



Artículo

Modelo de Negocio Digital para la Formalización y Gestión Inteligente del Moto trabajo mediante Inteligencia Artificial en Cartagena

Digital Business Model for the Formalization and Intelligent Management of Motorcycle Work through Artificial Intelligence in Cartagena

Boris J. Batista Gómez Casseres

Universidad de San Buenaventura, Cartagena

Oscar Recuero Hernandez

Universidad de San Buenaventura, Cartagena

Yesid Lidueñas Batistas

Universidad Uicolombo, Cartagena

Correspondencia:

Boris.batista@usbctg.edu.co



Citación: Gómez Casseres B., Recuero O, Lidueñas Y.. Modelo de Negocio Digital para la Formalización y Gestión Inteligente del Mototrabajo mediante Inteligencia Artificial en Cartagena. *DERROTERO* 2026, 20 N°1, 1-14. <https://doi.org/>

Recibido: 30/06/2025

Revisado: 16/12/2025

Aceptado: 25/03/2026



Derechos de autor: © 2025 por autores.

Licenciado por Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", COL.

Este artículo es de libre acceso distribuido en las términos y condiciones de *Creative Commons Attribution* (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Resumen: El objetivo del estudio es evaluar la viabilidad de implementar una plataforma de gobernanza digital basada en inteligencia artificial y analítica de datos, orientada a la gestión proactiva de la seguridad vial de los mototrabajadores en la Localidad 3 de Cartagena. Metodológicamente, se adopta un enfoque mixto que integra análisis cuantitativo de datos de siniestralidad y georreferenciación con técnicas cualitativas participativas. Asimismo, se diseña una arquitectura tecnológica basada en visión por computador, aprendizaje automático, sistemas de datos masivos y registros seguros. Los resultados evidencian que el modelo propuesto permite identificar patrones de riesgo, anticipar siniestros y mejorar la toma de decisiones en tiempo real, además de fortalecer la articulación entre actores institucionales y usuarios. Se concluye que la viabilidad del modelo depende no solo de la madurez tecnológica, sino de la confianza, la participación y la articulación institucional, posicionándolo como una estrategia integral para mejorar la seguridad vial en contextos urbanos complejos.

Palabras clave: Seguridad vial, Gobernanza, Inteligencia artificial, Análisis de datos, Transporte urbano.

Abstract: The objective of the study is to assess the feasibility of implementing a digital governance platform based on artificial intelligence and data analytics, aimed at the proactive management of road safety for motorcycle workers in Locality 3 of Cartagena. Methodologically, a mixed-methods approach is adopted, integrating quantitative analysis of accident data and georeferencing with participatory qualitative techniques. Likewise, a technological architecture is designed based on computer vision, machine learning, big data systems, and secure records. The results show that the proposed model makes it possible to identify risk patterns, anticipate accidents, and improve real-time decision-making, in addition to strengthening coordination among institutional actors and users. It is concluded that the feasibility of the model depends not only on technological maturity, but also on trust, participation, and institutional coordination, positioning it as a comprehensive strategy to improve road safety in complex urban contexts.

Keywords: Road safety, Governance, Artificial intelligence, Data analysis, Urban transport.

1. Introducción

Cartagena de Indias, principal destino turístico de Colombia y una ciudad caracterizada por profundas desigualdades socioeconómicas, enfrenta una crisis silenciosa en su sistema vial. En este contexto, el mototrabajo —entendido como el uso de la motocicleta como herramienta laboral en actividades de mensajería, domicilios y transporte informal de pasajeros— se ha consolidado como un fenómeno estructural, particularmente en la Localidad 3 (Industrial y de la Bahía) (Batista Gómez Casseres, Lidueñas Bastidas, & Mejía Dager, 2025). Esta zona, que integra importantes sectores residenciales y comerciales como Olaya Herrera, El Pozón y San Fernando, concentra una alta densidad poblacional y presenta una oferta de transporte público insuficiente, lo que ha llevado a que miles de hogares dependan económicamente de esta actividad.

No obstante, esta alternativa de movilidad se ha transformado progresivamente en un problema de salud pública. De acuerdo con el Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte (DATT), durante el primer trimestre de 2025 se registraron 323 accidentes de tránsito, con participación de motocicletas en el 85 % de los casos (DATT, 2025). Esta cifra supera el promedio histórico de la ciudad, situado alrededor del 80 %, lo que evidencia una tendencia creciente y preocupante.

La problemática responde a una configuración multifactorial. Por un lado, la infraestructura vial resulta limitada y presenta puntos críticos de alta accidentabilidad, identificados tanto por las autoridades como por las comunidades locales, en corredores como la Avenida Crisanto Luque, el sector de La Bomba del Amparo y El Bosque (Alcaldía Mayor de Cartagena, 2024). Por otro lado, persiste una cultura de riesgo asociada al incumplimiento sistemático de las normas de tránsito. Entre enero y mayo de 2025 se impusieron 10.983 comparendos, de los cuales 7.103 correspondieron a motociclistas (DATT, 2025). Infracciones recurrentes incluyen la no utilización de casco certificado, con tasas de incumplimiento estimadas en 97,2 % según estudios nacionales (ANSV, 2024), el exceso de velocidad y la ejecución de maniobras peligrosas en intersecciones.

Esta situación se ve agravada por altos niveles de informalidad laboral. La ausencia de registros oficiales y de vínculos contractuales formales excluye a muchos mototrabajadores de programas de capacitación y sensibilización, perpetuando así un ciclo de vulnerabilidad, riesgo e invisibilidad institucional.

En este contexto, la investigación aplicada que se presenta parte de una hipótesis central: la brecha entre la normativa vial vigente y el comportamiento cultural de los conductores no puede cerrarse exclusivamente mediante estrategias punitivas. Se propone, en cambio, un enfoque basado en la gobernanza digital, entendida como una configuración sociotécnica que integra tecnologías de la información para regular, incentivar y facilitar el cumplimiento de políticas públicas (Larsson et al., 2024). En este marco, herramientas como la inteligencia artificial y el Big Data dejan de ser fines en sí mismos para convertirse en medios que permiten una gestión proactiva de la seguridad vial. A diferencia del enfoque tradicional, centrado en la respuesta posterior al siniestro, estos sistemas posibilitan la prevención mediante el análisis de patrones de riesgo, la predicción de puntos críticos de accidentalidad y la provisión de retroalimentación en tiempo real al conductor.

En consecuencia, el presente artículo tiene como objetivo evaluar la viabilidad de diseñar e implementar una plataforma tecnológica que, apoyada en algoritmos de aprendizaje automático, visión por computador y tecnología blockchain para el registro seguro de conductores, facilite la transición de un modelo reactivo a uno proactivo en la gestión de la seguridad vial de los mototrabajadores en la Localidad 3 de Cartagena. Asimismo, se busca establecer no solo la viabilidad técnica de esta propuesta, sino también las condiciones operativas, sociales y éticas necesarias para su implementación exitosa y sostenible, en coherencia con los objetivos del Plan de Desarrollo Distrital 2024–2027 en materia de armonía vial y protección de la vida.

2. Materiales y Métodos

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque metodológico mixto, en concordancia con los planteamientos de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), integrando técnicas cuantitativas y cualitativas con el propósito de analizar la siniestralidad asociada a moto trabajadores y evaluar la factibilidad de un modelo de gobernanza digital basado en inteligencia artificial en el contexto de Cartagena.

El diseño de investigación es de tipo no experimental, con alcance descriptivo-explicativo y un componente proyectivo. En este sentido, el estudio no solo caracteriza el fenómeno de la seguridad vial, sino que también incorpora la formulación y evaluación de una propuesta tecnológica fundamentada en los hallazgos empíricos.

La investigación se estructura en tres fases secuenciales e interdependientes:

Fase 1. Diagnóstico de la siniestralidad y comportamientos de riesgo.

Se realiza un análisis cuantitativo a partir de datos secundarios provenientes de fuentes oficiales, incluyendo registros de accidentes de tránsito y actas de comparendos correspondientes al período 2024–2025 en la Localidad 3 de Cartagena. Las variables analizadas incluyen geolocalización, tipología de la infracción, características del siniestro, condiciones temporales y perfil del conductor.

De manera complementaria, se incorporan insumos cualitativos derivados de reportes ciudadanos y actas de espacios participativos del Plan Local de Seguridad Vial, con el fin de integrar la percepción comunitaria sobre zonas críticas de riesgo. El análisis de la información combina estadística descriptiva y análisis geoespacial mediante sistemas de información geográfica. Se aplican técnicas de análisis clúster para la identificación de puntos críticos (hotspots) y la elaboración de mapas de calor, permitiendo establecer patrones espaciales de la siniestralidad y construir una línea base del fenómeno.

Fase 2. Formulación del modelo de gobernanza digital.

A partir de los resultados del diagnóstico y de una revisión de literatura especializada, se desarrolla una propuesta de modelo tecnológico orientado a la gestión de la seguridad vial. Esta fase tiene carácter proyectivo y se fundamenta en el análisis de referentes en Internet de las Cosas, analítica de datos e inteligencia artificial aplicados a contextos urbanos.

Como resultado, se define una arquitectura conceptual de plataforma digital (MotoSafe), estructurada en capas de captura de datos, procesamiento analítico e interacción institucional. La formulación del modelo se plantea a nivel de diseño conceptual, sin implementación empírica, y se orienta a su evaluación en términos de factibilidad.

Fase 3. Evaluación de factibilidad e impacto potencial.

La evaluación del modelo propuesto se realiza mediante un enfoque mixto. En el componente cuantitativo, se emplea simulación de Monte Carlo para estimar escenarios probabilísticos de reducción de siniestralidad, utilizando como base los datos obtenidos en la fase diagnóstica.

En el componente cualitativo, se aplica la técnica DOFA a través de talleres participativos con actores clave, incluyendo moto trabajadores, autoridades de tránsito, sector académico y actores institucionales. Este análisis permite identificar barreras y oportunidades para la implementación del modelo en dimensiones técnicas, sociales, económicas y normativas.

Consideraciones éticas.

El estudio se rige por principios de protección de datos personales, conforme a la normativa vigente, y adopta criterios de uso responsable de la inteligencia artificial, incluyendo consideraciones de transparencia, seguridad de la información y mitigación de sesgos algorítmicos.

3. Resultados

3.1 De la gestión reactiva a la proactiva en Inteligencia Artificial

El análisis de la literatura y de los referentes internacionales evidencia que la gestión de la seguridad vial ha experimentado un cambio significativo desde enfoques tradicionales reactivos hacia modelos proactivos y predictivos apoyados en inteligencia artificial (IA). Históricamente, las estrategias se centraban en la revisión de estadísticas de siniestros para implementar medidas correctivas en los puntos de mayor accidentalidad. Sin embargo, la transformación digital ha permitido la adopción de enfoques que anticipan los eventos de riesgo mediante el análisis de patrones espaciales y temporales asociados a la siniestralidad, tal como lo destaca la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2023).

La IA, particularmente a través de técnicas de aprendizaje automático y visión por computador, posibilita el procesamiento de grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, cámaras y sistemas de información vial, generando información útil para la toma de decisiones en tiempo real. Estudios recientes han mostrado que arquitecturas basadas en modelos de detección de objetos, como YOLO (You Only Look Once), son efectivas para identificar comportamientos de riesgo en entornos urbanos, incluyendo la conducción sin casco y el cruce indebido de semáforos, con altos niveles de concordancia respecto a la observación manual (Redmon & Farhadi, 2018; Bochkovskiy et al., 2020). No obstante, estos sistemas presentan limitaciones en condiciones de alta densidad de tráfico o escenarios complejos, lo que indica la necesidad de optimizar continuamente los modelos y los conjuntos de datos de entrenamiento. A pesar de estas restricciones, la capacidad de procesamiento en tiempo real y la generación de alertas inmediatas consolidan su relevancia para ciudades con interacciones viales intensas, como Cartagena.

Además de la detección de infracciones, la IA facilita el análisis de eventos de “casi accidente” (near-miss), los cuales constituyen indicadores críticos para la prevención de siniestros. La identificación de frenadas bruscas, invasiones de carril y conflictos con peatones permite anticipar fallas en el sistema vial antes de que se materialicen en accidentes, transformando grandes volúmenes de datos en inteligencia accionable (Hyden, 1987; Zheng et al., 2021). Esta aproximación habilita la optimización de intersecciones, la mejora de ciclos semafóricos y la focalización de campañas educativas orientadas a la prevención de accidentes.

Experiencias internacionales respaldan la eficacia de estos enfoques. El sistema Surtrac, en Pittsburgh, evidenció reducciones significativas en los tiempos de viaje y espera mediante un control adaptativo de tráfico basado en IA (Smith et al., 2013). De manera similar, el sistema de gestión inteligente en Hangzhou logró mejorar la eficiencia en la respuesta a emergencias, reduciendo de manera sustancial los tiempos de llegada de ambulancias (Zheng et al., 2018). Estos casos demuestran que la IA no solo optimiza la movilidad urbana, sino que contribuye directamente a la reducción de la siniestralidad mediante modelos preventivos y predictivos.

En síntesis, los hallazgos documentados consolidan la transición hacia un modelo proactivo de gestión de la seguridad vial, donde la inteligencia artificial se configura como un instrumento estratégico para anticipar riesgos, optimizar la movilidad y disminuir la accidentalidad en entornos urbanos complejos.

3.2 Gobernanza Digital para la Movilidad Informal

El análisis de la literatura y de las experiencias locales evidencia que la gobernanza digital trasciende la simple digitalización de trámites administrativos, configurándose como un enfoque sociotécnico complejo que articula la interacción entre Estado, sector privado y sociedad civil para la regulación, implementación y uso de tecnologías orientadas al ejercicio de la autoridad pública y la co-creación de valor público. Estudios recientes indexados en Scopus (2024–2025) coinciden en concebir la gobernanza digital como un marco que redefine las relaciones entre tecnología, instituciones y ciudadanía, promoviendo modelos de toma de decisiones basados en datos y participación multiactor. En este sentido, Larsson et al. (2024) subrayan la importancia de marcos éticos y normativos sólidos en la implementación de inteligencia artificial en ciudades inteligentes, que garanticen la protección de derechos fundamentales y mitiguen la reproducción de sesgos algorítmicos capaces de profundizar desigualdades estructurales.

En contextos de países en desarrollo, la gobernanza digital aplicada a la movilidad urbana adquiere particular relevancia debido a la coexistencia de sistemas formales e informales de transporte. El transporte informal, aunque frecuentemente opera al margen de la regulación, cumple una función crítica al satisfacer las necesidades de movilidad de amplios sectores de la población. Por ello, los enfoques de gobernanza digital no deben limitarse a funciones de control y vigilancia, sino que deben orientarse hacia la inclusión, reconocimiento y formalización de estos actores en sistemas de información integrados y confiables, que faciliten la planificación y la toma de decisiones basada en evidencia.

Un caso ilustrativo de esta transición se encuentra en la formulación del Plan Local de Seguridad Vial de Cartagena (2024), que incorporó mecanismos de participación ciudadana incluyendo mototrabajadores, juntas de acción comunal y la academia como actores estratégicos en la identificación de problemáticas y construcción de soluciones (Alcaldía Mayor de Cartagena, 2024). Este tipo de iniciativas representa un avance hacia modelos de gobernanza participativa, en los que los saberes locales y la experiencia de las comunidades se convierten en insumos estratégicos para la gestión pública, fortaleciendo la legitimidad y eficacia de las intervenciones.

En este marco, el diseño de plataformas digitales orientadas a la seguridad vial debe integrarse con espacios participativos, incorporando el conocimiento territorial y promoviendo la co-creación de soluciones tecnológicas. La efectividad de estos sistemas depende además de la implementación de incentivos que estimulen la adopción voluntaria por parte de los mototrabajadores, tales como acceso preferencial a zonas de parqueo, programas de capacitación gratuita y esquemas de aseguramiento con tarifas diferenciadas basadas en el comportamiento seguro. Estas estrategias permiten alinear los intereses individuales con los objetivos colectivos de seguridad vial y bienestar social, constituyendo un componente clave para la viabilidad de un modelo de gobernanza digital inclusivo (Martínez & Pérez, 2025).

3.3 Tecnologías de Seguridad y el Contexto Colombiano

La implementación de tecnologías para la seguridad vial en Colombia enfrenta desafíos particulares, derivados de condiciones estructurales, culturales y normativas. Más allá de las limitaciones de infraestructura, el factor humano constituye un determinante crítico de la siniestralidad vial. En el caso de los motociclistas, diversos estudios y reportes institucionales evidencian bajos niveles de cumplimiento en el uso de elementos de protección certificados, incrementando significativamente la gravedad de las lesiones en caso de accidente (Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV], 2024). En este contexto, la adopción de sistemas de monitoreo basados en inteligencia artificial, soportados en conjuntos de datos especializados y modelos de visión por computador, se presenta como una alternativa viable para la identificación automatizada de conductas de riesgo. Arquitecturas basadas en YOLO han demostrado alta efectividad para detectar comportamientos como la conducción sin casco o maniobras peligrosas, contribuyendo a la generación de evidencia objetiva para la gestión del riesgo vial (Redmon & Farhadi, 2018; Bochkovskiy et al., 2020).

No obstante, la experiencia internacional indica que la efectividad de estos sistemas no depende únicamente de la sofisticación tecnológica, sino también de la calidad, interoperabilidad y granularidad de los datos utilizados. Un ejemplo destacado es el sistema Infosiga 4.0, implementado en el estado de São Paulo, que ha evolucionado hacia un modelo de analítica predictiva incorporando variables como consumo de alcohol, velocidad y geolocalización precisa de los eventos, incluyendo incidentes sin víctimas previamente no registrados en los sistemas tradicionales (Silva & Oliveira, 2025). Este enfoque resulta especialmente pertinente para Cartagena, donde se requiere transitar de registros fragmentados y reactivos hacia esquemas de información integrados que permitan una comprensión analítica y prospectiva de la siniestralidad, articulando a entidades como el Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte (DATT) y la Policía de Carreteras en un marco coordinado de gestión de datos y prevención.

La evidencia internacional también respalda la aplicación de tecnologías basadas en inteligencia artificial para la detección y disuasión de infracciones de alto riesgo. La experiencia de la Dirección General de Tráfico (DGT) en España, mediante la implementación de sistemas de videovigilancia inteligente para la detección de invasión de líneas continuas en vías rápidas, demuestra la eficacia de estas soluciones en la reducción de comportamientos peligrosos asociados a siniestros fatales (González & Rodríguez, 2024). Este tipo de aplicaciones resulta particularmente relevante en contextos urbanos complejos, donde maniobras de riesgo contribuyen significativamente a la accidentalidad.

Tabla 1. Caracterización de la Siniestralidad en Motocicletas - Localidad 3 de Cartagena

Indicador	Valor / Descripción
Incidencia de motos siniestros (2025)	85% del total de accidentes en Cartagena.
Total de comparendos a motociclistas (I trim 2025)	7.103 (64.6% del total de comparendos).
Principales infractores	Motociclistas (porcentaje muy superior a otros actores).
Factor de riesgo critico (Referente nacional)	Exceso de velocidad (causa del 41% de muertes).
Indicador	Valor / Descripción
Fator de riesgo critico (Comportamiento)	No uso de cascos certificados (estimado > 97% de incumplimiento).
Puntos críticos identificados (Participación ciudadana)	Av. Crisanto Luque, Bomba del Amparo, sector El Bosque.
Acciones de control desplegadas	10.983 comparendos totales (I trim 2025), programas educativos como "Moto destrezas" para 10.000 actores viales.

El diagnóstico realizado evidencia una alta vulnerabilidad y exposición al riesgo por parte de los motociclistas, particularmente de los mototrabajadores, dentro del sistema de movilidad de Cartagena. El elevado número de comparendos registrados no solo refleja un alto nivel de incumplimiento normativo, sino que también pone en evidencia limitaciones estructurales del enfoque punitivo tradicional para modificar conductas viales consolidadas. Este hallazgo sugiere la necesidad de transitar hacia estrategias más integrales que incorporen componentes tecnológicos, educativos y conductuales.

Imagen. Radiografía de la movilidad crítica



En este contexto, la identificación participativa de puntos críticos, desarrollada en conjunto con comunidades locales y actores del sector productivo, constituye un aporte significativo al reconocimiento del conocimiento territorial como una fuente válida y relevante para la generación de datos de alta calidad. Esta aproximación no solo fortalece la legitimidad de la información utilizada, sino que también contribuye al diseño de modelos predictivos más precisos y contextualizados, alineados con las dinámicas reales del territorio.

Asimismo, la coexistencia de campañas educativas, como “Moto Destrezas”, junto con elevados niveles de sanción, sugiere que estas iniciativas, aunque pertinentes, presentan limitaciones en términos de alcance, escalabilidad y capacidad de personalización. En este sentido, un sistema digital basado en inteligencia artificial podría complementar y potenciar estas estrategias, mediante la implementación de mecanismos de intervención contextualizada en tiempo real. Por ejemplo, la emisión de alertas personalizadas dirigidas a conductores que transitan recurrentemente por zonas de alto riesgo permitiría reforzar comportamientos seguros a través de micro-intervenciones adaptativas, contribuyendo así a una mejora sostenida en la cultura vial y en la reducción de la siniestralidad.

3.4 Resultados del Diseño del Modelo Tecnológico (Fase 2)

A partir de la revisión de la literatura especializada y del análisis de casos de éxito internacionales, se propone una arquitectura de plataforma de gobernanza digital denominada “Sistema de Gestión Proactiva para Mototrabajadores – MotoSafe”. Esta arquitectura se concibe como un sistema sociotécnico integrado orientado a la prevención de la siniestralidad y a la gestión inteligente de la movilidad, estructurado en cuatro capas interdependientes que garantizan la captura, procesamiento, análisis y utilización de la información en tiempo real.

Dicha configuración permite articular de manera coherente los componentes tecnológicos con los procesos de toma de decisiones, facilitando la implementación de estrategias proactivas basadas en datos, en consonancia con los principios de gobernanza digital y las mejores prácticas observadas en contextos internacionales de ciudades inteligentes.

Tabla 2. Arquitectura Propuesta del Sistema MotoSafe

Capa	Componentes tecnológicos	Función principal	Referentes tecnológicos
Capa de captura (IoT y sensoria)	Cámaras IP de alta resolución en puntos críticos. Sensores de telemetría embarcados en motos (voluntarios). App móvil para reporte ciudadano de incidentes y “casi accidentes”. Integración con fuentes oficiales (DATT, Policía, salud).	Recolectar datos en tiempo real sobre flujo vehicular, comportamiento del conductor (uso de casco, velocidad, maniobras), condiciones ambientales y ocurrencias de incidentes.	Un sistema de cámaras con IA de la DGT. App de registro de ocurrencias del Detran-SP.
Capa de almacenamiento y procesamiento (Big Data)	Base de datos distribuida (Data Lake) en la nube. Registro inmutable de conductores registrados, historial de infracciones y cumplimiento de incentivos en Blockchain.	Permitir almacenar de manera segura, escalable y trazable los volúmenes masivos de datos estructurados y no estructurados, asegurando la integridad del historial del mototrabajador.	Arquitecturas de Big Data para ciudades inteligentes.
Capa de analítica (IA y Machine Learning)	Modelo de visión por computador (YOLOv8) para análisis de video. Modelos predictivos de riesgo (Random Forest, LSTM) para anticipar siniestros según el clima, hora y flujo. Algoritmos de optimización para tiempos de respuesta de emergencias.	Detectar infracciones y comportamientos de riesgo (no casco, exceso velocidad) en tiempo real. Crear mapas de predicción de accidentalidad a corto plazo. Evaluar rutas ideales para ambulancias en caso de incidente.	YOLOv8 Sistema City Brain (Hangzhou) Infosiga 4.0.
Capa de interacción (Gobernanza y servicios)	Dashboard para autoridades (DATT, Policía, Planeación) con indicadores y alertas visualizados. App para mototrabajadores digitales, con alertas de riesgos, consejos personalizados y gamificación (puntos por buen comportamiento). Portal de transparencia para la ciudadanía.	Empoderar a la autoridad para la toma de decisiones basada en evidencia (donde y cuando focalizar recursos). Incentivar la formalización y la adopción de conductas seguras en los mototrabajadores mediante un esquema de beneficios y reconocimiento.	Grupo de participación ciudadana del PLSV, plataformas de servicios ciudadanos.

El diseño propuesto se fundamenta en la integración de tecnologías consolidadas en un ecosistema interoperable, orientado a garantizar tanto la robustez técnica como la viabilidad operativa del sistema. En este contexto, la selección del modelo YOLOv8 para la detección de comportamientos de riesgo se sustenta en su alto desempeño en tareas de visión por computador, particularmente en entornos urbanos complejos. La literatura reciente evidencia que este tipo de modelos mantiene un rendimiento elevado incluso en condiciones de tráfico denso, aunque su eficacia puede requerir ajustes específicos para escenarios caracterizados por altas velocidades y variabilidad dinámica.

De igual forma, la incorporación de tecnologías basadas en blockchain en la capa de almacenamiento responde a la necesidad de fortalecer la confianza en un contexto marcado por altos niveles de informalidad y limitada credibilidad institucional. Un sistema de registro inmutable y descentralizado permite documentar no solo las infracciones de tránsito, sino también los logros asociados a procesos de formación y conducción segura. De este modo, el historial del conductor puede configurarse como un activo digital verificable, con potencial para facilitar el acceso a servicios financieros, esquemas de aseguramiento y oportunidades de vinculación formal con plataformas de servicios de domicilios.

La capa de interacción constituye, probablemente, el componente más crítico para la factibilidad del modelo, en la medida en que su éxito depende de la adopción efectiva por parte de los usuarios finales. En el caso de las autoridades, las interfaces tipo *dashboard* deben traducir la complejidad de los modelos analíticos en información clara, accionable y orientada a la toma de decisiones, incluyendo alertas tempranas sobre puntos de riesgo y evaluaciones del impacto de las intervenciones implementadas. Por su parte, la aplicación dirigida a los mototrabajadores debe ofrecer valor inmediato y tangible, más allá de la función de monitoreo.

En este sentido, la incorporación de estrategias de gamificación y mecanismos de incentivos digitales —tales como sistemas de recompensas vinculados al consumo de combustible, mantenimiento preventivo o acceso a programas de formación avanzada— resulta fundamental para promover cambios de comportamiento sostenibles. Estas estrategias permiten alinear los intereses individuales de los mototrabajadores con los objetivos colectivos de seguridad vial, configurando un enfoque de “empujón” (*nudge*) más efectivo y sostenible que los modelos basados exclusivamente en la coerción, al fomentar la adopción voluntaria de prácticas seguras mediante incentivos positivos y refuerzo conductual.

3.5 Resultados de la Evaluación de Impacto y Factibilidad (Fase 3)

Mediante la simulación de escenarios, construida a partir de los datos obtenidos en la fase de diagnóstico y de los parámetros de desempeño reportados en experiencias internacionales de referencia, se proyecta el impacto potencial del sistema “MotoSafe” en la reducción de la siniestralidad y en la mejora de la gestión de la seguridad vial. Este ejercicio permite estimar distintos escenarios de implementación, considerando niveles variables de adopción tecnológica y condiciones operativas realistas.

De manera complementaria, se evalúan las condiciones de factibilidad del modelo desde una perspectiva estratégica mediante el análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas). Este enfoque posibilita identificar los factores internos y externos que pueden incidir en la implementación, escalabilidad y sostenibilidad del sistema, proporcionando insumos clave para la toma de decisiones y el diseño de estrategias de intervención contextualizadas.

La proyección de impacto del modelo, si bien se presenta en términos prospectivos, se fundamenta en evidencia empírica proveniente de casos internacionales consolidados. En particular, reducciones cercanas al 50% en los tiempos de respuesta a emergencias, como las reportadas en el sistema City Brain de Hangzhou, constituyen resultados validados que evidencian el potencial de la inteligencia artificial para optimizar la gestión de la movilidad y los servicios de atención en contextos urbanos complejos. De igual manera, la literatura ha demostrado ampliamente la eficacia de los sistemas de visión por computador en la detección y disuasión de infracciones de tránsito; no obstante, su impacto a largo plazo depende en gran medida de la percepción de inevitabilidad de la detección por parte de los usuarios, así como de la articulación con estrategias complementarias de educación vial e incentivos conductuales.

Tabla 4. Proyección de Impacto del Sistema MotoSafe en la Localidad 3

Indicador de impacto	Línea base (actual)	Proyección con sistema MotoSafe (3 años)	Referente / Supuesto
Reducción de la severidad de accidentes	Datos históricos de mortalidad y lesiones graves.	Reducción del 25-30% en accidentes con víctimas mortales o graves.	Basado en la capacidad predictiva para anticipar puntos de riesgo y disuadir excesos de velocidad (causa del 41% de muertes).
Reducción de tiempos de respuesta a emergencias	Tiempos promedio actuales (desconocidos, pero se asumen > 15-20 min en zonas de alta congestión)	Reducción de hasta el 50% en el tiempo de llegada de ambulancias a la escena del siniestro.	Basado en el caso de Hangzhou (City Brain), que logro una mejora de casi el 50% en la respuesta de ambulancias.
Aumento de la formalización de Mototrabajadores	Alta informalidad, sin registro unificado.	Incorporación del 40-60% de los mototrabajadores de la Localidad 3 a la plataforma en los primeros 2 años.	Basado en el supuesto de que los incentivos digitales (perfil, puntos, beneficios) generaran una masa crítica de adoptantes.
Reducción de infracciones específicas	7.103 comparendos a motos en I trim 2025.	Disminución del 20% en infracciones por no uso de casco y exceso de velocidad en las zonas monitoreadas.	Basado en el efecto disuasorio de la percepción de vigilancia y en la retroalimentación personalizada a los conductores.

Desde el análisis estratégico mediante la matriz DOFA, se evidencia que las principales barreras para la implementación del modelo no son de carácter tecnológico, sino de naturaleza sociopolítica. En este sentido, una de las debilidades más relevantes identificadas corresponde a la limitada confianza de los mototrabajadores hacia las instituciones, en gran medida asociada a procesos históricos de control, sanción y estigmatización del sector. Superar esta barrera requiere la implementación de estrategias de co-creación y construcción participativa desde las etapas iniciales del diseño de la plataforma, promoviendo espacios de diálogo genuino entre los actores involucrados.

Tabla 5. Análisis DOFA para la Implementación del Modelo de Gobernanza Digital

Fortalezas (internas al proyecto)	Debilidades (internas al proyecto)
Respaldo académico y metodología rigurosa basada en evidencia internacional	Dependencia de la calidad y disponibilidad de los datos oficiales actuales
Alineación con las políticas públicas locales (PLSV) y nacionales (ANSV).	Necesidad de una inversión inicial significativa en infraestructura tecnológica (cámaras, sensores, plataforma).
La presencia de un grupo de participación ciudadana previamente conformado, los cuales incluyan a mototrabajadores.	Dificultad técnica para incorporar fuentes de datos heterogéneas (DATT, Policía, salud, clima).
Tecnologías base (YOLOv8, Blockchain, Cloud Computing) maduras y con casos de éxitos documentados.	Oposición inicial al cambio por parte de algunos funcionarios públicos acostumbrados a operaciones manuales.
OPORTUNIDADES (Externas al proyecto)	AMENAZAS (Externas al proyecto)
Determinación política expresada en el Plan de Desarrollo Distrital 2024-2027.	Temor a la vigilancia generalizada por parte de los mototrabajadores y la desconfianza institucional.
Interés del sector asegurador y empresas de plataformas de domicilios en disminuir el índice de siniestros (posibles cofinanciadores).	Filtración de datos personales de los conductores y riesgos de ciberseguridad.
Existencia de fondos de tecnología, ciencia e innovación (CTeI) para programas piloto.	Cambios en la administración distrital que modifiquen las prioridades políticas o el equipo técnico.
Posibilidad de escalar el piloto a otras localidades y ciudades del Caribe colombiano.	Conflictividad social si el sistema se percibe como una herramienta exclusivamente recaudadora o punitiva, en lugar de un mecanismo de inclusión y protección.

En este contexto, el Grupo de Participación Ciudadana del Plan Local de Seguridad Vial (PLSV) se configura como un escenario idóneo para fomentar este proceso de interacción, permitiendo que las soluciones tecnológicas respondan efectivamente a las necesidades, expectativas y preocupaciones de los mototrabajadores, más allá de un enfoque centrado exclusivamente en el control institucional. Asimismo, se identifican oportunidades significativas de sostenibilidad financiera mediante esquemas de cofinanciación con el sector privado, incluyendo aseguradoras y plataformas de servicios de entrega, lo cual permitiría viabilizar el escalamiento del modelo y garantizar su continuidad en el largo plazo.

4. Discusión

Los hallazgos de la presente investigación sustentan que la transición hacia modelos de gobernanza digital proactiva en seguridad vial, basados en inteligencia artificial y analítica de datos, no solo es técnicamente viable, sino que representa una evolución necesaria frente a las limitaciones de los enfoques tradicionales. En este sentido, el sistema MotoSafe se alinea con el consenso internacional que promueve el tránsito desde esquemas reactivos —centrados en la respuesta a eventos ocurridos— hacia modelos predictivos y preventivos capaces de anticipar riesgos y mitigar la ocurrencia de siniestros.

En relación con el componente tecnológico, los resultados evidencian que la incorporación de técnicas de aprendizaje automático y visión por computador, particularmente mediante arquitecturas como YOLO, fortalece de manera significativa la capacidad de los sistemas de monitoreo vial para identificar comportamientos de riesgo en tiempo real. Estos hallazgos son consistentes con la literatura especializada, que ha demostrado la eficacia de estos modelos en la detección de infracciones en entornos urbanos complejos. Sin embargo, también se identifican limitaciones asociadas al desempeño en escenarios de alta densidad vehicular y condiciones dinámicas, lo que evidencia la necesidad de continuar optimizando los modelos y los conjuntos de datos empleados en su entrenamiento.

Asimismo, se confirma la relevancia del análisis de eventos de casi accidente (near-miss) como insumo clave para la gestión proactiva del riesgo. La evidencia sugiere que la identificación de estos eventos permite transformar grandes volúmenes de datos en conocimiento accionable, facilitando la implementación de intervenciones preventivas más precisas y oportunas. En este marco, MotoSafe trasciende una lógica de vigilancia y sanción, posicionándose como un sistema orientado a la anticipación del riesgo y a la generación de inteligencia para la toma de decisiones, en concordancia con experiencias internacionales en ciudades inteligentes.

Desde la perspectiva de la gobernanza digital, los hallazgos evidencian que la dimensión tecnológica, aunque necesaria, no es suficiente para garantizar el éxito del modelo. La viabilidad de la propuesta depende en gran medida de factores sociopolíticos, entre los que destacan la confianza institucional, la participación ciudadana y la legitimidad percibida del sistema. Este resultado coincide con los planteamientos contemporáneos que enfatizan la incorporación de principios de ética, transparencia y participación en el diseño de soluciones basadas en inteligencia artificial, especialmente en contextos caracterizados por desigualdades estructurales y altos niveles de informalidad.

En este contexto, la inclusión de los mototrabajadores en procesos de co-creación emerge como un elemento determinante para la sostenibilidad del modelo. La evidencia sugiere que los sistemas de gobernanza digital que integran mecanismos participativos desde etapas tempranas presentan mayores niveles de aceptación y adopción por parte de los usuarios finales. En consecuencia, MotoSafe debe entenderse no solo como una plataforma tecnológica, sino como un sistema sociotécnico que articula intereses públicos y privados mediante procesos colaborativos de generación de valor.

De igual forma, los resultados destacan el papel central de los esquemas de incentivos en la efectividad del modelo. A diferencia de los enfoques punitivos tradicionales, la incorporación de mecanismos de gamificación y beneficios tangibles permite alinear los incentivos individuales con los objetivos colectivos de seguridad vial. Este hallazgo es coherente con los planteamientos del enfoque conductual del “empujón” (nudge), el cual sugiere que intervenciones sutiles, combinadas con retroalimentación en tiempo real, pueden inducir cambios sostenibles en el comportamiento de los usuarios.

En el contexto colombiano, los resultados evidencian que los principales desafíos no son exclusivamente tecnológicos, sino estructurales y culturales. La alta siniestralidad en motociclistas, especialmente en el segmento de mototrabajadores, está asociada a factores como la informalidad, la baja percepción del riesgo y la limitada adopción de medidas de seguridad. En este sentido, la implementación de sistemas basados en inteligencia artificial debe complementarse con estrategias de educación vial, regulación flexible y fortalecimiento institucional, con el fin de garantizar impactos sostenibles en la reducción de la siniestralidad.

Adicionalmente, la discusión resalta la importancia de la calidad, interoperabilidad y gobernanza de los datos como condiciones críticas para el éxito de la plataforma. La experiencia de sistemas como Infosiga 4.0 demuestra que la integración de fuentes de datos diversas y de alta granularidad mejora sustancialmente la capacidad analítica y predictiva de los sistemas. En el caso de Cartagena, la consolidación de un sistema integrado de información vial constituye un requisito fundamental para la implementación efectiva del modelo propuesto.

Desde el punto de vista de la factibilidad, los resultados de la simulación de escenarios sugieren que la implementación de MotoSafe podría generar impactos positivos en indicadores clave, tales como la reducción de la severidad de los accidentes, la disminución de infracciones y la mejora en los tiempos de respuesta ante emergencias. No obstante, estos resultados deben interpretarse como estimaciones basadas en supuestos derivados de evidencia internacional, por lo que resulta necesario validar el modelo en entornos piloto antes de su escalamiento.

Por su parte, el análisis DOFA evidencia que las principales amenazas están relacionadas con la desconfianza institucional, los riesgos asociados a la protección de datos y la resistencia al cambio por parte de algunos actores. Estas limitaciones refuerzan la necesidad de adoptar un enfoque de gobernanza participativa, en el que la transparencia, la ética de los datos y la rendición de cuentas constituyan pilares fundamentales. En contraste, las fortalezas del modelo radican en su alineación con políticas públicas, la madurez de las tecnologías utilizadas y la existencia de espacios de participación ciudadana, lo que favorece su implementación y escalabilidad.

Finalmente, se destaca que la sostenibilidad del modelo depende en gran medida de la articulación con actores del sector privado, como aseguradoras y plataformas de servicios de domicilios, lo que abre oportunidades para esquemas de cofinanciación y generación de valor compartido. Esta articulación no solo contribuye a la viabilidad financiera del sistema, sino que también fortalece su legitimidad y capacidad de impacto en el mediano y largo plazo.

En conjunto, la evidencia presentada demuestra que el modelo MotoSafe trasciende una aproximación meramente tecnológica, consolidándose como una estrategia integral de gobernanza digital orientada a la transformación del sistema de movilidad, la reducción de la siniestralidad y la construcción de entornos urbanos más seguros, inclusivos y sostenibles.

5. Conclusiones

La presente investigación aplicada concluye que la implementación de un modelo de gobernanza digital basado en inteligencia artificial y analítica de datos masivos para la mitigación de la siniestralidad en el mototrabajo en la Localidad 3 de Cartagena es técnicamente factible y operativamente viable, siempre que se cumplan condiciones críticas asociadas a la gobernanza participativa, la ética de los datos y el diseño de incentivos orientados al cambio conductual.

En primer lugar, la madurez de las tecnologías empleadas respalda la viabilidad técnica del modelo propuesto. En particular, los avances en algoritmos de visión por computador, como YOLOv8, han demostrado un desempeño robusto en la detección de comportamientos de riesgo en entornos urbanos complejos, similares a los presentes en contextos latinoamericanos. Asimismo, diversas experiencias internacionales han evidenciado que la integración de plataformas de big data y modelos predictivos contribuye significativamente a la reducción de la siniestralidad y a la optimización de los tiempos de respuesta ante emergencias. En este sentido, la arquitectura propuesta bajo el modelo "MotoSafe" integra de manera coherente estos componentes tecnológicos, proporcionando una hoja de ruta clara para su implementación progresiva en el contexto distrital.

En segundo lugar, la viabilidad operativa y social del modelo depende de un cambio sustancial en la relación entre el Estado y los mototrabajadores, transitando de esquemas centrados en el control punitivo hacia un enfoque de gobernanza colaborativa. En este nuevo paradigma, la tecnología no solo cumple una función de vigilancia, sino que actúa como un facilitador de confianza, inclusión y formalización. Este enfoque implica, en primer lugar, la co-creación del sistema mediante la participación activa de los mototrabajadores y sus organizaciones en las etapas de diseño, implementación y evaluación de la plataforma, tal como se ha iniciado en el marco del Grupo de Participación Ciudadana del Plan Local de Seguridad Vial.

En segundo lugar, es fundamental la incorporación de mecanismos de incentivos que promuevan la adopción voluntaria del sistema. Estos incentivos pueden incluir la generación de perfiles digitales verificables, el acceso a esquemas de aseguramiento preferenciales, programas de formación y sistemas de recompensas basados en puntos canjeables, los cuales fomenten conductas seguras y refuercen positivamente el cumplimiento normativo. Este enfoque permite alinear los intereses individuales de los mototrabajadores con los objetivos colectivos de seguridad vial, superando las limitaciones de los modelos exclusivamente sancionatorios.

Finalmente, la dimensión ética y de protección de datos constituye un pilar fundamental para la implementación del modelo. En este sentido, se deben garantizar principios de anonimización de la información, seguridad en el tratamiento de los datos y restricciones claras sobre su uso, evitando aplicaciones no autorizadas como el reconocimiento facial con fines distintos a la seguridad vial. Estas medidas deben estar alineadas con la normativa colombiana vigente en materia de protección de datos personales (habeas data) y con los estándares internacionales y recomendaciones sobre inteligencia artificial responsable promovidos por organismos multilaterales, asegurando así la legitimidad, sostenibilidad y aceptación social del sistema.

6. Referencias

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024). *Observatorio Nacional de Seguridad Vial: Informe anual de siniestralidad 2023–2024*. Ministerio de Transporte de Colombia.
- Alcaldía Mayor de Cartagena. (2024). *Plan Local de Seguridad Vial de Cartagena de Indias 2024–2027: Construcción participativa y diagnóstico territorial*. Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte (DATT).
- Andrade, L. (2025). Near-miss detection and predictive analytics for vulnerable road users: A big signal approach to urban safety. *Journal of Urban Technology*, 32(1), 45–67.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>
- Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte. (2025). *Boletín estadístico de siniestralidad vial: Primer trimestre 2025*. Alcaldía Mayor de Cartagena.
- El Mahdaouy, A., El Houda, N., & Berrada, I. (2024). YOLOv8-based traffic violation detection system for motorcyclists in complex urban environments: A case study in Marrakech. En *Proceedings of the 2024 Mediterranean Smart Cities Conference (MSCC)* (pp. 112–118).
- González, M., & Rodríguez, P. (2024). Cámaras con inteligencia artificial para la detección de infracciones en incorporaciones a vías rápidas: Evaluación de impacto en la Dirección General de Tráfico. *Revista Española de Seguridad Vial*, 45(2), 78–95.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://repositorio.uasb.edu.bo/items/70dca925-d1b4-49f0-ae97-26eb71787891?utm>
- Hidalgo Vieira, B. (2024). *Maniobras cooperativas para vehículos automatizados en entornos urbanos: Arquitecturas de comunicación y ciberseguridad* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM.
- Hyden, C. (1987). *The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish traffic conflict technique*. Lund Institute of Technology.
- Larsson, S., Rader, K., & Sjöström, J. (2024). The ethics of AI in the spatial context of smart cities: A socio-technical approach to governance. *Telematics and Informatics*, 87, 102094. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2024.102094>
- Li, X., Ye, X., Sun, Q., & Dayong, D. (2024). Leveraging connected vehicle data for near-crash detection and analysis in urban environments. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.11341>
- Martínez, C., & Pérez, J. (2025). Incentivos digitales y formalización del mototrabajo en América Latina: Oportunidades y desafíos para la seguridad vial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 182, 104–125.
- Nikolaou, D., Ziakopoulos, A., & Yannis, G. (2023). A review of surrogate safety measures uses in historical crash investigations. *Sustainability*, 15(9), 7580. <https://doi.org/10.3390/su15097580>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2023). *Inteligencia artificial en la gestión del tráfico urbano: Hacia sistemas proactivos y éticos*. OECD Publishing.
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An incremental improvement. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.02767>
- Silva, R., & Oliveira, T. (2025). Infosiga 4.0: La evolución del sistema de información de siniestralidad vial en São Paulo hacia un modelo predictivo. *Revista Latinoamericana de Movilidad y Transporte*, 18(1), 34–52.
- Smith, S. F., Barlow, G. J., Xie, X.-F., & Rubinstein, Z. B. (2013). Smart urban signal networks: Initial application of the Surtrac adaptive traffic signal control system. *AI Magazine*, 34(1), 64–76. <https://doi.org/10.1609/aimag.v34i1.2437>

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2021). *Nudge: The final edition*. Yale University Press.

Zhang, Z., et al. (2024). Machine learning-based real-time prediction of freeway crash risk using probe vehicle data. *Journal of Intelligent Transportation Systems*.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15472450.2022.2106564?scroll=top&tab=permissions&utm>

Financiación. Los autores declaran que esta investigación no recibió financiación externa.

Conflicto de Intereses. Los autores declaran no tener conflictos de interés alguno.

Biografía de los Autores.



Boris J. Batista Gómez Casseres. Administrador de comercio exterior. Especialista en Planificación y Administración del Transporte Multimodal. Especialista en Logística Comercial Nacional e Internacional. Magíster en Gestión Logística. Docente investigador de la Universidad de San Buenaventura. Experto en logística, operaciones aduaneras y comercio internacional. Jefe del Departamento de Aduanas. Representante del proyecto carbonífero Cerrejón Zona Norte Guajira.



Oscar Recuero Hernandez. Administración Industrial. Especialista en Gerencia de Proyectos. Maestrante en Cooperación Internacional para el Desarrollo. Experto en formulación y gestión de proyectos orientados al fortalecimiento de MIPYMES, el emprendimiento y el desarrollo económico local.



Yesid Lidueñas Batistas. Investigador Senior. Administrador Industrial. Magister en Gestión de la Innovación y Administración Industrial. Magíster en Innovación Tecnológica. Docente Fundación Tecnológica de Bolívar. Docente Fundación Universitaria Colombo Internacional UNICOLOMBO.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son únicamente responsabilidad de los autores y colaboradores individuales y no reflejan necesariamente las opiniones de DERROTERO y/o de los editores. DERROTERO y/o los editores se deslindan de cualquier responsabilidad por daños o perjuicios a personas o bienes que puedan surgir como resultado de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido. Se recomienda a los lectores verificar de manera independiente la información antes de basarse en ella.