



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

REPORTE

Seguridad de motociclistas e infraestructura de vías urbanas

Recomendaciones para el diseño y la planificación de vías urbanas para reducir el número de usuarios fallecidos y lesionados de vehículos con motor de dos ruedas en países de ingresos bajos y medios

Segundo López, Vineet John, David Pérez-Barbosa, Valentina Perdomo, Juliana Vega, Jessica Kisner, Eric Dumbaugh, Vipassana Vijayarangan, Adriana Jakovcevic, Claudia Adriazola-Steil, and Hannah Kemp



AUTORÍA

SEGUNDO LÓPEZ | se desempeñó como Coordinador Global de Datos en WRI Colombia.

VINEET JOHN | es Responsable de Movilidad Urbana en el Centro Ross para Ciudades Sostenibles de WRI.

DAVID PÉREZ-BARBOSA | es Coordinador Global de Datos para WRI Colombia.

VALENTINA PERDOMO | se desempeñó como Analista de Datos en WRI Colombia.

JULIANA VEGA | se desempeñó como Analista de Datos en WRI Colombia.

JESSICA KISNER | es Gerente de Proyectos en WRI Colombia.

ERIC DUMBAUGH | es Profesor del Departamento de Planificación Urbana y Regional de la Universidad de Florida, Director Asociado del Centro de Ciencias Colaborativas para la Seguridad Vial y Editor Asociado del Journal of the American Planning Association.

VIPASSANA VIJAYARANGAN | se desempeñó como Analista de Investigación en el Centro Ross para Ciudades Sostenibles de WRI.

ADRIANA JAKOVCEVIC | es Especialista en Seguridad Vial en el equipo de Movilidad Activa de WRI Brasil.

CLAUDIA ADRIAZOLA-STEIL | es la Subdirectora de Movilidad Urbana y Directora del Programa de Salud y Seguridad Vial del Centro Ross para Ciudades Sostenibles de WRI.

HANNAH KEMP | se desempeñó como pasante del Centro Ross para Ciudades Sostenibles de WRI.

DISEÑO

SHANNON COLLINS
shannon.collins@wri.org

CÉSAR AUGUSTO SERRANO RUEDA
cesar@digimiedios.co

TRADUCCIÓN A ESPAÑOL

FERNANDO GARAVITO WELTON,
SAIDA LUCIA CARVAJAL

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación y este informe han sido posibles gracias al apoyo de Bloomberg Philanthropies. También agradecemos el apoyo de nuestros socios de la iniciativa global de seguridad vial (BIGRS -Bloomberg Philanthropies for Global Road Safety, por sus siglas en inglés).

Nos complace expresar nuestro reconocimiento a los socios estratégicos institucionales que proporcionan financiación básica a WRI: el Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos, el Real Ministerio de Asuntos Exteriores de Dinamarca y la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

El equipo de autores deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que han participado en la recopilación y el análisis de los datos, compartido sus conocimientos, aportado comentarios de expertos o realizado revisiones. Agradecemos a Vital Strategies y a otros socios de BIGRS su esfuerzo para recopilar los datos utilizados en esta investigación. Agradecemos a nuestros socios de Thai Roads Foundation, que dirigieron el trabajo de recopilación de datos en Bangkok. Agradecemos a Asumpta Lagat, Badu Katelo, Beatrice Olwa y George Njao de la Autoridad Nacional de Transporte y Seguridad (NTSA) de Kenia por facilitarnos los datos de Nairobi.

De WRI, agradecemos también a Chetan Sodaye, Tolga Imamoglu, Iman Abubaker, Bruno Rizzon, Karolina Jesus, Andressa Ribeiro, Bruno Batista, Subha Ranjan Banerjee, Dhruva Someshwar, Sergio Alejandro López, Camilo Andrés Durán, Robin King, Carlos Muñoz, Jose Luis Santana Verduzco, Siba El-Samra, Alejandro Schwedhelm, Kimberly Kosicki y Yen Bui por sus valiosos aportes, revisiones, comentarios, análisis, materiales y demás acciones de apoyo.

Los autores también agradecemos a las siguientes personas expertas y colegas su revisión, asesoramiento y apoyo para este informe: Fred Wegman, profesor emérito de seguridad vial de la Universidad Tecnológica de Delft; Sarah Whitehead, de Vital Strategies; Abdul Bachani, de la Universidad Johns Hopkins; Paul Supawanich, Eduardo Pompeo e Ivan de la Lanza, de Global Designing Cities Initiative (GDCI); Hilda María Gómez, consultora de seguridad vial; y Tawia Addo Ashong, del Banco Mundial, Adriana Jiménez Flórez, consultora técnica Manuel Santana Palacios, profesor asistente, Escuela de Arquitectura Knowlton e Ingeniería Civil, Ambiental y Geodésica.

Romain Warnault y Lauri Scherer se encargaron de la publicación y la gestión del diseño de la versión de este reporte en inglés. AnaMaría Martínez, Sara Botero, David Pérez-Barbosa y Jessica Kisner se encargaron de la publicación y la gestión del diseño de la versión de este reporte en español.

**Bloomberg
Philanthropies**

**Initiative for Global
Road Safety**

CITACIÓN SUGERIDA

López, S., V. John, D. Pérez-Barbosa, V. Perdomo, J. Vega, J. Kisner, E. Dumbaugh, V. Vijayarangan, A. Jakovcevic, C. Adriaola-Steil y H. Kemp. 2025. "Seguridad de motociclistas e infraestructura de vías urbanas. Recomendaciones para el diseño y la planificación de vías urbanas para reducir el número de fallecidos y lesionados de vehículos con motor de dos ruedas en países de ingresos bajos y medios". Reporte. Bogotá: World Resources Institute Colombia. Disponible en línea en <https://doi.org/10.46830/wri.rpt.21.00030es>

VERSION 2

Mayo de 2025



CONTENIDO

2	Prólogo	63	Conclusión
3	Prólogo	64	Hacia la implementación
5	Resumen Ejecutivo	66	Siguientes pasos para la investigación
7	Acerca de este reporte	68	Apéndices
7	Resumen de la investigación	68	Apéndice A: Variables en los modelos
8	Resumen de los principales hallazgos	77	Apéndice B: Resultados del modelo
10	Resumen de las recomendaciones	81	Nota
13	Introducción	81	Abreviaturas
14	¿Por qué es importante abordar la seguridad de las motocicletas?	82	Glosario
19	Por qué importan las infraestructuras y el entorno vial en un enfoque de Sistema Seguro	83	Referencias
20	Qué aporta este reporte	86	Acerca del Centro Ross para Ciudades Sostenibles del WRI
25	Datos y métodos		
26	Datos recopilados		
31	Método—modelos estadísticos		
32	Limitaciones		
35	Resultados		
36	Resultados del modelo estadístico		
38	Principales hallazgos		
45	Recomendaciones		
47	1. Es fundamental reducir la velocidad de los vehículos		
50	2. Considerar el impacto del uso del suelo en conflictos viales		
53	3. Minimizar los conflictos en las intersecciones		
55	4. Considerar el ancho de las vías, los accesos en los separadores y las convergencias		
58	5. Combinar acciones para la seguridad de los motociclistas con acciones para otros usuarios de la vía		



Prólogo

Las motocicletas se han convertido en una parte integral del sistema de transporte en muchas partes del mundo, proporcionando una fuente de acceso confiable y mejores condiciones de movilidad a muchos usuarios de las vías. Al ser asequibles, versátiles y eficientes, las motocicletas se han convertido, incluso, en una opción preferida para los servicios de reparto y taxi en ciudades de África, América Latina y Asia. La rápida adopción de las motocicletas ha estado estrechamente ligada al crecimiento económico y al desarrollo, pero también ha traído consigo nuevos retos para la seguridad vial.

Las motocicletas se han convertido en uno de los modos más arriesgados de transporte terrestre en la actualidad. En 2021, se registró la asombrosa cifra de 1,2 millones de personas que murieron en siniestros viales en todo el mundo, y casi un tercio de estas víctimas mortales eran usuarios de vehículos motorizados de dos o tres ruedas, más que cualquier otro tipo de usuario vial. El riesgo de muerte en caso de un siniestro para los motociclistas puede ser entre 20 y 35 veces superior al de los conductores de vehículos de cuatro ruedas.

La seguridad de los motociclistas ya no es sólo un problema de transporte; es un asunto de desarrollo socioeconómico, salud pública y diseño urbano. El aumento de las muertes en vía afecta de forma desproporcionada a personas jóvenes y a las poblaciones de zonas urbanas más densamente pobladas, lo que conlleva importantes costes económicos, sociales y de salud. Además, los países de ingresos bajos y medios, que cuentan con las flotas de motocicletas más numerosas, sufren un número de muertes y lesiones en vía que resulta desproporcionado. En el Sudeste Asiático, el uso de motocicletas ha aumentado un 273 por ciento desde 2011 y, en la actualidad, los motociclistas representan el 46 por ciento de todas las muertes en vía en la región.

La creciente adopción de las motocicletas conlleva ventajas para la movilidad urbana, pero también acarrea riesgos importantes que exigen nuestra atención de forma urgente. Aunque medidas como fomentar el uso del casco y diseñar vehículos más seguros resultan cruciales para mejorar la seguridad vial, este tipo de medidas tiene un alcance limitado para abordar las razones de base por las que ocurren los siniestros en vía. Esta problemática, al ser tan compleja, requiere de un enfoque integral.

Existe, sin duda, una necesidad apremiante de contar con más pruebas y mejores datos que nos lleven a tener políticas más sólidas para la seguridad de los motociclistas en vía. Este reporte muestra cómo el diseño de las vías y la infraestructura urbana, la velocidad del tráfico y el uso del suelo tienen un impacto importante en la seguridad de los usuarios de vehículos de dos ruedas y deben ser considerados como parte de un enfoque multidimensional de "Sistema Seguro". Además, las pruebas demuestran que la gestión de la velocidad y el buen diseño de las vías pueden crear entornos más seguros no sólo para quienes utilizan motocicletas, sino para todos los usuarios de las vías.

Para alcanzar el ambicioso objetivo mundial de las Naciones Unidas de reducir a la mitad las muertes en vía para el año 2030, debemos adoptar un enfoque integral y basado en evidencias. La seguridad de las personas que se movilizan en motocicleta no puede seguirse tratando como un asunto de menor importancia. Es fundamental lograr revertir las alarmantes tendencias de muertes y lesiones en vía para cumplir los objetivos mundiales de desarrollo sostenible. La colaboración a nivel de ciudades y entre regiones será fundamental para garantizar el éxito frente a esta problemática, si logramos convocar a quienes trabajan para implementar vías más seguras y sistemas de movilidad más resilientes en todo el mundo.



ANI DASGUPTA

Presidente y Director Ejecutivo
Instituto de Recursos Mundiales (WRI)



Prólogo

Salvar vidas y reducir las lesiones por siniestros viales es una prioridad para Bloomberg Philanthropies. Los siniestros en vía cobran la vida de 1,19 millones de personas al año y son la principal causa de muerte de personas entre los 5 y los 29 años; sin embargo, no les brindamos la atención que requieren. Desde 2007, la Iniciativa para la seguridad vial mundial de Bloomberg Philanthropies (BIGRS por sus siglas en inglés) ha apoyado intervenciones de seguridad vial basadas en pruebas en países y ciudades de ingresos bajos y medios de todo el mundo. A través de nuestros aliados, tanto locales como internacionales, nos centramos en fortalecer las políticas públicas de seguridad vial, mejorar la recopilación de datos y la vigilancia, cambiar el comportamiento de los usuarios en las vías, crear infraestructuras más seguras y mejorar las regulaciones para los vehículos.

A medida que crece la población urbana, la demanda de soluciones de movilidad que sean confiables y flexibles ha provocado un aumento de los vehículos motorizados en nuestras vías, y las motocicletas se han convertido en un componente clave del sistema de transporte en todas las regiones del mundo. A través del trabajo de la Iniciativa para la seguridad vial mundial de Bloomberg Philanthropies, hemos sido testigos de un rápido aumento del uso de motocicletas en muchas regiones del mundo, acompañado de fuertes incrementos de víctimas mortales y heridos en vía. En la actualidad, los usuarios de vehículos motorizados de dos o tres ruedas representan una cantidad de muertes en las vías mayor que para cualquier otro tipo de usuario. Más de la mitad de las muertes en vía afectan a usuarios vulnerables -peatones, ciclistas y motociclistas- y más del 90 por ciento de ellas se producen en países de ingresos bajos y medios.

Atender la seguridad de los motociclistas en vía nos brinda la oportunidad de resolver uno de los problemas de seguridad vial más apremiantes de nuestro tiempo. No podemos alcanzar el objetivo del Decenio de Acción para la Seguridad Vial de las Naciones Unidas de reducir a la mitad las muertes en vía para 2030 sin comprender y abordar la problemática de seguridad asociada al uso de las motocicletas.

En el centro de nuestro enfoque de la seguridad vial está el uso de datos para implementar medidas basadas en evidencia. Desarrollando actividades basadas en evidencia y gracias a nuestros socios, hemos colaborado con las distintas ciudades para mejorar la recolección y el reporte de datos sobre siniestros viales, incluidas las seis ciudades que figuran en este estudio. Con investigaciones e informes como éste, hemos comprendido de forma más profunda los factores que afectan la seguridad de los motociclistas y estamos mejor preparados para enfrentar problemáticas, como las velocidades del tráfico y aspectos de la infraestructura vial que contribuyen a las muertes y lesiones en vía de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas.

Este informe pone de manifiesto que a medida que las ciudades experimentan un rápido crecimiento en el uso de motocicletas, es necesario adoptar un enfoque integral para gestionar las velocidades y los conflictos viales con el fin de prevenir las muertes y lesiones en vía, en especial las relacionadas con el uso de motocicletas.



KELLY LARSON

Directora para la Prevención de Lesiones de Bloomberg Philanthropies





Resumen ejecutivo

El rápido crecimiento de las flotas de vehículos motorizados de dos ruedas en los países de ingresos bajos y medios ha provocado un aumento de las muertes y lesiones por siniestros viales. Abordar la seguridad de los vehículos motorizados de dos ruedas requiere un enfoque integral que incluya el diseño y la planificación de nuestras redes viales. Este reporte utiliza datos de seis ciudades para entender cómo el entorno urbano contribuye a las muertes y lesiones de usuarios de motocicletas y sugiere recomendaciones que pueden salvar vidas.



PUNTOS DESTACADOS

- Los usuarios de vehículos motorizados de dos y tres ruedas representan el 30 por ciento del total de víctimas mortales de siniestros viales en todo el mundo, la mayor proporción por usuario vial. En 2021, los conductores de vehículos motorizados de dos y tres ruedas representaron el 46 por ciento del total de muertes notificadas por tipo de usuario en el Sudeste Asiático, el 25 por ciento en las Américas y el 14 por ciento en África (con aumentos en las muertes desde 2013 del 39 por ciento, 67 por ciento y 100 por ciento, respectivamente). Mientras tanto, la flota de vehículos motorizados de dos y tres ruedas ha aumentado en 175 por ciento en todo el mundo desde 2011 (WHO 2023).
- La seguridad de las personas que utilizan vehículos motorizados de dos ruedas es una problemática multisectorial de tipo económico, social, de desarrollo y de equidad. Es necesario atenderla para cumplir los objetivos mundiales de desarrollo sostenible en materia de seguridad vial, pobreza y clima.
- Los factores relacionados con las infraestructuras, el uso del suelo y el entorno vial pueden impactar en la seguridad de los motociclistas. La velocidad, el ancho de las calzadas, la complejidad de las vías y los puntos de conflicto sin controles adecuados son algunos de los factores que pueden tener graves repercusiones en la seguridad de quienes se movilizan en motocicleta.
- Mejorar la seguridad de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas requiere de cambios en las políticas, el control y la gestión de las vías, así como un enfoque más amplio e integral para la gestión de la velocidad y de los conflictos en vía.
- A largo plazo, las inversiones en infraestructuras más seguras para modos de desplazamiento más seguros – es decir, desplazamientos a pie, en bicicleta y en transporte público- también pueden tener beneficios directos e indirectos para la seguridad de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas.

El Plan de acción mundial de las Naciones Unidas sobre seguridad vial pretende reducir a la mitad, para 2030, los 1,19 millones de víctimas mortales que se registran anualmente en las vías de todo el mundo. Los usuarios de motocicletas, junto con peatones y ciclistas, son usuarios vulnerables de la vía y representan la mitad de las muertes en vía en todo el mundo según la OMS - Organización Mundial de la Salud (WHO 2023). Tanto el nuevo Plan de acción sobre seguridad vial como los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU convocan a tomar acción para proporcionar opciones de movilidad segura priorizando a los usuarios más vulnerables, con acciones específicas para la seguridad de las motocicletas. En la Asamblea General de las Naciones Unidas se determinó que alcanzar estos objetivos requerirá un enfoque renovado para reducir las muertes y lesiones viales entre los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas (UNGA 2020).

En toda América Latina, África y Asia, el vehículo motorizado de dos ruedas cumple una función vital de movilidad y se considera por muchos como una herramienta de trabajo (para entregas, transporte de mercancías y de pasajeros), especialmente para las personas de los grupos socioeconómicos más bajos; sin embargo, su uso conlleva un riesgo importante en términos de muertes y lesiones en vía. Para alcanzar los objetivos de la ONU, el Plan Global de la ONU exige un enfoque holístico que vincule los objetivos de seguridad vial a las necesidades globales urgentes para la acción climática, como abordar la desigualdad global, la contaminación atmosférica, las enfermedades crónicas y la pobreza (UNGA 2020; WHO 2023). Para las economías en desarrollo, la necesidad de este enfoque holístico es evidente: aunque los siniestros viales pueden afectar a todos los usuarios de la vía, los grupos de población más vulnerables son los de los países de ingresos bajos y medios (PIBM), con menor acceso a opciones de movilidad segura, infraestructura vial segura, oportunidades de trabajo y atención oportuna de emergencia para salvar vidas. Estos grupos también suelen ser los más vulnerables a los retos impuestos por un desarrollo desigual e insostenible. Los vehículos motorizados de dos y tres ruedas representan el 30 por ciento de las víctimas mortales de siniestros viales en todo el mundo; por lo tanto, para alcanzar los objetivos mundiales de seguridad vial, así como de transporte equitativo y sostenible, es necesario mejorar la seguridad de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas.



Acerca de este informe

Este informe presenta los resultados de la investigación y el análisis de datos de WRI, así como la aplicación de las conclusiones a los elementos de diseño de infraestructuras que han demostrado tener un impacto en la seguridad de los vehículos motorizados de dos ruedas en las zonas urbanas de los países de ingresos bajos y medios (PIBM). Las conclusiones se basan en análisis de datos, modelos estadísticos y observaciones sobre el terreno de ciudades de América Latina, África y el Sudeste Asiático entre 2014 y 2020.

El objetivo general es presentar evidencias del impacto del diseño de infraestructura vial en la seguridad de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas y debatir sobre las implicaciones para el diseño y la política pública. El informe tiene como objetivo complementar el conocimiento local, actuando como recurso para tomadores de decisiones, formuladores de políticas, así como para personas diseñadoras y planificadoras, con el fin de enfrentar la problemática de las muertes y lesiones relacionadas con las motocicletas y desarrollar sistemas viales más seguros.

El reporte está organizado del siguiente modo: en la introducción se explica por qué es fundamental abordar la seguridad de los motociclistas y centrarse en los factores relacionados con las infraestructuras y el entorno vial. La sección "Datos y métodos" ofrece una visión general de los métodos de investigación y los resultados de los modelos. En la sección "Resultados" se exponen los hallazgos de la investi-

gación, y en la sección de "Recomendaciones" se analizan las implicaciones y recomendaciones para las políticas públicas y el diseño de infraestructuras. Por último, en la sección de "Conclusiones" se discute cuáles deberían ser los siguientes pasos por seguir en materia de implementación e investigación a futuro.

Resumen de la investigación

Para esta investigación, WRI analizó datos de seis ciudades: Accra (Ghana), Bangkok (Tailandia), Bogotá y Cali (Colombia), Buenos Aires (Argentina) y Nairobi (Kenia).

Los motociclistas -junto con peatones y ciclistas- son usuarios vulnerables de la vía, y representan la mitad de las muertes por siniestros viales en todo el mundo.



Basándose en modelos estadísticos, este informe examina los efectos de distintos elementos del entorno vial y urbano sobre la seguridad de los motociclistas.

Para ello, se recopilaron y analizaron datos sobre la red de vías arteriales de estas ciudades, como datos de siniestros de tráfico y/o víctimas de motociclistas, variables de datos de infraestructuras, entorno urbano y uso del suelo (como velocidades de los vehículos, presencia de separadores, longitudes de las manzanas, anchos de carriles y vías, patrones de uso del suelo, paraderos de transporte público, uso de vehículos pesados y niveles de ingresos); y variables de operación de las vías (velocidades del tráfico en diferentes momentos del día).

Los datos fueron recopilados de varias fuentes de información. Mientras que los datos sobre choques o siniestros y uso del suelo proceden de la información georreferenciada oficial de cada ciudad o de fuentes de datos abiertas, la información relativa a la existencia y configuración de las distintas infraestructuras, las condiciones del entorno urbano y la velocidad del tráfico procede de observaciones, mediciones y consultas de varias plataformas de información de Google. Los datos se utilizaron para estudiar el impacto de cada uno de estos elementos en los indicadores de seguridad vial.

La disponibilidad y la calidad de los datos suele ser un problema en los países de ingresos bajos y medios; sin embargo, este informe muestra hasta qué punto se puede obtener información a partir de los datos que realmente se encuentran disponibles. Se requiere una mayor disponibilidad de datos e investigaciones para comprender el impacto del entorno urbano en la velocidad y el riesgo de lesiones, también de las condiciones de las vías, como la calidad de la superficie de rodadura o el clima, para desarrollar mejores recomendaciones para el diseño de la infraestructura urbana -especialmente las intersecciones- y para comprender el impacto que el tráfico de motocicletas tiene en otros usuarios vulnerables de la vía.

FIGURA RE-1 | Hallazgos principales del estudio



VELOCIDAD

Las vías urbanas con mayores velocidades de circulación del tráfico en general registran un mayor número de muertes y lesiones de motociclistas.



NÚMERO DE CARRILES

Las vías arteriales con más carriles en Nairobi y Buenos Aires están asociadas con un aumento de las lesiones de motociclistas.



CAJONES PARA MOTOCICLETAS EN INTERSECCIONES

En Buenos Aires, las vías con cajones para motocicletas están asociadas con un aumento de las lesiones de motociclistas.



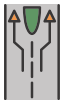
ESTACIONES EN SISTEMAS DE BUS TIPO BRT

En las ciudades latinoamericanas, la presencia de estaciones de bus tipo BRT (Bus Rapid Transit) bien diseñadas se asocia con una disminución de las lesiones en motocicleta.



ZONAS DE INGRESOS BAJOS

Las zonas de menor nivel de ingresos (estrato socioeconómico para Colombia) están asociadas con un mayor riesgo para motociclistas en Bogotá.



SEPARADORES LATERALES

Los separadores entre calzadas con el mismo sentido de circulación provocaron un aumento de las lesiones en puntos con aperturas o accesos en Bogotá y Buenos Aires.



INTERSECCIONES A NIVEL

Aunque encontrar intersecciones a nivel de forma frecuente puede contribuir a moderar la velocidad del tráfico, y así aportar ventajas en materia de seguridad, el aumento del número de posibles puntos de conflicto implica mayores riesgos para los motociclistas en las ciudades latinoamericanas.



USO DEL SUELO

Los entornos urbanos con mayores niveles de densidad poblacional y actividad comercial suelen tener más posibilidades de conflictos en tráfico que se traducen en mayores riesgos para motociclistas en las ciudades latinoamericanas.



PUNTES PEATONALES

Los segmentos viales con puentes peatonales están asociados con un aumento de lesiones de motociclistas en Cali.



ESPACIO PÚBLICO

Las vías con más espacio público disponible a su alrededor registraron menos lesiones con usuarios de motocicletas en Cali.



Resumen de los principales hallazgos

La investigación de WRI muestra que los factores relacionados con las infraestructuras y el entorno vial influyen en la seguridad de los motociclistas en las ciudades examinadas. La velocidad, la geometría de la vía y los patrones de uso del suelo tienen los siguientes impactos:

Resumen de las recomendaciones

Nuestra investigación identifica las siguientes cinco recomendaciones clave para la seguridad de las personas que utilizan motocicletas:

1. GESTIONAR LA VELOCIDAD DE LOS VEHÍCULOS ES FUNDAMENTAL

En todas las ciudades analizadas, las velocidades altas de circulación de todo el tráfico en general es el factor de riesgo más importante para la seguridad de quienes se movilizan en motocicleta. La mejora de su seguridad requiere, por tanto, velocidades de circulación en rangos más seguros a nivel de corredor y de todos los vehículos, no sólo de las motocicletas. Las medidas de gestión de la velocidad deben aplicarse, entonces, a todos los vehículos. Las intervenciones en materia de velocidad también deben ser integrales y continuas, en lugar de centrarse en puntos concretos.

2. CONSIDERAR EL IMPACTO DEL USO DEL SUELO EN LOS CONFLICTOS DE TRÁFICO

Las zonas urbanas densamente pobladas y las zonas con un uso comercial mostraron un mayor riesgo de conflicto. Las zonas de bajos ingresos de Bogotá también registraron un mayor riesgo para la seguridad de los motociclistas. Estas zonas necesitan un planteamiento más global, que abarque toda la zona, para gestionar tanto la velocidad del tráfico como los conflictos de tráfico. Por tanto, la seguridad de las motocicletas debe considerarse a mayor escala, prestando especial atención a las zonas de alto riesgo, donde los conflictos son más probables.

3. MEJORAR EL DISEÑO Y REDUCIR LA COMPLEJIDAD

Los lugares con intersecciones suponen un mayor riesgo para los motociclistas que para otros usuarios. Aunque un mayor número de puntos de intersección (o una menor longitud promedio de las manzanas) en un segmento vial

puede ayudar a moderar la velocidad del tráfico, siguen existiendo mayores riesgos para los motociclistas debido a su vulnerabilidad inherente en los puntos de conflicto de tráfico. Mientras que los conductores de automóviles están protegidos por la carrocería del vehículo, los motociclistas no lo están. Por lo tanto, incluso los siniestros que normalmente no causarían lesiones a los conductores de otros vehículos podrían lesionar con mayor probabilidad a un motociclista a velocidades y condiciones de tráfico similares. Es necesario investigar más a fondo los factores de riesgo específicos de las intersecciones, que pueden incluir cuestiones como la velocidad, la visibilidad, el cumplimiento de las normas de tránsito, el diseño, el diseño de fases semafóricas de forma escalonada, etc. En general, la reducción de la velocidad, la complejidad y los conflictos en estos lugares puede conducir a intersecciones más seguras.

4. CONSIDERAR EL ANCHO DE LAS VÍAS, LA APERTURA DE LOS SEPARADORES Y LAS INCORPORACIONES

Las calzadas anchas con separadores y las arterias anchas con vías de servicio adyacentes divididas por un separador se asocian a un aumento de las lesiones. Aunque el separador en sí no es un problema de seguridad vial y, de hecho, puede hacer que las vías sean más seguras, las aberturas en los separadores a mitad de manzana permiten incorporaciones y giros incontrolados y a gran velocidad entre calzadas. En muchos casos, el diseño de los separadores no permite la incorporación segura de los vehículos, lo que puede dar lugar a conflictos graves. Las calzadas más anchas favorecen el aumento de la velocidad, maniobras como zigzaguear y otros usos más arriesgados de la vía, lo que hace más vulnerables a los motociclistas. Los giros y las incorporaciones deben rediseñarse o restringirse para que este tipo de maniobras sean más seguras.

5. COMBINAR ACCIONES PARA LA SEGURIDAD DE LAS MOTOCICLETAS CON ACCIONES PARA OTROS USUARIOS DE LA VÍA

Las mejoras para peatones, ciclistas y otros usuarios de la vía pueden ser oportunidades para abordar también la seguridad de quienes se movilizan en motocicleta. Muchas intervenciones que reducen los riesgos para otros usuarios vulnerables de la vía también pueden beneficiar

a los motociclistas. Por ejemplo, las intersecciones pueden ser puntos de conflicto de alto riesgo para todos los usuarios vulnerables, es decir, motociclistas, peatones y ciclistas. Por tanto, las intervenciones en materia de seguridad vial, como los pasos a nivel seguros, la ampliación de las aceras, la mejora de la señalización, la pacificación del tráfico y la gestión de la velocidad, pueden beneficiar a todos los usuarios de la vía, incluidos motociclistas. La reducción del ancho de las vías y del tamaño de las intersecciones aporta beneficios colaterales similares. Un buen diseño y la inversión en sistemas de transporte público con accesos seguros a las paradas y estaciones pueden mejorar la seguridad de los pasajeros en tránsito y minimizar los conflictos para los motociclistas.

Esta investigación demuestra que abordar la velocidad y la infraestructura vial puede reducir las muertes y lesiones de los motociclistas. Sin embargo, el rápido aumento del parque automotor de motocicletas y la creciente motorización pueden hacer empeorar la seguridad vial. Esto significa que, además de considerar el diseño de las vías y las velocidades como parte de un enfoque de Sistema Seguro, también será necesario abordar las implicaciones del crecimiento continuo del uso y la dependencia de las motocicletas para obtener resultados sostenibles y a largo plazo en materia de seguridad vial. Para ello será necesario que las ciudades y los países trabajen en pro de sistemas de movilidad y desarrollo urbano sostenibles que reduzcan de forma sistémica y equitativa la dependencia de las motocicletas y ofrezcan alternativas más seguras y confiables.

Esta investigación demuestra
que abordar la velocidad y
la infraestructura vial puede
reducir las muertes y lesiones
de los motociclistas.



ALL NEW **CLICK 125i**
SUPER EASY

Powerful eSP Engine
with Built-in Liquid Cooled

Dual LED Headlight

Dual LED Tail Light

Full Digital Meter

HONDA





Introducción

Las flotas de vehículos motorizados de dos ruedas crecen rápidamente en el Sudeste Asiático, las Américas, África, y el Pacífico Occidental. Estos vehículos se han convertido en parte integrante de nuestros sistemas de movilidad, pero son responsables del 30 por ciento de las muertes por siniestros de tráfico en todo el mundo -más que cualquier otro tipo de usuario de la vía-, con el mayor porcentaje de víctimas mortales en los países de ingresos bajos y medios. Alcanzar el objetivo mundial de la ONU de reducir a la mitad las muertes en vía para 2030 será difícil si no se aborda la seguridad de los motociclistas. Se necesita un enfoque global para abordar las complejas cuestiones de desarrollo socioeconómico y equidad asociadas al uso de las motocicletas y la seguridad vial. La infraestructura vial es un componente clave de un planteamiento de Sistema Seguro, y el diseño y la planificación de nuestras redes viales deberían ser un componente necesario para la seguridad de los motociclistas.

¿Por qué es importante abordar la seguridad de los motociclistas?

Los vehículos motorizados de dos ruedas desempeñan un papel fundamental en los sistemas de movilidad. Los vehículos motorizados de dos ruedas se han convertido en una parte integral de los sistemas de movilidad de muchas economías de ingresos bajos y medios, y es probable que sigan siéndolo en un futuro próximo. La rápida motorización ha acompañado al crecimiento económico en el Sur Global y el uso de motocicletas ha aumentado significativamente en las últimas décadas, con enormes repercusiones en el transporte, la salud, el clima y la equidad (Nishitaten y Burke 2014).

Los vehículos motorizados de dos y tres ruedas también son un modo de transporte de alto riesgo y la OMS ha puesto de manifiesto que actualmente representan el 30 por ciento de las muertes en vía en todo el mundo (WHO 2023). Dado que se prevé un rápido crecimiento del parque mundial de motocicletas, su seguridad seguirá siendo un reto acuciante para los países de ingresos bajos y medios (PIBM), y abordar la seguridad de los vehículos motorizados de dos ruedas será fundamental para cumplir el objetivo mundial de la ONU de reducir a la mitad las muertes en vía para 2030.

Aumentan las personas fallecidas y heridas en siniestros viales con motocicletas mientras crece el parque automotor de motocicletas

Las razones de este rápido crecimiento son diversas y complejas. Desde el punto de vista del conductor, se consideran una opción de transporte asequible y versátil debido a los menores costes de propiedad, financiación, combustible y funcionamiento en comparación con otros vehículos de motor. Proporcionan un nivel de movilidad personal y accesibilidad

Los vehículos motorizados de dos y tres ruedas son un modo de transporte de alto riesgo y actualmente representan el 30 por ciento de las muertes en vía en todo el mundo.

CAJA 1 | Definición de los vehículos motorizados de dos ruedas

El término "vehículo de dos ruedas motorizado" puede referirse a una gama de vehículos de dos ruedas motorizados como motocicletas, scooters y, en algunos contextos, vehículos de micromovilidad como bicicletas eléctricas y kick scooters. Sin embargo, es necesaria una definición clara para analizar las implicaciones de su uso en la seguridad vial, ya que las clases de vehículos determinan cómo se aplican y se hacen cumplir los reglamentos y las normas. Una bicicleta eléctrica, por ejemplo, podría circular por las aceras y estar regulada como una bicicleta, mientras que una motocicleta no. **Para efectos de este informe, los términos "motocicleta" y "vehículo motorizado de dos ruedas" se utilizan indistintamente y se definen como vehículos de dos ruedas capaces de circular a más de 25 kilómetros por hora, legalmente aptos para circular por vía una calzada vehicular y regulados como vehículos de motor.** Con esta definición, se incluyen en el análisis vehículos como motocicletas, ciclomotores y scooters, pero se excluyen bicicletas eléctricas y los vehículos de tres ruedas.

que antes no estaba al alcance de muchos, a menudo precediendo a la propiedad de un automóvil para las familias y sustituyendo a las bicicletas. En algunos países pueden estar menos regulados que otros modos de transporte, ya que los requisitos en materia de licencias y seguros son menos estrictos y sus normas de comercialización y uso son menos rígidas. En ciudades muy congestionadas, los vehículos motorizados de dos ruedas prometen un viaje más rápido gracias a su capacidad para filtrarse a través del tráfico. Su capacidad para viajar y estacionarse en casi cualquier lugar puede proporcionar desplazamientos de puerta a puerta con una mayor facilidad que otros modos no pueden ofrecer.

Desde el punto de vista de los sistemas de movilidad, cubren brechas críticas al ofrecer acceso a empleos y oportunidades a quienes no pueden utilizar los sistemas de movilidad existentes o están desatendidos por ellos, especialmente el transporte público. Entre ellas suelen encontrarse comunidades vulnerables o con ingresos bajos que no pueden permitirse o acceder a otros modos de desplazamiento.

Desde el punto de vista económico, los vehículos motorizados de dos ruedas son también un importante motor económico para las economías en desarrollo, tanto en la fabricación,

exportación y venta de vehículos como en su uso comercial (Nishitaten y Burke 2014). Las motocicletas han proporcionado modos de sustento a comerciantes, servicios de taxi, transportadores de mercancías y materiales, y personas que entregan bienes y servicios esenciales en muchas regiones del mundo. En los últimos años, el uso de mototaxis y servicios de reparto en América Latina, Asia y África ha experimentado un crecimiento exponencial impulsado por el auge de las aplicaciones de telefonía móvil para servicios a domicilio. La pandemia de COVID-19 también aceleró aún más el uso de motocicletas al aumentar la demanda de estos servicios de reparto y restringir el uso cotidiano del transporte público.

Los motociclistas se enfrentan a un mayor riesgo de muerte y lesiones en vía

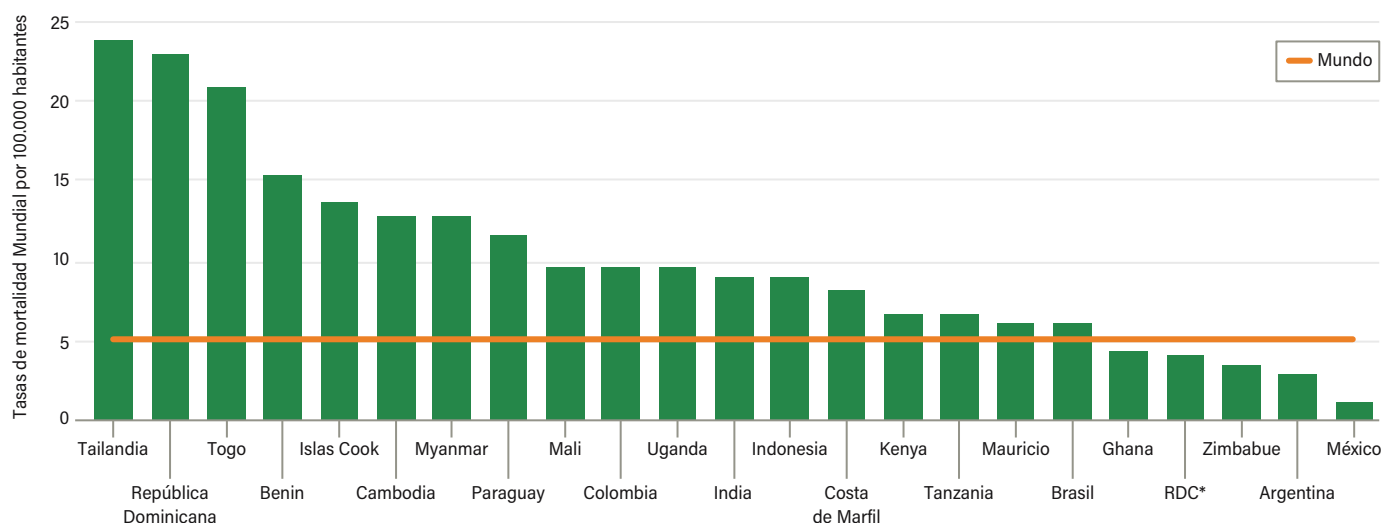
A pesar de su versatilidad y comodidad, los vehículos motorizados de dos ruedas son un medio de transporte de alto riesgo en las vías de todo el mundo, especialmente en los países de ingresos bajos y medios (ver Figura 1). Las motocicletas pueden circular a velocidades similares a las de otros vehículos motorizados, pero en caso de siniestro es el motociclista el que absorbe la mayor parte de las fuerzas cinéticas y de impacto, que pueden ser muy superiores a lo que el cuerpo humano puede tolerar. Los vehículos motorizados de dos ruedas también tienen perfiles más pequeños que reducen su

visibilidad por parte de otros usuarios de la vía y son intrínsecamente propensos a una mayor inestabilidad, agravada por velocidades inseguras, cambios bruscos de dirección, el posible mal estado de las vías, condiciones meteorológicas adversas o problemas mecánicos. En caso de un siniestro, los motociclistas salen expulsados fácilmente y corren el riesgo de ser atropellados por otro vehículo o de sufrir lesiones inducidas por el impacto o la fricción contra objetos fijos. Como resultado, quienes se movilizan en motocicletas tienen más probabilidades de sufrir lesiones graves o fatalidades.

El riesgo de muerte de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas es significativamente mayor por kilómetro recorrido, incluso en los países de ingresos altos: más de 20 veces el de los ocupantes de automóviles en los países de la Unión Europea (WHO 2004), y 29 veces el de los ocupantes de automóviles en Estados Unidos (NCSA 2021). En São Paulo, Brasil, el riesgo de mortalidad para un motociclista puede ser unas 35 veces mayor que para un ocupante de un automóvil (Prefeitura Municipal de São Paulo 2019).

Al igual que otros vehículos, los vehículos de dos ruedas motorizados también causan lesiones y muertes a otros usuarios de la vía, especialmente en siniestros con peatones, ciclistas u otros motociclistas.

FIGURA 1 | Tasas mundiales de mortalidad de motociclistas por 100.000 habitantes



Nota: *RDC = República Democrática del Congo

Fuente: Organización Mundial de la Salud (WHO 2018).

La seguridad de los motociclistas es una cuestión de desarrollo para los países de ingresos bajos y medios

La rápida adopción de las motocicletas no es sólo una cuestión de movilidad o seguridad vial. Se trata de un problema de desarrollo socioeconómico más amplio que requiere una consideración sistémica. Existen pruebas de que los países con un mayor porcentaje de motocicletas tienen mayores tasas de mortalidad en vía, y que el aumento del parque de motocicletas tiene un mayor impacto negativo en las muertes en vía que el aumento de vehículos o camiones (Chandran et al. 2012; Ngoc et al. 2023; Villaveces et al. 2021). Las tasas de propiedad de motocicletas tienden a aumentar con el PIB per cápita a medida que las economías se desarrollan, especialmente en los países densamente poblados, para luego disminuir con el aumento de la riqueza una vez que alcanzan un PIB per cápita de 7.000 a 9.000 dólares (Nishitaten y Burke 2014). En consecuencia, los países de renta baja deberían esperar que las flotas de motocicletas aumenten, y de la misma forma las muertes relacionadas con las motocicletas y otras muertes en vía a medida que su uso siga creciendo.

Por ejemplo, el PIB de Camboya creció de 8.600 millones de dólares a 12.800 millones entre 2007 y 2011, acompañado de un crecimiento del 137 por ciento en el número de vehículos motorizados de dos y tres ruedas registrados, y un aumento del 23 por ciento en el número de víctimas mortales en siniestros de tráfico durante el mismo periodo. Sólo las muertes de motociclistas aumentaron en un 30 por ciento (Roehler et al. 2015).

Las motocicletas conectan el crecimiento económico con la mejora del acceso al crecimiento, las oportunidades, la educación y los servicios de salud. Como consecuencia, las víctimas de los siniestros de motocicleta también suelen ser en su mayoría conductores de bajos ingresos y adultos jóvenes, que representan el núcleo de la mano de obra económica en los países de ingresos bajos y medios. Por ejemplo, en América Latina, las personas de entre 15 y 44 años representan más del 60 por ciento de todas las muertes en motocicleta (PAHO 2018). Por lo tanto, el aumento de las muertes y lesiones en vía puede frenar el crecimiento económico de acuerdo con el Banco Mundial, impidiendo una transición más rápida para dejar atrás un modelo de transporte basado en motocicletas (World Bank 2017). Uno de los principios fundamentales de las políticas de Visión Cero es que las muertes por siniestros de tráfico pueden evitarse en gran medida mediante políticas y diseños basados en evidencia. Esto hace que la planificación

integral para abordar el uso de motocicletas y las muertes de motociclistas sea una necesidad para las economías en crecimiento desde una perspectiva de desarrollo.

La seguridad de las motocicletas es una cuestión de equidad

Impacto sobre la pobreza y las poblaciones con bajos ingresos

La seguridad de las motocicletas también tiene implicaciones de equidad para los grupos de población vulnerables. Las motocicletas proporcionan movilidad allí donde faltan opciones de movilidad, especialmente en las zonas de bajos ingresos y escasa accesibilidad de las ciudades de los países en desarrollo. Las zonas menores ingresos suelen estar en la periferia de las ciudades, lo que exige desplazamientos más largos para acceder a oportunidades. Las motocicletas pueden proporcionar viajes más rápidos y económicos en comparación con otros modos, lo que aumenta la exposición al riesgo en seguridad vial. Las zonas de bajos ingresos no suelen tener prioridad a la hora de invertir en la mejora y el mantenimiento de las vías. Como consecuencia, estas zonas también suelen tener infraestructuras viales de peor calidad, lo que puede agravar aún más el riesgo de lesiones en vía. Fuera de las zonas urbanas, la cobertura del transporte público puede ser escasa o inexistente, lo que también forzaría más a las poblaciones rurales y periurbanas a utilizar motocicletas. Así, los grupos con bajos ingresos tienden a estar más expuestos y a tener un mayor riesgo de sufrir siniestros de tráfico graves como motociclistas.

Género y seguridad

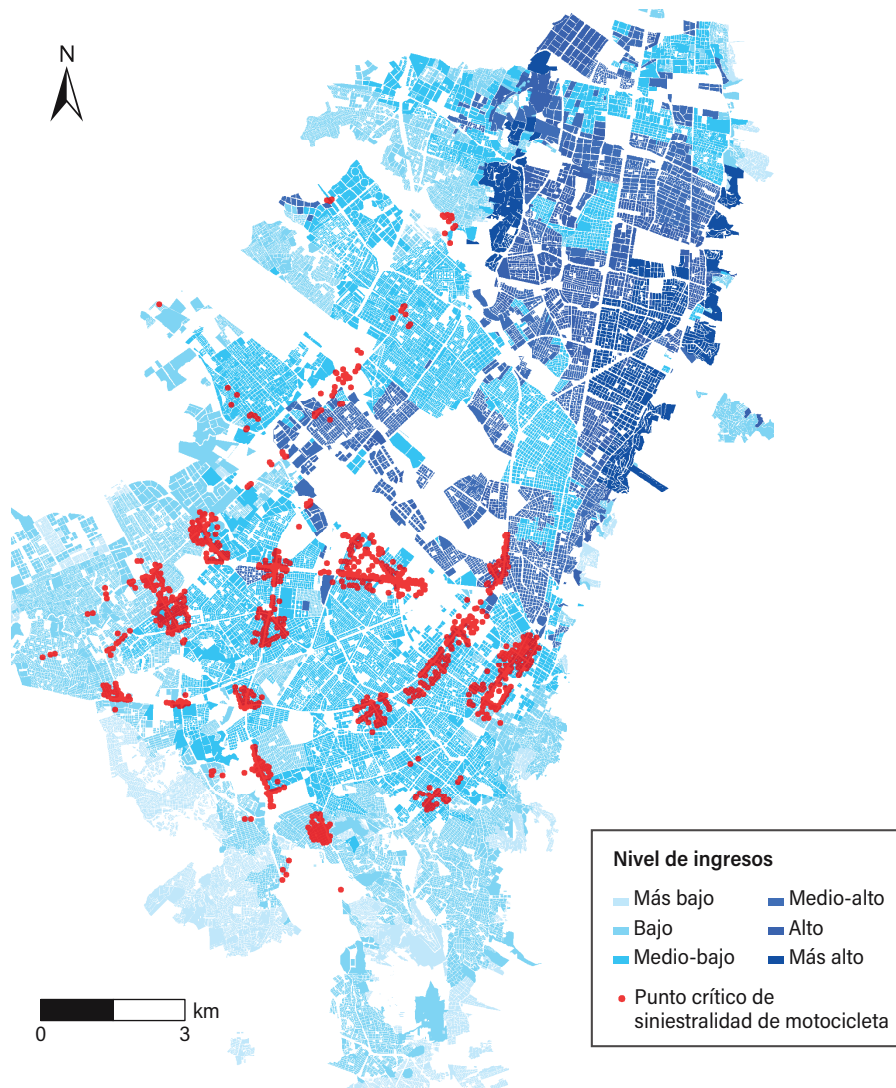
Como ocurre con todos los medios de transporte, es probable que las víctimas de siniestros de motociclistas en todo el mundo sean en su mayoría hombres, ya que la mayoría de los usuarios de motocicletas también son hombres. Sin embargo, el uso de las motocicletas también puede tener importantes repercusiones directas e indirectas en la seguridad de las mujeres y en su acceso a las oportunidades, así como en sus decisiones sobre los viajes que deciden hacer y los medios de transporte que utilizan para realizarlos.

La seguridad y la protección suelen ser las principales consideraciones de las mujeres a la hora de elegir un medio de transporte. Cuando el transporte público no es seguro o no está disponible, la motocicleta puede ofrecer ventajas de transporte, aunque no sea la opción ideal. En la India,

CAJA 2 | Motocicletas y niveles de ingreso en Bogotá, Colombia

El análisis de los datos de Bogotá realizado por WRI ha demostrado que la mayoría de los desplazamientos en motocicleta relacionados con el trabajo se originan en zonas de bajos ingresos situadas en la periferia de la ciudad y tienen como destino el centro, en comparación con las zonas de ingresos más altos. Las localidades de Bosa, Suba y Ciudad Bolívar, que están menos al alcance de los principales servicios de transporte público y masivo, registran los mayores volúmenes de tráfico de motocicletas. Las motocicletas son un medio atractivo para desplazarse al trabajo en estas zonas porque los tiempos de viaje en moto por la ciudad son más cortos en comparación con otros medios de transporte. En promedio, la mitad (53 por ciento) de los desplazamientos laborales dura menos de una hora en motocicleta, frente a sólo el 17 por ciento de los desplazamientos en otros modos. La mayoría de los puntos críticos de víctimas de siniestros con motociclistas (lugares con un número de incidentes significativamente mayor que otros) en Bogotá se encuentran en zonas de ingresos bajos o medios-bajos de la ciudad. La mayoría de las víctimas son trabajadores entre 20 y 30 años.^a El impacto de la desigualdad económica en términos de exposición, calidad de la infraestructura vial y acceso a otras opciones de movilidad se pone de manifiesto en el hecho de que la mayoría de los puntos conflictivos de siniestros de motocicletas se encuentran en las zonas de menores ingresos de la ciudad (ver Figura B2-1).

FIGURA B2-1 | Puntos críticos de siniestralidad de motocicletas y niveles de ingresos en Bogotá, Colombia



Nota: Los puntos críticos de siniestralidad mostrados son estadísticamente significativos con un nivel de confianza >90 por ciento.

Fuente: WRI con datos de la Secretaría de Movilidad de Bogotá.

Fuente: a. Secretaría de Movilidad 2022.



por ejemplo, las mujeres utilizan motocicletas para acceder a la educación o para viajes de ocio y compras, ofreciendo oportunidades de movilidad a mujeres que consideran que el transporte público es "poco fiable, sucio e inseguro" (Pai et al. 2014). Los mototaxis también han proporcionado soluciones de transporte a las mujeres que no suelen poseer o conducir sus propios vehículos o cuando el transporte público se considera inseguro. También se ha generado preocupación por la seguridad personal de las mujeres, sobre todo en los servicios informales no regulados, donde se han denunciado casos de acoso o violencia contra las pasajeras. Sin embargo, ante la opción de elegir, las mujeres eran menos propensas a elegir las motocicletas como opción de transporte (Ng y Acker 2018).

Las motocicletas también afectan a quienes no las conducen. Encuestas realizadas en Yakarta, Indonesia, han demostrado que las mujeres asocian las calles con tráfico de motocicletas como inseguras para ellas, sus hijos e hijas (Hidayati et al. 2020).

Repercusiones en la seguridad de menores de edad

En todo el mundo, los traumatismos causados por el tránsito son ya la principal causa de muerte de niños y jóvenes según la OMS (WHO 2023). En el Sudeste Asiático, las motocicletas están implicadas en el 50-60 por ciento de las lesiones y muertes relacionadas con el transporte en la población infantil de 15 años o menos. En Tailandia, donde se registra la tasa de mortalidad por motocicleta más alta del mundo, las motocicletas estuvieron implicadas en el 74 por ciento de todas las muertes relacionadas con el transporte de menores de 17 años, con tasas más elevadas entre los adolescentes. Además de los motociclistas, los datos de 2009 también muestran que entre las víctimas de peatones que hacen parte de la población infantil, el 60,8 por ciento fueron atropellados por una motocicleta. Los proyectos piloto de vigilancia de la salud pública en la India, Nepal y Sri Lanka también mostraron que la población infantil usuaria de motocicletas sufría la mayor proporción de lesiones relacionadas con el transporte en comparación con otros tipos de vehículos (WHO 2014).

Por qué importan la infraestructura y el entorno vial en un planteamiento de Sistema Seguro

Afrontar la seguridad de las motocicletas presenta retos únicos en comparación con otros modos debido a su mayor vulnerabilidad al operar junto a otros vehículos. Los esfuerzos a nivel global para abordar la seguridad de los motociclistas han tendido a centrarse en sus comportamientos individuales y en su protección en caso de siniestros, incluyendo regulaciones en aspectos como el uso del casco, los sistemas antibloqueo de frenos (ABS) y las luces de circulación diurna, todos los cuales se ha demostrado que reducen el número de víctimas mortales y heridos.

Las modificaciones del comportamiento de los usuarios de la vía, así como las restricciones sobre cuándo, dónde y cómo pueden utilizarse las motocicletas, también se han utilizado con eficacia variable en distintos países (Afukaar et al. 2019; Oteng-Ababio y Agyemang 2015).

Sin embargo, la investigación y la práctica para comprender y enfrentar los factores de riesgo ambientales y de infraestructura para prevenir las colisiones de motocicletas es escasa, a pesar de la importante investigación sobre factores de riesgo similares para otros usuarios de la vía, como peatones o ciclistas.

Muchas de las investigaciones existentes se refieren a ciudades y países en los que la distribución modal de la motocicleta es inferior a la que se observa en muchos países de ingresos bajos y medios, que cuentan con un gran volumen de usuarios

CAJA 3 | ¿Qué es un enfoque de Sistema Seguro?

El planteamiento del Sistema Seguro parte de la premisa de que, aunque el error humano es inevitable, las muertes y lesiones graves en siniestros viales en gran medida son prevenibles. La planificación del uso del suelo, el diseño de las vías, las opciones de movilidad segura y la gestión de la velocidad son áreas de actuación del enfoque del Sistema Seguro. Consideran factores sistémicos y subyacentes que inciden en que la seguridad vial y la demanda de la movilidad no tengan como resultado la muerte o lesiones graves. La seguridad de las motocicletas es una cuestión compleja y multifacética que no puede abordarse con esfuerzos aislados. Se trata de sistema que requiere un pensamiento y soluciones sistémicas con responsabilidades compartidas entre los diferentes actores.

FIGURA B3-1 | Elementos y áreas de acción de un enfoque de Sistema Seguro en seguridad vial



Fuente: Welle et al. 2018.

cotidianos de motocicletas. En los países con una mayor proporción de motociclistas, a pesar de que los siniestros de tráfico les afectan de forma desproporcionada, a menudo se considera que los motociclistas contribuyen de forma desfavorable a la inseguridad vial al ser más propensos al exceso de velocidad o a una conducción menos habilidosa y más arriesgada.

Esto también puede haber contribuido a que, al hablar de la seguridad de los motociclistas, el énfasis estuviera centrado más en la modificación de su comportamiento como usuarios viales -que es uno de los componentes de la seguridad vial- por encima del diseño y la gestión de las vías.

Aunque existen muchos estudios y lineamientos sobre el diseño de vías seguras enfocado en peatones, ciclistas, transporte público y vehículos, no hay suficientes estudios sobre cómo influye el diseño de las vías en la seguridad de los motociclistas, especialmente en los PIBM. Como consecuencia de la falta de estudios, el entorno vial se sigue diseñando en función de las necesidades y tolerancias de estos otros grupos de usuarios viales, que no implica necesariamente que sea seguro para los motociclistas (Doctor y Ngo 2022). El diseño de las vías no suele tener en cuenta a quienes se movilizan en motocicleta, ya que los vehículos de cuatro ruedas siguen siendo los usuarios "primarios" originales de diseño. Esto, unido a la mayor vulnerabilidad asociada al uso de los vehículos motorizados de dos ruedas, ha creado unas condiciones viales casi "inequitativas" (Elvik 2009).

El diseño de la infraestructura, el entorno vial, el uso del suelo, la velocidad y los sistemas de transporte existentes son elementos críticos que repercuten en la seguridad vial. Un planteamiento basado en un Sistema Seguro (ver Caja 3) requiere un examen exhaustivo y proactivo de los sistemas que contribuyen a las muertes en vía, incluido el aumento del uso de motocicletas y las muertes y lesiones asociadas. Aunque los elementos de seguridad como los cascos, el diseño de los vehículos, mejoras en el cumplimiento de la ley y la educación son elementos importantes y eficaces de un Sistema Seguro, es necesario ampliar el alcance de los esfuerzos en materia de seguridad de las motocicletas para lograr un cambio más amplio de los sistemas y aumentar la acción en otros ámbitos.

Qué aporta este reporte

Este reporte busca cubrir algunos de los vacíos existentes en la investigación y la comprensión de cómo el diseño y el entorno vial contribuyen a las muertes y lesiones de motoci-



clistas. La investigación examina la relación entre el entorno vial (en especialmente, la infraestructura vial) y la seguridad de los motociclistas en ciudades seleccionadas en países de ingresos bajos y medios (PIBM). El reporte utiliza el análisis estadístico de datos sobre infraestructuras y entorno urbano para ofrecer recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la seguridad de los motociclistas.

Este informe busca responder a las siguientes preguntas clave:

1. ¿Existe una relación entre los factores del entorno vial, en particular la velocidad y la infraestructura, y la seguridad vial de las motocicletas en los países de ingresos bajos y medios?



2. ¿Cuáles son los factores del entorno vial que influyen en la seguridad de los motociclistas?

A partir de los resultados de este estudio, se examina cómo pueden las ciudades hacer frente a los problemas de velocidad e infraestructura vial para mejorar el desempeño de la seguridad de las motocicletas. Para responder a estas preguntas, la investigación analiza cómo las lesiones y muertes relacionadas con el uso de motocicletas podrían estar asociadas con variables del entorno urbano, incluyendo la infraestructura, la velocidad y el uso del suelo.

Al hablar de la seguridad de los motociclistas, el énfasis ha estado centrado más en la modificación de su comportamiento como usuarios viales que en el diseño y la gestión de las vías.

FIGURA B4-1 | Carriles exclusivos para motocicletas en Ciudad Ho Chi Minh, Vietnam



Fuente: Vineet John

La infraestructura exclusiva para motocicletas ha proporcionado resultados altamente variables en materia de seguridad vial. La evaluación de los carriles exclusivos para motocicletas no se incluyó en este informe ya que éstos no existen en las ciudades analizadas. Aunque la segregación de peatones y ciclistas del tráfico motorizado no es algo nuevo, la infraestructura exclusiva para motocicletas sigue siendo un campo relativamente inexplorado.^a En algunas ciudades con una participación modal alta de motocicletas, se han utilizado carriles exclusivos para motocicletas (como se ve en la Figura 2), así como cajones para motos en los accesos a intersecciones inspirados en los cajones para bicicletas. Los resultados frente a este tipo de infraestructura cuentan con resultados mixtos. Por ejemplo, en estudios realizados en Indonesia, Malasia y Taiwán se observó una reducción significativa de las colisiones con motocicletas tras su implantación, mientras que en estudios realizados en Brasil y Argentina se observó un aumento de los siniestros de motociclistas tras su implementación.^b Estos carriles también se han implementado en diversos tipos de vías, desde carriles exclusivos en autopistas o vías arteriales hasta carriles segregados o demarcaciones de giro en vías urbanas. Por lo tanto, estos resultados mixtos de la seguridad que ofrece la infraestructura exclusiva para motocicletas puede depender de factores que no fueron considerados en el ámbito de este informe, como el tipo de vía, el comportamiento del conductor, los volúmenes de tráfico, la cultura de conducción, la ubicación y las características de diseño del carril, o la participación modal.

Pero sin medidas similares de priorización, quienes se transportan en motocicleta pueden seguir siendo especialmente vulnerables incluso si se proporcionan carriles segregados.^c En las zonas urbanas más densas podemos esperar que los carriles exclusivos para motocicletas se crucen con accesos numerosos para vehículos que giran, entradas a edificios o propiedades y otros servicios en la acera como estacionamientos, paradas de autobús o cruces, todos ellos puntos potenciales de conflicto. A diferencia de lo que ocurre con las bicicletas en los carriles de bicicleta, la mayor velocidad de las motocicletas en los carriles exclusivos puede agravar estos conflictos al tiempo que proporciona una falsa sensación de seguridad.

CAJA 4 | ¿Es la infraestructura exclusiva una solución para la seguridad de los motociclistas? (cont.)

Además, hay menos razones para dar prioridad a las motocicletas en las vías. Dar prioridad a los peatones y ciclistas, o incluso a los vehículos de transporte público en el diseño de las vías ofrece otros beneficios representados en mejoras de la seguridad vial, la salud pública, la economía, la calidad del aire, el clima y la accesibilidad. Estos beneficios se derivan de un mayor uso de opciones de transporte sostenible, una mayor actividad física y menores emisiones, que pueden contrarrestar las externalidades negativas de los modos de transporte motorizados.^d Una priorización similar de las motocicletas no proporcionaría estos beneficios, sino que de hecho podría tener el efecto contrario al priorizar más los viajes motorizados.

Por lo tanto, la cuestión de los carriles e infraestructuras exclusivas para motocicletas debe considerarse de forma más integral como una parte dentro de un sistema de movilidad, de unos objetivos más amplios en materia de transporte sostenible y de seguridad vial; y para permitir el uso más seguro de un espacio vial que es limitado y que a su vez sirva a todos los usuarios de la vía.

La investigación sobre el impacto de la infraestructura exclusiva para motocicletas en un nivel más amplio y sistemático es limitada. Aunque ésta puede ofrecer cierta protección a los motociclistas en contextos específicos, su posible implementación debe considerarse con mucho cuidado y precaución, ya que así también se puede fomentar una mayor utilización de las motocicletas, velocidades más altas o desviar recursos de otras obras necesarias para mejorar la seguridad vial o la movilidad urbana.

En lugares con una capacidad vial limitada, como las zonas urbanas densamente pobladas, debería evaluarse el costo de oportunidad de añadir carriles para motocicletas, especialmente si estas vías carecen de otros elementos de infraestructura importantes para la seguridad de los peatones o el transporte público. Se ha demostrado que invertir y dar prioridad tanto al transporte no motorizado como al público reduce las muertes y lesiones en vía.^e Es importante analizar -caso por caso- en qué condiciones la infraestructura dedicada a las motocicletas podría ser segura y cómo asignar el escaso espacio físico. No obstante, nunca debe darse prioridad a las motocicletas frente a otros modos de transporte más seguros, como los desplazamientos a pie, en bicicleta o en transporte público, y la inversión en infraestructuras específicas para motocicletas no debe hacerse a expensas de infraestructuras no motorizadas o de transporte público de alta calidad.

Fuentes: a. Ahmed et al. 2023; b. Jiménez et al. 2015; Saini et al. 2022; c. Chu et al. 2012; d. Adriazola-Steil et al. 2021a; e. Adriazola-Steil et al. 2021a; Duduta et al. 2014.

FIGURA 2 | Carriles exclusivos para motociclistas en Ciudad Ho Chi Minh City, Vietnam



Fuente: Vineet John





Datos y métodos

Este informe utiliza datos cuantitativos de siniestralidad para identificar la relación entre los datos del entorno vial, como la infraestructura, el entorno urbano, el uso del suelo, y la velocidad de las vías. El análisis cuantitativo y geográfico se complementó con la experiencia y las observaciones de WRI sobre el terreno para posteriormente formular recomendaciones.

Datos recopilados

Utilizamos datos de seis ciudades para estudiar el impacto de la velocidad y el entorno vial en la seguridad de los motociclistas. Las ciudades incluidas en este informe se eligieron debido a la disponibilidad de datos. Las seis ciudades son:

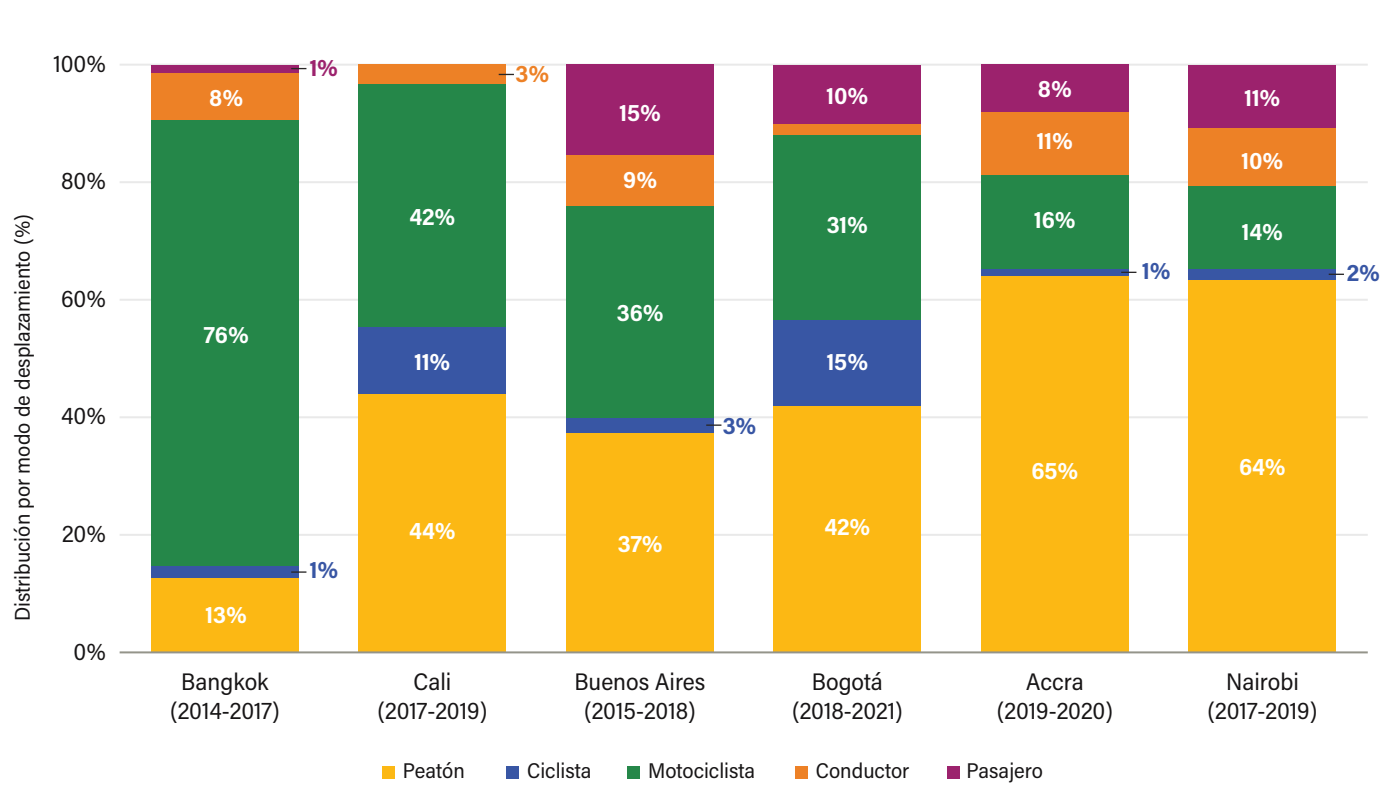
- Accra, Ghana
- Bangkok, Tailandia
- Bogotá, Colombia
- Buenos Aires, Argentina
- Cali, Colombia
- Nairobi, Kenia

Los usuarios vulnerables son la mayoría de las víctimas de siniestros de tráfico en las seis ciudades. El porcentaje de víctimas mortales relacionadas con motocicletas sobre el total de víctimas mortales en vía oscila entre el 14 por ciento en Nairobi y el 76 por ciento en Bangkok (Figura 3).

El estudio utilizó modelos estadísticos para probar la relación entre las variables de velocidad y entorno urbano recolectadas, así como el número de siniestros con víctimas motociclistas de gravedad, es decir heridos y víctimas mortales. Los datos utilizados se resumen a continuación y en el Apéndice A se encuentra una lista detallada de cada variable, su descripción y su fuente. Se comprobó la multicolinealidad de las variables antes de incluirlas en los modelos.

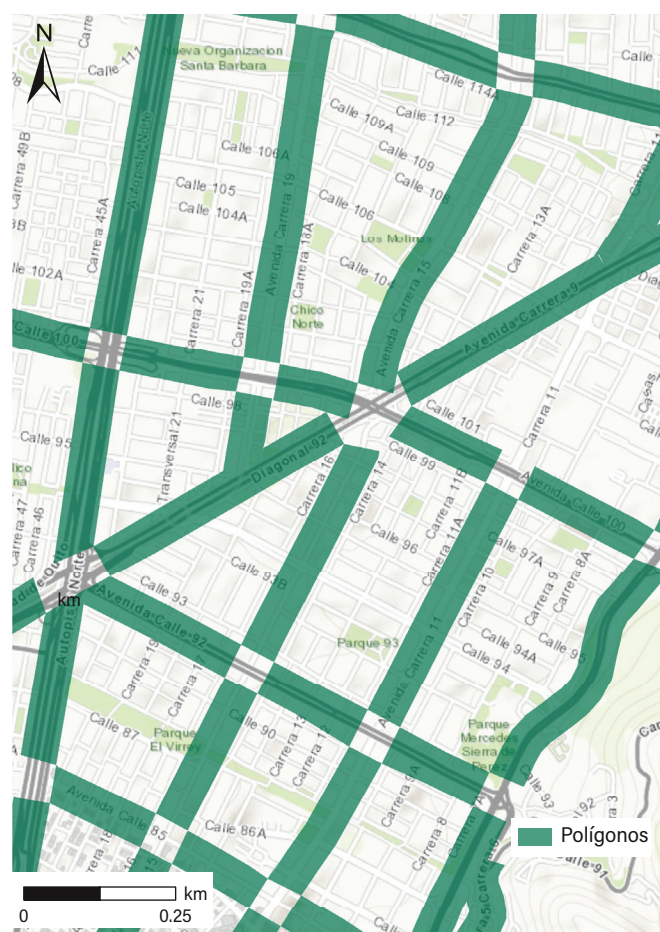
Para este estudio, la red de vías arteriales de cada ciudad se dividió en segmentos (también denominados polígonos) que fueron las unidades de análisis para ejecutar los distintos modelos estadísticos. Los segmentos se definieron como un polígono con un ancho de 100 m (50 m a cada lado de la línea central de la vía) y una longitud definida por las intersecciones con otras vías arteriales, como se muestra en la Figura 4. Para cada segmento de vía, se recopilaban datos de siniestros de tráfico en los que estuvieron involucrados motociclistas (y otras víctimas, si estuvieron disponibles), infraestructura (Figura 5), uso del suelo (Figura 6), y datos de velocidad de operación del tráfico, tal y como se describe a continuación.

FIGURA 3 | Distribución de víctimas mortales, por tipo de usuario en cada ciudad



Fuentes: WRI, a partir de los datos oficiales comunicados por cada ciudad. Bangkok: Datos recopilados por la policía de Bangkok y georreferenciados por el WRI. Cali: Datos recopilados por la Secretaría de Movilidad y facilitados por Vital Strategies. Buenos Aires: Datos recopilados por la ciudad de Buenos Aires. Bogotá: Datos oficiales recopilados y georreferenciados por la Secretaría de Movilidad. Accra: Datos recopilados por la ciudad de Accra y facilitados por Vital Strategies. Nairobi: Datos recopilados por la ciudad de Nairobi y facilitados por el Banco Mundial.

FIGURA 4 | Ejemplo de polígonos utilizados en vías arteriales



Fuente: WRI.

Datos sobre siniestros viales

Se obtuvieron datos de siniestros viales georreferenciados de las seis ciudades para un periodo de datos disponibles según cada ciudad, utilizando hasta cinco años de datos cuando se disponía de ellos. Los datos de Bangkok fueron recopilados por la Fundación de Vías de Tailandia, con el apoyo del WRI a través de la Iniciativa Bloomberg Philanthropies para la seguridad vial mundial (BIGRS). En el caso de Nairobi, la Autoridad Nacional de Transporte y Seguridad de Kenia, con el apoyo del Banco Mundial, facilitó los datos de los siniestros, que fueron georreferenciados por WRI en función de la ubicación correspondiente más cercana a la dirección identificada en los informes de siniestros.

Para Cali, Bogotá, Buenos Aires y Bangkok, los datos fueron facilitados por las ciudades a través de nuestro socio Vital Strategies. Todos los puntos de datos de siniestros se consi-

deraron para el análisis si su ubicación podía asignarse a un segmento de vía arterial cercano para su análisis. Los puntos de intersección entre vías arteriales se excluyeron del análisis para evitar el doble recuento entre corredores (Vergel-Tovar et al. 2020), como se muestra en la Figura 4.

Los siniestros con heridos graves y mortales se modelaron con la condición de disponer de información certera sobre su gravedad. En Accra y Nairobi, sin embargo, no se disponía de información sobre la gravedad de los siniestros, por lo que se examinaron todos los siniestros reportados con motociclistas en estas ciudades.

Dado que se desconoce el alcance exacto y el patrón geográfico de los siniestros que no fueron reportados por las autoridades locales, suponemos que este fenómeno de subregistro puede haberse dado de forma uniforme en toda la red de vías arteriales. En el contexto de este informe, la red vial arterial urbana o de vías principales se refiere a las vías urbanas de gran capacidad y a las grandes vías colectoras de la ciudad, ignorando las calles residenciales más pequeñas, las vías de acceso y las vías colectoras de menor escala. En todos los casos, las vías principales y las vías arteriales se verificaron con los conjuntos de datos disponibles de Open Street Maps y sus clasificaciones: primarias, secundarias, troncales y otras vías de alta capacidad.

Datos de velocidad

Aunque la investigación sobre la seguridad de los motociclistas ha sido limitada, especialmente en los PIBM, las investigaciones previas centradas en el entorno urbano y la seguridad vial ya sugieren que la velocidad de los vehículos es uno de los principales factores de riesgo en la seguridad vial (Dumbaugh y Rae 2009). La velocidad ya se reconoce universalmente en la literatura científica sobre seguridad vial como un factor de riesgo clave, y el más significativo para la seguridad de todos los usuarios de la vía (Elvik 2005). Una mayor velocidad del vehículo aumenta la probabilidad de colisiones o de que el conductor pierda el control del vehículo, y reduce el tiempo de que dispone el conductor para anticiparse a los peligros de la vía y reaccionar ante ellos. Mayores velocidades también aumentan la gravedad de un siniestro, ya que las fuerzas de impacto más elevadas provocan lesiones más graves, especialmente para los usuarios vulnerables de la vía, incluidos los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas. El riesgo de siniestros graves es aún mayor cuando la velocidad de los vehículos es inadecuada para el entorno vial, como en los entornos urbanos más densamente poblados. Para el caso de los motociclistas en las ciudades examinadas, los siniestros más graves también se producen por la noche, cuando la congestión

es menor y el tráfico circula sin obstáculos a altas velocidades. En otras palabras, la velocidad del tráfico aumenta tanto la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de los siniestros.

Pero, en general, los datos sobre la velocidad del tráfico en las vías arteriales de las localidades estudiadas no eran fáciles de obtener de fuentes locales. Por lo tanto, como aproximación, el estudio utiliza las velocidades promedio del tráfico mixto previstas en condiciones de flujo libre. Se definen como las velocidades a las que viajaría un vehículo motorizado en ausencia total de congestión o condiciones adversas. Estas velocidades se obtuvieron utilizando la plataforma Google

CAJA 5 | Sobre Google Distance Matrix API

La plataforma *Google Distance Matrix API* es un servicio que acepta una solicitud HTTPS con orígenes y destinos especificados para un modo de transporte determinado y muestra la distancia y duración estimadas del viaje para cada combinación de origen y destino que se haya especificado. Con estos datos, se pueden calcular las velocidades de desplazamiento a lo largo de un segmento de vía determinado. Para cada solicitud, también pueden especificarse opciones adicionales, como la hora de salida, el modo de desplazamiento (se utiliza "vehículo" como opción por defecto para reflejar la circulación de tráfico mixto en un corredor) y el modelo de tráfico.

Existen tres modelos de tráfico utilizados para calcular el tiempo de viaje previsto entre dos lugares en diferentes condiciones de tráfico:

- **Optimista:** considera que la duración prevista en el tráfico es inferior al tiempo de viaje normalmente previsto en la mayoría de los días (aunque los días ocasionales con condiciones de tráfico especialmente buenas pueden ser más rápidos que este valor).
- **Mejor ajuste:** se considera la mejor estimación del tiempo de viaje previsto teniendo en cuenta la información conocida tanto de las condiciones de tráfico históricas como de las condiciones de tráfico en tiempo real.
- **Pesimista:** calcula tiempos de viaje más largos que el tiempo de viaje normalmente esperado en la mayoría de los días debido a condiciones de tráfico congestionado.

A partir de estas combinaciones, pueden calcularse para cada segmento de vía los datos de velocidad para distintas condiciones de tráfico y distintas horas del día. El modelo de tráfico optimista se seleccionó para los fines de esta publicación, ya que refleja las condiciones de mayor riesgo posibles en materia de seguridad vial considerando la velocidad de un corredor determinado en un momento dado del día.

Fuente: WRI.

Distance Matrix API, que predice los tiempos de viaje para una distancia de recorrido determinada (ver Caja 5 para obtener más información sobre *Google Distance Matrix API*). Con base en lo planteado, el estudio utilizó las velocidades promedio a las 3 de la mañana para cada segmento de vía arterial analizado en las seis ciudades, que es usualmente la hora con las velocidades más altas (que es una variable bastante aproximada a las condiciones de velocidad en flujo libre). La velocidad en una vía urbana tiende a cambiar a lo largo del día como producto de la congestión del tráfico, las medidas de control presentes, las obras en la vía, el clima y otros cambios en las condiciones normales de la vía. Nuestro modelo no tiene en cuenta la influencia de la variación diaria de las velocidades para el análisis de los siniestros. Sin embargo, el valor de velocidad de flujo libre representa la velocidad a la que podría ir un conductor en una vía en ausencia de tráfico dadas las condiciones existentes de diseño de la vía y su entorno urbano. Por otra parte, la gravedad de los siniestros tiende a ser mayor por la noche y a primera hora de la mañana (ver Figura 7) y no es casualidad que ocurra cuando la velocidad del tráfico es mayor.

Datos sobre infraestructura vial

Los datos sobre infraestructura se recopilaron mediante una combinación de datos georreferenciados existentes en cada ciudad (en el caso de las ciudades que disponían de información sobre características del suelo y las infraestructuras procedente de sus propias instituciones), información de fuentes abiertas (como Open Street Maps) y observaciones visuales mediante imágenes de la plataforma Google Street View. La lista completa de variables y sus descripciones se incluyen en el Apéndice A y en la Figura 5 puede verse una representación general de cada una de ellas. Se recolectó información de las siguientes variables:

- **Semáforos.** Una variable para designar la presencia de intersecciones semaforizadas en un corredor fue incluida, con base en investigaciones anteriores que han demostrado que los semáforos se asocian a un aumento en conflictos para usuarios vulnerables de la vía y con una mayor asociación con víctimas motociclistas en comparación con peatones y ciclistas (Vergel-Tovar et al. 2020).
- **Puentes peatonales.** Esta variable indica la presencia de por lo menos un puente peatonal a lo largo del segmento. Aunque se han implementado para servir como un elemento de seguridad, la decisión de construir un paso elevado para peatones suele ser un indicador de la existencia de un problema de seguridad. De hecho, investigaciones anteriores han demostrado que la presencia

de puentes peatonales está asociada a un mayor riesgo de colisión para todos los usuarios de la vía, no sólo para los peatones (Vergel-Tovar et al. 2020).

- **Pasos de peatones.** Esta variable se incluyó para reflejar la presencia de cruces semaforizados para peatones a través del corredor. Esta variable también se incluyó, basándose en los resultados de los semáforos encontrados en la investigación previa de Vergel-Tovar et al. (2020)
- **Intersecciones no semaforizadas.** En los modelos, esta variable considera la existencia de lugares donde los vehículos o los peatones pueden cruzar la calle sin presencia de semáforos. Se eligió esta variable debido a los resultados significativos hallados por Vergel-Tovar et al. (2020) influyendo en los siniestros totales.
- **Cajones para motos.** Esta variable se incluyó para Buenos Aires, donde hay zonas designadas para que las motocicletas se ubiquen delante del tráfico en una intersección semaforizada en algunos corredores arteriales. La investigación existente sobre este tipo de infraestructuras ha arrojado resultados contradictorios (ver Caja 4).

Por ejemplo, en Fortaleza, Brasil, la infraestructura exclusiva para motocicletas se asoció con una reducción del 30 por ciento en los siniestros graves de motocicletas (SCSP 2020); mientras que en Barcelona se encontró que estos cajones para motociclistas eran ineficaces y tenían la posibilidad de aumentar el riesgo de siniestralidad con motociclistas (Pérez y Santamarina-Rubio 2019). Esta investigación buscaba realizar un análisis que controlara otras variables del entorno urbano.
- **Ancho de carril.** Esta variable incluye el ancho promedio de un carril en la calzada. Se incluyó debido a las recomendaciones de que los carriles estrechos mejoran la seguridad (Welle et al. 2015), pero no estaba claro si esto se aplicaba a los vehículos de dos ruedas, ya que los "carriles" para la circulación de las motocicletas pueden variar en función de las condiciones del tráfico (Peña Cabra 2014).
- **Número de carriles.** Esta variable contabiliza cuántos carriles existen para la circulación de vehículos. Esta variable también se seleccionó basándose en investigaciones anteriores de Vergel-Tovar et al. (2020).
- **Número de calzadas.** Esta variable se refiere a la suma de calzadas en una vía sin obstáculos o separaciones, destinadas para el tráfico vehicular en función de los

separadores centrales y laterales. Esta variable se seleccionó basándose en investigaciones anteriores de Vergel-Tovar et al. (2020).

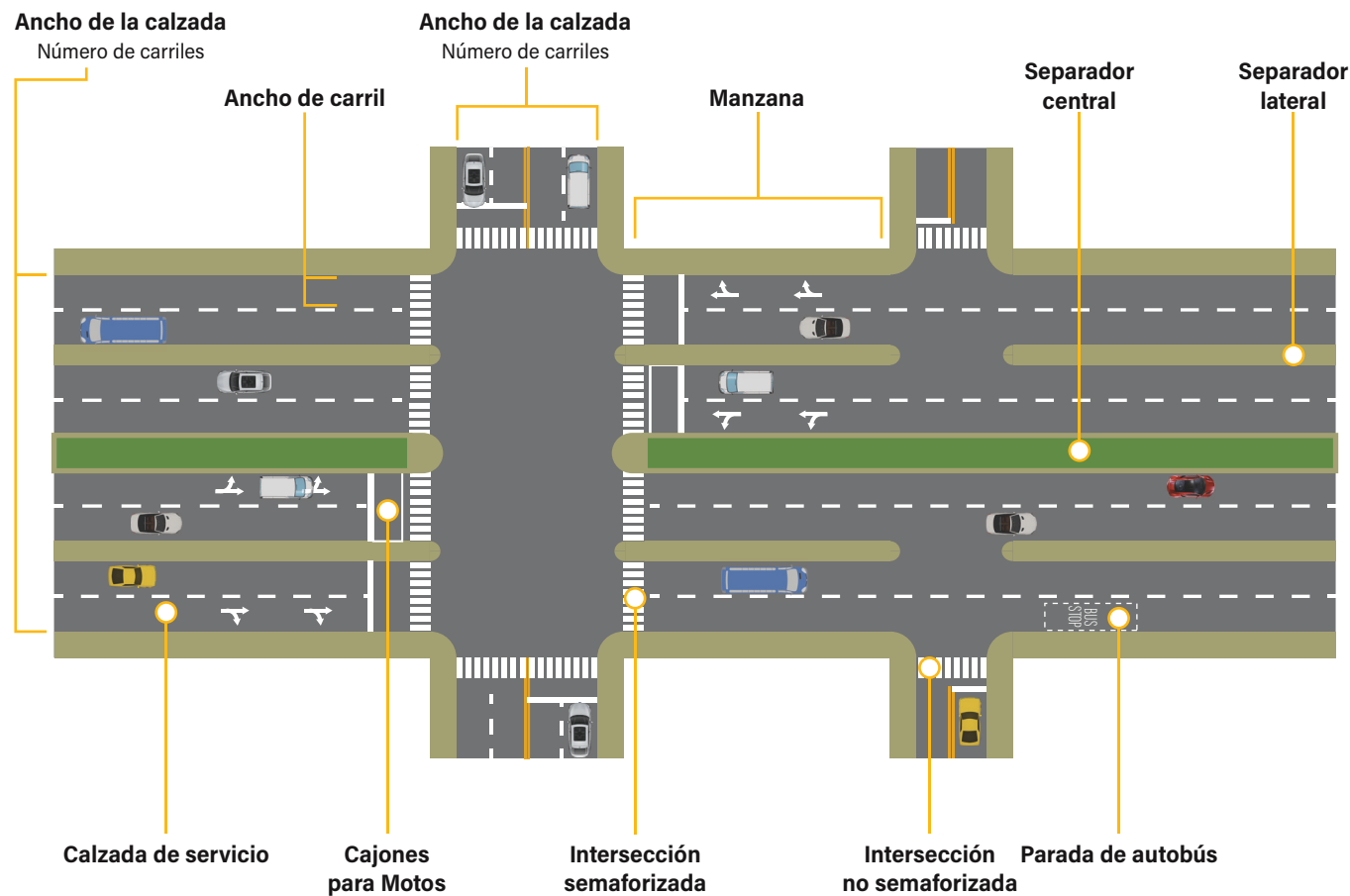
- **Ancho de los corredores.** Esta variable incluye el ancho estimado (en metros) del tramo de vía. Esta variable se incluyó como variable proxy de la capacidad de la vía -ya que no se disponía de datos de volumen de tráfico- y en consideración a una mayor probabilidad de maniobras de filtrado en función del número de carriles y calzadas (Peña Cabra 2014).
- **Presencia de separadores laterales.** La presencia de separadores entre dos calzadas con el mismo sentido de circulación dividiendo una calzada central y una calzada de servicio fue seleccionada como una variable para reflejar una condición de geometría que es común en las vías de paso de las ciudades analizadas. Además, WRI llevó a cabo auditorías de seguridad vial en Bogotá, donde se descubrió que un conflicto se producía comúnmente cuando un vehículo se incorporaba de una calzada a otra debido a las aberturas en el separador que funcionan como puntos de acceso, donde el tráfico puede incorporarse desde o hacia la calzada de servicio adyacente (ver Figura 5 y el Glosario para más detalles).
- **Paradas y estaciones de transporte público.** Son lugares designados a lo largo de una ruta donde los autobuses o el transporte público recogen y dejan pasajeros regularmente. Esta variable se incluyó basándose en Vergel-Tovar et al. (2020) y se refiere a características de diseño adicionales en las arterias urbanas, como carriles exclusivos para autobuses con paradas en el separador central, o autobuses que circulen por vías de servicio con paradas situadas en las aceras.
- **Manzanas por km.** En el modelo, se contó el número de manzanas presentes a lo largo de un segmento de vía y, a continuación, se dividió por la longitud del segmento de vía total, lo que da el número de manzanas por km de vía en ese segmento. Investigaciones anteriores han demostrado que los cruces y los puntos de acceso a lo largo de una vía principal pueden influir en el número total de víctimas (Vergel-Tovar et al. 2020) y ocasionar incrementos en el número de puntos de conflicto entre motocicletas y otros vehículos, especialmente en los punto de giro (Jimenez et al. 2015).

Datos sobre el uso del suelo

La información sobre el uso del suelo procedía de los datos georreferenciados existentes para cada ciudad y se resumió en una serie de indicadores para cada polígono, teniendo en cuenta qué tipo de uso del suelo se encuentra dentro de una zona de aproximadamente 50 metros a cada lado del eje de

la vía. La información que se recolectó por cada polígono incluyó la clasificación del suelo (que incluye categorías como uso del suelo de tipo residencial, comercial, servicios, recreativo, productivo, espacio público, centros de empleo, informal, entre otros), población y densidad poblacional; y niveles de ingreso (en el caso de las ciudades colombianas).

FIGURA 5 | Variables de infraestructura recolectadas



Fuente: WRI.

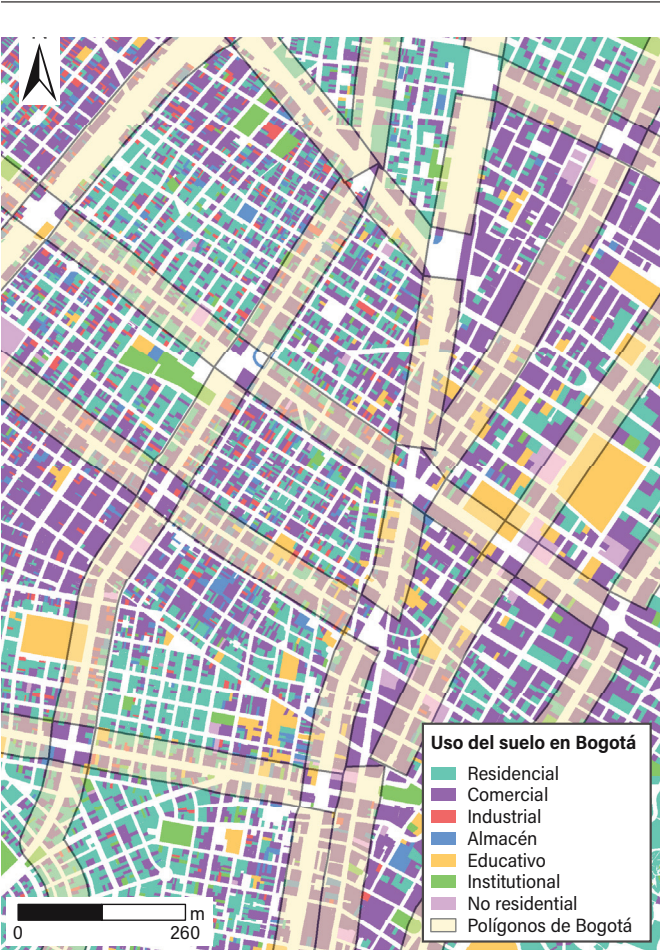
Método-modelos estadísticos

Este estudio utilizó modelos estadísticos para probar la relación entre las variables de velocidad y el entorno urbano con el número de siniestros viales con motocicletas, heridos y víctimas mortales. Basándose en investigaciones similares sobre seguridad vial, el estudio utiliza modelos de tipo binomial negativos y Poisson -dependiendo de la ubicación- para probar el efecto que la infraestructura y el entorno urbano tienen en los indicadores de seguridad de las personas que se desplazan en motocicleta en vía (choques, lesiones y muertes de motociclistas) en las ciudades seleccionadas (Dumbaugh y Rae 2009; Vergel-Tovar et al. 2020). En el Apéndice A se encuentra una lista detallada de cada variable, su descripción y su fuente.

Teniendo en cuenta la diferente naturaleza y distribución de los siniestros graves con motociclistas, hemos utilizado modelos de regresión tipo Poisson para las ciudades africanas y modelos binomiales negativos para las demás ciudades. El modelo de mejor ajuste para cada lugar se seleccionó teniendo en cuenta lo siguiente:

- Los valores de la variable dependiente (ver Tabla 1) tienden a estar sesgados positivamente (es decir, siguen una distribución sesgada a la derecha), especialmente los valores de víctimas mortales.
- En los casos en que la varianza es superior a la media (sobredispersión) o la frecuencia de observaciones nulas (lugares sin siniestros) es notablemente superior, pueden utilizarse modelos binomiales negativos. Esto se hizo en cuatro de las ciudades.
- En los casos en que los datos no presenten sobredispersión, la regresión de tipo Poisson se utiliza habitualmente para caracterizar los datos de conteo (siniestros con motocicletas) donde las frecuencias más altas corresponden a los valores más bajos de la variable. En las ciudades africanas, debido

FIGURA 6 | Ejemplo de datos de uso del suelo recogidos en Bogotá



Fuente: WRI, con datos de la Secretaría de Planeación de Bogotá.

a la naturaleza y disponibilidad limitada de los datos, no se disponía de información detallada sobre la gravedad de los siniestros. En esos casos, la distribución de Poisson fue una mejor elección de modelo utilizando únicamente los datos de siniestros.

TABLA 1 | Tipo de modelo utilizado en cada ciudad

CIUDAD	VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO DE MODELO UTILIZADO
Accra	Siniestros con motociclistas involucrados	Poisson
Bangkok	Siniestros mortales con motociclistas involucrados	Binomial negativo
Bogotá	Siniestros mortales y con heridos en los que se ven involucrados motociclistas	Binomial negativo
Buenos Aires	Siniestros mortales y con heridos en los que se ven involucrados motociclistas	Binomial negativo
Cali	Siniestros mortales y con heridos en los que se ven involucrados motociclistas	Binomial negativo
Nairobi	Siniestros con motociclistas involucrados	Poisson

Fuente: WRI.



Limitaciones

Aunque este estudio extrae conclusiones valiosas utilizando los datos actualmente disponibles, existen limitaciones derivadas del proceso de recopilación de datos y de la metodología empleada. Estas limitaciones representan oportunidades para futuros estudios sobre la seguridad vial de las motocicletas en las vías urbanas, especialmente cuando se disponga de datos más fácilmente.

Información limitada sobre otras variables relacionadas con la seguridad vial

Información faltante sobre otras variables que afectan a la seguridad vial en general, o a la seguridad vial de motociclistas, no estaba disponible en su momento para los investigadores de WRI, no podía caracterizarse adecuadamente o, en otros casos, simplemente no existía.

Poder incluir información como porcentajes y volúmenes de tipos de vehículos, calidad y condiciones de las infraestructuras, clima, políticas locales, etc. (Bezabeh et al. 2022) podría suponer una diferencia significativa en los resultados. Variables relacionadas no sólo con los riesgos de ocurrencia de un siniestro, sino también con los riesgos de exposición y tipo de lesiones (gravedad de los siniestros) deben recopilarse de forma más precisa y exhaustiva para comprender con todo detalle qué factores afectan a la seguridad vial de los motociclistas.

- Los datos sobre volúmenes de tráfico sólo estaban disponibles en el caso de Bogotá, por lo que se incluyeron en los resultados de Bogotá. Sin embargo, los modelos de las demás ciudades estudiadas carecían de esta información como datos de entrada para los modelos estadísticos. El volumen de tráfico puede ser un gran predictor de colisiones debido a la mayor exposición, pero otras variables, como el ancho de la vía, pueden utilizarse como variable sustitutiva de la capacidad de la vía.
- En general, no se disponía de datos sobre el uso del suelo para todas las ciudades en la misma cantidad o calidad. Los modelos tuvieron que adaptarse a la información disponible o a la que faltaba.
- Se disponía de información sobre la velocidad del tráfico general, pero aún sabemos poco sobre la diferencia que puede haber entre la velocidad de los motociclistas y la de otros vehículos en distintas ubicaciones.
- No se disponía de datos sobre la velocidad de las motocicletas y los vehículos, sobre todo en el momento del siniestro. Estos datos serían muy útiles para determinar la relación entre la velocidad de impacto y los riesgos de lesiones o mortalidad.
- La información sobre las víctimas de siniestros sería útil para determinar los riesgos que corren los motociclistas, pasajeros, peatones y otros usuarios de la vía implicados en siniestros con motocicletas.



El análisis no incluye la infraestructura exclusiva para motociclistas

Las ciudades incluidas en el análisis no disponían de infraestructura exclusiva para motocicletas y, por tanto, esta variable no se incluyó en la investigación. Las investigaciones sobre infraestructura exclusiva para motocicletas han mostrado resultados no concordantes entre sí (ver Caja 4). En Malasia, un carril exclusivo para motos mostró un impacto positivo en la seguridad vial en un contexto de autopista (Radin Sohadi et al. 2000), mientras que en el contexto urbano de São Paulo la implementación de un motocarril produjo un aumento de los siniestros graves con motociclistas y posteriormente se eliminó dicho carril exclusivo (Gerência de Segurança no Trânsito 2014). El impacto a largo plazo de los carriles exclusivos para motociclistas también es algo que debería estudiarse, ya que la inversión en este tipo de infraestructuras podría inducir la demanda de más desplazamientos en motocicleta o restar espacio vial e inversión a modos de desplazamiento más seguros y sostenibles, como los desplazamientos a pie, en bicicleta y en transporte público, especialmente en lugares con escaso espacio público dedicado a la movilidad (Welle et al. 2015).

No se incluyen las intersecciones ni las vías locales

La información incluida en los modelos incluye las características de la infraestructura y el entorno urbano junto a los segmentos de vías arteriales de las ciudades analizadas. Información de las vías locales y las características de las

intersecciones no se incluyó en el análisis. En futuros estudios se podrían aplicar elementos de esta metodología a segmentos de vías locales en distintos tipos de entornos urbanos.

Las intersecciones se también excluyeron del ámbito de este estudio debido a que éstas pueden compartir las características de dos o más corredores que las atraviesan y tener sus propias características físicas y operativas. En este estudio encontramos asociaciones entre cada colisión y las características de un único corredor arterial al que "pertenecen", y este diseño metodológico lo hace inadecuado para estudiar intersecciones. Las características físicas y operativas de una intersección tendrían que ser estudiadas bajo una metodología diferente.

No se dispone de información más detallada sobre los siniestros

Aunque los datos utilizados en este estudio proporcionan información sobre el lugar en el que se ha producido una colisión, carecen de información más detallada sobre el tipo de siniestro que se ha producido, y las características de las partes implicadas o información sobre los vehículos implicados. Disponer de esta información ayudaría enormemente a los esfuerzos por mejorar la seguridad vial, si las autoridades locales la recopilaran de una forma más exhaustiva y la pusieran a disposición de los investigadores y otras partes interesadas.





Resultados

Nuestro análisis muestra qué relaciones hay entre la velocidad, el uso del suelo y los elementos de infraestructura con los siniestros graves que producen lesiones y muertes de motociclistas. En esta sección se presentan los resultados más relevantes de los diferentes modelos estadísticos basados en la interpretación de sus coeficientes y su nivel de significancia estadística.

Resultados del modelo estadístico

El resumen general de los resultados en los lugares seleccionados (Accra, Bangkok, Bogotá, Buenos Aires, Cali y Nairobi) -con sólo los resultados significativos incluidos- se describe en la Tabla 2. Los resultados detallados de los modelos pueden observarse en el Apéndice B. En términos generales, la velocidad del tráfico, la presencia de aberturas en el separador de una calzada, los puentes peatonales y un mayor

número de cuadras en un segmento se asocian con aumentos en las lesiones y muertes de los usuarios de motocicletas. Otras variables, como el ancho del carril, la interacción con el transporte público y los sistemas de transporte colectivo, y la infraestructura dedicada a las motocicletas tienen efectos mixtos que deben examinarse detalladamente en cada lugar.

TABLA 2 | Resumen de los resultados significativos de los modelos estadísticos para las seis ciudades

VARIABLE / RESUMEN	ACCRA	BANGKOK	BOGOTÁ	BUENOS AIRES	CALI	NAIROBI
Período de análisis	2017-18	2014-17	2015-19	2015-19	2017-19	2017-19
Velocidad del tráfico Las lesiones de motociclistas aumentan entre un 8 y un 24 por ciento y las víctimas mortales entre un 12 y un 31 por ciento en las seis ciudades por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación.	Aumento del 13 por ciento en colisiones de motocicletas por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación libre	Aumento del 12 por ciento de las colisiones mortales de motocicletas por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación	Aumento del 24 por ciento de las lesiones y aumento del 28 por ciento de víctimas mortales por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación libre	Aumento del 8 por ciento de las lesiones y aumento del 20 por ciento de víctimas mortales por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación libre	Aumento del 15 por ciento de las lesiones y aumento del 31 por ciento de víctimas mortales por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de circulación libre	Aumento del 58 por ciento en el número previsto de siniestros de motocicleta en el corredor por cada 10 km/h de aumento de la velocidad de flujo libre del tráfico
Ancho de la vía Las lesiones en motocicleta aumentan entre un 9 por ciento y un 17 por ciento por cada carril adicional.	/	/	/	Aumento del 9 por ciento en lesiones por cada carril adicional en la sección más ancha de la vía	/	Aumento del 17 por ciento en colisiones de motocicletas por cada carril adicional
Carril polivalente ancho adyacente al andén La presencia de un carril ancho en Buenos Aires también se asoció a una reducción del 53 por ciento de víctimas mortales. El carril no tiene un uso claro y se utiliza para estacionar, viajes, servicios públicos, etc.	NT	NT	NT	Aumento del 53 por ciento en víctimas mortales en vías con el ancho del carril derecho muy ancho (más de 3,5 m)	NT	NT
Separadores en las vías de servicio con aperturas no controladas Aumento de los heridos en motocicleta entre un 28 por ciento y un 64 por ciento en 3 ciudades.	/	/	Aumento del 28 por ciento en lesiones	Aumento del 64 por ciento en lesiones	/	Aumento del 37 por ciento en siniestros de motocicletas
Puentes peatonales Aumentan un 11 por ciento las muertes de motociclistas en tramos de vía con presencia de puentes peatonales.	NT	/	/	/	Aumento del 11 por ciento de víctimas mortales	NT

TABLA 2 | Resumen de los resultados significativos de los modelos estadísticos para las seis ciudades (cont.)

VARIABLE / RESUMEN	ACCRA	BANGKOK	BOGOTÁ	BUENOS AIRES	CALI	NAIROBI
Período de análisis	2017-18	2014-17	2015-19	2015-19	2017-19	2017-19
Manzanas por km Cada manzana adicional por kilómetro aumenta las lesiones y colisiones de motocicletas entre un 1,5 y un 8,6 por ciento en 3 ciudades. Esto no implica que los tamaños de las manzanas deban aumentar, ya que tienen muchas ventajas en materia de seguridad. Pero es posible que deban diseñarse mejor para mitigar los riesgos para los motociclistas.	Incremento del 5,6 por ciento en el número previsto de siniestros por cada manzana adicional por km	/	/	/	Aumento del 1,5 por ciento de las lesiones por cada manzana adicional por km	Incremento del 8,6 por ciento en el número previsto de siniestros por cada manzana adicional por km
Semáforos e intersecciones Cada semáforo adicional por km aumenta las lesiones en los usuarios de motocicletas entre un 5 y un 13% en 3 ciudades. Esto no implica que deban evitarse los semáforos o las intersecciones, ya que cuentan con muchos beneficios para la seguridad vial y proporcionan mayor conectividad urbana. Sin embargo, si se deben mejorar los diseños para mitigar los riesgos para los motociclistas.	/	/	Aumento del 9 por ciento de las lesiones por cada semáforo adicional por km Aumento del 7 por ciento lesiones y 12 por ciento de víctimas mortales por cada intersección por km	Aumento del 5 por ciento de las lesiones por cada semáforo adicional por km	Aumento del 13 por ciento por lesiones por cada semáforo adicional por km	/
Infraestructura de corredores de transporte público (BRT, MRT)*. Los resultados mixtos pueden depender del diseño y la implementación de la infraestructura del transporte público. En un sistema BRT bien diseñado, como el de Bogotá, disminuyeron las lesiones de usuarios de motocicletas, pero en los lugares con una plataforma elevada sobre la vía, como en Bangkok, se aumentaron.	NT	Aumento del 70 por ciento por cada estación de transporte masivo	Disminución del 6 por ciento de víctimas mortales por cada parada de autobús adicional	Aumento del 0,8 por ciento de las lesiones por cada km de parada de autobús adicional	Disminución del 28 por ciento por cada estación de BRT adicional	NT
Nivel de ingresos Las vías arteriales de las zonas de ingresos más bajos se asocian con tasas más elevadas de lesiones de usuarios de motocicletas en Bogotá.	NT	NT	El riesgo de lesiones aumentó un 44 por ciento en los barrios con rentas más bajas y un 23 por ciento en los barrios con rentas medias-bajas	NT	/	NT

TABLA 2 | Resumen de los resultados significativos de los modelos estadísticos para las seis ciudades (cont.)

VARIABLE / RESUMEN	ACCRA	BANGKOK	BOGOTÁ	BUENOS AIRES	CALI	NAIROBI
Período de análisis	2017-18	2014-17	2015-19	2015-19	2017-19	2017-19
Usos del suelo El uso del suelo comercial y de centros de empleo está asociado con un incremento en fatalidades y lesiones. Estas zonas comerciales no implican que tales usos del suelo sean inseguros, sino que pueden aumentar el riesgo de los motociclistas.	Riesgo de colisión de hasta un 11,5 por ciento en zonas comerciales	/	Mayor riesgo de lesiones (hasta un 0,05 por ciento) en corredores con centros de empleo	Mayor riesgo de lesiones (hasta un 0,2 por ciento) en corredores con uso del suelo comercial	El riesgo de lesiones aumenta hasta un 42 por ciento en los corredores con uso mixto del suelo	/
Densidad poblacional Asociación positiva entre densidad de población y riesgo de muertes y lesiones en Bogotá y Buenos Aires. Esto no implica que deba evitarse la densidad, ya que tiene muchas ventajas, sino que puede aumentar la exposición de los motociclistas.	NT	NT	Las zonas más densas tienen mayor riesgo de muertes y lesiones	Las zonas más densas tienen mayor riesgo de fatalidades	/	NT
Cajones para motos Aumento de víctimas mortales en Buenos Aires.	NT	NT	NT	Aumento del 6,3 por ciento de los lesionados y fallecidos en motocicletas	NT	NT

Notas: /: Indica que no se ha encontrado ningún resultado estadísticamente significativo (ver la lista completa de variables en el Apéndice A). NT: La variable correspondiente no se probó para la ciudad mencionada debido a la ausencia de datos disponibles o a la falta de la infraestructura mencionada. *: El corredor MRT (plataforma elevada) se aplica a Bangkok, mientras que la infraestructura BRT está presente en Bogotá, Cali y Buenos Aires.

Fuente: WRI

Principales hallazgos

En esta sección se analizan los hallazgos más relevantes de los modelos. Las variables con una influencia significativa en la siniestralidad de motocicletas se examinarán con mayor detalle en lo que respecta a la interpretación de los resultados y las posibles aplicaciones para la planificación, la elaboración de políticas públicas y el diseño de infraestructuras en general.

Velocidad

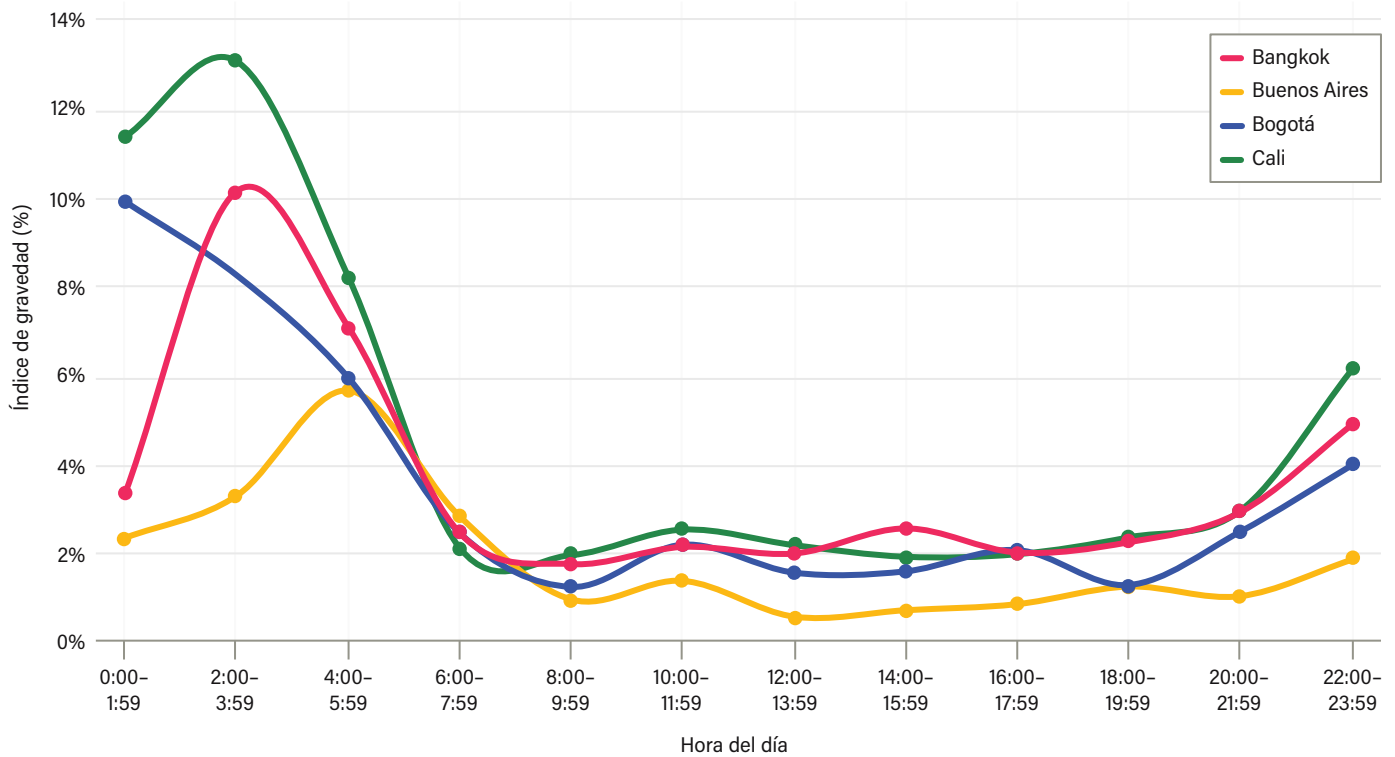
Los resultados muestran que la velocidad de los vehículos es una variable significativa asociada a las muertes, lesiones y siniestros viales en todas las ciudades estudiadas. Es especialmente significativo que esta asociación revela una clara relación entre las muertes de los vehículos de dos ruedas y la velocidad de todos los vehículos, no sólo la de las motocicletas. Según los resultados, por cada aumento de 10 km/h en la velocidad de circulación libre de una vía, se produce un aumento corres-

pondiente de entre el 7 y el 24 por ciento en las lesiones de motociclistas, y entre el 20 y el 31 por ciento en las muertes de motociclistas.

Con base en el análisis de la hora del día de todos los datos de siniestros disponibles, se puede observar que los siniestros con motocicletas tienden a ser mucho más graves durante las horas nocturnas (ver Figura 7), que es además cuando las condiciones de flujo libre son más probables. Aunque los patrones de tráfico durante las horas nocturnas pueden cambiar en función de la dinámica cultural y local asociada a las actividades nocturnas en cada una de las ciudades, en general, para todas las ciudades analizadas, las horas del día comprendidas entre las 22:00 y las 5:00 horas registraron una concentración de los siniestros viales más graves. Del mismo modo, la densidad de motociclistas fallecidos aumenta a partir de 30-40 km/h (ver Figura 8), lo que refuerza la importancia de establecer velocidades seguras para los usuarios de motocicletas. No obstante, es necesario profundizar más en la investigación sobre este tema.

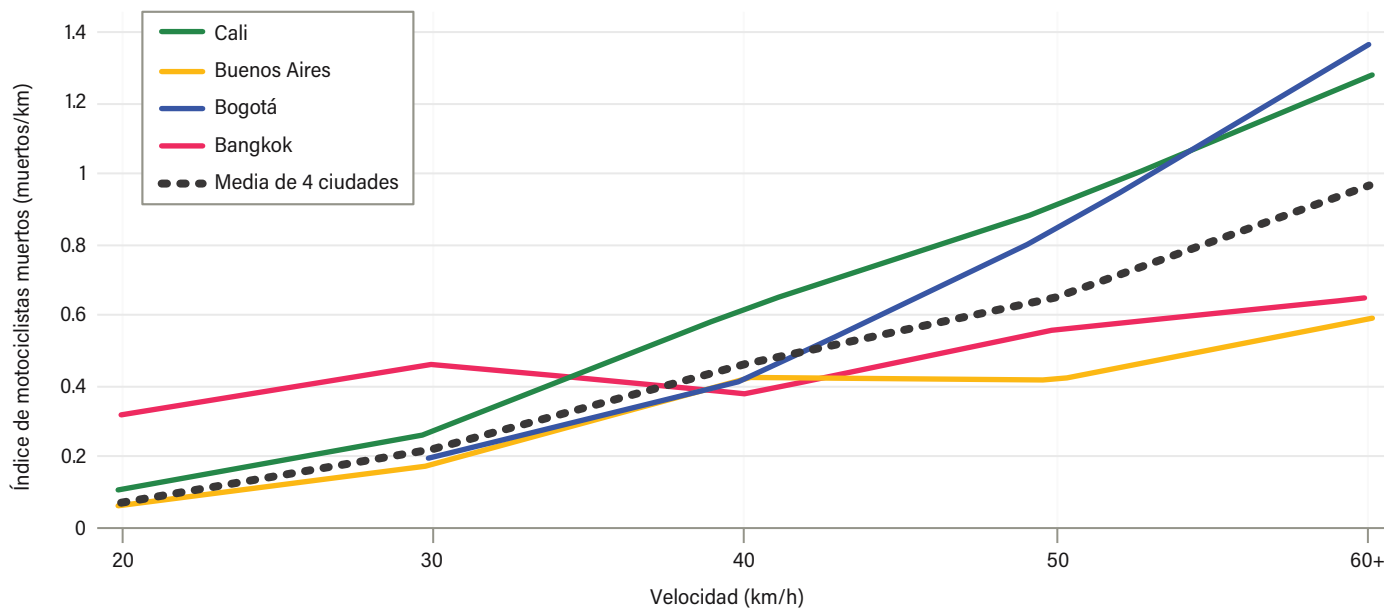
...por cada incremento de 10 km/h en la velocidad de circulación libre de una vía, se produce un aumento correspondiente de entre el 7 y el 24 por ciento en lesiones y entre el 20 y el 31 por ciento en muertes de motociclistas.

FIGURA 7 | Gravedad de siniestros de motocicletas según la hora del día



Nota: El Índice de Gravedad de Siniestros de Motocicletas utilizado aquí se calcula como el porcentaje del total de víctimas de siniestros de tráfico registrados, que fallecen como consecuencia del siniestro, clasificados por la hora del día.
Fuente: WRI, a partir de los datos oficiales comunicados por cada ciudad.

FIGURA 8 | Relación entre la densidad de motociclistas fallecidos y la velocidad de circulación



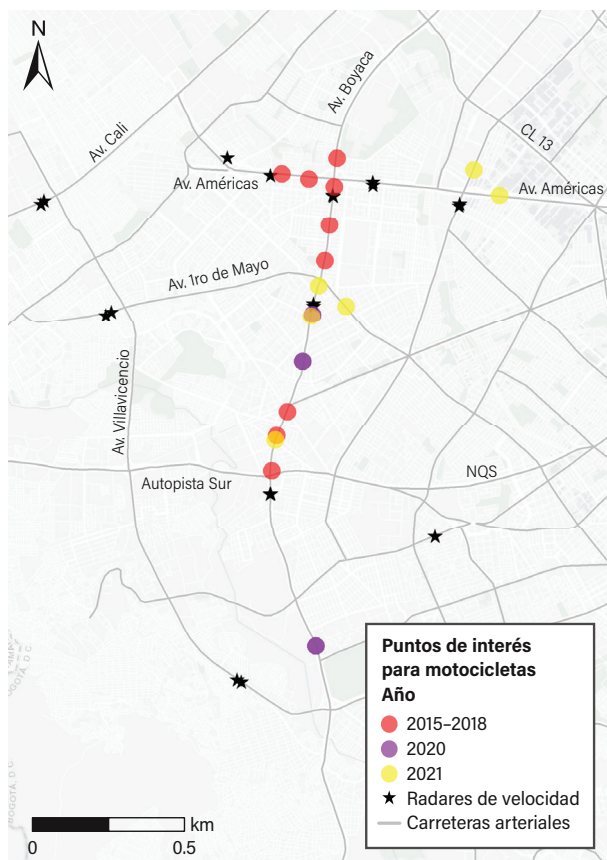
Fuente: WRI, a partir de datos oficiales de cada ciudad y datos de velocidad de Google Distance Matrix API.

CAJA 6 | Seguridad de motocicletas y medidas de control en Bogotá, Colombia

Bogotá lanzó su Programa de gestión de velocidad en toda la ciudad en 2018. A través de este programa, la ciudad ha puesto en marcha diversas medidas de gestión de la velocidad, como la reducción del límite de velocidad urbana en las principales vías y arterias de 60 a 50 Km/h y medidas de control por medio de controles policiales y cámaras de velocidad. En 2023, WRI llevó a cabo un estudio en el que se utilizaron las variaciones en diferencias y el análisis de puntos críticos de siniestralidad para comprobar el impacto de estas medidas.^a

Según López Valderrama et al. (2023) el impacto de estas cámaras de velocidad mostró que en las ubicaciones con cámara se registró una reducción de víctimas mortales por kilómetro en 2020-21 en comparación con los cinco años anteriores; con una reducción del 21 por ciento de víctimas mortales en las ubicaciones con cámaras de velocidad.

FIGURA B6-1 | Cambio de puntos críticos de siniestralidad de motociclistas y aplicación de la velocidad en Bogotá



Note: Los puntos críticos de siniestralidad mostrados son estadísticamente significativos con un nivel de confianza >90 por ciento.

Fuente: WRI con datos de la Secretaría de Movilidad de Bogotá.
Fuente: López Valderrama et al. 2023.

Sin embargo, las ubicaciones adyacentes a las cámaras de velocidad (a menos de 500 metros) también registraron el mayor aumento estadísticamente significativo de muertes de motociclistas. Este cambio pudo observarse geográficamente, ya que los puntos críticos de siniestralidad estadísticamente significativos para los usuarios de motocicletas cambiaron de ubicación en respuesta a las cámaras de velocidad. Este efecto no se observó en el caso de otros usuarios vulnerables de la vía, como los peatones, que experimentaron una reducción de víctimas mortales.

Este resultado sugiere que todos los conductores y motociclistas pueden estar adaptando su comportamiento a las cámaras acelerando después de éstas, lo que da lugar a nuevos puntos conflictivos adyacentes a dichas intervenciones. Por lo tanto, la gestión de la velocidad para la seguridad de las motocicletas debe ser una intervención a nivel de corredor o de zona para evitar este comportamiento de compensación de riesgos.

FIGURA B6-2 | Motociclistas en Bogotá, Colombia



Fuente: Segundo López.

Infraestructura vial

Ancho de la calzada. El ancho de las calzadas fue una variable significativa en dos ciudades analizadas (Buenos Aires y Nairobi), donde las calzadas más anchas se asocian con un aumento de lesiones. Esto puede deberse a un mayor filtrado (adelanto entre carriles) y zigzagado por parte de los motociclistas y a velocidades más altas en corredores más anchos con múltiples carriles (Peña Cabra 2014). Esta variable también pretendía ser una aproximación al volumen de tráfico, lo que también podría explicar el resultado.

Apertura de separadores. La presencia de separadores que dividen el tráfico en un mismo sentido entre calzadas centrales y laterales de servicio mostró una asociación con el aumento de víctimas de motocicletas y de siniestros viales en general en tres de las ciudades. Esto podría estar relacionado con aspectos de diseño de los separadores en entornos urbanos, que permiten incorporaciones a altas velocidades de forma no controlada y puntos de acceso cuyo diseño puede facilitar que ocurran conflictos potencialmente graves.

Manzanas y semáforos. Encontrar intersecciones a nivel de forma más frecuente se asocia con un aumento de víctimas mortales y lesionadas en cinco de las seis ciudades. Esto puede estar asociado con un aumento de los puntos de conflicto, especialmente cuando los movimientos de giro de los vehículos pueden entrar en conflicto con los movimientos de las motocicletas (Jiménez Flórez 2015). Esto no implica que deban evitarse las manzanas de menor tamaño, los semáforos o las intersecciones, ya que contar con estos elementos trae varias ventajas para la seguridad vial y ayuda a moderar la velocidad. Esto implica que los riesgos de seguridad vial para quienes se movilizan en motocicleta son mayores que para otros usuarios de la vía en estos lugares, y resalta la necesidad de contar con un plan integral para garantizar la gestión de las velocidades y los conflictos en lugares con un número elevado de manzanas por longitud de vía. Incluso en las intersecciones con semáforos, el incumplimiento de las normas y el aumento de la velocidad ponen a los usuarios vulnerables, como los motociclistas, en una situación de mayor riesgo que los demás conductores.

FIGURA 9 | Uso de la motocicleta en Bogotá, Colombia

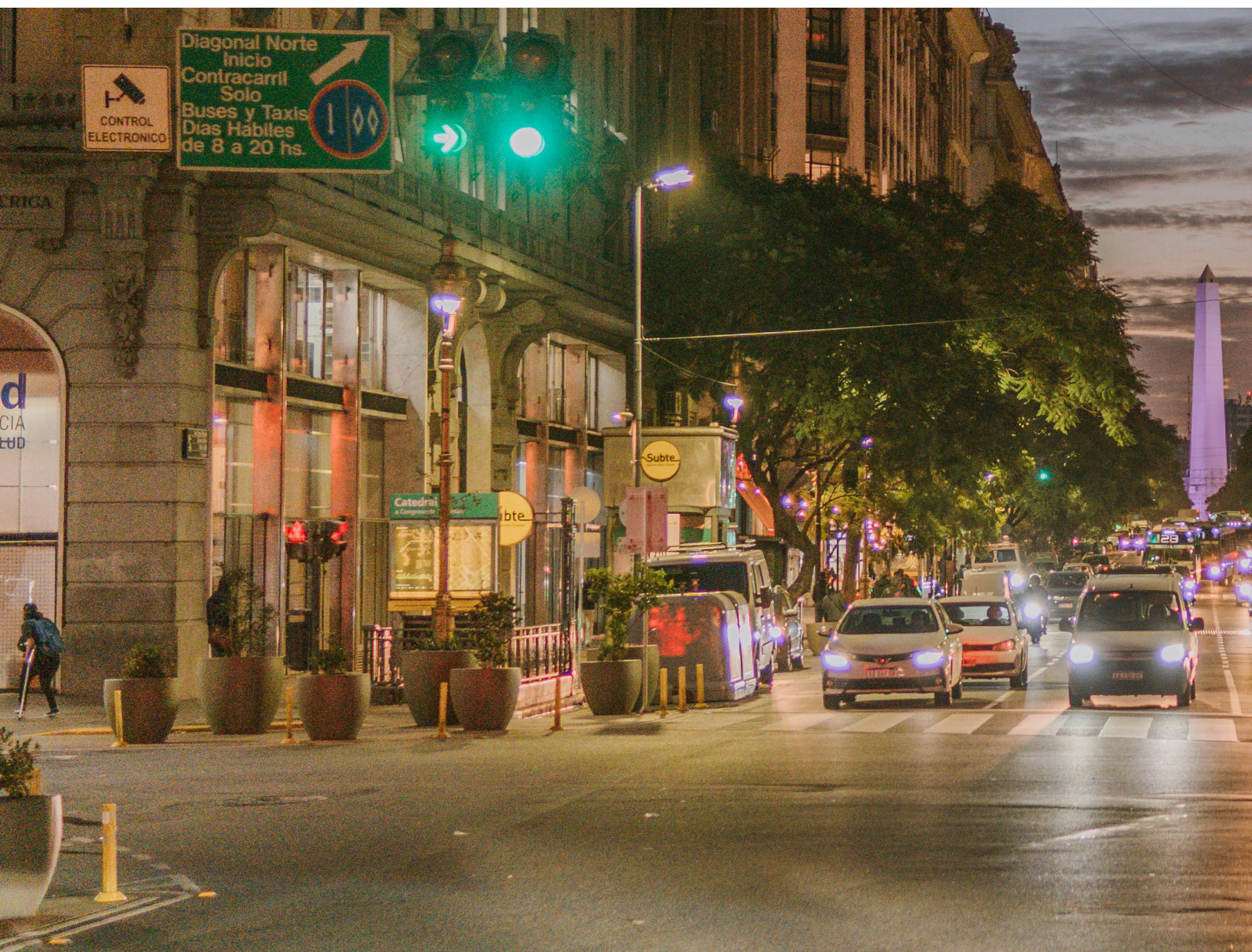


Fuente: Segundo López.

Ancho de carril. Los resultados referentes al ancho de los carriles ofrecen un panorama desigual. Los resultados sólo fueron significativos en Cali y Buenos Aires, donde los carriles más anchos registraron menos víctimas mortales. Esto podría deberse a que las motocicletas que se filtran (adelantan) entre carriles pueden ser habituales en estas ciudades (ver Figura 9) y los carriles más anchos permiten a las motocicletas adelantar con más seguridad. Otros estudios han hallado resultados similares (Quistberg et al. 2022). Sin embargo, varias vías en Buenos Aires tienen un único carril con ancho adicional a lo largo del costado derecho de la vía, utilizado habitualmente para aparcamientos y servicios públicos, y este carril se asocia con un aumento tanto de heridos como de víctimas mortales. El impacto del ancho del carril en la seguridad de los motociclistas puede depender de cómo se utilicen los carriles en las ciudades (Saini et al. 2022) y no únicamente en las características físicas del carril (Bocarejo Suescun 2012; Chu et al. 2006). El ancho de los carriles también puede ser un área en la que los diseños que serían beneficiosos para los motociclistas pueden ser dife-

rentes de los diseños beneficiosos para otros usuarios de la vía, ya que contar con carriles más anchos en las vías urbanas implica aumentar el ancho de la calzada y posiblemente la velocidad de circulación del tráfico, y, por lo tanto, supondría un riesgo para otros usuarios vulnerables (Turner et al. 2024; Welle et al. 2015).

Puentes peatonales. Los modelos sugieren una asociación con un aumento de las víctimas en Cali. Esta correlación podría atribuirse al hecho de que los puentes peatonales suelen estar situados en zonas con condiciones que se asemejan a autopistas, lo que favorece una mayor velocidad para todo tipo de vehículos. Además, estos puentes suelen estar situados en zonas con una gran demanda de cruces de peatones, y su eficacia disminuye en entornos urbanos donde los peatones prefieren los pasos a nivel. Esto puede dar lugar a importantes problemas de seguridad vial si la infraestructura no está adecuadamente diseñada para satisfacer la demanda de dichos cruces. En consecuencia, estos resultados resaltan



los peligros potenciales asociados con implementar puentes peatonales en determinados lugares, haciendo énfasis en su eficacia limitada como medida de seguridad vial.

Cajones para motocicletas. La presencia de cajones para motocicletas en Buenos Aires se asocia con un aumento del 6 por ciento de los heridos en motocicleta. Esto se alinea con la literatura, ya que este tipo de infraestructura podría conducir a un aumento de choques graves (Pérez y Santamariña-Rubio 2019). Sin embargo, debido a la ausencia de datos para la comparación con otras ciudades, en este informe no se presentan recomendaciones sobre los cajones para motocicletas.

Uso del suelo

Mayor densidad de población y uso comercial del suelo. Las zonas urbanas con mayor densidad poblacional y las zonas comerciales se asocian en general con un aumento de las

víctimas en cuatro ciudades. Estos entornos suelen presentar una mayor exposición al riesgo para todos los usuarios de la vía y un mayor riesgo de conflictos. Estos conflictos pueden provocar lesiones graves a los motociclistas que carecen de protección, aunque las velocidades suelen ser más bajas en esas zonas.

Ingresos. En Bogotá, las vías en zonas de ingresos bajos y medios registraron un mayor riesgo de siniestros graves con motocicletas. Este efecto está vinculado directamente con los resultados obtenidos en los niveles de ingresos más bajos, y reflejan una exposición adicional al riesgo en zonas más vulnerables de la ciudad, ya que es más probable que la infraestructura vial y su mantenimiento sean de menor calidad en las zonas de menores ingresos, donde también es más probable que los residentes dependan en mayor medida del uso de motocicletas, y que se cumplan en menor medida las normas de tránsito, en particular las de velocidad.







Recomendaciones

En esta sección, se presentan recomendaciones para implementar infraestructuras viales más seguras para motociclistas, basadas en los resultados de los modelos estadísticos. Como parte de un planteamiento de Sistema Seguro, la seguridad vial y el diseño seguro de las vías se encuentran entre las áreas de acción esenciales para que un sistema vial sea más seguro para quienes se movilizan en motocicleta.

Principios generales

Al implementar las intervenciones y recomendaciones que se ofrecen en esta sección, es fundamental guiarse por los siguientes principios generales:

- Los cambios sistémicos tienen el impacto más sostenible. Hacer frente a la seguridad de los motociclistas no debe ser solamente conjunto de intervenciones desconectadas o aisladas. Para abordar la seguridad vial de forma holística es necesario un planteamiento basado en un Sistema Seguro.
- Otorgar prioridad a los lugares donde actuar primero podría, potencialmente, salvar más vidas al evitar siniestros graves y disuadir comportamientos de riesgo en la vía. Esto es algo que resulta necesario en el contexto de los países de ingresos bajos y medios que tienen una gran demanda de acciones por ejecutar, pero recursos limitados para las intervenciones de seguridad vial.
- Los análisis de datos, las auditorías de seguridad vial y el diseño basado en evidencia deben ser pilares fundamentales de toda intervención. Las intervenciones no deben limitarse a responder ante ciertos patrones de ocurrencia de siniestros con motociclistas. Los datos deben utilizarse de forma proactiva para salvar el mayor número posible de vidas antes de que se produzcan los siniestros.

Principales aportes

Hay cinco aportes clave de la investigación, los cuales se enumeran a continuación:

- Es fundamental reducir la velocidad de los vehículos.
- Considerar el impacto del uso del suelo en los conflictos viales.
- Minimizar los conflictos en las intersecciones.
- Considerar las implicaciones del ancho de las vías, el diseño de los accesos en los separadores y las maniobras de convergencia.
- Combinar acciones para la seguridad de los motociclistas junto con acciones para la seguridad de otros usuarios de la vía.

En esta sección se analiza cada uno de estos aportes clave junto con sus implicaciones para el diseño, la política pública y la implementación de nuevas medidas. A continuación, se ofrecen recomendaciones para cada uno de estos puntos.



1. Es fundamental reducir la velocidad de los vehículos

La velocidad de los vehículos es un factor fundamental para evitar siniestros en vía que producen lesiones y muertes a quienes se desplazan en motocicleta. Los análisis mostraron de forma consistente que la velocidad de los vehículos es uno de los factores de riesgo más determinantes para la seguridad de los motociclistas. El aumento de la velocidad de circulación en las seis ciudades se asoció a un incremento de las lesiones y muertes de motociclistas. En promedio, un aumento de 10 km/h en la velocidad de los vehículos a flujo libre se traduce en un aumento de las lesiones de hasta el 24 por ciento y de las víctimas mortales de hasta el 31 por ciento.

La velocidad ya está universalmente reconocida en la literatura de investigación sobre seguridad vial como un factor de riesgo clave, el más significativo para todos los usuarios de la vía (Elvik 2005). Una mayor velocidad del vehículo aumenta la probabilidad de choques o de que el conductor pierda el control del vehículo, y disminuye el tiempo disponible para que un conductor pueda anticipar peligros en la vía y reaccionar ante ellos. Las velocidades más altas también aumentan la gravedad de un siniestro, ya que las fuerzas de impacto más elevadas causan lesiones más graves, especialmente a los usuarios vulnerables de la vía, incluidos los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas. El riesgo de colisión es

Aspectos más destacados: Velocidad de los vehículos

- Según los modelos estadísticos, el aumento de la velocidad de circulación del tráfico en general es el factor de riesgo más importante asociado al incremento de víctimas en motocicleta.
- Mejorar la seguridad de los motociclistas requiere una gestión integral de la velocidad, con velocidades de operación seguras para todos los vehículos y apropiadas al contexto en toda la red vial, no solo para los motociclistas.
- Los puntos críticos de siniestralidad de motocicletas tienden a reubicarse cuando se aplican medidas de control con ubicaciones puntuales, por lo que las medidas de control de la velocidad integrales y extendidas a nivel de zona o corredor son más eficaces.

mayor cuando la velocidad de los vehículos es inadecuada para el entorno vial, como en los entornos urbanos de alta densidad poblacional. Para los motociclistas de las ciudades examinadas, los siniestros más graves también se producen por la noche, cuando la congestión es menor y, como consecuencia, los vehículos circulan a mayor velocidad. Las implicaciones de estos hallazgos para la política pública y el diseño e implementación de la infraestructura se describen a continuación.

FIGURA 10 | Resalto parabólico en Bogotá



Fuente: Segundo López.

La gestión de la velocidad debe dirigirse a todos los vehículos y no sólo a las motocicletas

Los enfoques tradicionales de la seguridad de los motociclistas, y especialmente del control de la velocidad, han tendido a centrarse en el comportamiento de los usuarios de la vía, enfocándose en el comportamiento y la velocidad de los motociclistas. Sin embargo, nuestras investigaciones demuestran que no basta con enfocarse en la velocidad de las motocicletas de forma aislada, ya que una mayor velocidad a flujo libre en la vía repercute negativamente en la seguridad de todas las personas que se desplazan en motocicleta.

Para abordar la seguridad de los motociclistas, es necesario conseguir que todos los conductores circulen a velocidades más seguras y adecuadas a las condiciones del entorno urbano de un corredor determinado. Esto exige mejores políticas de

gestión de la velocidad y un diseño de vías que facilite circular a velocidades seguras. Algunos países europeos exigen ahora Sistemas Inteligentes de Asistencia a la Velocidad (ISA por sus siglas en inglés) y limitadores de velocidad en todos los vehículos para garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad. Desde la perspectiva de un Sistema Seguro, las velocidades de impacto deben ser lo más bajas posible para evitar lesiones y muertes relacionadas con el tráfico.

Aunque definir una velocidad segura de forma exacta para los motociclistas depende de las variables típicas de una estrategia de gestión de la velocidad – tales como el contexto urbano, el uso de la vía, la calidad de la superficie, el tipo de usuarios presentes en la vía y la infraestructura disponible en el entorno de la vía –, puede observarse que el índice de muertes de motocicletas aumenta considerablemente con velocidades de flujo libre superiores a 30 km/h. Pero, en general, aún es pronto para extraer conclusiones sobre una relación numérica más exacta entre la velocidad y la seguridad de los motociclistas a partir

FIGURA 11 | Intersección en un zona de bajos ingresos en Bogotá, Colombia



Fuente: Segundo López.

de la información disponible. Es necesario investigar más sobre las velocidades seguras en cada tipo de vía en función de su uso y características generales.

En todas las ciudades se confirmó cómo la velocidad a flujo libre de todos los vehículos está asociada con un mayor número de víctimas mortales, heridos y siniestros. Por lo tanto, las estrategias de gestión de la velocidad son necesarias, ya que enfocar las medidas únicamente en las motocicletas no será suficiente para reducir el riesgo que enfrentan todos los usuarios vulnerables de la vía. Una infraestructura segura y adecuadamente diseñada es fundamental.

Las intervenciones de velocidad deben distribuirse de forma más continua

La gestión de la velocidad y las intervenciones son fundamentales para la seguridad de los motociclistas. Aunque el análisis de las ubicaciones críticas es útil para identificar y priorizar los lugares de mayor riesgo para la seguridad de quienes se movilizan en motocicleta, este estudio muestra que las velocidades seguras deben aplicarse a mayor escala: a nivel de todo un corredor, toda una zona o toda una ciudad. Se ha observado que los puntos críticos de siniestralidad de motocicletas se reubican en respuesta a intervenciones de ubicación estrictamente puntual debido a comportamientos de compensación de riesgos, como acelerar después de pasar un radar de tráfico (López Valderrama et al. 2023). Es necesario diseñar las vías en función de velocidades de diseño adecuadas, pero pueden utilizarse otras medidas, como el control de velocidad promedio de recorrido o los controles de velocidad de punto a punto, sea mediante varias cámaras de velocidad consecutivas o mediante reductores físicos de velocidad como resaltos parabólicos, que sean diseñados para motociclistas, con señalización clara en función de la velocidad segura de diseño. Los resaltos deben señalizarse de forma previa, diseñarse con una relación adecuada entre superficie y ancho, estar claramente indicados, bien mantenidos y espaciados entre sí adecuadamente para facilitar la conducción a la velocidad objetivo (Welle et al. 2015). La implementación de reductores de velocidad sólo es recomendable si los usuarios de la vía no se ven sorprendidos de repente por su presencia; deben ser totalmente visibles, en vías con buen alumbrado público y suficiente distancia de visibilidad. Bajo un enfoque de Sistema Seguro, aunque los corredores más críticos pueden resultar prioritarios para implementar operativos de gestión de la velocidad, el objetivo final debería ser mantener velocidades seguras en toda la red, no sólo en lugares concretos.

Las velocidades seguras para las vías donde se prevé la presencia de motocicletas pueden diferir de las definiciones de velocidad segura actualmente aceptadas

En un enfoque de seguridad vial basado en un Sistema Seguro, los límites de velocidad seguros comúnmente aceptados podrían tener que ser reducidos, especialmente cuando se prevea el tránsito frecuente de motocicletas. Gran parte de la literatura sobre seguridad vial relativa al establecimiento de límites se ha centrado en minimizar los impactos sobre los ocupantes de vehículos de cuatro ruedas o sobre los peatones, pero la investigación sobre el establecimiento de límites de velocidad seguros para motociclistas es mínima, ya sea en el contexto de los PIBM o en países donde el número de motocicletas está creciendo y estas son un modo dominante de transporte diario.

Como parte de las buenas prácticas a nivel mundial actuales, se sugiere que la velocidad no debe superar los 50 km/h en zonas urbanas, en vías con cruces a nivel o en aquellas donde sea posible que se produzcan colisiones laterales entre vehículos (WHO 2023). Sin embargo, los vehículos de dos y tres ruedas no cuentan con las mismas protecciones contra choques que los vehículos de cuatro ruedas, y la probabilidad de supervivencia de un usuario de motocicleta en una colisión de este tipo puede ser más parecida a la de un peatón. Por ello, puede ser necesario reevaluar o reducir los límites de velocidad para proteger a los motociclistas, especialmente en lugares con un número elevado de personas que se movilizan en motocicleta. En otras palabras, las velocidades seguras para motociclistas pueden ser, en muchos casos, inferiores a los límites de velocidad generalmente aceptados, y las vías de alta velocidad pueden constituirse en entornos de alto riesgo para personas en motocicletas. Datos de Alemania sugieren que los choques con otros vehículos u objetos, incluso a baja velocidad (inferior a 30 km/h), pueden suponer un riesgo de lesiones de moderadas a graves para los motociclistas (Ding et al. 2019). Sería necesaria una investigación similar en los países en vías de desarrollo, donde los umbrales de velocidad segura para todos los vehículos pueden ser incluso inferiores a los límites de velocidad recomendados habitualmente debido a una infraestructura vial con menores especificaciones de seguridad, una menor capacidad de atención de emergencia tras siniestros viales y unas especificaciones más deficientes en cuanto a resistencia de los vehículos al choque.

2. Considerar el impacto del uso del suelo en los conflictos viales

Para mejorar la seguridad de los motociclistas, es necesario adoptar enfoques más amplios y más a nivel de zona. En esta sección se analizarán tres aspectos principales que afectan su seguridad: 1) dispersión geográfica de los siniestros viales con motocicletas; 2) influencia del uso del suelo, el entorno urbano y el nivel de ingresos de las víctimas motociclistas; y 3) desplazamiento de los puntos críticos de motociclistas.

En primer lugar, los choques de motocicletas tienden a estar más dispersos geográficamente en comparación con los choques en los cuales que se ven implicados otros modos de transporte, y tienden a estar distribuidos de forma más aleatoria a lo largo de la red vial. La mayor dispersión geográfica de los siniestros con motocicletas es aún más evidente en las ciudades africanas analizadas, donde la red vial y las jerarquías viales están relativamente menos definidas y los patrones de uso del suelo son mixtos. Un análisis geográfico de los puntos conflictivos también muestra que en Nairobi y Accra hay pocos o ningún punto crítico de choques con motocicletas que sea estadísticamente significativo.

En segundo lugar, nuestra investigación muestra que las muertes y lesiones de motociclistas están influidas por factores de uso del suelo y desarrollo urbano. Las vías principales y arterias de alta velocidad en zonas con mayor uso comercial del suelo y densidad de población tuvieron un impacto negativo en la seguridad de los motociclistas; por ejemplo, el uso comercial del suelo y la densidad se asociaron con un aumento del riesgo de muertes de motociclistas. Esto se debe a que los

Aspectos más destacados: Uso del suelo

- Las zonas urbanas con alta densidad poblacional y las zonas con un elevado uso comercial del suelo pueden presentar un mayor riesgo para los usuarios de motocicletas. Las zonas de ingresos bajos y medios también se asocian a un mayor riesgo de que un motociclista se vea involucrado en un siniestro grave. Estas zonas necesitan un enfoque más integral para gestionar la velocidad y los conflictos.
- La gestión de la velocidad debe ser integral y abarcar lugares a nivel de zona. Como parte de cualquier iniciativa de gestión de la velocidad, es necesario vincular la configuración de los límites de velocidad con las características del entorno urbano y la categorización funcional de las vías urbanas.

sectores comerciales densos generan más actividad y, por tanto, más conflictos, así como a la convergencia de diferentes tipos de vehículos en la misma vía, como vehículos de carga, transporte público, bicicletas, y automóviles, junto con la presencia de vehículos motorizados de dos ruedas.

Además, las zonas con niveles de ingreso medio-bajo se asocian con un mayor riesgo de muertes y lesiones en motocicleta debido a una mayor exposición en tráfico y a condiciones de la infraestructura más deficientes. Es más probable que las poblaciones con menores niveles de ingreso utilicen las motocicletas como solución principal para sus necesidades de movilidad, y que en estas zonas de nivel de ingreso medio-bajo se utilicen





Fuente: Vineet John

más motocicletas para los negocios, como vehículos de reparto o incluso para servir en funciones de transporte informal de pasajeros (Herwangi et al. 2015; PAHO 2018). En Cali y Bogotá, todos los puntos críticos de siniestralidad de motocicletas se encontraban en zonas de bajos ingresos. Circular por las vías de las zonas con menos ingresos de Bogotá se asoció con un aumento del 44 por ciento en el riesgo de mortalidad de quienes se movilizan en motocicleta.

En tercer lugar, los puntos conflictivos y de riesgo para las motocicletas tienden a reubicarse en respuesta a medidas de control de tipo puntual como la aplicación de cámaras, incluso cuando han tenido un impacto positivo en la seguridad de otros usuarios de la vía. Esto puede atribuirse al "efecto canguro", que quiere decir que los conductores compensarán la reducción de velocidad impuesta por los mecanismos de control de la velocidad acelerando más rápidamente después de pasar por esos lugares. Un análisis de la implementación de cámaras de velocidad en Bogotá, por ejemplo, demostró que, si bien estas cámaras tuvieron un impacto positivo en la seguridad vial al reducir el número de víctimas mortales en un 21

por ciento, también desplazaron los puntos críticos de siniestros con motocicletas a otros lugares alejados de los radares (López Valderrama et al. 2023) (ver Caja 6).

Las implicaciones de estos hallazgos para la política pública y el diseño e implementación de infraestructura son las siguientes:

La seguridad de los motociclistas debe abordarse mediante planes integrales dentro de un enfoque de Sistema Seguro

Se necesitan más investigaciones para comprender el alcance de la interacción entre las variables analizadas, como la velocidad y el uso del suelo, la densidad de población y el nivel de ingresos. No obstante, es necesario incorporar esas variables a la hora de planificar medidas de seguridad para motociclistas a escalas mayores que solo a nivel de corredor o intersección. El uso del suelo y los modelos de desarrollo urbano tienen un



impacto en la seguridad de las motocicletas que va más allá de los déficits de infraestructura en cualquier lugar. Las medidas de ubicación más puntual, como los operativos de gestión de la velocidad, pueden ser un elemento parte de un enfoque que abarque zonas a nivel más amplio, pero para ello será necesario abordar la cuestión de la seguridad de los motociclistas considerando múltiples frentes (Welle et al. 2018).

Para dar prioridad a la seguridad de los motociclistas en la planificación y operación de las vías en estas zonas se pueden incluir las siguientes medidas:

- Poner en marcha planes integrales de gestión de la velocidad y establecer límites de velocidad adecuados para vías urbanas según cada zona y tipo de entorno vial junto con el diseño de infraestructuras, estrategias para el cumplimiento de la ley, comunicación y educación.
- Prestar especial atención a minimizar los conflictos y reducir la velocidad en entornos urbanos poblacionalmente más densos con actividad comercial. Esto también requeriría el diseño de zonas comerciales para las necesidades de movilidad previstas que aborden el flujo y las entregas del transporte urbano de carga que minimicen los conflictos con los vehículos de dos ruedas, los ciclistas y los peatones.
- Revisar cómo se lleva a cabo la inversión en infraestructura para las zonas de menores ingresos y asignar recursos de forma más equitativa para que en esas zonas cuenten con infraestructura de alta calidad. El uso de datos para orientar las mejoras también puede permitir resultados más equitativos en toda la ciudad. Asimismo, es importante mejorar los esquemas de mantenimiento, así como identificar y remediar los peligros evidentes en las vías, ya que estas zonas suelen recibir una escasa inversión en mantenimiento y operaciones.
- Incorporar elementos que fomenten la seguridad de los motociclistas en los planes de acción de seguridad vial, planes de movilidad urbana o cualquier instrumento de planificación a nivel local que pueda ayudar a lograr diseños más seguros de infraestructura tanto para los vehículos motorizados de dos ruedas como para otros modos de viaje en la ciudad. Existen muchos elementos de diseño seguro que también han demostrado mejorar la seguridad de los motociclistas, como la ampliación de las aceras, la reducción del ancho de calzada para reducir las distancias de cruce de los peatones, o el diseño de cruces a nivel más seguros.

3. Minimizar los conflictos en las intersecciones

El riesgo que corren los motociclistas en las intersecciones puede ser mayor que el de otros usuarios motorizados de la vía debido a su mayor vulnerabilidad física y a su mayor exposición en los puntos de conflicto. En general, las intersecciones son lugares complejos en donde confluyen múltiples flujos de tráfico, lo que da lugar a puntos de conflictos en tráfico que aumentan el riesgo de siniestros. La seguridad en una intersección a nivel puede depender de cómo se gestione esta complejidad. Un entorno urbano con cuadras más cortas e intersecciones más frecuentes entre sí puede ayudar a reducir la velocidad de los vehículos y ofrecer oportunidades de cruce más seguras para los peatones, reduciendo aún más los riesgos (Welle et al. 2015) para distintos tipos de usuarios de la vía, incluidos los vehículos de dos ruedas. Aunque el aumento del número de puntos conflictivos puede incrementar el riesgo de colisiones, éstas tienden a ser menos graves (Dumbaugh y Rae 2009).

En el caso de los vehículos motorizados de dos ruedas, sin embargo, las manzanas más cortas y las intersecciones más frecuentes se asocian a un mayor riesgo de siniestros graves en todas las ciudades analizadas. Esto no implica que la solución sea reducir el número de intersecciones o de semáforos, ya que las intersecciones sirven para mejorar la accesibilidad, la caminabilidad y la conectividad del entorno, y desempeñan un papel en la regulación de la velocidad de los vehículos. La razón de este hallazgo podría estar asociada al hecho de que las intersecciones permiten un mayor número de conflictos,

Aspectos más destacados: Intersecciones

- Las intersecciones son peligrosas para los motociclistas debido a la existencia de puntos de conflicto, las altas velocidades de circulación y su mayor vulnerabilidad inherente.
- Encontrar en vía intersecciones de forma más frecuente, aunque controlada, podría contribuir a reducir la velocidad, pero seguiría aumentando los riesgos para quienes se movilizan en motocicleta.
- Reducir el número de posibles conflictos es clave para lograr intersecciones más seguras.

especialmente con otros vehículos (Jiménez et al. 2015). Otros factores pueden contribuir a una mayor vulnerabilidad de los motociclistas en las intersecciones y ubicaciones con semáforos, que deberían analizarse en detalle en futuros estudios.

La menor visibilidad de los vehículos motorizados de dos ruedas, atribuible a su tamaño y perfil visual más pequeño que el de un vehículo, puede hacerlos menos visibles para los demás automovilistas y, por tanto, más vulnerables en los puntos de visión que pueden estar obstruidos por vehículos de mayor tamaño y la presencia de mobiliario urbano, entre otros. Existen pruebas de que es menos probable que los conductores se fijen en los motociclistas en comparación con otros usuarios de la vía, y por ello es más probable que perciban incorrectamente las velocidades y los riesgos de una colisión con las

FIGURA 13 | Conflictos de tráfico en las intersecciones de Ciudad Ho Chi Minh, Vietnam



Fuente: Vineet John.

motocicletas que se aproximan en sentido contrario (Gould et al. 2012). Así mismo, es probable que los motociclistas que se ubiquen por delante del tráfico detenido en una intersección acaten en menor medida las indicaciones de los semáforos o las señales existentes de detenerse por completo o ceder el paso donde corresponda hacerlo (Muttart et al. 2011), aumentando así su exposición.

En un estudio realizado en Tailandia se observó que el 10 por ciento de los motociclistas desacataban los semáforos en rojo, la mayoría de los cuales lo hacían de forma oportunista al principio o al final del semáforo en rojo (Jantosut et al. 2021). Durante el trabajo de campo realizado por WRI también se observó un bajo nivel de cumplimiento de las indicaciones de los semáforos por parte de los motociclistas. Estas acciones pueden aumentar los riesgos para quienes se movilizan en motocicleta en las intersecciones.

Varias vías arteriales también suelen ser más anchas o tener varias calzadas, lo que da lugar a intersecciones grandes y complejas, especialmente en PIBM. Estas intersecciones complejas, que también pueden tener otros problemas de diseño o de con el cumplimiento adecuado de las normas de tránsito, también pueden aumentar el número de puntos de conflictos de tráfico y aumentar la exposición de los motociclistas a los mismos. Existe una clara necesidad de comprender mejor cómo diseñar y gestionar las intersecciones considerando las necesidades de los motociclistas.

Las implicaciones de estos hallazgos para la política pública y el diseño e implementación de infraestructura se describen a continuación.

Analizar y gestionar los conflictos en las intersecciones

Gestionar los conflictos de tráfico es clave para que las intersecciones sean más seguras. El diseño de las intersecciones en las redes viales y en las ciudades donde hay muchos vehículos motorizados de dos ruedas debe considerarse cuidadosamente. Las intersecciones de tamaño más compacto pueden minimizar los movimientos de tráfico complejos e impredecibles y mejorar el desempeño de la seguridad vial. Esto es especialmente importante en los PIBM, donde las intersecciones muy grandes y complejas, con múltiples movimientos de giro posibles, son comunes en las vías principales y arteriales, e involucrando una multiplicidad de actores vulnerables como peatones, ciclistas y modos informales, incluidos los vehículos de tracción animal. Una posible solución es reducir el número de movimientos y conflictos alejándolos de las intersecciones. Facilitar el cruce por las intersecciones mediante cambios en la infraestructura reduciendo la exposición, mejorar la señalización y la demarcación junto con el cumplimiento de las

normas existentes y la educación también puede dejar en claro qué tipo de maniobras están permitidas en las intersecciones. Los cambios a nivel de corredores e intersecciones que buscan reducir los conflictos deben realizarse utilizando herramientas como las auditorías de seguridad vial.

Las medidas de control pueden influir en el comportamiento de los motociclistas en los cruces

Aumentar el control para el cumplimiento de las normas de los semáforos en las intersecciones puede lograrse mediante mejores mecanismos de control y procesos educativos. La aplicación adecuada de medidas como las cámaras puede influir en quienes conducen motocicleta para que acaten en mayor medida las velocidades seguras y eviten cruzar con los semáforos en rojo o acelerar en los cruces y al acercarse a ellos. Cuando las motocicletas permiten tener tiempos de desplazamiento más rápidos, especialmente en ciudades congestionadas, los motociclistas perciben mayores demoras y costos de oportunidad por los semáforos en rojo que en comparación con otros usuarios de la vía. Motociclistas en Bogotá han indicado que optarían por acelerar en los cruces para evitar los semáforos en rojo, semáforos que impondrían aumentos del tiempo de viaje. Esto implica que un mejor planeamiento de las fases semaforicas con menores tiempos de espera puede ayudar a aumentar el nivel de cumplimiento a las indicaciones del semáforo, como ocurre con los peatones (Duduta et al. 2014), y sus efectos deberían continuarse estudiando en investigaciones posteriores.

4. Considerar el ancho de las vías, los accesos en los separadores y las convergencias

En general, desde una perspectiva de seguridad vial se recomienda el uso de separadores centrales para reducir el riesgo de colisiones frontales, restringir los giros incontrolados a través de la calzada y proporcionar islas de refugio para los peatones que cruzan la vía. Se ha demostrado que en general estos separadores reducen el riesgo de siniestros en las zonas urbanas (Elvik et al. 2009) y mejoran la seguridad de los peatones (DOT 2007; Welle et al. 2015).

Sin embargo, este análisis muestra que, en las ciudades latinoamericanas, la presencia de separadores que dividen calzadas centrales y laterales de servicio con el mismo sentido del tráfico se asocia con un riesgo de lesiones entre un 28 por ciento y un 64 por ciento mayor para los motociclistas. Esto puede atribuirse, en mayor parte, a puntos de acceso que no se encuentran controlados, destinados a permitir el flujo de vehículos entre la vía de servicio y las calzadas centrales.

Las grandes arterias de las ciudades latinoamericanas suelen ser anchas, con grandes separadores y calzadas laterales de servicio. Esto crea la percepción de un entorno de vía de

Aspectos más destacados: Características de la vía

- Los separadores con calzadas de servicio se asocian a un aumento de lesiones, debido a los puntos de acceso que permiten incorporaciones y giros incontrolados y a gran velocidad.
- Las vías más anchas con varios carriles se asocian a un mayor riesgo para los usuarios de vehículos a motor de dos ruedas. Esto puede deberse a que las vías más anchas pueden favorecer un mayor número de zigzagueos o cambios de carril.

tipo autopista e incita a un comportamiento de conducción a mayores velocidades. Las aberturas que funcionan como puntos de acceso en dichos separadores pueden permitir la incorporación incontrolada y a alta velocidad de vehículos entre distintas calzadas o incluso giros sobre las mismas. Estos lugares no suelen contar con diseños adecuados para incorporaciones seguras a alta velocidad. En este tipo de entorno vial, los motociclistas pueden correr un mayor riesgo de sufrir siniestros graves. Un análisis geográfico de los siniestros con motociclistas, así como las observaciones sobre el terreno de las ciudades incluidas en este informe,

FIGURA 14 | Punto de acceso no controlado en un separador en Ciudad Ho Chi Minh, Vietnam, que permite la incorporación en ambos sentidos en una distancia corta. Estas aberturas son lugares de alto riesgo para los motociclistas



Fuente: Vineet John

muestran también la presencia de puntos críticos situados en los lugares con dichos accesos donde los vehículos se incorporan al tráfico.

Las vías más anchas, con más de dos carriles en cada sentido, también se asociaron a un mayor riesgo de muertes y lesiones de motociclistas. Las vías anchas en zonas urbanas crean intersecciones más grandes y generan un entorno de mayor velocidad, además de fomentar que los motociclistas asuman más riesgos al permitirles zigzaguar entre el tráfico o viajar entre carriles con mayor facilidad (Peña Cabra 2014). Las implicaciones de estos hallazgos para la política pública y el diseño e implementación de infraestructura se describen a continuación.

Revisar el funcionamiento y la clasificación de las vías

La no concordancia entre la clasificación, la función, el diseño y el uso real de una vía urbana puede causar más conflictos en tráfico de lo deseado. Las vías arteriales urbanas de muchos

PIBM suelen desempeñar múltiples funciones. Muchas están clasificadas o se perciben como vías rápidas de alta velocidad, pero a su vez direccionan el tráfico local con múltiples puntos de acceso, cuentan con cruces y presencia de usuarios vulnerables (ver Figura 15). Sin una clasificación clara y adecuada, el diseño de la vía puede ser inadecuado para el uso real de la misma, lo que puede provocar graves conflictos con los usuarios más vulnerables y de mayor riesgo en la vía.

Evaluar y clasificar la red vial es un primer paso para implementar vías con velocidades más seguras (Turner et al. 2024) y puede ayudar a garantizar que la velocidad y el diseño sean adecuados para la función prevista de la vía. Aunque las autopistas urbanas no eran el objeto de este estudio, las vías que se espera que funcionen como autopistas de alta velocidad deben diseñarse como tales: los puntos de acceso a las mismas deben ser limitados y las incorporaciones y giros deben controlarse o diseñarse de forma segura. El uso de motocicletas en este tipo de vías debe evaluarse cuidadosamente porque la probabilidad de supervivencia se reduce rápidamente a velocidades de impacto superiores a 30 km/h para un motociclista.

FIGURA 15 | Una vía ancha en Bogotá, Colombia, con incorporaciones bruscas y sin control, y varios carriles que conducen a múltiples puntos de conflicto



Fuente: David Pérez-Barbosa.

Si, por el contrario, se espera que la vía funcione como una vía urbana con múltiples tipos de usuarios y puntos de acceso, su diseño y velocidad deberán ajustarse en consecuencia. Las velocidades deben corresponder a rangos seguros para los tipos de usuarios de la vía presentes. Un diseño de tipo autopista para una vía urbana de este tipo suele ser inadecuado para un entorno urbano. Los separadores muy anchos, las calzadas de servicio y los múltiples carriles para el tráfico de vehículos provocarán comportamientos de conducción similares a los de una autopista y por ello conflictos potencialmente graves.

Reconsiderar la geometría de los separadores en entornos urbanos

Aunque el ancho de los separadores depende en gran medida del contexto donde fueron construidos, la reducción de los separadores muy anchos en zonas urbanas con presencia de usuarios vulnerables puede resultar beneficiosa. El espacio ocupado por estos separadores podría reducirse a cambio de otros beneficios, como aumentar los espacios de las aceras para peatones, más zonas verdes, prioridad al transporte público, distancias más cortas para caminar y cruzar, y permitir el diseño de intersecciones más compactas con movimientos de tráfico menos complejos. Los separadores más pequeños también permiten radios de giro más reducidos y, por tanto, giros más lentos a través del separador, lo que puede contribuir a una mejor gestión de la velocidad. La gestión de los conflictos y de la velocidad es esencial cuando se prevén giros e incorporaciones al tráfico.

Restringir o rediseñar las aperturas y puntos de acceso no controlados de los separadores

Los puntos de acceso desde/hacia las vías de servicio en un contexto vial urbano deben estudiarse cuidadosamente y diseñarse de forma adecuada con la velocidad segura prevista para ese tipo de vía. En las vías de mayor velocidad, como las arterias o las autopistas, donde se utilizan habitualmente las vías de servicio, las incorporaciones y los puntos de acceso o salida deben ofrecer espacio suficiente para que los vehículos aceleren o desaceleren con seguridad, con la visibilidad adecuada y minimizando el riesgo de conflictos potencialmente graves. Las aberturas no controladas en los separadores también podrían cerrarse para evitar giros incontrolados a alta velocidad, cruces no deseados y otras maniobras. Cuando exista demanda de giros a través del separador, una opción

puede ser considerar una intersección controlada semafóricamente, o el rediseño de los puntos de acceso con espacio y visibilidad suficientes para permitir una incorporación segura del tráfico que gira, y minimizar la diferencia de velocidad con el resto del tráfico, preferiblemente mediante la implementación de carriles de incorporación adecuados.

En las vías locales y urbanas, los giros y los puntos de acceso y salida son más frecuentes. La pacificación del tráfico y la reducción de los límites de velocidad pueden ayudar a reducir el potencial de conflictos graves en estos puntos. Elementos como los cruces elevados, la señalización o los reductores de velocidad también pueden ayudar a reducir la velocidad de los vehículos.

Por último, debe garantizarse una visibilidad adecuada en dichos puntos para reducir la posibilidad de conflictos. Las auditorías e inspecciones de seguridad vial pueden identificar elementos que restrinjan la visibilidad del conductor respecto a los otros vehículos que se incorporan a la vía. Esto puede ser especialmente peligroso para los motociclistas, que ya tienen un perfil menos visible y llamativo en comparación con otros usuarios de la vía.

Garantizar que el derecho de vía esté diseñado para comunicar claramente los peligros y los comportamientos operativos esperados

Las vías deben comunicar claramente el comportamiento que se espera de los usuarios. La existencia de carriles con anchos distintos en la misma vía puede fomentar comportamientos inesperados de los usuarios, con el consiguiente aumento del riesgo de conflictos. En el caso de Buenos Aires, por ejemplo, algunas vías tienen un carril más ancho en el costado lateral derecho (de más de 3,5 m) utilizado para múltiples usos, como aparcamiento en la calle, almacenamiento de contenedores de basura y utilizado por motociclistas como carril informal para motocicletas. La presencia de este tipo de carriles se asoció con un aumento del 53 por ciento de lesiones de motociclistas, lo que puede atribuirse en gran parte a las inconsistencias en la sección transversal de la vía y a un diseño no del todo claro de la misma.

5. Combinar acciones para la seguridad de los motociclistas con acciones para otros usuarios de la vía

Los resultados muestran que existen oportunidades para mejorar la seguridad de los motociclistas mediante planes de acción que se centren también en la seguridad vial de otros usuarios de la vía. Los resultados revelan que algunas intervenciones que funcionan bien para otros usuarios también pueden repercutir positivamente en la seguridad de esta población, lo que pone de manifiesto la necesidad de incorporar consideraciones relativas a su salvaguardia en otros proyectos de seguridad vial e infraestructuras.

Seguridad de los peatones. En Cali, la presencia de puentes peatonales está correlacionada con el número de muertes de motociclistas, pero las vías con más espacios públicos a su alrededor registraron menos lesiones de motociclistas. Esto demuestra que infraestructura para peatones puede afectar la seguridad de los motociclistas. La bibliografía sobre seguridad vial muestra que los puentes peatonales y los pasos subterráneos para peatones suelen ser ineficaces en las zonas urbanas, y además se correlacionan con un mayor riesgo para los peatones (Duduta et al. 2014; Vergel-Tovar et al. 2020). Hay varias razones posibles por las que los puentes peatonales también muestran esta correlación con las muertes de motociclistas. Entre ellas podemos enumerar las siguientes:

- Los puentes peatonales suelen construirse para facilitar o mantener una mayor velocidad de los vehículos, retirando a los peatones del nivel de la vía. Los entornos de mayor velocidad aumentan el riesgo para todos los usuarios de la vía.
- Los puentes peatonales podrían situarse en lugares ya de por sí peligrosos, de alta velocidad o de gran volumen de tráfico en respuesta a los riesgos existentes, percibidos o reales, para los peatones.
- Los puentes sirven para segregar a los usuarios de la vía por motivos de seguridad, pero puede que no aborden otras causas subyacentes de riesgo en ese lugar, ya sea la velocidad, la geometría de la vía u otros conflictos, porque no alteran el diseño de la misma.

Por lo tanto, no es de extrañar que los riesgos para los conductores también sean mayores en estos lugares. Sin embargo, se necesitan más estudios para determinar si este

Aspectos más destacados: Otros usuarios de la vía

- La pacificación del tránsito y un mejor diseño de las vías pueden mejorar la seguridad de todos los usuarios vulnerables, incluidas quienes se movilizan en motocicleta.
- Las vías urbanas más anchas pueden resultar peligrosas los motociclistas como para los peatones.
- Un buen diseño de las intersecciones, los cruces, las paradas de bus y estaciones de transporte público pueden minimizar los conflictos para quienes se desplazan en motocicleta.

es el caso y, en caso afirmativo, qué aspectos del diseño de los puentes peatonales contribuyen a estos mayores riesgos para quienes se desplazan en motocicleta. Deben examinarse otras condiciones del entorno como el diseño de la calzada, la velocidad del tráfico, el volumen de peatones que cruzan, el comportamiento de los peatones, las condiciones del tráfico y las interacciones (es decir, los conflictos) entre motociclistas, peatones – y otros usuarios – para comprender los efectos causales, normalmente complejos, entre estas variables.

No obstante, este resultado indica que los lugares con puentes peatonales pueden ser un espacio prioritario de investigación e intervención, donde las mejoras en el diseño de puentes, de vías y otras intervenciones podrían tener un efecto muy importante en reducir las muertes de motociclistas.

Un mayor ancho de las calzadas, intersecciones con áreas grandes y las distancias de cruce más largas también aumentan los riesgos tanto para los peatones como para las personas que se movilizan en motocicleta, lo que implica que las dietas viales, en las que se eliminan carriles, y las ampliaciones de los andenes pueden tener efectos positivos para ambos tipos de usuarios.

Transporte público. La presencia de paradas y estaciones de transporte público brindó resultados dispares, lo que puede deberse tanto al diseño como a los conflictos generados por dichas paradas. En América Latina, la presencia de estaciones de sistemas de transporte masivo con buses tipo BRT bien diseñadas se asoció con una disminución de las lesiones de motociclistas, pero no se observó el mismo efecto con las paradas de autobús normales. Esto se debe a que los proyectos de tipo BRT han dado lugar normalmente a importantes remodelaciones o transformaciones de la vía, con carriles



segregados para autobuses e intersecciones y cruces más seguros. Estas mejoras también benefician a los motociclistas porque minimizan los conflictos y proporcionan una asignación de espacio vial adecuada para todos los modos. La investigación ha demostrado que un sistema BRT bien diseñado puede reducir las muertes y lesiones en vía gracias a las mejoras introducidas en un corredor vial (Duduta et al. 2014).

Por otro lado, las paradas del sistema de tren tipo MRT y otros medios de transporte masivo en Bangkok se asociaron con un aumento del 70 por ciento en los siniestros mortales con motociclistas. Muchas estaciones elevadas de MRT están situadas en los separadores centrales de las principales vías arteriales de la ciudad. Esto puede generar conflictos adicionales en estos lugares debido a los movimientos de pasajeros a través de la vía, y las transferencias a otros vehículos en la misma calzada, como los vehículos que se detienen para recoger/dejar pasajeros, mototaxis, etc. Es posible que las estaciones elevadas con cambios mínimos en la calzada inferior no mejoren la seguridad vial, sino que aumenten la complejidad del tráfico y los conflictos en esos lugares.

Es probable que estos conflictos contribuyan a los siniestros con motociclistas. Estos resultados implican que un buen diseño de las infraestructuras de transporte público junto con el entorno urbano que las rodea puede desempeñar un papel clave en la reducción de los conflictos en las vías adyacentes a las mismas.

Las implicaciones de estos hallazgos para la política pública y el diseño e implementación de infraestructura sse describen a continuación.

Investigar con más profundidad los lugares con puentes peatonales para su estudio o intervención

En las zonas urbanas densamente pobladas, donde se espera un mayor volumen de peatones, deberían examinarse las condiciones de uso de los puentes peatonales para ver cómo afectan al comportamiento de peatones y conductores y, por tanto, a la seguridad vial. Hay una serie de variables que pueden influir en la seguridad de los puentes peatonales, como la velocidad del tráfico, y los conflictos entre vehículos o entre peatones y automovilistas.

Una vez evaluadas estas variables, deben estudiarse medidas para reducir o eliminar los conflictos que afectan a la seguridad de los motociclistas. Las posibles medidas podrían incluir intervenciones en los propios puentes (suprimirlos, mejorarlos) o en el entorno vial del corredor (diseño de la vía, iluminación, gestión y control de la velocidad, etc.).

En los casos en que la sustitución de los puentes peatonales por pasos a nivel se considere una solución viable para mejorar la seguridad, dichos pasos requerirán protección mediante medidas adecuadas de pacificación del tráfico, espacios de refugio dedicados a los peatones, señalización u otras medidas de gestión de la velocidad, como radares o reductores de velocidad cuidadosamente diseñados y señalizados para evitar riesgos adicionales. Las medidas de pacificación del tránsito deben elegirse y diseñarse cuidadosamente para garantizar la seguridad de los vehículos a motor de dos ruedas (ver la recomendación sobre seguridad peatonal más adelante).

En los lugares donde ya existen puentes peatonales y se ha comprobado que cumplen una función útil, otras mejoras en el diseño del puente y de la calzada, así como la gestión de la velocidad, pueden mitigar los riesgos para los motociclistas.

Priorizar y tratar los puntos de conflicto potencialmente graves conocidos, especialmente en intersecciones semaforizadas

Se recomienda focalizar las intervenciones de seguridad vial en los lugares críticos identificados mediante el análisis de datos. Muchas medidas que mejoran la seguridad de peatones y ciclistas en las intersecciones pueden contribuir a reducir la velocidad del tráfico, mejorar la visibilidad de los usuarios de la vía y reducir el tamaño y la complejidad del espacio vial. La pacificación de la velocidad del tráfico en intersecciones puede ayudar a reducir la gravedad de los conflictos y siniestros que allí ocurren.

Incorporar la seguridad de las motocicletas dentro de las intervenciones para la seguridad de los peatones

Acciones como la prolongación de los andenes y bordillos, las dietas viales, la eliminación de carriles innecesarios y los cruces peatonales más seguros con medidas de pacificación del tráfico pueden ayudar a mejorar la seguridad de los peatones, así como la de los motociclistas, gracias a la reducción de la velocidad del tráfico que se puede conseguir. Las medidas de pacificación del tráfico bien diseñadas tienen en cuenta los problemas de seguridad específicos de todos los usuarios (Welle et al. 2015). Medidas como los reductores de



velocidad pueden resultar difíciles de maniobrar para quienes conducen motocicleta, a menos que estén bien diseñadas. Otras medidas, como las glorietas, las extensiones de andén, los reductores de velocidad o las intervenciones muy visibles, pueden permitir a los motociclistas disminuir la velocidad con antelación, evitando los cambios tardíos o bruscos de dirección y velocidad. Además, las intervenciones como los pasos de peatones, carriles para bicicletas, líneas de carriles de circulación y señalización horizontal en el pavimento, deben utilizar marcas antideslizantes para evitar superficies resbaladizas para los vehículos de dos ruedas en general, especialmente motocicletas, bicicletas eléctricas o bicicletas de cualquier tipo.

Diseñar las estaciones y paradas de transporte público para minimizar los conflictos

Anticipar adecuadamente todos los usos posibles de la vía en torno a una estación o parada de transporte público puede ayudar a minimizar los conflictos. Es probable que estos lugares tengan índices de exposición más elevados debido a una mayor afluencia de todos los tipos de usuarios de la vía. Un buen diseño de la infraestructura debe prever y facilitar el acceso seguro de los pasajeros, las zonas de bajada, los



transbordos a otros autobuses, los taxis, los vendedores ambulantes, etc., dando prioridad a los peatones y al transporte no motorizado en las proximidades de una estación de transporte público. Es necesaria una gestión eficaz del espacio en las aceras para minimizar los conflictos. Un transporte público adecuadamente diseñado puede mejorar la seguridad de todos los usuarios, incluidos los ciclistas, mientras que un transporte público implementado inadecuadamente puede tener el efecto contrario. Un transporte público eficaz también puede mejorar la seguridad de forma indirecta al proporcionar un modo de desplazamiento más seguro que la motocicleta.

Aprovechar el transporte público y los proyectos de infraestructura para la seguridad de los motociclistas

Los proyectos de gran inversión de capital, como la construcción de sistemas de autobuses de tránsito rápido (BRT) o trenes ligeros (LRT), las mejoras en los sistemas de transporte informales, la electrificación de una flota de vehículos u otras mejoras similares en los sistemas de movilidad, suelen ser proyectos que ocasionan cambios significativos en las vías y su entorno. Cuando se hacen de forma adecuada, estos proyectos ofrecen enormes oportunidades, además de financiación, para mejorar la seguridad de los motociclistas y de todos los usua-

rios de la vía. Deben llevarse a cabo auditorías de seguridad vial para calibrar el impacto en todos los usuarios de la vía, y en las ciudades con un gran volumen de motociclistas debe prestarse especial atención a su seguridad. Estas inversiones pueden servir para reducir los conflictos de tráfico, disminuir la velocidad, y dar prioridad a la seguridad vial.

La seguridad de los motociclistas debe ser una consideración clave en el momento del diseño y la construcción del proyecto para maximizar los beneficios de estas grandes inversiones.

En América Latina, la presencia de estaciones de BRT bien diseñadas se asocia con una disminución de las lesiones de motociclistas.





Conclusión

La seguridad de las motocicletas en los países de ingresos bajos y medios es un problema multidimensional relacionado fuertemente con la velocidad del tráfico y las variables de infraestructura vial. Es necesario un cambio de estrategia que pase de centrarse únicamente en los comportamientos de los motociclistas a incluir a los diseñadores de vías y a los responsables de la toma de decisiones. Una gestión integral de la velocidad, una recopilación de datos más exhaustiva y cambios en las infraestructuras de todo el sistema a través la cooperación entre todas las partes interesadas son fundamentales para reducir las muertes por siniestros viales. Para las ciudades con una gran dependencia del uso de las motocicletas, el cambio hacia un transporte más seguro y sostenible debería ser una prioridad a largo plazo. Esta sección plantea los próximos pasos a seguir en materia de implementación, así como de investigación sobre la seguridad de los motociclistas.

La seguridad de las motocicletas es un reto complejo que abarca la economía, el desarrollo, la equidad, la planificación y el diseño. A falta de suficientes opciones de movilidad accesibles y más seguras para todos, es probable que los vehículos motorizados de dos ruedas sigan siendo un problema crítico de seguridad vial para los PIBM, afectando de forma desproporcionada a los grupos de población más vulnerables. Los esfuerzos de mitigación se han centrado normalmente en el comportamiento de los motociclistas, el uso de equipos de protección personal, el cumplimiento de la ley y algunos elementos específicos de la infraestructura. Aunque se ha demostrado que estos esfuerzos son eficaces para reducir los riesgos, es fundamental comprender y tratar las causas de base y los factores que influyen en el uso de la motocicleta, así como en los siniestros con muertes y lesiones, ya que la atención a las primeras partes del siniestro – prevenir el error y evitar la ocurrencia de siniestros en vez de mitigar sus efectos – puede conducir a mejores resultados para la seguridad quienes utilizan motocicletas (ITF 2015).

Esta investigación muestra una fuerte conexión entre las variables de infraestructura y velocidad en la seguridad de las motocicletas para los PIBM. La variable más importante para explicar la seguridad de las motocicletas en las seis ciudades analizadas fue la velocidad de flujo libre (medida aquí a través de la velocidad nocturna), según el modelo estadístico y el ámbito de esta investigación. Otras variables significativas halladas fueron el ancho de la calzada, el número de manzanas, las intersecciones, los semáforos, los puentes peatonales, el uso del suelo, la densidad de población y el nivel de ingresos en una zona. Dado que este informe no pudo incluir datos sobre la exposición al riesgo, no se exploraron aquí las relaciones causales entre esas variables subyacentes; no obstante, las conclusiones de este informe proporcionan prioridades claras para las intervenciones y los estudios en profundidad posteriores.

La reducción de la velocidad del tráfico para todos los usuarios, el ancho de las vías, y la complejidad de las intersecciones, centrándose en los entornos de alto riesgo y conflicto a través de un planteamiento integral que abarque toda la zona, pueden mejorar la seguridad de los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas en general. Para tratar efectivamente estos factores del entorno vial es necesario un cambio de estrategia: la responsabilidad de la seguridad debe pasar de centrarse en el motociclista a incluir también a los responsables de la toma de decisiones y a los diseñadores de las vías, y las medidas para contrarrestar esta problemática deben pasar de centrarse en lugares concretos hacia incluir cambios en el funcionamiento del sistema en zonas más amplias.

Hacia la implementación

Buscar victorias tempranas

Los cambios en la infraestructura de todo el sistema pueden requerir tiempo e inversión, sobre todo al considerar grandes intersecciones complejas o la gestión de la velocidad en todo el corredor. El uso de motocicletas tiene muchas ventajas en términos de comodidad y mejor accesibilidad para sus usuarios. Sin embargo, los motociclistas siguen siendo usuarios vulnerables de la vía, por lo que hacer más seguro el uso de las motocicletas reduciendo rápidamente el número de víctimas mortales y heridos graves debe ser una prioridad. Encontrar oportunidades para alinear las acciones de seguridad de las motocicletas con las acciones de seguridad de peatones y las mejoras en el transporte público como los sistemas de bus tipo BRT, junto con las reducciones de velocidad, son medidas que pueden potencialmente ofrecer resultados rápidos en la reducción de las muertes de motociclistas. Adoptar un enfoque proactivo para abordar los retos de la movilidad y la calidad de la infraestructura vial en las zonas de menores niveles de ingreso puede dar resultados en lugares donde la necesidad de vías seguras resulta mayor.

Los planes de gestión de la velocidad ayudarán a todos los usuarios de la vía

La velocidad en la vía es un elemento crítico que hay que examinar, no sólo para la seguridad de los motociclistas, sino para mejorar la seguridad de todas las personas. Las ciudades con grandes volúmenes de motocicletas deberían considerar priorizar la implementación de planes integrales de gestión de la velocidad extendidos a toda la ciudad. Dichos planes deberían incluir la presencia de motociclistas como una consideración clave a la hora de establecer los límites de velocidad y las clasificaciones de las vías urbanas. Esto puede ayudar a mantener la velocidad en niveles seguros para maximizar la supervivencia en caso de siniestros viales. Incluso las ciudades con menor volumen de motocicletas pueden trabajar para abordar y reducir las velocidades en las zonas donde es más probable que haya más motociclistas.



La clave está en los datos, la planificación y el escalamiento

o éstos no son confiables. Esto demuestra cuánta información puede obtenerse a partir de datos escasos pero disponibles, y cuánto más queda por aprender de un buen análisis de datos. Con datos y controles más robustos, se pueden desarrollar planes de acción y plantear objetivos más específicos y contextuales para abordar la seguridad de los motociclistas. Pueden desarrollarse programas piloto locales para probar intervenciones y recomendaciones que luego puedan escalarse. Las motocicletas también deben incluirse en los planes de movilidad, uso del suelo y gestión del tráfico de toda la ciudad.

Los datos han demostrado que, aunque los problemas de seguridad de quienes se movilizan en motocicleta son diversos en todo el mundo, existen similitudes regionales en las tendencias de seguridad de estos mismos, y las lecciones aprendidas en una ciudad pueden compartirse a escala regional.

Reducir la dependencia del uso de la motocicleta debe ser una estrategia a largo plazo

En las ciudades y regiones con gran dependencia de las motocicletas, un diseño vial y una política de transporte integral puede reducir los elevados índices de muertes y lesiones relacionadas con las motocicletas. En las ciudades que se motorizan rápidamente, el aumento de las flotas de motocicletas puede encerrar a las ciudades en modelos y sistemas de movilidad urbana cada vez más perjudiciales para la seguridad vial. A largo plazo, para estas ciudades, mejorar las condiciones de seguridad de los motociclistas requiere estrategias y planes de movilidad que cambien la dependencia de las motocicletas en favor de desplazamientos en métodos de transporte más seguros y sostenibles. Esto puede suponer un difícil cambio de paradigma para las regiones con gran dependencia de las motocicletas. La fuerte dependencia de las motocicletas también puede impedir las inversiones en sistemas integrados de movilidad multimodal que funcionen para todas las personas, incluidas las mujeres, la población infantil y las personas con diferentes necesidades particulares.

de movilidad. Es necesario ofrecer alternativas más seguras, eficientes y asequibles a las motocicletas, aumentar las inversiones en sistemas de transporte público robustos, planificar infraestructuras de alta calidad para los desplazamientos a pie y en bicicleta, e integrar la ordenación del territorio con la planificación de la movilidad; de este modo, las vías serán más seguras para todos los usuarios.

Es necesario un diálogo multilateral

Debido a la compleja naturaleza de los problemas de seguridad asociados al uso de las motocicletas, alejarse de la dependencia a su uso requeriría un diálogo abierto y un respaldo político contundente para garantizar que se escuchan todas las voces. En muchos lugares, las motocicletas son fuente de sustento y oportunidades económicas. En otros lugares, las motocicletas son la espina dorsal de sistemas informales de tránsito ya establecidos, de servicios de reparto y de transporte público no regulado. Las ciudades tendrían que atender estas necesidades mediante el diálogo abierto y la colaboración con todos los usuarios y la ciudadanía para garantizar un acceso equitativo a las opciones y oportunidades de movilidad. También pueden extraerse enseñanzas a partir de la forma en que las ciudades han gestionado la operación de otros sistemas de transporte informales.

Siguientes pasos para la investigación

El estudio analizó principalmente los elementos de infraestructura con datos disponibles de seis ciudades. Más datos de otras ciudades ayudarían a ampliar el alcance y la aplicabilidad de las recomendaciones, así como a identificar las diferencias a nivel regional. También hay elementos de infraestructura que no fueron incluidos en el estudio. Por ejemplo, una limitación de esta investigación es que excluye variables como el clima, el alumbrado público, el diseño de las intersecciones y las condiciones de la superficie de la vía. Estos datos son difíciles de obtener, pero es probable que influyan en la seguridad vial, especialmente en el caso de las motocicletas. Otros elementos que no pudieron incluirse son la propiedad y el uso de los vehículos, las repercusiones del reparto modal, el rol de los servicios de reparto y transporte de mercancías, los tipos de siniestros (no disponibles en todas las ciudades) y el rol de las infraestructuras exclusivas para motocicletas.

Estas variables podrían tener un impacto significativo en la seguridad de las motocicletas y deberían tenerse en cuenta en futuros estudios. Además, la investigación no tuvo en cuenta las interacciones entre variables como la velocidad, la infraestructura y el uso del suelo. La estrategia de identificación de



un análisis estadístico debe ser más sólida (Angrist 2022) para establecer adecuadamente las relaciones causales y saber qué elementos de la infraestructura vial urbana requerirían modificaciones o complementos (Elvik 2024).

Es necesario investigar más sobre este tema para comprender mejor las velocidades seguras, teniendo en cuenta el contexto de las personas que se movilizan en motocicleta. A pesar de estas limitaciones, la investigación proporciona información valiosa sobre la seguridad de los motociclistas y puede servir como base para futuros esfuerzos por mejorar sus condiciones de seguridad vial.

No se disponía de información detallada sobre los tipos de siniestros que afectaban a los motociclistas, por lo que no se incluyeron en este modelo. La recopilación y el análisis de esta información en el futuro son necesarios para conocer mejor los factores que provocan los siniestros viales. Los investigadores pueden utilizarlo para identificar patrones de siniestros y comprender cómo diseñar con mayor eficacia infraestructuras que eviten conflictos y siniestros graves que afecten la seguridad de los motociclistas. Los estudios en mayor profundidad podrían identificar problemas que actualmente no son visibles debido a la falta de registros y a los sesgos de registro de los datos policiales sobre siniestros y poder desarrollar así una taxonomía de patrones de choques graves (Wegman y Schepers 2024). Los niveles de demanda de los movimientos de cruce y el comportamiento de todos los usuarios de la vía en lugares con puentes peatonales o intersecciones pueden servir de ejemplo de situaciones en las que es estrictamente necesario disponer de más datos y mejores mecanismos de información. Las investigaciones futuras deberán estudiar con más detalle el comportamiento de los motociclistas en la vía, utilizando metodologías adecuadas para recolectar datos y el análisis de la información deseada, los cuales no suelen ser recolectados por las autoridades locales. La obediencia a las normas de tránsito en distintos tipos de vías y entornos urbanos, así como en las intersecciones, es un tema de especial interés, en particular comportamientos como el exceso de velocidad y el paso de semáforos en rojo, los cuales son relativamente frecuentes entre los motociclistas (Esmaeli et al. 2022; Satiennam et al. 2018).

El creciente rol de los motociclistas en los servicios de reparto urbano está creando nuevas tendencias en el transporte urbano. Las motocicletas ofrecen un menor costo y la posibilidad de lograr operaciones de reparto más rápidas tanto para los grandes operadores como para las pequeñas empresas. Sin embargo, este tipo de esquema también puede convertirse en

un riesgo importante para la seguridad de todos los usuarios de la vía incluyendo los mismos conductores de reparto en motocicleta debido a los incentivos económicos para realizar entregas rápidas, o incluso a las penalizaciones o presiones para cumplir los plazos de entrega. Aunque las velocidades seguras y las intervenciones en infraestructuras mencionadas en este informe pueden mejorar la seguridad de los usuarios de la vía, se necesita más investigación sobre las intervenciones normativas y en política pública que pueden mejorar la seguridad asociada a la operación de motocicletas que brindan servicios de carga, entrega y transporte bajo demanda en la economía de trabajos temporales y para plataformas de reparto (Christie y Ward 2023).

Las consideraciones sobre el ancho de los carriles y la geometría de la vía deben analizarse con más detalle. Aunque el diseño de vías urbanas seguras recomienda el uso de carriles más estrechos para reducir la velocidad de los vehículos (Welle et al. 2015) y mejorar los resultados en materia de seguridad vial, esta variable parece presentar un panorama no comparable en el caso de los motociclistas. Según los resultados, el efecto del ancho de carril puede depender del comportamiento a nivel local de los usuarios de la vía y de las características del propio carril. En el caso de los vehículos motorizados de dos ruedas, especialmente en los PIBM, un mayor ancho de los carriles suele fomentar el filtrado (adelanto entre carriles) o el uso compartido de carriles para zigzaguear entre el tráfico detenido o lento. Las pruebas sobre la seguridad de esta práctica también son contradictorias (Clabaux et al. 2017; Sperley y Pietz 2010). Por lo tanto, aún no se puede formular una recomendación general, que debe ser objeto de nuevas investigaciones, considerando diversos escenarios de circulación de motocicletas y de desarrollo de infraestructura vial.

Por último, también existe una necesidad latente de entender cómo diseñar las intersecciones para mitigar el riesgo para quienes se movilizan en motocicleta. Aunque este estudio pone de manifiesto los peligros a los que se enfrentan los motociclistas en las intersecciones, se necesita más investigación para desarrollar modificaciones en el diseño o el control de las intersecciones que puedan beneficiar específicamente su seguridad.

Apéndices



Apéndice A: Variables en los modelos

TABLA A-1 | Lista de variables en los modelos

VARIABLE	ÁREA						FUENTE	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Heridos por km	Motociclistas heridos en el segmento durante el periodo de 2015-2019 dividido por longitud del polígono	Motociclistas heridos en el segmento durante el periodo de 2017-2019 dividido por longitud del polígono	Motociclistas heridos en el segmento durante el periodo de 2015-2019 dividido por longitud del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	Datos oficiales de cada ciudad; proporcionados por Vital Strategies bajo BIGRS	Ninguna
Fatalidades por km	Motociclistas fallecidos en el segmento durante el periodo de 2015-2019 dividido por longitud del polígono	Motociclistas fallecidos en el segmento durante el periodo de 2017-2019 dividido por longitud del polígono	Motociclistas fallecidos en el segmento durante el periodo de 2015-2019 dividido por longitud del polígono	Motociclistas fallecidos en el segmento durante el periodo de 2014-2017 dividido por longitud del polígono	No incluido	No incluido	Datos oficiales de cada ciudad; proporcionados por Vital Strategies bajo BIGRS	Ninguna
Siniestros por km	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Siniestros involucrado motociclistas en el segmento durante el periodo de 2019-2020, excluyendo intersecciones, dividido por longitud del polígono	Siniestros involucrado motociclistas en el segmento durante el periodo de 2017-2019, excluyendo intersecciones, dividido por longitud del polígono	Datos oficiales de cada ciudad; proporcionados por Vital Strategies bajo BIGRS	Ninguna



TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTE	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Ancho de carril	Ancho de carril en centímetros estimado a partir del eje central de las líneas divisorias pintadas si existen; de lo contrario, estimado como el ancho de la calzada dividido por el número de carriles operativos.						Calculado a partir de imágenes de Google Street View	Ninguna
Carril con extra ancho	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de un carril con un ancho extra adicional en el costado derecho de la vía (se usa para paradas de bus, ubicar contenedores de basura, estacionamiento en vía, etc.)	No incluido	No incluido	No incluido	Observado (o estimado) a partir de imágenes de Google Street View	Solo Buenos Aires
Ancho de calzadah	Número de carriles en la calzada más ancha. Se incluye esta variable de esta forma ya que se observó en la literatura que el número de carriles en cada calzada está asociado a la posibilidad de filtrado y zigzaguo de motociclistas (Peña Cabra 2014)						Observado (o estimado) a partir de imágenes de Google Street View	Ninguna
Separador central	Presencia de separador central						Observado a partir de imágenes de Google Street View	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Separador lateral	Separador entre calzadas con tráfico en el mismo sentido de circulación						Observado a partir de imágenes de Google Street View	Ninguna
Doble sentido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Observado a partir de imágenes de Google Street View	Ninguna
Intersecciones por km	En cada polígono, el número de intersecciones por las que un coche puede cruzar la calle se considera intersección. El número de intersecciones se divide entre la longitud del polígono para obtener este indicador	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Mapss	Ninguna
Semáforos por km	Número de ubicaciones con semáforos en el segmento, dividido por la longitud del polígono			No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Semáforos con fases para peatones por km	Número de semáforos con fases para peatones en el segmento, dividido por la longitud del polígono. No todos los semáforos tienen esta fase dedicada	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	GArchivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Datos disponibles sólo para Bogotá
Estaciones de BRT por km	Número de paradas del sistema BRT (en corredores exclusivos para autobuses), dividido por la longitud del polígono		No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Estaciones de bus por km	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Número de estaciones para autobuses, dividido por la longitud del polígono	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Estación de MRT	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de estaciones de transporte masivo de pasajeros en el polígono; incluye BRT, BTS y MRT	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Kilómetros de BRT	No incluido	No incluido	No incluido	Kilómetros de calzadas para BRT en el polígono	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Kilómetros de ciclovías	No incluido	No incluido	No incluido	Kilómetros de ciclovías en el polígono	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Puentes peatonales por km	Número de puentes peatonales en un segmento dividido por su longitud				No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Cajones para motocicleta	No incluido	No incluido	Número de cajones para motos en un segmento dividido por su longitud	No incluido	No incluido	No incluido	Observado a través de Google Street View	Solo Buenos Aires
Aceras con canal de drenaje	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia de canal de drenaje entre la acera y la calzada		Observado a través de Google Street View	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Aceras en buen estado	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Hay una acera con superficie pavimentada continua		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Aceras en condición variable	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Hay una acera con superficie pavimentada		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Aceras en tierra	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Hay una acera con superficie no pavimentada		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Diferentes tipos de aceras	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Hay distintos tipos de acera en un mismo segmento		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Bordillo en separador	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de bordillos en el separador		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Bordillo en aceras	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de bordillos en las aceras		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Cercado en separadores	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de cercas o vallas en los separadores		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Cercado en aceras	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de cercas o vallas en aceras		Observado a través de Google Street View	Ninguna
Densidad poblacional	Densidad media de población en el área de influencia del polígono			No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	El área de influencia se extiende a una distancia de 80 a 100 m de cada lado del corredor.
Manzanas por km	Número de manzanas, cuadras o bloques a ambos lados del polígono, dividido por su longitud						Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Uso de suelo residencial	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono	El uso residencial tiene (o no) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Uso de suelo mayoritariamente residencial	No incluido	El uso mayoritariamente residencial tiene (o no) el mayor porcentaje de uso del suelo en el área de influencia del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Uso de suelo comercial	Porcentaje de uso de suelo comercial en el área de influencia del polígono	El uso comercial tiene (o no) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia del polígono	Número de unidades comerciales en el segmento, dividido por la longitud del polígono	Porcentaje de uso de suelo comercial en el área de influencia del polígono			Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Suelo de servicios	No incluido	El uso de servicios tiene (o no) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia del polígono.	Número de unidades de servicio en el segmento, dividido por la longitud del polígono.	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Áreas donde hay presencia de equipamientos urbanos, de servicio e industria
Suelo para producción	No incluido	No incluido	Número de unidades de producción en el segmento, dividido por la longitud del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Espacio público	Porcentaje de espacio público en el área de influencia del polígono	El espacio público tiene (o no) el mayor porcentaje de uso del suelo en el área de influencia del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Centros de empleo	Porcentaje de espacios en el área de influencia del polígono que se destina a negocios	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Ninguna
Suelo de uso mixto - estratégico	No incluido	El polígono tiene (o no tiene) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia considerado estratégico	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Concejo Municipal de Santiago de Cali, 2014	Corredores de actividad económica, con usos mixtos
Suelo de uso mixto - centralidad	No incluido	El polígono tiene (o no tiene) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia considerado centralidad	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Concejo Municipal de Santiago de Cali, 2014	Áreas donde se concentran y aglomeran funciones y actividades económicas diferenciadas, con usos mixtos
Suelo con edificios patrimoniales	No incluido	El polígono tiene (o no tiene) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia considerado con edificios históricos	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Concejo Municipal de Santiago de Cali, 2014	Ninguna
Área de expansión	No incluido	El polígono tiene (o no tiene) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia considerado como área de expansión urbana	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Concejo Municipal de Santiago de Cali, 2014	Donde se esperan nuevos desarrollos urbanos
Otros usos de suelo	No incluido	El polígono tiene (o no tiene) el mayor porcentaje de uso de suelo en el área de influencia no considerado en una categoría anterior	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Concejo Municipal de Santiago de Cali, 2014	Ninguna

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Uso del suelo atomizado- desarrollo urbano donde los terrenos se ocupan de manera aislada e independiente	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Porcentaje de viviendas atomizadas en el área de influencia del polígono		Kerins et al. 2020	Definido por los autores
Uso informal de suelo	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Porcentaje de viviendas informales en el área de influencia del polígono		Kerins et al. 2020	Definido por los autores
Suelo para proyectos de vivienda	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Porcentaje de futuros proyectos de vivienda en el área de influencia del polígono		Kerins et al. 2020	Definido por los autores
Actividad comercial sobre aceras	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de actividad comercial sobre las aceras		Kerins et al. 2020	Definido por los autores
Estacionamiento en vía	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de estacionamiento en vía		Kerins et al. 2020	Definido por los autores
Ingreso muy bajo	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono con ingresos mínimos	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Solo Bogotá
Ingreso bajo	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono con ingresos bajos	El más alto porcentaje de uso residencial en el área de influencia del polígono de ingresos bajos (o no)	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Solo Bogotá y Cali
Ingreso bajo – medio	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono con ingresos de nivel bajo - medio	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Solo Bogotá
Ingreso medio	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono con ingresos de nivel medio	El más alto porcentaje de uso residencial en el área de influencia del polígono de ingresos medio (o no)	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Solo Bogotá y Cali

TABLA A-1 | Variables en los modelos (cont.)

VARIABLE	ÁREA						FUENTES	NOTAS
	Bogotá	Cali	Buenos Aires	Bangkok	Accra	Nairobi		
Ingreso alto	Porcentaje de uso de suelo residencial en el área de influencia del polígono con ingresos de nivel alto o muy alto	El más alto porcentaje de uso residencial en el área de influencia del polígono de ingresos altos (o no)	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Archivos de sistemas de información geográfica (SIG) como Open Street Maps	Solo Bogotá y Cali
Velocidad promedio	Variable tipo proxy para la velocidad de flujo libre, utilizando velocidades promedio predichas por Google Distance Matrix API a las 3 a.m.						Consultas en la plataforma Google Distance Matrix API	Se empleó modelos tipo optimista
Cámaras de velocidad por km	No incluido	Número de cámaras de velocidad en el segmento, dividido por la longitud del polígono	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Ninguna
Tráfico vehicular	Conteos representativos de tráfico total	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Ninguna
Tráfico de motocicletas	Conteos representativos de tráfico de motocicletas	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Ninguna
Tráfico de carga ligero	Conteos representativos de tráfico de vehículos de carga ligeros	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Ninguna
Tráfico de carga pesado	RConteos representativos de tráfico total de vehículos de carga pesados	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Ninguna
Tráfico de carga pesado permitido	No incluido	No incluido	Autorización (o no) para el tráfico de vehículos de carga	No incluido	No incluido	No incluido	Información de organismos locales de tránsito	Solo Buenos Aires
Autopista urbana	No incluido	No incluido	No incluido	Presencia (o no) de una autopista elevada en el polígono	No incluido	No incluido	Observado a partir de Google Street view	Ninguna

Fuente: WRI

Apéndice B: Resultados del modelo

TABLA B-1 | Resultados de los modelos binomiales negativos para Bogotá, Cali, Buenos Aires y Bangkok

VARIABLES	LESIONES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	LESIONES POR KM 2017-2019 CALI	LESIONES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2017-2019 CALI	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2014-2017 BANGKOK
Ancho de carril	0.0417 (0.0982)	0.0442 (0.168)	0.00181 (0.00225)	0.0354 (0.240)	-1.100** (0.492)	-0.528* (0.277)	-0.120 (0.215)
Presencia de un carril más ancho			0.182** (0.0786)			0.536** (0.269)	
Ancho de la calzada	0.0638 (0.0505)	0.129 (0.0822)	0.0935*** (0.0250)	-0.0669 (0.123)	-0.169 (0.251)	0.0398 (0.0812)	0.0447 (0.0905)
Separador central	0.0298 (0.106)	0.0977 (0.127)	-0.117 (0.103)	0.147 (0.312)	0.502 (0.378)	-0.315 (0.368)	
Separador lateral	0.285*** (0.106)	-0.0163 (0.131)	0.640*** (0.152)	0.253 (0.243)	-0.623 (0.398)	0.521 (0.466)	
Doble vía			-0.0195 (0.0923)			-0.00553 (0.293)	
Intersecciones por km	0.0704*** (0.0259)			0.120* (0.0697)			
Semáforos por km	0.0909*** (0.0246)	0.134*** (0.0280)	0.0510*** (0.0100)	0.0612 (0.0681)	0.0930 (0.0732)	0.00208 (0.0339)	
Semáforos sin fases peatonales	0.139 (0.107)			0.255 (0.245)			
Paradas de BRT por km	-0.00252 (0.0503)	-0.0735 (0.0484)		0.0436 (0.108)	-0.285* (0.162)		
Paradas de auto- bús por km	0.00263 (0.00738)	0.00161 (0.00328)	0.00862** (0.00385)	-0.0572*** (0.0201)	-0.00591 (0.0102)	0.00869 (0.00917)	
Presencia de una estación de trans- porte público							0.719** (0.301)
Km de BRT							-0.639 (0.547)
Km de carril de bicicleta							0.0641 (0.184)
Puente peatonal por km	-0.0131 (0.0261)	-0.0161 (0.0236)		-0.00162 (0.0592)	0.112** (0.0493)		-0.136 (0.0937)
Cajones de moto por km			0.0628*** (0.0201)			0.0149 (0.0643)	
Densidad pobla- cional	0.000321** (0.000163)	-1.91e-06 (5.40e-06)	2.69e-06 (3.44e-06)	0.00106*** (0.000361)	-1.17e-05 (1.63e-05)	2.29e-05* (1.23e-05)	
Manzanas por km	4.17e-06 (0.000379)	0.0144*** (0.00550)	0.00608 (0.00608)	-0.00140 (0.00221)	0.0180 (0.0153)	0.0197 (0.0212)	
Uso del suelo residencial		-0.146 (0.223)	-0.000936*** (0.000363)		-0.389 (0.607)	-0.00132 (0.00127)	
Uso del suelo mayoritariamente residencial		-0.0719 (0.146)			-0.673 (0.468)		

Fuente: WRI

TABLA B-1 | Resultados de los modelos binomiales negativos para Bogotá, Cali, Buenos Aires y Bangkok (cont.)

VARIABLES	LESIONES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	LESIONES POR KM 2017-2019 CALI	LESIONES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2017-2019 CALI	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2014-2017 BANGKOK
Uso del suelo comercial	0.147 (0.144)		0.00201*** (0.000398)	-0.107 (0.365)		-0.00188 (0.00141)	0.715 (0.436)
Uso del suelo para servicios		0.0140 (0.212)	-0.000850 (0.00316)		0.215 (0.552)	0.00104 (0.0108)	
Uso del suelo para producción			0.00589 (0.00524)			0.0124 (0.0198)	
Espacio público	-0.372 (0.282)	-0.693*** (0.264)		-0.358 (0.707)	-16.43 (1,422)		
Centros de empleo	0.000556*** (0.000214)			0.000317 (0.000466)			
Usos del suelo mixto		0.422*** (0.157)			0.543 (0.464)		
Uso del suelo de centralidad mixta		0.136 (0.165)			0.158 (0.452)		
Uso del suelo patrimoniales		-1.605** (0.794)			1.279 (1.791)		
Zona de expansión		0.331 (0.421)			-17.10 (2,430)		
Otros usos del suelo		-0.112 (0.196)			0.666 (0.581)		
Ingresos más bajos	-0.419 (0.471)			0.204 (1.042)			
Ingresos bajos	0.438*** (0.153)	0.430 (0.329)		-0.00344 (0.338)	0.910 (1.122)		
Ingresos medio-bajos	0.235*** (0.0900)			-0.00241 (0.204)			
Ingresos medios	-0.148 (0.102)	0.153 (0.310)		-0.451* (0.251)	0.227 (1.090)		
Ingresos altos	-0.167 (0.131)	-0.237 (0.313)		-0.210 (0.343)	0.0573 (1.142)		
Ingresos más altos	-0.330** (0.140)			-0.205 (0.409)			
Velocidad de flujo libre - velocidad media estimada a las 3 de la madrugada	0.0242*** (0.00454)	0.0147** (0.00607)	0.00787** (0.00320)	0.0282** (0.0113)	0.0314* (0.0182)	0.0196* (0.0100)	0.0120** (0.00533)
Cámaras de velocidad		-0.0233 (0.0580)			0.238 (0.175)		
Tráfico de vehículos de 4 ruedas	-0.000170*** (5.05e-05)			-1.14e-05 (0.000106)			
Tráfico de motocicletas	0.000224*** (3.88e-05)			0.000166** (7.30e-05)			
Tráfico ligero de mercancías	0.000396 (0.000410)			0.00189** (0.000813)			
Tráfico de carga pesada	-0.00407 (0.00500)			0.0167* (0.0100)			

TABLA B-1 | Resultados de los modelos binomiales negativos para Bogotá, Cali, Buenos Aires y Bangkok (cont.)

VARIABLES	LESIONES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	LESIONES POR KM 2017-2019 CALI	LESIONES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BOGOTÁ	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2017-2019 CALI	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2015-2019 BUENOS AIRES	VÍCTIMAS MORTALES POR KM 2014-2017 BANGKOK
Tráfico vial de carga pesada			0.0572 (0.0860)			0.00240 (0.318)	
Autopista							-0.509* (0.272)
Constante	0.901** (0.429)	1.350** (0.687)	1.419*** (0.206)	-2.579** (1.065)	1.198 (2.139)	-0.824 (1.161)	-1.388* (0.806)
Observaciones (N)	415	305	696	415	305	696	353
Probabilidad-Log	-2419.47			-1208.84			
Pseudo - R2	0.3797	0.316	0.307	0.2175	0.187	0.050	0.307

Notas: Errores estándar entre paréntesis; *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Fuente: WRI

TABLA B-2 | Resultados de la tasa de incidencia (IRR) del modelo Poisson para los siniestros de motocicleta en Accra y Nairobi

	(1) SINIESTROS IRR /KM - ACCRA	(2) SINIESTROS IRR/KM - NAIROBI
Ancho de carril	1.03 (.0916)	0.8859 (0.2614)
Ancho de la calzada		1.175* (0.0915)
Separador central		0.4322 (0.237)
Separador lateral		0.3702* (0.1813)
Paradas de autobús por km		1.099 (0.2424)
Paradas de autobús por km		1.29 (0.1715)
Canal en la acera	1.127 (0.1367)	0.6137 (0.1914)
Aceras en buen estado	2.509*** (0.54)	0.8041 (0.4172)
Aceras en estado mixto	1.696* (0.3668)	1.355 (0.7634)
Aceras en estado barro	0.9684 (0.2327)	1.079 (0.5789)
Diferentes condiciones de las aceras	0.6506* (0.1359)	1.052 (0.5564)
Bordillo en el separador		1.822 (0.8895)

TABLA B-2 | Resultados de la tasa de incidencia (IRR) del modelo Poisson para los siniestros de motocicleta en Accra y Nairobi (cont.)

	(1) SINIESTROS IRR /KM - ACCRA	(2) SINIESTROS IRR/KM - NAIROBI
Bordillo en acera		1.518 (.552)
Vallas en las aceras		0.7431 (0.2553)
Vallas en el separador		1.12 (0.4142)
Manzanas por km	1.056*** (0.0086)	1.086*** (0.0222)
Uso comercial del suelo	11.49*** (3.043)	2.914 (1.834)
Uso atómico del suelo		3.2e+04 (3.4e+05)
Uso informal del suelo		0.3801 (1.09)
Uso del suelo del proyecto de viviendas	0.0229 (0.1398)	7.5e+04*** (2.3e+05)
Actividad comercial en las acerask		1.951 (0.9081)
Aparcamiento	0.8704 (0.1111)	
Velocidad de flujo libre - velocidad media estimada a las 3 AM	1.013** (0.0042)	1.058*** (0.0109)
N	231	264
pseudo R ²	0.188	0.283

Notas: Coeficientes exponenciados; errores estándar entre paréntesis; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Fuente: WRI

El índice de incidencia (IRR) es una métrica útil, ya que facilita la interpretación y el análisis de la variación de los riesgos en función de la exposición a una condición, que en este caso es una condición del entorno urbano.

Cuando el valor de la IRR es superior a 1, esto indica que el riesgo debido a la exposición (es decir, el recuento esperado de siniestros) es mayor a medida que el valor de la variable independiente aumenta en una unidad.

Discusión sobre variables clave:

- Velocidad: A medida que el valor de la velocidad de circulación libre aumenta en 1 km/h, el riesgo de observar siniestros con motocicletas sería un 1,3 por ciento mayores promedio en el caso de Accra y del 5,8 por ciento en promedio en el caso de Nairobi.

- Manzanas por km: El aumento de 1 manzana (es decir, la reducción de la longitud media de la cuadra) aumenta el riesgo de siniestros con motocicletas entre el 5,6 por ciento y el 8,6 por ciento.
- Otras variables: Variables como el uso del suelo y el estado de las aceras, que influyen en el riesgo de siniestros, pasan a ser más difíciles de interpretar sin un conocimiento previo de las condiciones del tráfico y de los comportamientos típicos en el tráfico de todos los usuarios de la vía, motociclistas y no motociclistas.

Nota

En este reporte se utiliza la palabra motociclista para referir a toda persona usuaria de motocicletas y vehículos a motor de dos ruedas como medio de transporte. Este término no pretende hacer distinciones en materia de género y abarca a personas conductoras como pasajeras por igual. La misma apreciación en materia de lenguaje inclusivo aplica a otras personas usuarias de las vías, como peatones, ciclistas y onductores, entre otros conductores, entre otros.

Abreviaturas

ABS	Sistema antibloqueo de frenos (Anti-lock braking system)
AGNU	Asamblea General de las Naciones Unidas
BIGRS	Iniciativa Bloomberg para la seguridad vial mundial (Bloomberg Philanthropies Initiative for Global Road Safety)
BRT	Sistema de transporte masivo tipo bus con carril exclusivo (Bus Rapid Transit)
CEO	Director ejecutivo (Chief Executive Officer)
IRR	Tasa de incidenciat
MRT	Sistema de transporte masivo tipo tren (Mass Rapid Transit)
ONU	Organización de Naciones Unidas
PIB	Producto interno bruto
PIBM	Países de ingresos bajos y medios
WRI	World Resources Institute

Glosario

Arterial	Vías urbanas principales o de alta capacidad que entregan o transportan tráfico desde o entre vías colectoras locales y centros urbanos.
Corredor	Un segmento de vía por el cual circulan uno o más modos de transporte.
Velocidad de diseño	Velocidad objetivo a la que se busca que circulen los conductores por una vía.
Infraestructura exclusiva motocicletas	Diseño de elementos para segregar las motocicletas del tráfico principal mediante espacios para marcados y designados en la calzada, como carriles exclusivos o cajones para motocicletas en intersecciones.
Velocidad de flujo libre	Velocidad media a la que circularía un vehículo si no hubiera atascos ni otras condiciones adversas (como mal tiempo o mala visibilidad).
Separadores laterales	Barreras que dividen calzadas -normalmente una vía de servicio y una calzada central - cuyo tráfico circula en el mismo sentido. Muchas vías arteriales se han diseñado con este tipo de separadores dividiendo las calzadas para permitir un flujo de vehículos más rápido en las calzadas centrales con vehículos más lentos o tráfico local en las calzadas de servicio.
Periurbano	Se refiere a un lugar situado en una zona inmediatamente adyacente o que rodea a una ciudad o zona urbana.
Velocidades seguras	Una velocidad segura es la velocidad que para un contexto vial determinado maximiza la capacidad de supervivencia en caso de un siniestro, permite al conductor reaccionar ante los eventos o peligros que se pueden anticipar en la vía y de esa forma detenerse o maniobrar con seguridad bajo las condiciones de tráfico existentes.
Distancia de visibilidad	Longitud de calzada por delante de un vehículo que un conductor es capaz de ver con claridad. Es importante que los conductores que circulan por una vía vean lo suficientemente lejos como para reconocer un objeto en la trayectoria, posibles conflictos en cruces, la presencia de dispositivos de control del tráfico, de tráfico en sentido contrario o de usuarios vulnerables y reaccionar adecuadamente y a tiempo para evitar un siniestro.

Referencias

- Adriazola-Steil, C., H. Ohlund, S. El-Samra, F. Targa, and G. Zayas. 2021a. "Investing for Momentum in Active Mobility." *Transport Decarbonization Investment Discussion Paper*. Washington DC: World Bank Group. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/c6de7aa3e8b4b081029f639767c1486c-0190062021/original/TDI-paper-Investing-for-Momentum-in-Active-Mobility-October-2021.pdf>.
- Afukaar, F., J. Damsere-Derry, K. Peters, and P. Starkey. 2019. "Rural Transport Services Indicators: Using a New Mixed-Methods Methodology to Inform Policy in Ghana." *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 3 (December): 100074. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100074>.
- Ahmed, T., L.F. Chowdhury, M.G. Sobhani, A.S.M. Islam, S. Al Shafian, y M. Majumder. 2023. "Enhancing Urban Mobility: Exploring the Potential of Exclusive Motorcycle Lane Using VISSIM." *Journal of Transportation Technologies* 13 (4): 644–56. <https://doi.org/10.4236/jtts.2023.134029>.
- Angrist, J.D. 2022. "Empirical Strategies in Economics: Illuminating the Path from Cause to Effect." *Econometrica* 90 (6): 2509–39. <https://doi.org/10.3982/ECTA20640>.
- Bezabeh, G.B., N.I. Mohammed, A. Tripodi, y G. Schermers. 2022. *Motorcycle Safety in Africa*. Abiyán, Costa de Marfil: African Development Bank. <https://www.afdb.org/en/documents/motorcycle-safety-africa>.
- Bocarejo Suescun, J.P. 2012. "Determinación del Factor de Equivalencia de Motocicletas en Flujo." Bogotá: Universidad de los Andes.
- Chandran, A., T.R. Vieira Sousa, Y. Guo, D. Bishai, F. Pechansky, y Vida No Transito Evaluation Team. 2012. "Road Traffic Deaths in Brazil: Rising Trends in Pedestrian and Motorcycle Occupant Deaths." *Traffic Injury Prevention* 13 (Suppl. 1): 11–16. <https://doi.org/10.1080/15389588.2011.633289>.
- Christie, N., y H. Ward. 2023. "Delivering Hot Food on Motorcycles: A Mixed Method Study of the Impact of Business Model on Rider Behaviour and Safety." *Safety Science* 158 (February): 105991. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105991>.
- Chu, M.C., K. Sano y S. Matsumoto. 2006. "Deceleration Models of Motorcycles at Signalized Intersections." Paper prepared for the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 22–26. <https://trid.trb.org/view/777189>.
- Chu, M.C., K. Sano y S. Matsumoto. 2012. "Maneuvers of Motorcycles in Queues at Signalized Intersections." *Journal of Advanced Transportation* 46 (1): 39–53. <https://doi.org/10.4186/ej.2016.20.3.113>.
- Clabaux, N., J.-Y. Fournier, y J.-E. Michel. 2017. "Powered Two Wheeler Riders' Risk of Crashes Associated with Filtering on Urban Roads." *Traffic Injury Prevention* 18 (2): 182–87. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1225298>.
- Concejo de Santiago de Cali. 2014. *Acuerdo 0373 de 2014 por medio del cual se adopta la revisión ordinaria de contenido de largo plazo del Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Santiago de Cali*. Cali, Colombia: Concejo de Santiago de Cali. <https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/52108/documento-plan-de-ordenamiento-territorial/genPagdoc4548=9&genPagdoc4546=3>.
- Ding, C., M. Rizzi, J. Strandroth, U. Sander y N. Lubbe. 2019. "Motorcyclist Injury Risk as a Function of Real-Life Crash Speed and Other Contributing Factors." *Accident Analysis and Prevention* 123 (February): 371–86. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.12.010>.
- Doctor, M., y C. Ngo. 2022. "Making Our Roads Safer through a Safe System Approach." *Public Roads* 85 (4): 3–7. https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/2021-12/PR-WIN22_Book_full_508_revised2.pdf.
- DOT (Departamento de Transporte de Estados Unidos). 2007. *Desktop Reference for Crash Reduction Factors*. Report FHWA-SA-07-015, Washington, DC: DOT, Federal Highway Administration. [https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/ref_mats/fhwas1304/resources/CRF por ciento20Desk-top por ciento20Reference.pdf](https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/ref_mats/fhwas1304/resources/CRF%20por%20ciento20Desk-top%20Reference.pdf).
- Duduta, N., C. Adriazola-Steil, C. Wass, D. Hidalgo, L.A. Lindau, y V.S. John. 2014. *Traffic Safety on Bus-Priority Systems*. Washington, DC: EMBARQ, World Resources Institute. <https://www.wri.org/research/traffic-safety-bus-priority-systems>.
- Dumbaugh, E., y R. Rae. 2009. "Safe Urban Form: Revisando la relación entre el diseño comunitario y la seguridad vial." *Journal of the American Planning Association* 75 (3): 309–29. <https://doi.org/10.1080/01944360902950349>.
- Elvik, R. 2005. "Speed and Road Safety: Synthesis of Evidence from Evaluation Studies." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1908 (1): 59–69. <https://doi.org/10.1177/17225298>.
- Elvik, R. 2009. "Benefits and Fairness: Are the High Risks Faced by Motorcyclists Fair?" In *Les deux-roues motorisés: Nouvelles connaissances et besoin de recherches*, edited by P. Van Eslande, 17–26. Bron, Francia: Instituto Nacional de Investigación sobre Transporte y Seguridad.
- Elvik, R. 2024. "Factores de riesgo como causas de accidentes: Criterio de causalidad, estructura lógica de la relación con los accidentes y exhaustividad de las explicaciones." *Análisis y prevención de accidentes* 197 (marzo): 107469. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107469>.
- Elvik, R., A. Høy, T. Vaa y M. Sørensen. 2009. *Manual de medidas de seguridad vial*. Segunda edición. Leeds: Emerald. <https://doi.org/10.1108/9781848552517>.

- Esmaeli, S., K. Aghabayk, y L. Bates. 2022. "Voluntad e intención de saltarse un semáforo en rojo entre motoristas". *Revista de Investigación en Seguridad* 83 (diciembre): 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.08.005>.
- Gestión de la seguridad del tráfico. 2014. *Carriles exclusivos para motocicletas: Resultados de la experiencia de implantación para la seguridad viaria en São Paulo*. Departamento de Proyectos de Seguridad, Gestión de Seguridad Vial.
- Gould, M., D.R. Poulter, S. Helman y J.P. Wann. 2012. "Errores al Juzgar la Velocidad de Aproximación de Motocicletas en Condiciones Nocturnas y el Efecto de una Configuración de Alumbrado Mejorada". *Análisis y prevención de accidentes* 45: 432–37. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.08.012>.
- Herwangi, Y., P. Pradono, I. Syabri e I. Kustiwan. 2015. "Estableciendo la conexión entre las desventajas del transporte y el uso de motocicletas por parte de personas con bajos ingresos en el área urbanizada de Yogyakarta, Indonesia". *Revista de la Sociedad de Asia Oriental para Estudios de Transporte* 11: 90–109. https://www.jstage.jst.go.jp/article/easts/11/0/11_90/_pdf/-char/en.
- Hidayati, I., W.G. Zhen, W.Y. Tan, y C. Yamu. 2020. "Cómo las diferencias de género y las percepciones de seguridad configuran la movilidad urbana en el sudeste asiático". *Investigación sobre el transporte Parte F: Psicología del tráfico y comportamiento* 73 (agosto): 155–73. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.06.014>.
- ITF (Foro Internacional del Transporte). 2015. *Mejorar la seguridad de los conductores de motocicletas, scooters y ciclomotores*. París: ITF, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. <https://doi.org/10.1787/9789282107942-en>.
- Jantosut, P., W. Satiennam, T. Satiennam y S. Jaensirisak. 2021. "Factores asociados a las características de la conducta de saltarse semáforos en rojo de los motoristas". *Investigación del IATSS* 45 (2): 251–57. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.10.003>.
- Jiménez, A., J.P. Bocarejo, R. Zarama y J. Yerpez. 2015. "Un análisis de caso para examinar los accidentes de motocicleta en Bogotá, Colombia". *Revista de Investigación en Seguridad* 52 (Febrero): 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.12.005>.
- Jiménez Flórez, A. 2015. "Metodología para el análisis detallado de accidentes de tránsito en países en desarrollo: Adaptación y aplicación al caso de los motociclistas en Bogotá". Bogotá: Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/90ea7b9e-a457-483c-a436-1300fa4f3aba>.
- Kerins, P., E. Nilson, E. Mackres, T. Rashid, B. Guzder-Williams, y S. Brumby. 2020. "Caracterización espacial del uso del suelo urbano mediante aprendizaje automático". Nota técnica. Washington, DC: Instituto de Recursos Mundiales. <https://files.wri.org/d8/s3fs-public/spatial-characterization-urban-land-use-machine-learning.pdf>.
- López Valderrama, S., M. Santana Palacios, V. Perdomo Botello, D. Pérez Barbosa, J. Vega Arrieta, J. Kisner, y C. Adriaola-Steil. 2023. "Gestión de la velocidad, salud pública y conductas de riesgo: Examinando los efectos secundarios de las cámaras automatizadas de control de velocidad en los accidentes de tránsito en Bogotá, Colombia". *Registro de Investigación del Transporte: Revista de la Junta de Investigación del Transporte* 2678 (3): 590–600. <https://doi.org/10.1177/03611981231182419>.
- Muttart, J.W., L.R. Peck, S. Guderian, W. Bartlett, L.P. Ton, C. Kauderer, D.L. Fisher, y J.E. Manning. 2011. "Comportamiento de Mirada y Parada de Motociclistas y Conductores de Automóviles en Intersecciones". *Registro de investigación de transporte: Revista de la Junta de Investigación del Transporte* 2265 (1): 81–88. <https://doi.org/10.3141/2265-09>.
- NCSA (Centro Nacional de Estadísticas y Análisis). 2021. *Motocicletas: 2019 Data*. Informe de datos de seguridad vial DOT HS 813112. Washington, DC: NCSA, Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Vías. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/View-Publication/813112>.
- Ng, W.-S., y A. Acker. 2018. "Comprender el comportamiento de los viajes urbanos según el género para políticas de transporte eficientes y equitativas". Documento de debate 2018-01. París: Foro internacional del transporte. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/urban-travel-comportamiento-genero.pdf>.
- Ngoc, A.M., M.C. Chu, T.N. Nguyen, H. Nishiuchi y N. Huynh. 2023. "Influencia del índice de desarrollo humano, el crecimiento de las motocicletas y la intervención política en las muertes por accidente de tráfico: Un estudio de caso sobre Vietnam". *Jornal Internacional de Ciencia y Tecnología del Transporte* 12 (4): 925–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.09.004>.
- Nishitaten, S., y P.J. Burke. 2014. "La curva de Kuznets de la motocicleta". *Revista de Geografía del Transporte* 36 (abril): 116–23. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.03.008>.
- Oteng-Ababio, M., y E. Agyemang. 2015. "La Okada Guerra en la Ghana urbana: ¿Una cuestión polémica o un desajuste político?" *African Studies Quarterly* 15 (4). <https://asq.africa.ufl.edu/wp-content/uploads/sites/168/Volume-15-Issue-4-MARTIN-OTENG-ABABIO.pdf>.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2018. "Uso de la motocicleta en América: Medidas para mejorar la seguridad de los conductores de motocicletas". Washington, DC: OPS.
- Pai, M., G. Gadgil, A. Mahendra y S. Vernekar. 2014. "Vehículos motorizados de dos ruedas en las ciudades indias: Un estudio de caso de la ciudad de Pune, India". Documento de trabajo. Mumbai: EMBARQ India. [https://www.wri-tiesindia.org/sites/default/files/Motorized por ciento20Two-Wheelers por ciento20 in por ciento20Indian por ciento20Cities por ciento20A por ciento20Case por ciento20Study.pdf](https://www.wri-tiesindia.org/sites/default/files/Motorized%20Two-Wheelers%20in%20Indian%20Cities%20A%20Case%20Study.pdf).
- Peña Cabra, A. 2014. "Determinación del factor de equivalencia de motocicletas en flujo ininterrumpido en vías con pendiente de 0% de tres carriles en Colombia". Tesis de maestría, Universidad de los Andes.

Pérez, K., y E. Santamariña-Rubio. 2019. "¿Mejoran la seguridad vial las líneas de detención avanzadas para motocicletas?" *Revista de Transporte y Salud* 15 (diciembre): 100657. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100657>.

Prefeitura Municipal de São Paulo. 2019. *Vida Segura: Plan de Seguridad Vial del Municipio de São Paulo*. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo. https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/plano_de_segurana_viaria_pmsp_2019_web_1558984227.pdf.

Quistberg, A.D., P. Hessel, D.A. Rodríguez, O.L. Sarmiento, U. Bilal, W. Teixeira Caiáffa, J.J. Miranda, M. de Fatima de Pina, A. Hernández-Vásquez, y A.V. Diez Roux. 2022. "Factores del paisaje urbano y del diseño de las calles asociados a la mortalidad por accidentes de tránsito en América Latina entre 2010 y 2016 (SALURBAL): Un estudio ecologico". <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542519621003235>.

Radin Sohadi, R.U., M. Mackay y B. Hills. 2000. "Análisis multivariante de los accidentes de motocicleta y los efectos de los carriles exclusivos para motocicletas en Malasia". *Revista de prevención de accidentes y control de lesiones* 2 (1): 11–17. <https://doi.org/10.1080/10286580008902549>.

Rodríguez, D., M. Santana y C. Pardo. 2015. *La motocicleta en América Latina: Caracterización de su uso e impactos en la movilidad en cinco ciudades de la región*. Bogotá: Corporación Andina de Fomento. [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/754/CAF por ciento20LIBRO por ciento20motos por ciento20digital.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/754/CAF%20por%20LIBRO%20por%20motos%20por%20digital.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Roehler, D.R., C. Ear, E.M. Parker, P. Sem, y M.F. Ballesteros. 2015. "Accidentes mortales de motocicleta: Un creciente problema de salud pública en Camboya". *Jornal internacional de control de lesiones y promoción de la seguridad* 22 (2): 165–71. <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.876050>.

Saini, H.K., S.S. Chouhan, y A. Kathuria. 2022. "Carriles exclusivos para motocicletas: Una revisión sistemática". *Investigación del IATSS* 46 (3): 411–26. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.05.004>.

Satiennam, W., T. Satiennam, T. Triyabutra y W. Rujopakarn. 2018. "Red Light Running by Young Motorcyclists: Factors and Beliefs Influencing Intentions and Behavior." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 55 (May): 234–45. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.007>.

SCSP (Secretaria Municipal de Conservação e Serviços e Públicos). 2020. *Avaliação do desempenho da segurança viária da faixa de retenção para motocicletas*. Report. Fortaleza, Brasil: Prefeitura de Fortaleza.

Secretaría de Movilidad. 2022. *Anuario de siniestralidad vial de Bogotá 2021*. Bogotá: Secretaría de Movilidad.

Sperley, M., y A.J. Pietz. 2010. *Motorcycle Lane-Sharing: Literature Review*. Salem: Oregon Department of Transportation. https://www.oregon.gov/odot/Programs/ResearchDocuments/Motorcycle_Lane_Sharing.pdf.

Turner, B.M., E.M. Eichinger-Vill, S. El-Samra, C. Adiazola-Steil, y F.A. Burlacu. 2024. *Guide for Safe Speeds: Managing Traffic Speeds to Save Lives and Improve Livability*. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099032224020526401/pdf/P175107129f9b401c19e-411b9abd824cfd7.pdf>.

UNGA (United Nations General Assembly). 2020. *Resolución 74/299*. Improving Global Road Safety. New York: UNGA. <https://undocs.org/en/A/RES/74/299>.

Vergel-Tovar, C.E., S. López, N. Lleras, D. Hidalgo, M. Rincón, S. Velásquez y J. Vega. 2020. "Examining the Relationship between Road Safety Outcomes and the Built Environment in Bogotá, Colombia." *Journal of Road Safety* 31 (3): 33–47. <https://journalofroadsafety.org/api/v1/articles/32224-examining-the-relationship-between-road-safety-outcomes-and-the-built-environment-in-Bogotá-colombia.pdf>.

Villaveces, A., A. Sanhueza, C.F.H. Roldán, J.A. Escamilla-Cejudo, y E.M.S. Rodrigues. 2021. "Transport Modes and Road Traffic Mortality in the Americas: Deaths among Pedestrian and Motor-cycle Users through the Lifespan." *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* 28 (1): 103–12. <https://doi.org/10.1080/17457300.2020.1858112>.

Wegman, F., y P. Schepers. 2024. "Safe System Approach for Cyclists in the Netherlands: Towards Zero Fatalities and Serious Injuries?" *Accident Analysis & Prevention* 195 (February): 107396. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107396>.

Welle, B., Q. Liu, W. Li, C. Adiazola-Steil, R. King, C. Sarmiento y M. Obelheiro. 2015. *Cities Safer by Design: Guidance and Examples to Promote Traffic Safety through Urban and Street Design*. Washington, DC: World Resources Institute. https://files.wri.org/d8/s3fs-public/CitiesSaferByDesign_final.pdf.

Welle, B., A.B. Sharpin, C. Adiazola-Steil, S. Job, M. Shotten, D. Bose, A. Bhatt, S. Alveano, M. Obelheiro y T. Imamoglu. 2018. *Sustainable and Safe: A Vision and Guidance for Zero Road Deaths*. Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.wri.org/research/sustainable-and-safe-vision-and-guidance-zero-road-deaths>.

WHO (World Health Organization). 2004. *World Report on Road Traffic Injury Prevention*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-road-traffic-injury-prevention>.

WHO. 2014. *Motorcycle-Related Injuries in Children in the South-East Asia Region*. Report SEA-Injury-19. New Delhi: WHO, Regional Office for South-East Asia. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205540/B5141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

WHO. 2018. *Global Status Report on Road Safety 2018*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>.

WHO. 2023. *Global Status Report on Road Safety 2023*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>.

World Bank. 2017. *The High Toll of Traffic Injuries: Unacceptable and Preventable*. Washington, DC: World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/29129>.

Acerca de WRI

WRI trabaja para mejorar la vida de las personas, proteger y restaurar la naturaleza y estabilizar el clima. Como organización de investigación independiente, aprovechamos nuestros datos, experiencia y alcance mundial para influir en las políticas y catalizar el cambio en sistemas como la alimentación, la tierra y el agua, la energía y las ciudades. Nuestros más de 2.000 empleados trabajan sobre el terreno en más de una docena de países objetivo y con socios en más de 50 naciones.

Acerca del Centro Ross para Ciudades Sostenibles del WRI

El Centro Ross para Ciudades Sostenibles del WRI trabaja para hacer realidad la sostenibilidad urbana. La investigación mundial y la experiencia sobre el terreno en Brasil, China, Colombia, India, México, Turquía y Estados Unidos se combinan para impulsar acciones que mejoran la vida de millones de personas.

Basado en una larga experiencia mundial y local en planificación urbana y movilidad, el WRI Ciudades Sostenibles utiliza soluciones probadas y herramientas orientadas a la acción para aumentar la eficiencia de los edificios y la energía, gestionar el riesgo hídrico, fomentar una gobernanza eficaz y hacer que el entorno urbano en rápido crecimiento sea más resistente a los nuevos retos.

Con el objetivo de influir en 200 ciudades con investigaciones y herramientas únicas, Ciudades Sostenibles del WRI se centra en un profundo enfoque intersectorial en cuatro megaciudades de dos continentes, y en la asistencia específica a otras 30 zonas urbanas, aportando beneficios económicos, medioambientales y sociales a los habitantes de ciudades de todo el mundo.

Web: [Blog de WRIcities.org](http://Blog.de.WRIcities.org); TheCityFix.com

Twitter: [Twitter.com/WRIcities](https://twitter.com/WRIcities)

Créditos de las fotos

Portada, Fikri Rasyid; Pág. ii, Aldrin Rachman Pradana; Pág. 2, Sebastian Herrmann; Pág. 4, Jack Hunter; Pág. 7, Segundo López; Pág. 8, Vineet John; Pág. 11, David Pérez Barbosa; Pág. 12, Vitalijs Basilo; Pág. 18, Vineet John; Pág. 20, David Pérez Barbosa; Pág. 24, Markus Winkler; Pág. 32, Silver Blu3; Pág. 34, Carlos F. Pardo; Pág. 42, Dione Film; Pg. 44, Tran Phu; Pg. 46, Dottie Day; Pág. 50, David Pérez Barbosa; Pág. 52, Nam Park Ho; Pág. 59 David Pérez Barbosa; Pág. 60 Edgar Zuñiga; Pág. 62 Tron Le.; Pág. 65 Segundo López; Pág. 66 Segundo López; Pág. 68 Bornil Amin.

Cada informe de WRI representa un tratamiento oportuno y académico de un tema de interés público. WRI asume la responsabilidad de elegir los temas de estudio y garantizar a sus autores e investigadores la libertad de investigación. También solicita y responde a las orientaciones de grupos consultivos y revisores expertos. Sin embargo, a menos que se indique lo contrario, todas las interpretaciones y conclusiones expuestas en las publicaciones del WRI son de los autores.

Los mapas tienen fines ilustrativos y no implican la expresión de ninguna opinión por parte de WRI sobre la situación jurídica de ningún país o territorio ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites.



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

Calle 81 No. 11-08, Piso 5
Bogotá, Colombia
WRI.org