,5%	294	35,4%	47,6%	2,23	1,02	2,38	1,03	6,91	1,21
	Derecha	734	42,2%	324	39,0%	44,1%	3,16	1,06	3,32	1,05	4,53	1,06
	Directo	273	15,7%	146	17,6%	53,5%	2,18	0,98	2,35	1,00	5,89	1,16
Flujo de vehículos	Alto	679	39,0%	351	42,3%	51,7%	2,22	1,03	2,38	1,05	5,54	1,53
	Medio	657	37,8%	309	37,2%	47,0%	2,49	1,10	2,65	1,09	5,56	1,55
	Bajo	403	23,2%	170	20,5%	42,2%	3,32	1,03	3,49	1,03	6,43	1,56
Angulo de entrada	Perpendicular	1.043	59,9%	493	59,4%	47,3%	2,58	1,13	2,75	1,13	5,78	1,60
	Agudo	696	40,0%	337	40,6%	48,4%	2,49	1,13	2,65	1,15	5,71	1,58
Velocidad de entrada	Lento	799	45,9%	403	48,6%	50,4%	2,48	1,11	2,70	1,12	5,68	1,56
	Normal	772	44,4%	354	42,7%	45,9%	2,63	1,14	2,72	1,15	5,79	1,61
	Rápido	168	9,7%	73	8,8%	43,5%	2,49	1,18	2,70	1,19	5,91	1,58
Posición de ingreso nueva carril	Derecha	206	11,8%	101	12,2%	49,0%	2,86	1,03	3,03	1,02	5,47	1,62
	Izquierda	314	18,0%	159	19,2%	50,6%	2,36	1,16	2,52	1,17	6,10	1,56
	Centro	1.198	68,9%	557	67,1%	46,5%	2,54	1,13	2,70	1,14	5,70	1,57
	Contravía	21	1,2%	13	1,6%	61,9%	2,60	1,17	2,73	1,14	6,34	1,71
Intención del conductor durante	Arriesgado	535	30,7%	314	37,8%	58,7%	1,66	0,85	1,81	0,86	4,36	1,24
	Calmado	1.203	69,1%	515	62,0%	42,8%	3,09	0,92	3,26	0,91	6,37	1,31
Presión de ingreso	Si	49	2,8%	17	2,0%	34,7%	2,69	1,15	2,83	1,14	5,87	1,43
	No	1.690	97,1%	813	98,0%	48,1%	2,54	1,13	2,71	1,14	5,75	1,59
Tipo de entrada durante	Solo	980	56,3%	459	55,3%	46,8%	2,55	1,11	2,69	1,12	5,75	1,54
	Adelantamiento	244	14,0%	117	14,1%	48,0%	2,62	1,13	2,80	1,14	5,86	1,58
	Compartido	515	29,6%	254	30,6%	49,3%	2,51	1,17	2,70	1,17	5,72	1,68

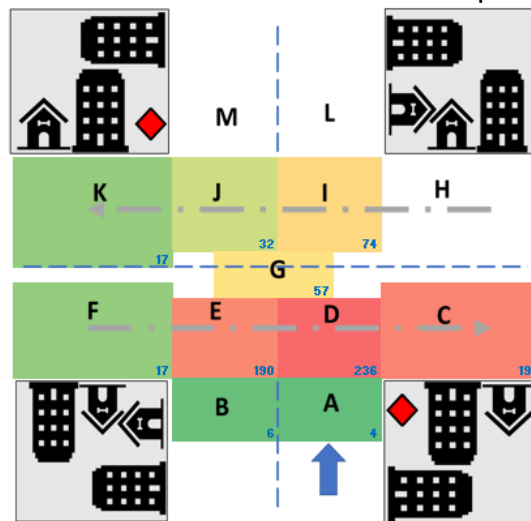
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 55. Tabulación de conflictos viales de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.

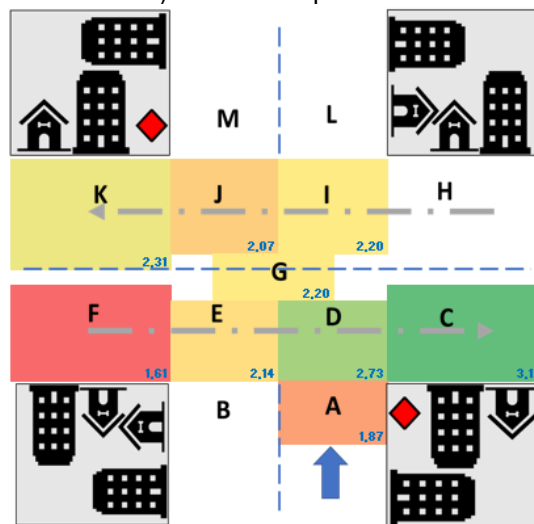
Categoría		Ingresos con interacciones		TTC		PET		TE	
		N	%	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Maniobra de entrada	Frente uno	394	47,5%	2,59	1,16	2,73	1,16	5,64	1,52
	Después uno	339	40,8%	2,48	1,11	2,65	1,12	5,54	1,60
	Entre 2's vehículos	79	9,5%	2,78	1,09	2,99	1,09	5,46	1,67
	Contravía	18	2,2%	1,98	0,92	2,13	0,86	6,99	1,11
Vehículo de interacción	Carro	227	27,3%	2,61	1,15	2,77	1,15	5,53	1,59
	Moto	563	67,8%	2,51	1,12	2,67	1,13	5,63	1,57
	Bus/buseta	17	2,0%	2,88	1,02	3,05	1,01	5,68	1,53
	Camión	23	2,8%	2,65	1,24	2,81	1,21	5,95	1,70
Arribo simultáneo	Si	195	23,5%	2,64	1,14	2,79	1,16	5,52	1,56
	No	635	76,5%	2,52	1,13	2,68	1,13	5,64	1,58
Acción evasiva	Si	356	42,9%	2,39	1,14	2,65	1,16	5,64	1,57
	No	474	57,1%	2,67	1,11	2,75	1,12	5,59	1,58

Fuente: Elaboración propia.

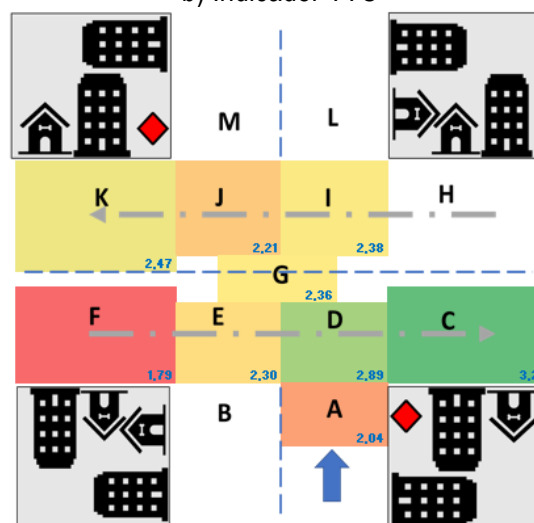
Anexo 56. Desempeño de conflictos de automóviles, autobuses y camiones por (a) frecuencia e indicadores (b) TTC y (c) PET en las diferentes zonas de la intersección tipo X.



a) Frecuencia por zona



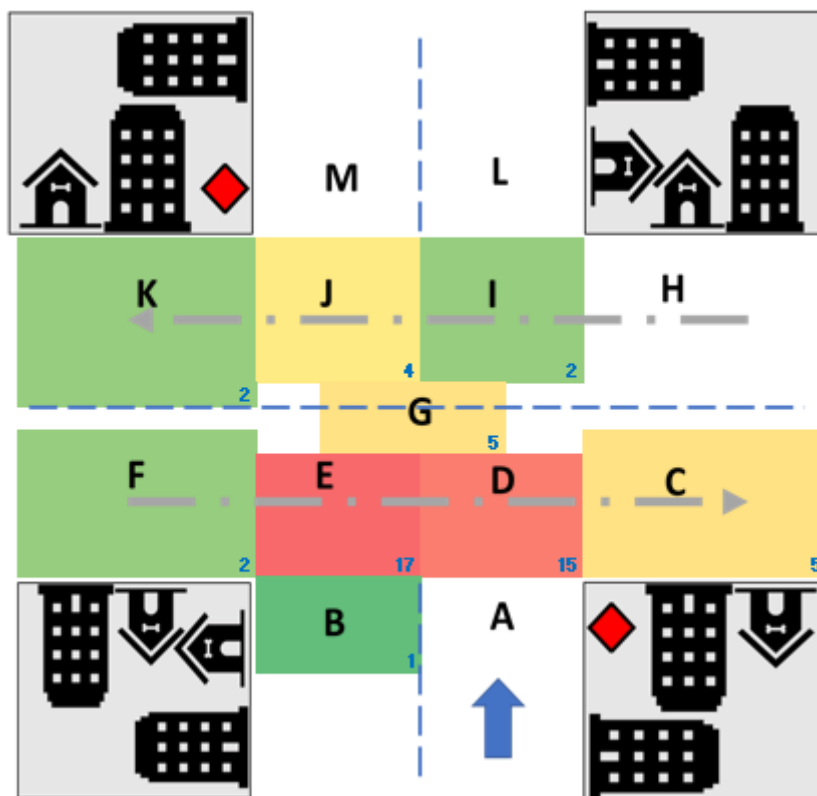
b) Indicador TTC



c) Indicador PET

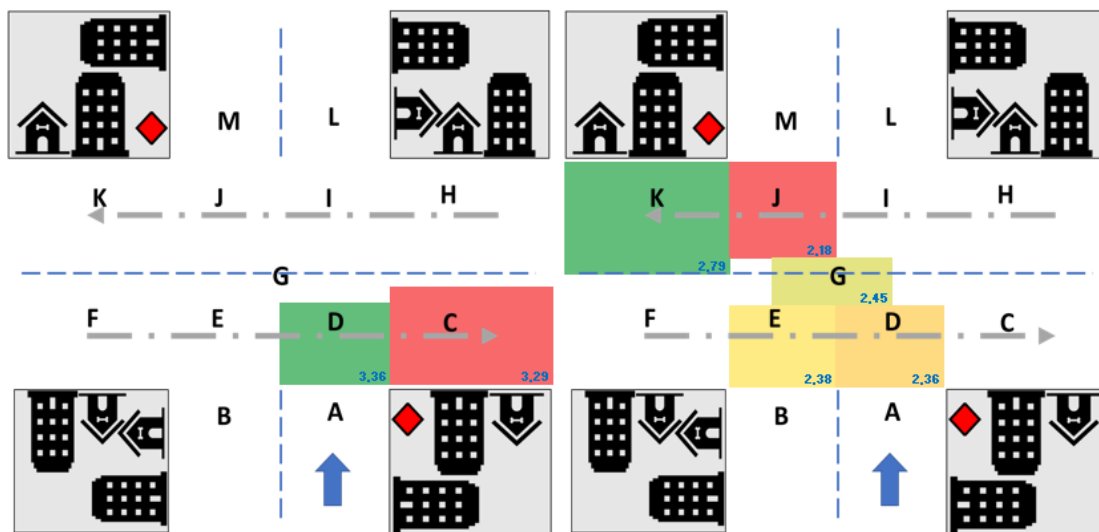
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 57. Frecuencia de conflictos serios de automóviles, autobuses y camiones por zonas (PET<1 Segundo) en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.



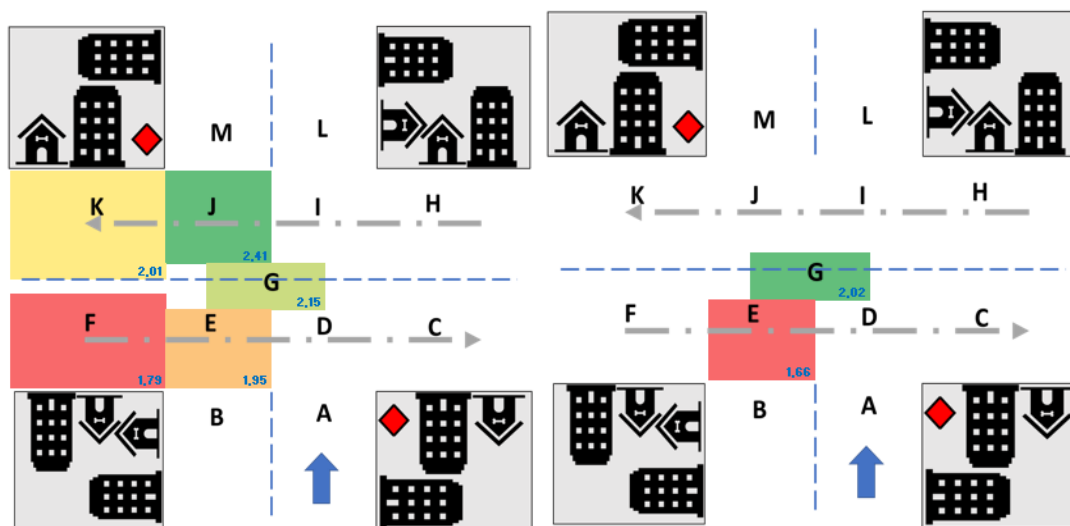
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 58. PET por zonas de la intersección de acuerdo con el giro de acceso de automóviles, autobuses y camiones en las intersecciones de cuatro ramales tipo X.



a) Derecha

b) Izquierda normal



c) Izquierda contravía

d) Directo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 59. Distribución de datos por variables para análisis predictivo en las intersecciones de tres ramales tipo T.

Variable General	Nombre	Variable específica	Etiqueta	% Total	Crítico = 1	Moderado =2	Leve =3
Variable Espaciotemporales	Franja horaria	Pico	1	60%	11%	20%	69%
		Valle	2	40%	12%	20%	67%
	Calidad de vía	Bueno	1	33%	10%	19%	70%
		Mal-regular	2	67%	12%	21%	67%
	Flujo vehicular	Alto	1	45%	10%	20%	69%
		Moderado	2	55%	12%	20%	67%
	Visibilidad derecha	Amplia	1	54%	11%	20%	69%
		Moderada	2	46%	12%	21%	67%
	Visibilidad izquierda	Amplia	1	59%	11%	20%	69%
		Moderada	2	41%	12%	20%	67%
Uso de la motocicleta y características Individuales de los ocupantes	Número de pasajeros	1	1	61%	12%	21%	67%
		2 o más	2	39%	11%	19%	70%
		Ni	0	1%	24%	18%	59%
	Tipo de servicio	Otros (laboral/oficial/particular)	1	32%	9%	19%	72%
		Mototaxista	2	68%	13%	21%	66%
	Edad de conductor	Ni	0	1%	22%	16%	63%
		Adulto mayor	1	10%	9%	25%	66%
		Adulto joven	2	45%	10%	19%	71%
		Joven	3	44%	13%	21%	66%
Vestuario, condiciones de conducción y elementos de protección	Casco del conductor	Bien/medio	1	96%	11%	20%	68%
		No/moto/cuerpo	2	4%	16%	21%	63%
		Ni	0	10%	16%	20%	64%
	Visor del casco	Adecuado	1	20%	10%	23%	67%
		Abierto	2	37%	11%	17%	72%
		No	3	33%	12%	22%	66%
	Protección solar	Ni	0	12%	16%	20%	64%
		Si	1	29%	12%	20%	69%
		No	2	60%	11%	20%	69%
	Conduce hablando	Si (celular/entorno /pasajero)	1	10%	12%	16%	72%
		No	2	90%	12%	21%	68%
		Ni	0	2%	25%	18%	58%
	Casco de pasajero	Uso (bien/medio/ext pasajero)	1	12%	8%	20%	72%
		Ext conductor	2	44%	12%	20%	67%
		Motocicleta	3	13%	11%	21%	68%
		No	4	29%	11%	20%	69%
	Manipulación carga	No	1	1%	25%	8%	67%
		Contenedor	2	5%	12%	21%	67%
		Sobredimensiona	3	95%	11%	20%	68%
		Ni	0	1%	26%	19%	56%
Características y condiciones de la motocicleta	Tipo de motocicleta	Estándar	1	88%	11%	21%	68%
		Deportiva / todoterreno	2	5%	21%	15%	64%
		Scooter	3	5%	8%	15%	77%
		Tr34	4	0%	0%	33%	67%
		Eléctrica/monaleta	5	1%	20%	13%	67%
		Ni	0	0%	33%	17%	50%
	Espejos	Si	1	63%	11%	20%	69%
		No	2	37%	12%	20%	68%
		Ni	0	1%	7%	21%	71%
	Uso de faros	Si	1	47%	11%	20%	68%
		No	2	52%	12%	20%	68%
		Lento	1	19%	8%	20%	72%
Conducta y acciones sobre motocicleta antes de ingreso	Velocidad de arribo	Normal	2	45%	12%	19%	69%
		Rápido	3	37%	13%	21%	66%
		Si	1	9%	10%	23%	67%
	Uso de direccionales de giro	No	2	88%	12%	20%	68%
		Error	3	2%	10%	23%	67%
		Antes	1	3%	10%	14%	76%
	Parada/ubicación de parada	Stop	2	16%	5%	14%	81%
		Después	3	39%	8%	18%	73%
		No se detiene	4	43%	17%	24%	59%
		Corta	1	45%	8%	18%	75%
	Espera de ingreso	No espera	2	43%	17%	24%	59%
		Paciente	3	13%	6%	15%	79%
		Ambos	1	43%	9%	19%	72%
	Giro de cabeza/observación previa al ingreso	Derecha	2	0%	0%	100%	0%
		Izquierda	3	51%	13%	21%	65%
		No	4	6%	15%	19%	67%
	Tipo de entrada	Adelantamiento/compartido	1	46%	15%	22%	63%
		Solo	2	54%	9%	18%	73%
	Posición de ingreso	Carril	1	82%	11%	21%	68%
		Contravía	4	18%	14%	18%	69%
	Malabares	Si	1	46%	11%	19%	70%
		No	2	54%	12%	21%	67%
	Errores de conducción	Si	1	28%	10%	20%	71%
		No	2	72%	12%	20%	67%
Condiciones de interacción con tráfico durante ingreso	Característica de observación durante	Foco	1	53%	12%	19%	69%
		Panorámico	2	47%	11%	22%	67%
	Giro o ingreso a la intersección	Derecha	1	45%	5%	16%	79%
		Izquierda	2	40%	18%	22%	59%

Conflictos	Velocidad de entrada	Izquierda contravía	3	15%	14%	25%	61%
		Lento	1	25%	10%	19%	70%
		Normal	2	50%	12%	21%	67%
		Rápido	3	25%	12%	20%	68%
	Posición de ingreso	Carril	1	93%	11%	20%	69%
		Contravía	4	7%	13%	26%	61%
	Intención del conductor	Arriesgado	1	74%	15%	24%	61%
		Calmado	2	26%	2%	10%	89%
	Tipo de entrada durante ingreso	Adelantamiento/compartido	1	33%	11%	21%	69%
		Solo	3	67%	12%	20%	68%
	Maniobra de entrada	Frente uno	1	67%	12%	19%	69%
		Entre 2's veh	2	11%	9%	21%	69%
		Después uno	3	19%	11%	23%	67%
		Contravía	4	4%	17%	26%	58%
		Acceso (1,9)	1	2%	0%	3%	97%
Conflictos	Punto de conflicto	Carril cercano (11,10,3,2)	2	77%	10%	20%	70%
		Carril lejano (8,7,4,13)	3	12%	16%	22%	62%
		Intermedio (6)	4	9%	22%	24%	54%
		Moto	1	59%	11%	21%	69%
	Vehículo de interacción	Carro	2	35%	12%	19%	68%
		Heavy/bus/otros	3	6%	13%	21%	66%
		0 a 2	1	20%	18%	25%	57%
	Rango TE	2 a 4	2	56%	11%	20%	69%
		4 o más	3	23%	8%	16%	76%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 60. Distribución de datos por variables para análisis predictivo en las intersecciones de tres ramales tipo X.

Variable General	Nombre	Variable específica	Etiqueta	% Total	Crítico = 1	Moderado =2	Leve =3
Variables espaciotemporales	Franja horaria	Pico	1	66%	7%	24%	69%
		Valle	2	34%	8%	24%	69%
	Calidad de vía	Bueno	1	14%	7%	27%	66%
		Mal-regular	2	86%	7%	23%	69%
	Flujo vehicular	Alto	1	52%	7%	25%	68%
		Moderado	2	48%	7%	23%	70%
	Visibilidad derecha	Amplia	1	28%	6%	23%	71%
		Moderada	2	72%	8%	25%	68%
	Visibilidad izquierda	Amplia	1	53%	7%	25%	68%
		Moderada	2	47%	7%	23%	70%
Uso de la motocicleta y características individuales de los ocupantes	Número de pasajeros	1	1	46%	7%	23%	70%
		2 o más	2	54%	8%	25%	68%
		Ni	0	5%	7%	28%	65%
	Tipo de servicio	Otros (laboral/oficial/particular)	1	40%	6%	23%	71%
		Mototaxista	2	54%	8%	24%	67%
	Edad de conductor	Ni	0	6%	6%	23%	70%
		Adulto mayor	1	9%	6%	25%	69%
		Adulto joven	2	38%	6%	23%	71%
		Joven	3	48%	9%	24%	67%
Vestuario, condiciones de conducción y elementos de protección	Casco del conductor	Bien/medio	1	93%	8%	24%	68%
		No/moto/cuerpo	2	7%	3%	21%	76%
		Ni	0	16%	7%	23%	70%
	Visor del casco	Adecuado	1	19%	6%	24%	70%
		Abierto	2	38%	7%	24%	69%
		No	3	27%	8%	25%	68%
	Protección solar	Ni	0	21%	8%	24%	68%
		Si	1	17%	6%	22%	73%
		No	2	62%	7%	25%	68%
	Conduce hablando	Si (celular/entorno /pasajero)	1	16%	9%	21%	69%
		No	2	84%	7%	25%	69%
		Uso (bien/medio/ext pasa)	1	18%	7%	23%	71%
	Casco de pasajero	Ext conductor	2	56%	8%	25%	67%
		Moto	3	11%	5%	31%	65%
		No	4	16%	6%	19%	75%
	Manipulación carga	No	1	95%	7%	24%	68%
		Contenedor	2	1%	11%	11%	79%
		Sobredimensiona	3	3%	10%	16%	74%
Características y condiciones de la motocicleta	Tipo de motocicleta	Ni	0	1%	5%	29%	67%
		Estándar	1	80%	7%	24%	69%
		Deportivo / todoterreno	2	4%	6%	27%	67%
		Scooter	3	11%	6%	27%	67%
		Tr34	4	2%	13%	13%	73%
		Eléctrica/monaleta	5	1%	4%	31%	65%
	Espejos	Ni	0	9%	8%	23%	70%
		Si	1	72%	7%	24%	69%
		No	2	20%	7%	25%	68%
	Uso de faros	Ni	0	6%	7%	22%	71%
		Si	1	25%	8%	22%	70%
		No	2	69%	7%	25%	68%
Conducta y acciones sobre motocicleta antes de ingreso	Velocidad de arribo	Lento	1	21%	5%	25%	71%
		Normal	2	51%	7%	23%	70%
		Rápido	3	28%	9%	26%	65%
	Uso de direccionales de giro	Si	1	7%	3%	21%	75%
		No	2	87%	7%	24%	68%
		Error	3	6%	11%	21%	68%
	Parada/ubicación de parada	Antes	1	3%	0%	31%	69%
		Stop	2	16%	9%	20%	71%
		Después	3	61%	6%	20%	74%
		No se detiene	4	20%	12%	39%	49%
	Espera de ingreso	Corta	1	70%	6%	21%	73%
		No espera	2	20%	12%	39%	49%
		Paciente	3	11%	6%	14%	80%
		Ambos	1	52%	6%	22%	71%
	Giro de cabeza/observación	Derecha	2	1%	10%	14%	76%
		Izquierda	3	37%	9%	25%	66%
		No	4	10%	6%	30%	64%
	Tipo de entrada	Adelantamiento/compartido	1	61%	9%	24%	67%
		Solo	2	39%	5%	23%	72%
	Posición de ingreso	Carril	1	85%	7%	23%	70%
		Contravía	2	15%	11%	27%	62%
	Malabares	Si	1	63%	8%	23%	69%
		No	2	37%	7%	25%	68%
	Errores de conducción	Si	1	19%	7%	24%	69%
		No	2	81%	7%	24%	69%
Condiciones de interacción con tráfico durante ingreso	Característica de observación durante	Foco	1	27%	7%	24%	69%
		Panorámico	2	73%	7%	24%	69%
		Derecha	1	32%	3%	16%	82%
	Giro o ingreso a la intersección	Izquierda	2	21%	6%	28%	66%
		Izquierda contravía	3	14%	11%	31%	58%

Conflictos	Velocidad de entrada	Directo	4	33%	11%	26%	63%
		Lento	1	18%	9%	26%	65%
		Normal	2	43%	9%	24%	68%
		Rápido	3	38%	5%	24%	71%
	Posición de ingreso	Carril	1	92%	7%	24%	69%
		Contravía	2	8%	7%	29%	64%
	Intención del conductor	Arriesgado	1	83%	9%	26%	65%
		Calmado	2	17%	1%	14%	86%
	Tipo de entrada durante ingreso	Adelantamiento/compartido	1	51%	7%	24%	69%
		Solo	2	49%	7%	24%	68%
	Maniobra de entrada	Frente uno	1	49%	8%	23%	69%
		Entre 2's veh	2	12%	9%	21%	70%
		Después uno	3	38%	6%	26%	68%
		Contravía	4	1%	4%	42%	54%
	Punto de Conflicto	Acceso (1,9)	1	3%	17%	28%	54%
		Carril cercano (11,10,3,2)	2	71%	6%	23%	71%
		Carril lejano (8,7,4,13)	3	22%	9%	27%	64%
		Intermedio (6)	4	5%	7%	19%	73%
		Carril opuesto	5	0%	14%	29%	57%
	Vehículo de interacción	Moto	1	68%	7%	24%	69%
		Carro	2	28%	7%	25%	69%
		Heavy/bus/otros	3	3%	12%	20%	68%
	Rango TE	0 a 2	1	40%	8%	26%	67%
		2 a 4	2	42%	9%	26%	65%
		4 o más	3	18%	1%	15%	84%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 61. Valor de la función de evaluación para la mejor solución de NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo T.

Corridas	Soporte	Confianza	Lift	Comprensibilidad	Tiempo (Segundos)
1*	0,66	0,68	1,00	0,91	215
2	0,65	0,68	1,00	0,91	211
3	0,63	0,69	1,00	0,72	233
4	0,61	0,68	1,00	0,91	232
5	0,59	0,69	1,01	0,72	213
Max	0,66	0,69	1,01	0,91	233
Min	0,59	0,68	1,00	0,72	211
Promedio	0,62	0,69	1,00	0,83	220

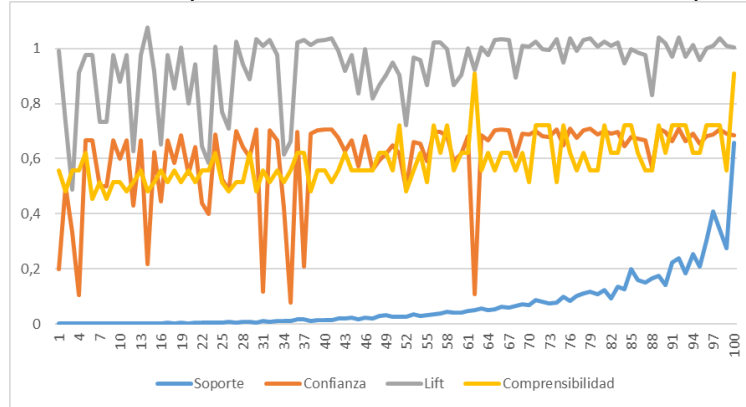
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 62. Valor de la función de evaluación para la mejor solución de NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo X.

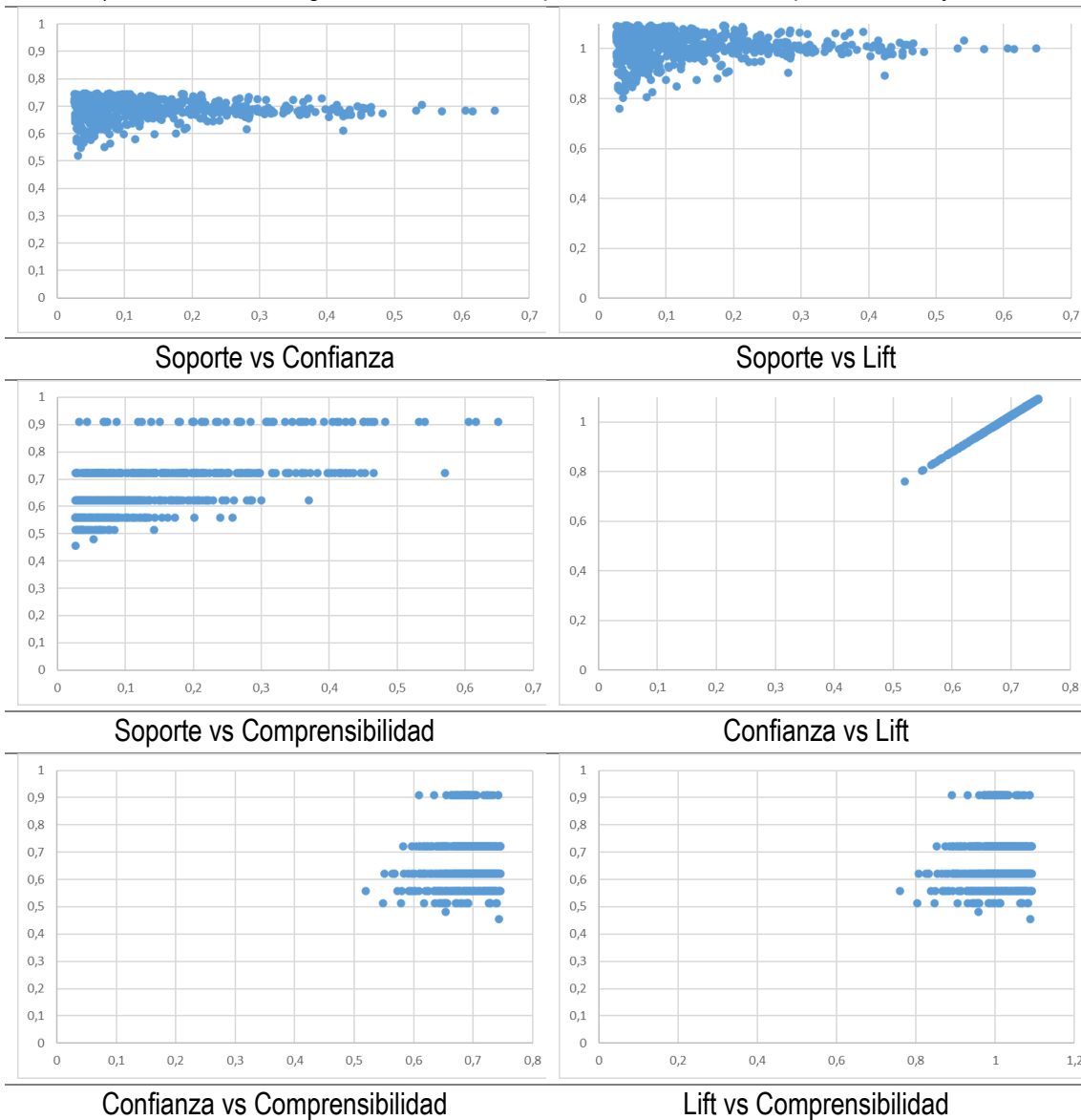
Corridas	Soporte	Confianza	Lift	Comprensibilidad	Tiempo (Segundos)
1	0,65	0,68	1,00	0,91	222
2	0,62	0,69	1,00	0,72	216
3*	0,65	0,69	1,00	0,91	234
4	0,60	0,68	0,99	0,72	227
5	0,57	0,68	0,99	0,62	218
Max	0,65	0,69	1,00	0,91	234
Min	0,57	0,68	0,99	0,62	216
Promedio	0,62	0,68	0,99	0,78	223

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 63. Desempeño del NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo T.

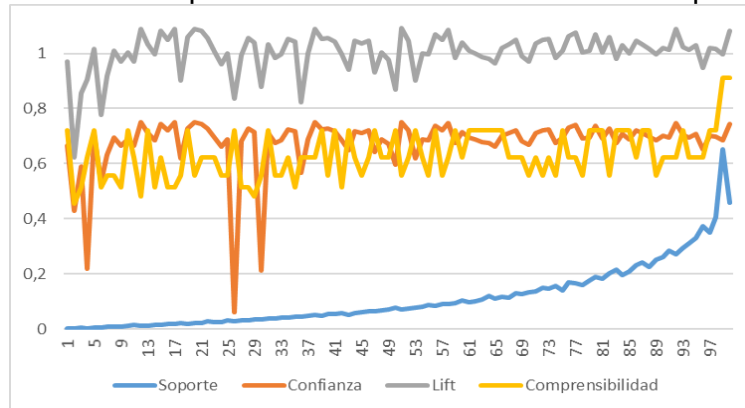


a) Evolución de las generaciones con Soporte, Confianza, Comprensibilidad y Lift.

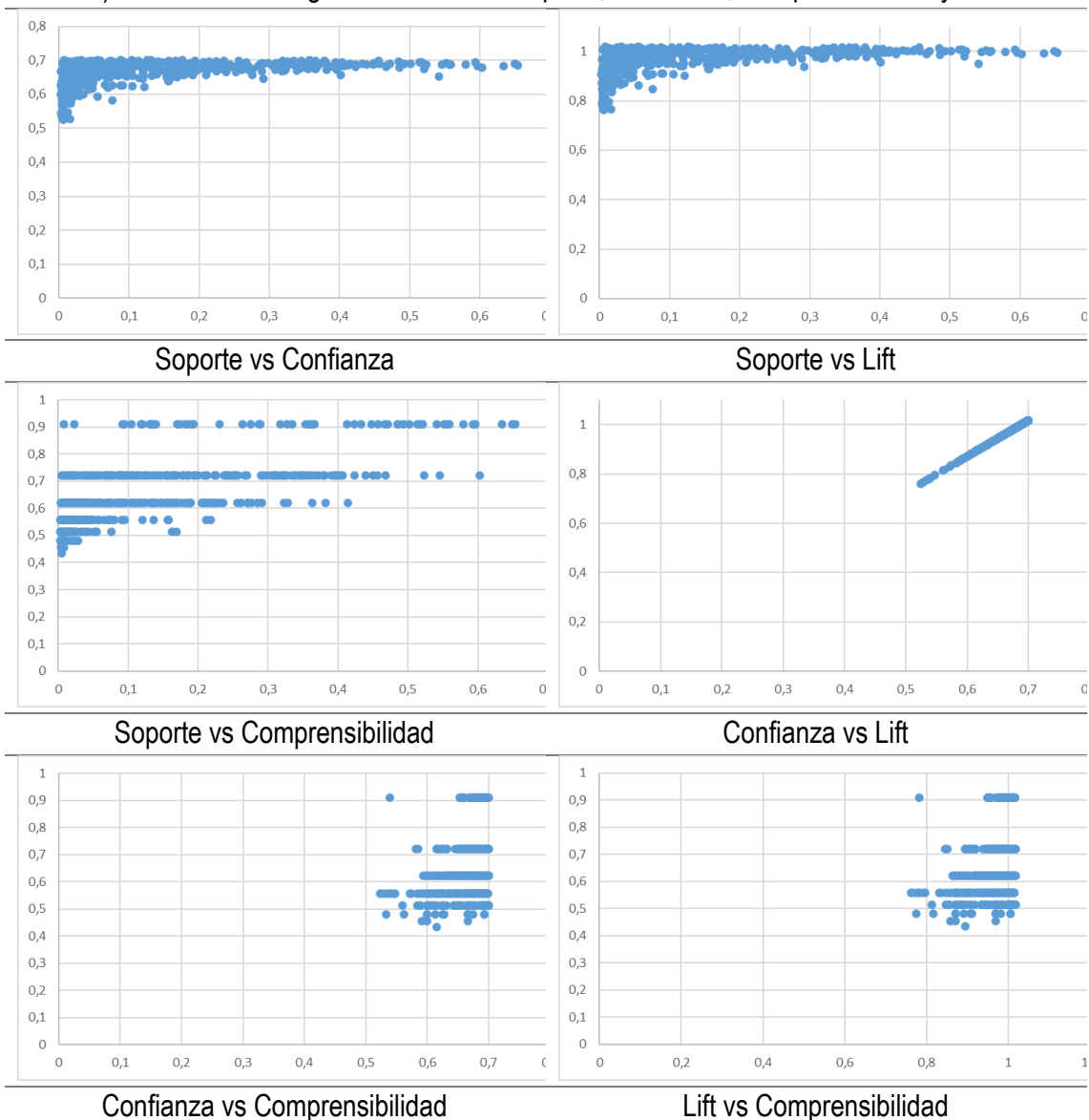


b) Frontera de Pareto en los diferentes objetivos optimizados.

Anexo 64. Desempeño del NSGA-II en los datos de las intersecciones tipo X.



a) Evolución de las generaciones con Soporte, Confianza, Comprensibilidad y Lift.



b) Frontera de Pareto en los diferentes objetivos optimizados.

Anexo 65. Diferentes medidas de desempeño (precisión, exhaustividad, F1) con la matriz de confusión 3 x 3 para las predicciones en el conjunto de datos.

	Matrix confusión	Predichos			Falso Negativo (FN)	Medidas de desempeño	
		Vs [1]	Vs [2]	Vs [3]		Exhaustividad	Precisión
Actual	Vs [1]	A	B	C	B + C	$A / (A + B + C)$	J: $A / (A + D + G)$
	Vs [2]	D	E	F	D + F	$E / (D + E + F)$	K: $E / (B + E + H)$
	Vs [3]	G	H	I	G + H	$I / (G + H + I)$	L: $I / (C + F + I)$
	Falso Positivo (FP)	D + G	B + H	C + F			
En general						$(A + E + I) /$ (total de datos)	$((A + B + C) * J) + ((D + E + F) * K) + ((G + H + I) * L) /$ (total de datos)

Nota:

Verdadero Positivo (TP): La etiqueta pertenece a la clase y se predice correctamente. Sea TP el número de verdaderos positivos.

Falso Positivo (FP): La etiqueta no pertenece a la clase. Sin embargo, el clasificador predice como positivo. Sea FP el número de falsos positivos.

Verdadero Negativo (TN): La etiqueta no pertenece a la clase y se predice correctamente. Sea TN el número de verdaderos negativos.

Falso Negativo (FN): La etiqueta pertenece a la clase. Sin embargo, el clasificador predice como negativo. Sea FN el número de falsos negativos.

Las métricas de rendimiento para esta matriz de confusión se calcularon teniendo en cuenta las expresiones:

Exhaustividad = $TP / (TP + FN)$;

Precisión = $TP / (TP + FP)$

$F1 = 2 * (Precisión * Exhaustividad) / (Precisión + Exhaustividad)$

Fuente: Elaboración propia.

GLOSARIO

Accesos: nombre que se le puede dar a las intersecciones o cruces sobre un tramo vial.

Acción evasiva: se describe como una medida que realiza un actor vial para evitar un evento conflictivo que pueda generar choque o colisión. Pueden ser acciones de frenado, cambio de dirección de un actor vial posiblemente involucrado en un conflicto o cuasi-accidentes. Los actores viales involucrados pueden coincidir en el área de desplazamiento a una velocidad determinada.

Accionamiento: se relacionan con los instrumentos para la conducción como los frenos, embrague, testigos/direccionales que tienen las motocicletas.

Acera: área para la circulación de peatones, que bordean las vías, calles o carreteras. También conocida como andén.

Adelantamiento: maniobra relacionada con violar el derecho a la vía en un actor vial en movimiento, sobrepasándolo en el mismo sentido o incurriendo en una invasión del carril opuesto. También conocido como ingreso a la sombra. Otros términos rebasar o sobrepasar.

Arcén: es una franja ubicada de manera contigua a la calzada. Esta parte es continua y también se le conoce como berma, banquilla, o chicana cuando es próximo a una esquina.

Arribo simultáneo: es cuando en la vía principal el actor vial que se desplaza se ubica en frente del vehículo que se mueve sobre la vía de acceso, de esta forma los dos actores viales coinciden simultáneamente en el momento de ocupar la intersección.

Autoreportes: fichas de encuestas o cuestionarios que despliega una consulta de información a juicio propio de quien la diligencia.

Brecha: se define como un lapso o tiempo que transcurre entre el paso de dos actores viales que se desplazan en el mismo sentido.

Calidad de vía o pavimento: se define como una valoración funcional de la capacidad de servicio. Estas categorías fueron: buenas, regular, y mal. Se identificó como buenas, cuando no fue incómodo transitar en diferentes velocidades y el pavimento carece de rugosidad. Se identificó como regular, cuando fue un poco incómodo transitar a bajas velocidades y el pavimento muestra una leve rugosidad. Se consideró en malas condiciones, cuando fue bastante incómodo transitar sin importar la velocidad y el pavimento tuvo alta rugosidad y grietas significativas.

Carreteros: esta denominación hace referencia a otro tipo de actores viales que se pueden desplazar en carretas o semovientes.

Chaleco: prenda de vestir como elemento de seguridad reflectivo para identificar a los motociclistas y su número de matrícula.

Chicana: esta representa el reborde en la esquina entre la vía de acceso y la vía principal. Se categorizó en amplia y moderado, de acuerdo con que tan pronunciada se encuentre el borde de la orilla en la esquina. Es también conocido como arcén u orilla.

Circulación zigzagueante: se describen como los movimientos que realizan los actores viales cuando no se desplazan de forma rectilínea, sino por evitar obstáculos en la vía se desplazan en zigzag.

Comportamiento aberrante: define a las conductas violatorias y deliberadas que no consideran las consecuencias de las acciones ejecutadas.

Conflictos críticos: relacionan las acciones con interacciones de cruce con otro actor vial, donde el tiempo o brecha se encuentran dentro de umbrales de riesgo o inseguros.

Conflictos potenciales: relacionan las acciones con interacciones en el ingreso a la intersección con otro actor vial.

Contramedidas: término utilizado para la definición de recomendaciones, propuestas, soluciones direccionadas al mejoramiento de alguna condición.

Contravía: corresponde a los desplazamientos en el carril con sentido contrario u opuesto a lo indicado o señalado para la configuración de la vía.

Cruce: acción de desplazarse en alguna dirección en el acceso o ingreso sobre una intersección.

Cuasi-accidentes viales: eventos de tráfico que pueden suceder en cualquier tipo de actor vial cuando se ve relacionado con una acción conflictiva o interacción que pudo resultar en un accidente de tránsito con daños o víctimas.

Culpabilidad: se define cuando un actor vial se asume responsable o causante de un evento vial.

DATT: Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte de Cartagena.

Direccionales de giro: instrumento relacionado con las luces que direccionan el desplazamiento de giro de las motocicletas a la izquierda o derecha, también conocidas como testigos o indicadores.

Errores de control: son errores involuntarios en la manipulación de la motocicleta y sus accionamientos. Se manifiesta con apagado, pérdida del equilibrio/estabilidad, perder la prelación, mal embrague, problema de arranque (aceleración).

Errores de tráfico: son errores involuntarios causados por el entorno o la forma como se interpreta a los demás actores viales.

Espera de ingreso: se define como el tiempo de espera previo al ingreso en la intersección. Se determinó en: no espera, corta o paciente. No espera, corresponde a que no existió detención previa. Corta, corresponde a una detención con tiempo aproximado de espera inferior a 10 segundos. Espera paciente, corresponde a un tiempo superior a 10 segundos.

Flujo vehicular: calificativo para describir el volumen vehicular que presenta un tramo vial o intersección. Se da en vehículos por unidad de tiempo.

Fotogramas: Un fotograma o frame es cada una de las imágenes que forman un vídeo. Se expresan con las siglas fps y en hercios (Hz).

Glorietas: se denominan aquellos tipos de intersecciones con circulación rotatoria alrededor de una forma circular.

Horario pico: franja horaria que corresponde a los momentos de mayor circulación vial en la movilidad, condicionados por horarios de inicio de jornada laboral o finalización, así como horarios de alimentación a medio día.

Horario valle: franja horaria que corresponde a los momentos de menor circulación vial en la movilidad, y contrario a las franjas pico.

Infracciones de tránsito: corresponden a multas o penalidades económicas que se estipulan cuando la autoridad de tránsito ha detectado que se ha infringido alguna norma.

Ingreso compartido: corresponde al desplazamiento que realizan dos actores viales en simultáneo en el mismo carril, sentido e intención de giro. Es común que dos motocicletas ocupen menos espacio y se desplacen más de dos vehículos a un lado de la motocicleta.

INMLCF: Instituto nacional de Medicina Legal y Ciencia Forenses de Colombia.

Intenciones arriesgadas: describe la actitud visible del motociclista durante la maniobra de acceso en la intersección. El calificativo de arriesgado en el motociclista se determinó cuando el motociclista se ve acelerado, ansioso, realiza movimientos rápidos o bruscos en los manubrios del vehículo, sobre acelera, viola el derecho a la vía o frena repentinamente.

Intersección tipo T: se relaciona con las intersecciones de tres ramales con una tipología geométrica en forma de t.

Intersección tipo X: se vincula con las intersecciones de cuatro ramales con una tipología geometría en forma de X o cruz.

Invasiones de carril: conducta relacionada con tomar la ruta de desplazamiento de un actor vial en la misma dirección o en el sentido opuesto.

Maniobras: están relacionadas con las acrobacias que realizan los motociclistas de manera deliberada. También se conocen como malabares, entre estas conductas: zigzag, spin, adelantar áreas prohibidas, acelerar, acciones bruscas, no mantener la misma posición en el carril, venir en contravía, venir del andén, conducir con una sola mano, o realizar indicaciones de giro con el brazo/antebrazo

Manipulación de carga: En el estudio el término corresponde al transporte de carga sobre la motocicleta. Estos elementos pueden ser bolsas, maletas, equipos, paquetes, entre otros.

Medidas sustitutivas de seguridad vial: mecanismo de valoración cuantitativa del riesgo vial, se pueden vincular con los indicadores utilizados para identificar el nivel de conflictos viales, tales TTC, PET, TE.

Motocicleta estándar: motocicleta tradicional utilizada en Cartagena, que no corresponde a una línea de lujo, deportiva o clásica, y que su tamaño de motor oscila entre 90 a 150 centímetros cúbicos.

Mototaxista: actor vial que se desplaza en una motocicleta de dos ruedas, dedicado al transporte informal de pasajeros.

MRBQ: Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire. En español “Cuestionario de comportamiento del motociclista”.

Observación de acceso/ingreso: corresponde a la forma como el motociclista determina el movimiento de cabeza que busca observar el tráfico cuando desea acceder sobre una intersección.

Observación durante: define la forma como observa el motociclista luego del ingreso. Se clasificó en focalizado y panorámico. Se determinó focalizado cuando el motociclista no realiza más giros de cabeza después que ingresa. Se determina panorámico cuando el motociclista continúa con movimientos de cabeza luego de ingresar en la intersección.

Ocupación de la intersección: describe cuando la intersección tiene un actor vial desde la vía secundaria que busca ingresar o acceder a la vía principal.

Ocupación de motocicleta: corresponde a identificar el rol que toma la persona sobre la motocicleta, por ejemplo: conductor o pasajero.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONSV: Observatorio Nacional de Seguridad Vial en Colombia.

Países emergentes: son países que se encuentran categorizados con ingresos económicos bajos o medios, o que se consideran en vía de desarrollo.

Parada: determina la detención previa al acceso. Las categorías fueron: “no”, parcial, total. “No”, hace referencia cuando la motocicleta obtiene el acceso sin detenerse. Parcial, corresponde cuando las motocicletas desaceleran, se enciende el faro de stop o se baja un pie. Total, corresponde a la detención previa sin movimientos adicionales, donde el motociclista pone los pies sobre el suelo.

Parque automotor: se determinan el conjunto de actores viales motorizados, como automóviles, carros, camiones, buses, tracto camiones, entre otros. También se reconoce como flota vehicular.

PET: Post Encroachment Time – PET. En español el tiempo posterior a la invasión. Se calcula como el tiempo entre el momento en que el primer usuario vial abandona el camino del segundo y el momento en que el segundo alcanza el camino del primero.

Polarizado: señala la condición de tener filtros solares en un vidrio o visor, para ayudar con la intensidad del sol a la hora de conducir.

Prelación: acción que se manifiesta por el impulso e inercia que evidencian los actores viales durante su desplazamiento.

Presión de ingreso: detalla si el vehículo que está en condición de acceder a la vía posee vehículos en fila esperando el ingreso, donde recibe apremio por ruido de bocinas, invasión de carril, o cambio de luces, para acceda o ingrese de manera rápida.

Prioridad de acceso: se define como la prioridad que tiene los actores viales cuando se desplazan próximos a una intersección, también se conoce como derecho a la vía o derecho al acceso.

Protección solar: en el estudio hace referencia al uso de elementos de protección para los ojos, como visores polarizados o gafas solares.

Puntos negros: lugar que tiene un mayor número esperado de accidentes que otros lugares similares como resultado de un factor de riesgo local.

Sentido de la vía: define si el tramo vial tiene la posibilidad de desplazamiento en una dirección o doble dirección para los actores viales.

Señalización: corresponde a los elementos que sirven como instrumentos de alerta o señal, para las normas de tránsito. Ejemplo, Pare (stop), señal peatonal (cebra), semáforos, entre otros.

Separadores: este aspecto se relaciona con los elementos que se ubican en el medio de las carreteras, para dividir carriles, o ayudar al paso de peatones.

Severidad: término utilizado para señalar un evento que es severo o grave y con la posibilidad de víctimas heridas o mortales.

Sobrecupo: término relacionado con transportar en la motocicleta por encima de su capacidad técnica para desplazar peso, carga o pasajeros.

SPF: Safety Performance function. En español función de rendimiento para la seguridad vial.

TE: tiempo de cruce/ingreso en la intersección. Se consideró como el instante que tomó el vehículo que ingresa a la intersección y se ubica en la posición paralela en el carril de destino. Este tiempo se calculó desde la salida de la intersección y el adecuado posicionamiento en el nuevo carril.

Tipo de vías: Clasificación que se le realizan a las características generales de las vías, siendo estas divididas en vías locales, colectoras, arteriales, y rurales. Las vías arteriales corresponden a los tramos con mayor interconexión, como las avenidas. Las vías colectoras son secciones que conectan con los tramos principales. Las vías locales se refieren a secciones inter barriales. Finalmente, las vías rurales se definen como los tramos de conexión interurbana.

Tipo de zonas: condición que determina el tipo de área o uso del suelo, donde se encuentra el tramo vial. Estas zonas pueden ser residenciales, comerciales e industriales.

Tramos viales críticos: son aquellos tramos identificados con el método empírico de Bayes, por ser propenso en accidentes viales.

Trauma fatal: Evento que vincula un accidente vial donde puede existir la posibilidad de víctimas mortales o heridas.

TTC: Time to Collision. En español el tiempo posible a la colisión. TTC es el tiempo hasta que se produzca una colisión entre dos actores viales, si cada uno continúa en su curso y ritmo actual

Variable dummy: Es una subvariable alterna que puede representar el comportamiento de otras, de acuerdo con su configuración.

Velocidad de arribo o entrada: se define como la rapidez con la que se accede desde la vía secundaria a la vía primaria en la intersección. Dentro del estudio se clasificó en velocidad de ingreso en lento, normal o rápido. Se determinó lento a una velocidad estimada inferior a 20 km/h. Velocidad normal a una velocidad aproximada a 20 km/h. Velocidad rápido a una velocidad superior a 20 km/h.

Velocidad de circulación: es la velocidad en el desplazamiento próximo a la intersección, también definida en el documento como velocidad de paso.

Violaciones viales: corresponden a comportamientos deliberados en contra de las normas de circulación o movilidad.

Visibilidad de acceso: detalla las condiciones del campo de observación de la intersección, o también conocido como triángulo de visión clara desde el acceso a la vía principal (AASHTO, 2010). Se categorizó en amplia y moderado. Se definió como amplio cuando no existen interrupciones en la visibilidad por invasión del espacio público, carteles, señalizaciones, vallas o construcciones que bloquean el campo de observación. Se considera moderado cuando el campo de observación fue libre de obstrucciones.

Visor del casco: elemento constitutivo del casco de seguridad de los motociclistas. Este elemento permite el cierre completo, para proteger los ojos de elementos del ambiente. Este visor es de característica transparente, y en algunos casos puede ser polarizado.