

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

**FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHÍCULOS DE
CARGA**

Julian Mauricio Costa Chavez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Miller Humberto Salas Rondon

**Ph.D. en Gestión del Territorio e Infraestructuras del
Transporte**

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Tabla de Contenido

Contenido

Introducción	8
2. Marco Teórico.....	10
2.1 Naturaleza de la Accidentalidad en Vehículos de Carga	10
2.2 Clasificación de los Factores de Riesgo	11
2.2.1 Factores Humanos	11
2.2.2 Factores del Vehículo.....	11
2.2.3 Factores de la Vía o Infraestructura.....	11
2.2.4 Factores Ambientales.....	11
2.2.5 Factores Normativos.....	12
2.3 Interacción Entre Factores y Complejidad del Fenómeno	12
2.4 Frecuencia y Severidad como dimensiones de Riesgo.....	12
2.5 Modelo conceptual de la Investigación.....	12
2.6 Implicaciones para la Investigación.	13
3. Metodología.....	14
3.1 Enfoque y Tipo de Investigación.....	14
3.2 fuentes de información y Criterios de Selección.....	14
3.3 Proceso Metodológico.....	15
3.4 Organización y Sistematización de la Información.....	16
3.5 Análisis de la Información.....	17
4. Análisis y Discusión de Resultados	18
4.1 Presentación y Estructuración de los Resultados	18
4.2 Análisis global del Fenómeno de Accidentalidad.....	20
4.2.1 Análisis bibliométrico mediante VOSviewer	21
4.3 Análisis de Frecuencia de los Factores de Riesgo	23
4.3.1 Predominancia de los Factores Humanos	24
4.3.2 Importancia de la Infraestructura Vial	24
4.3.3 Participación de los Factores Asociados al Vehículo.....	24
4.3.4 Rol de los Factores Ambientales en la Accidentalidad.....	25
4.3.5 Enfoque Multivariable y Convergencia de Factores de Riesgo.....	25
4.4 Análisis de impacto: diferenciación entre frecuencia y severidad.....	26

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

4.4.1 Factores Asociados a la Frecuencia de Ocurrencia	28
4.4.2 Factores Asociados a la Severidad de los Accidentes.....	28
4.4.3 Factores Transversales y Amplificadores del Riesgo.	29
4.4.4 Jerarquización de los Factores de Riesgo	30
4.4.5 Implicaciones para la Gestión del Riesgo.....	30
4.5 Discusión de Resultados.....	31
4.5.1 Coherencia de los Hallazgos con la Literatura Analizada	31
4.5.2 Aportes del Enfoque Comparativo Adoptado	31
4.5.3 Interpretación Sistemática de la Accidentalidad.....	32
4.5.4 Diferenciación Funcional de los Factores de Riesgo.....	32
4.5.5 Implicaciones para la Ingeniería de Transporte	33
4.5.6 Limitaciones del Análisis.....	33
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	34
6. Referencias Bibliográficas	37

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Lista de Tablas

Tabla 1: <i>Matriz comparativa de factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga</i>	19
Tabla 2: <i>Frecuencia de Factores de Riesgo en la Literatura Analizada</i>	24
Tabla 3: <i>Clasificación y ponderación del impacto de los factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga</i>	27

Lista de Figuras

Figura 1: Relación entre los factores de riesgo y la accidentalidad en vehículos de carga	13
Figura 2: Diagrama de Flujo PRISMA para la selección de artículos.	16
Figura 3: Análisis bibliográfico mediante VOSviewer.....	20

Resumen

Título: FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA*

Autor: Julian Mauricio Costa Chavez**

Palabras Clave: accidentalidad vial, vehículos de carga, factores de riesgo, seguridad vial, severidad de los accidentes, revisión sistemática.

Descripción: La accidentalidad en vehículos de carga constituye un problema relevante para la seguridad vial debido a la magnitud de sus consecuencias y a su impacto en la operación de los sistemas de transporte y logística. Esta investigación tuvo como objetivo identificar los principales factores de riesgo asociados a la ocurrencia y severidad de los accidentes que involucran vehículos de carga, a partir de la evidencia disponible en la literatura científica internacional.

El estudio se desarrolló mediante un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo y una revisión sistemática de la literatura basada en los lineamientos del método PRISMA. Inicialmente se identificaron 40 artículos científicos; después de eliminar duplicados y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 14 estudios para el análisis. La información obtenida se organizó en una matriz comparativa que permitió clasificar los factores de riesgo en cinco categorías: humanos, vehiculares, relacionados con la infraestructura vial, ambientales y normativos. Asimismo, se analizaron su frecuencia, recurrencia e influencia sobre la accidentalidad.

Los resultados muestran que la accidentalidad en vehículos de carga es un fenómeno multivariable que no puede explicarse mediante causas aisladas. Los factores humanos, especialmente la fatiga, la distracción y el comportamiento del conductor, presentan la mayor incidencia en la ocurrencia de los accidentes. Por su parte, las condiciones de la infraestructura vial y del vehículo influyen principalmente en la severidad de las consecuencias, mientras que la velocidad y los factores ambientales pueden amplificar el riesgo. Se concluye que la prevención de estos eventos requiere un enfoque integral y sistémico que articule acciones sobre el conductor, el vehículo, la vía y el entorno.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Miller Humberto Salas Rondon. PhD. en Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte.

Abstract

Title: Risk Factors Associated with Accidents Involving Freight Vehicles*

Author: Julian Mauricio Costa Chavez**

Key Words: Road accidents, freight vehicles, risk factors, road safety, accident severity, systematic review.

Description: Accidents involving freight vehicles constitute a significant road safety problem due to the magnitude of their consequences and their impact on the operation of transportation and logistics systems. This research aimed to identify the main risk factors associated with the occurrence and severity of accidents involving freight vehicles based on the evidence available in the international scientific literature.

The study was conducted using a qualitative approach with quantitative support and a systematic literature review based on the guidelines of the PRISMA method. Initially, 40 scientific articles were identified; after removing duplicates and applying the inclusion and exclusion criteria, 14 studies were selected for analysis. The information obtained was organized in a comparative matrix that allowed the risk factors to be classified into five categories: human, vehicle-related, road infrastructure-related, environmental, and regulatory. Their frequency, recurrence, and influence on accidents were also analyzed.

The results show that accidents involving freight vehicles are a multivariable phenomenon that cannot be explained by isolated causes. Human factors, especially fatigue, distraction, and driver behavior, have the greatest influence on the occurrence of accidents. In contrast, road infrastructure and vehicle conditions mainly influence the severity of the consequences, while speed and environmental factors can amplify the risk. It is concluded that preventing these events requires a comprehensive and systemic approach that coordinates actions concerning the driver, vehicle, road, and surrounding environment.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Supervisor: Miller Humberto Salas Rondón. Ph.D. in Land Management and Transport Infrastructure.

Introducción

La accidentalidad en vehículos de carga representa un fenómeno de alta relevancia dentro del ámbito de la ingeniería de transporte, debido a sus implicaciones en la seguridad vial, la operación del sistema logístico y la magnitud de sus consecuencias. A diferencia de otros tipos de siniestros viales, los eventos que involucran vehículos de carga se caracterizan por presentar mayores niveles de severidad, lo cual se asocia con sus condiciones operativas, dimensiones y comportamiento dinámico. Esta situación convierte su estudio en un aspecto prioritario para la comprensión y gestión del riesgo en las redes de transporte.

El análisis de la literatura evidencia que la accidentalidad en este tipo de vehículos no puede ser explicada a partir de causas aisladas, sino que responde a la interacción de múltiples factores que actúan de manera simultánea. En este contexto, variables relacionadas con el comportamiento del conductor, las condiciones del vehículo, las características de la infraestructura vial y los factores ambientales convergen para configurar escenarios de riesgo. Esta naturaleza multivariable del fenómeno implica que su estudio requiere un enfoque integral que permita comprender no solo la presencia de dichos factores, sino también las relaciones que se establecen entre ellos.

A pesar del amplio desarrollo investigativo en esta temática, la información disponible se encuentra fragmentada en diferentes estudios, lo que dificulta la construcción de una visión global que permita identificar patrones consistentes y relaciones estructurales entre los factores de riesgo. Esta dispersión limita la capacidad de interpretar el fenómeno de manera sistemática y de orientar estrategias efectivas para su mitigación. En este contexto, surge la siguiente pregunta

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

de investigación: ¿Cuáles son los principales factores de riesgo que contribuyen a la accidentalidad en vehículos de carga? A partir de este interrogante, la presente investigación tiene como propósito identificar dichos factores mediante un análisis estructurado de la literatura científica; específicamente, se propone revisar de manera sistemática la literatura científica sobre la accidentalidad en vehículos de carga, con el fin de recopilar y consolidar la información existente; posteriormente, generar una matriz comparativa que permita clasificar y analizar los factores de riesgo identificados en los estudios revisados; y finalmente, sistematizar los factores de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia a nivel mundial, con base en la evidencia documentada en la literatura científica internacional. De esta manera, se busca establecer una clasificación de los factores, evaluar su recurrencia y comprender su influencia tanto en la ocurrencia como en la severidad de los accidentes.

El desarrollo del estudio se fundamenta en una revisión sistemática de la literatura, lo que permite integrar resultados provenientes de diferentes contextos y metodologías, facilitando la identificación de tendencias y la interpretación del fenómeno desde una perspectiva comparativa. Este enfoque no solo contribuye a una mejor comprensión de la accidentalidad en vehículos de carga, sino que también proporciona una base analítica para el planteamiento de estrategias orientadas a la gestión del riesgo. De esta manera, la investigación busca aportar a la comprensión del fenómeno desde un enfoque integral, reconociendo su carácter complejo y la necesidad de abordarlo a partir de la interacción de múltiples variables, en coherencia con los requerimientos actuales de la ingeniería de transporte.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Identificar los factores de riesgo de la accidentalidad en vehículos de carga.

1.2 Objetivos Específicos

- Revisar la literatura científica sobre la accidentalidad en vehículos de carga.
- Generar una matriz comparativa que permita clasificar y analizar los factores de riesgo que aumentan la accidentalidad en vehículos de carga, a partir de la información obtenida en la revisión de literatura científica.
- Sistematizar los factores de riesgo con mayor probabilidad de presentarse en la accidentalidad de vehículos de carga a nivel mundial, a partir de la evidencia documentada en la literatura científica internacional.

2. Marco Teórico

2.1 Naturaleza de la Accidentalidad en Vehículos de Carga

La accidentalidad en vehículos de carga es un fenómeno multivariable que ha sido ampliamente estudiado debido a la magnitud de sus consecuencias. Las características propias de estos vehículos, como su masa, dimensiones y capacidad de carga, influyen en su comportamiento dinámico y aumentan tanto la probabilidad como la severidad de los accidentes (Assemi & Hickman, 2018). En este sentido, la literatura científica coincide en que la accidentalidad no responde a una causa única, sino a la interacción de múltiples factores relacionados con el conductor, el vehículo, la infraestructura vial y el entorno (Wang et al., 2019).

2.2 Clasificación de los Factores de Riesgo

A partir de la revisión de los estudios analizados, es posible agrupar los factores de riesgo en cinco categorías principales:

2.2.1 Factores Humanos

Los factores humanos incluyen variables como la fatiga, la distracción, el exceso de velocidad, la experiencia y la toma de decisiones durante la conducción, las cuales influyen directamente en la probabilidad y severidad de los accidentes (Wang et al., 2019).

2.2.2 Factores del Vehículo

Los factores relacionados con la infraestructura vial incluyen características geométricas como curvas, pendientes y alineamientos, las cuales influyen en el comportamiento del vehículo y aumentan el riesgo de accidentes, especialmente en condiciones de alta. (Assemi & Hickman, 2018).

2.2.3 Factores de la Vía o Infraestructura

Los factores relacionados con la infraestructura vial incluyen las características geométricas y físicas de la vía, tales como curvas, pendientes, alineamientos y estado del pavimento. Estudios han evidenciado que las vías en zonas montañosas o con geometrías complejas presentan una mayor probabilidad de accidentes severos, especialmente cuando estas condiciones se combinan con otros factores de riesgo

2.2.4 Factores Ambientales

Los factores ambientales comprenden condiciones como el clima, la visibilidad y la iluminación, las cuales afectan la percepción del conductor y aumentan el riesgo de accidentalidad, especialmente en escenarios de baja visibilidad o conducción nocturna.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

2.2.5 Factores Normativos

Los factores normativos incluyen el cumplimiento de regulaciones como límites de velocidad, inspecciones vehiculares y tiempos de conducción, cuyo incumplimiento puede incrementar los niveles de riesgo.

2.3 Interacción Entre Factores y Complejidad del Fenómeno

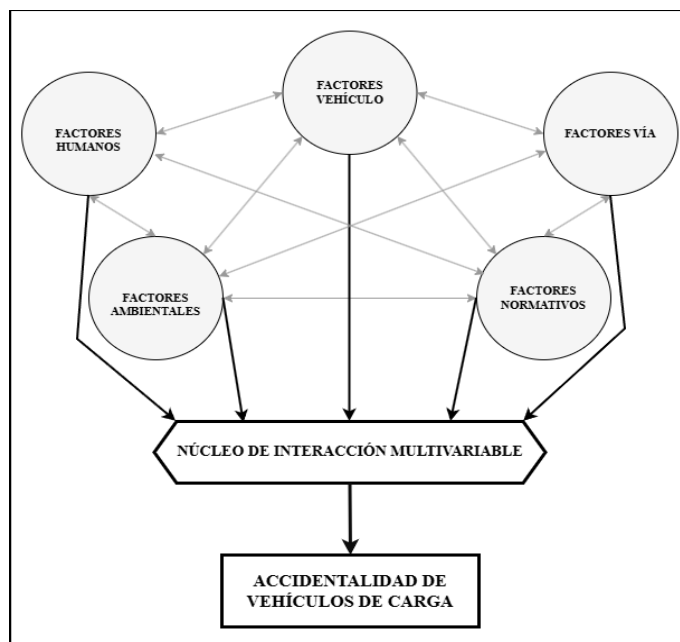
Los factores de riesgo no actúan de manera independiente, sino que se interrelacionan, generando escenarios de mayor complejidad. La combinación de condiciones como la fatiga del conductor, geometrías viales complejas y condiciones ambientales adversas puede incrementar significativamente tanto la probabilidad como la severidad de los accidentes.

2.4 Frecuencia y Severidad como dimensiones de Riesgo

En el análisis de la accidentalidad es fundamental diferenciar entre la frecuencia de ocurrencia de los accidentes y su nivel de severidad. Diversos estudios han demostrado que los factores de riesgo pueden influir de manera diferente en cada una de estas dimensiones, lo que permite un análisis más integral del fenómeno.

2.5 Modelo conceptual de la Investigación

A partir de los elementos analizados, se propone un modelo grafico que representa la relación entre los factores de riesgo y la accidentalidad en vehículos de carga.

Figura 1: Relación entre los factores de riesgo y la accidentalidad en vehículos de carga

2.6 Implicaciones para la Investigación.

El marco teórico establece una base conceptual para la construcción de la matriz comparativa y el análisis posterior, permitiendo estructurar la clasificación y evaluación de los factores de riesgo identificados.

3. Metodología

3.1 Enfoque y Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca en el campo del transporte dentro de la ingeniería civil, específicamente en el análisis de la seguridad vial asociada a vehículos de carga. El estudio adopta un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo, basado en la revisión y análisis de información secundaria proveniente de artículos científicos. Se trata de una revisión sistemática de literatura, orientada a identificar, clasificar y analizar los factores de riesgo asociados a la accidentalidad en vehículos de carga. Este enfoque permite integrar resultados de diferentes investigaciones, facilitando la identificación de patrones y tendencias en el fenómeno estudiado, así como el análisis de la interacción entre múltiples variables.

3.2 fuentes de información y Criterios de Selección

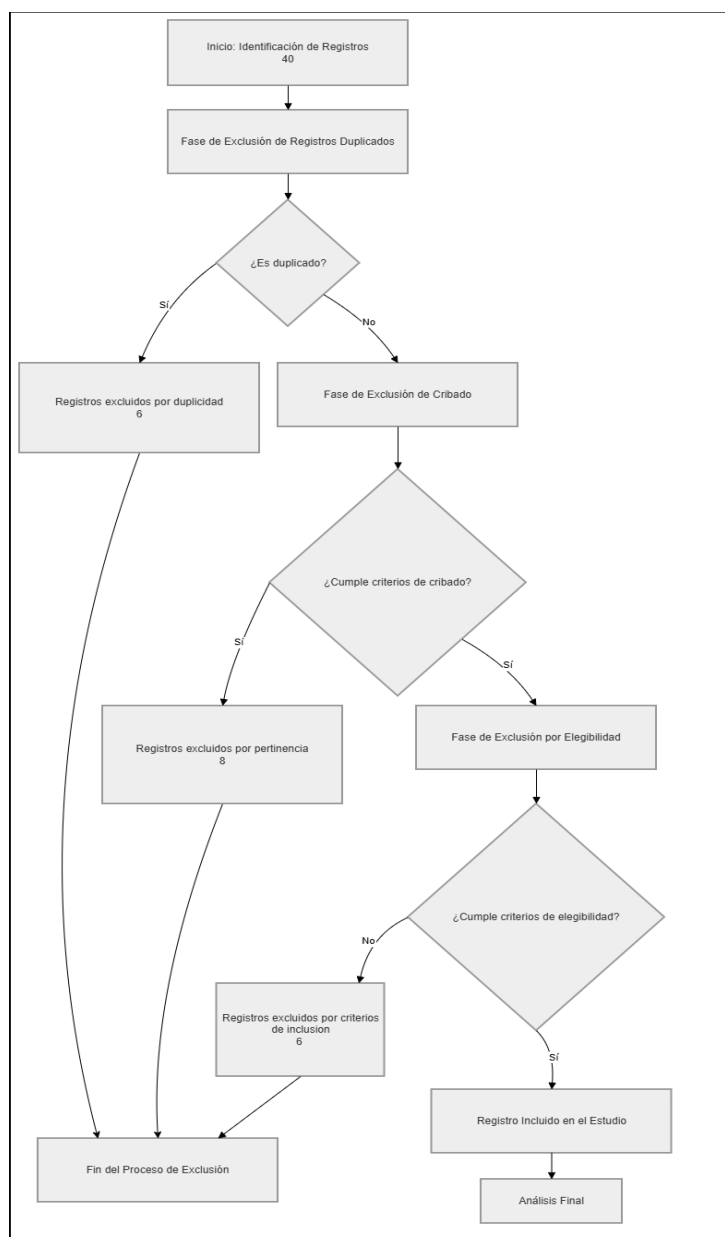
La información utilizada proviene de artículos científicos especializados en la temática de accidentalidad en vehículos de carga. La selección de los estudios se realizó considerando su pertinencia frente al objetivo de la investigación y su enfoque en la identificación de factores de riesgo asociados a la ocurrencia y severidad de los accidentes. Se definieron criterios de inclusión y exclusión con el fin de garantizar la calidad y relevancia de la información analizada. Se incluyeron estudios que abordaran factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga, empleando metodologías cuantitativas, cualitativas o mixtas, y que presentaran resultados claros sobre la relación entre dichos factores y la accidentalidad. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios que no estuvieran directamente relacionados con la temática, que no presentaran resultados concluyentes o que abordaran la accidentalidad desde enfoques no pertinentes para el análisis propuesto.

3.3 Proceso Metodológico

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo mediante un proceso estructurado basado en los lineamientos del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), el cual permitió organizar de manera sistemática la identificación, selección y análisis de los estudios.

En una primera etapa, se identificaron 40 artículos científicos relacionados con la temática de estudio. Posteriormente, se realizó la depuración de registros duplicados, obteniendo un total de 34 artículos. En la fase de cribado, se llevó a cabo la revisión de títulos y resúmenes, lo que permitió excluir 8 estudios que no abordaban directamente los factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga. En la etapa de elegibilidad, se realizó la lectura completa de los 26 artículos restantes, excluyendo 12 de ellos por no cumplir con los criterios establecidos. Finalmente, se seleccionaron 14 artículos científicos, los cuales constituyen la base del análisis de la investigación.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de selección de artículos:

Figura 2: Diagrama de Flujo PRISMA para la selección de artículos.

3.4 Organización y Sistematización de la Información

Una vez definidos los estudios incluidos, se procedió a la extracción y organización de la información relevante de cada artículo. Para ello, se construyó una matriz comparativa que permitió sistematizar variables clave como el contexto de estudio, la metodología empleada, los factores de riesgo identificados y su relación con la accidentalidad.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Los factores de riesgo fueron clasificados en categorías generales (humanos, del vehículo, de la infraestructura vial, ambientales y normativos), con el fin de estructurar el análisis de manera homogénea. Esta clasificación se fundamenta en la recurrencia de dichos factores en la literatura científica y en su uso común en estudios sobre accidentalidad.

3.5 Analisis de la Información

El análisis de la información se desarrolló a partir de la matriz comparativa, mediante un enfoque interpretativo orientado a identificar patrones, tendencias y relaciones entre los factores de riesgo.

En primer lugar, se realizó un análisis de frecuencia, con el fin de determinar la recurrencia de los diferentes tipos de factores en los estudios analizados. Posteriormente, se analizó la relación de estos factores con la accidentalidad, diferenciando su influencia en la frecuencia de ocurrencia de los accidentes y en su nivel de severidad. Finalmente, se desarrolló un análisis integrado que permitió interpretar la interacción entre los factores de riesgo, reconociendo la naturaleza multivariable del fenómeno y la influencia conjunta de las diferentes variables en la accidentalidad de vehículos de carga.

4. Análisis y Discusión de Resultados

El presente capítulo desarrolla el análisis de los factores de riesgo asociados a la accidentalidad en vehículos de carga, a partir de la información recopilada mediante la revisión sistemática de literatura. Este análisis se orienta a dar respuesta a la pregunta de investigación planteada, relacionada con la identificación de los principales factores de riesgo que contribuyen a la accidentalidad en este tipo de vehículos. En coherencia con los objetivos específicos del estudio, el análisis se estructura en tres etapas principales: en primer lugar, la organización de la información mediante la matriz comparativa; en segundo lugar, la identificación de la frecuencia de los factores de riesgo en la literatura; y, finalmente, la evaluación de su influencia en la ocurrencia y severidad de los accidentes. Este enfoque permite no solo identificar los factores más recurrentes, sino también interpretar su rol dentro del fenómeno de la accidentalidad desde una perspectiva integral,

4.1 Presentación y Estructuración de los Resultados

El análisis de los factores de riesgo asociados a la accidentalidad en vehículos de carga se fundamenta en la información recopilada a partir de los artículos científicos seleccionados mediante el proceso metodológico previamente descrito. Esta información, de carácter heterogéneo en términos de enfoques, metodologías y contextos geográficos, fue organizada mediante la construcción de una matriz comparativa, con el fin de estructurar de manera sistemática los principales hallazgos de cada estudio. Esta matriz comparativa permitió integrar variables clave como los factores de riesgo identificados, su clasificación dentro de categorías generales (humanos, del vehículo, de la infraestructura vial y ambientales), así como su relación con la frecuencia de ocurrencia y la severidad de los accidentes, esta organización no solo facilitó la sistematización de la información, sino que también permitió establecer relaciones

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

entre los diferentes estudios, identificando patrones recurrentes y tendencias en la literatura científica.

Es importante resaltar que los estudios analizados presentan una diversidad significativa en cuanto a metodologías, incluyendo modelos estadísticos, enfoques empíricos y análisis multivariantes. Esta diversidad metodológica ha sido ampliamente utilizada en la literatura para analizar la accidentalidad en vehículos de carga, permitiendo evaluar simultáneamente múltiples variables y su influencia en la ocurrencia y severidad de los accidentes.

Con el fin de sintetizar la información y facilitar su visualización, se presenta a continuación la matriz comparativa construida a partir de los artículos analizados.

Tabla 1: Matriz comparativa de factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga

Autor (año)	Contexto	Método	Factor específico	Tipo de factor	Dimensión afectada	Tipo de efecto
Assemi & Hickman (2018)	EE.UU.	Análisis estadístico	Fallas mecánicas, inspecciones	Vehículo	Severidad	Incrementa
Choi et al. (2014)	Corea	Modelo estadístico	Velocidad, tráfico	Humano / Vía	Severidad	Incrementa
Yuan et al. (2021)	China	Logit multinomial	Comportamiento del conductor, entorno	Humano / Ambiental	Frecuencia y severidad	Incrementa
Kibar et al. (2018)	Turquía	NB / ZINB	Geometría vial, tráfico	Vía	Frecuencia	Incrementa
Wang et al. (2019)	China (montaña)	PPO	Pendiente, curvas, velocidad	Vía / Humano	Severidad	Incrementa
Wang et al. (2019)	China	Comparativo	Tipo de vía, condiciones	Vía	Severidad	Incrementa
Bellanca et al. (2021)	Minería	Análisis causal	Fatiga, errores humanos	Humano	Frecuencia	Incrementa
Stoohs et al. (1994)	EE.UU.	Estudio clínico	Sueño, obesidad	Humano	Frecuencia	Incrementa
Patiño et al. (2018)	Colombia	Estudio empírico	Velocidad, maniobras	Humano	Frecuencia	Incrementa
Zhang et al. (2014)	China	Estadístico	Experiencia del conductor	Humano	Frecuencia	Reduce (más experiencia)

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Liu et al. (2018)	Minería	Machine learning	Operación, entorno	Humano / Ambiental	Frecuencia	Incrementa
Oviedo-Trespalcios et al. (2017)	Australia	Experimental	Uso del celular	Humano	Severidad	Incrementa
Xu et al. (2019)	China	Estadístico	Sobrecarga	Vehículo	Severidad	Incrementa
Abdel-Aty et al. (2011)	EE.UU.	Estadístico	Iluminación	Ambiental	Severidad	Incrementa

La matriz presentada anteriormente permite evidenciar que la accidentalidad en vehículos de carga es un fenómeno de carácter multivariable, en el cual intervienen de manera simultánea factores humanos, técnicos, viales y ambientales. Asimismo, se observa que, a pesar de las diferencias en los contextos de estudio, existe una consistencia en la identificación de ciertos factores de riesgo, lo que sugiere la presencia de patrones comunes.

A partir de esta organización, se procede a desarrollar un análisis detallado de los factores de riesgo identificados, considerando su frecuencia de aparición, su influencia en la severidad de los accidentes y las interacciones entre las diferentes variables, con el propósito de establecer una comprensión integral del fenómeno de la accidentalidad en vehículos de carga.

4.2 Análisis global del Fenómeno de Accidentalidad

A partir de la matriz comparativa, se evidencia que los factores de riesgo identificados no solo pertenecen a distintas categorías, sino que además presentan relaciones entre sí, lo que refuerza la necesidad de abordar la accidentalidad desde un enfoque multivariable. Por ello, diversos estudios han empleado modelos estadísticos avanzados, como el logit multinomial y los modelos binomiales negativos, con el fin de analizar la influencia simultánea de múltiples variables sobre la ocurrencia y severidad de los accidentes. Estos enfoques permiten capturar de manera más precisa la complejidad del fenómeno.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Bajo esta perspectiva, la accidentalidad no es el resultado de un único evento, sino de la convergencia de condiciones de riesgo. Por ejemplo, la presencia de geometrías viales complejas, combinada con comportamientos inadecuados del conductor —como el exceso de velocidad o la fatiga— incrementa significativamente tanto la probabilidad de ocurrencia como el nivel de severidad de los accidentes. Asimismo, aunque los factores pueden clasificarse de forma independiente, su impacto depende de la interacción entre ellos, lo que justifica el uso de modelos multivariantes para su análisis.

A nivel global, el análisis permite identificar patrones consistentes en la literatura, independientemente del contexto geográfico. Factores como el comportamiento del conductor, las condiciones de la vía y las características del vehículo aparecen de manera recurrente, lo que sugiere que la accidentalidad en vehículos de carga presenta características comunes a nivel internacional.

4.2.1 Análisis bibliométrico mediante VOSviewer

Con el fin de complementar la revisión sistemática, se realizó un análisis bibliométrico mediante VOSviewer basado en la coocurrencia de palabras clave, permitiendo identificar la estructura conceptual del campo y las relaciones entre los factores de riesgo asociados a la accidentalidad en vehículos de carga.

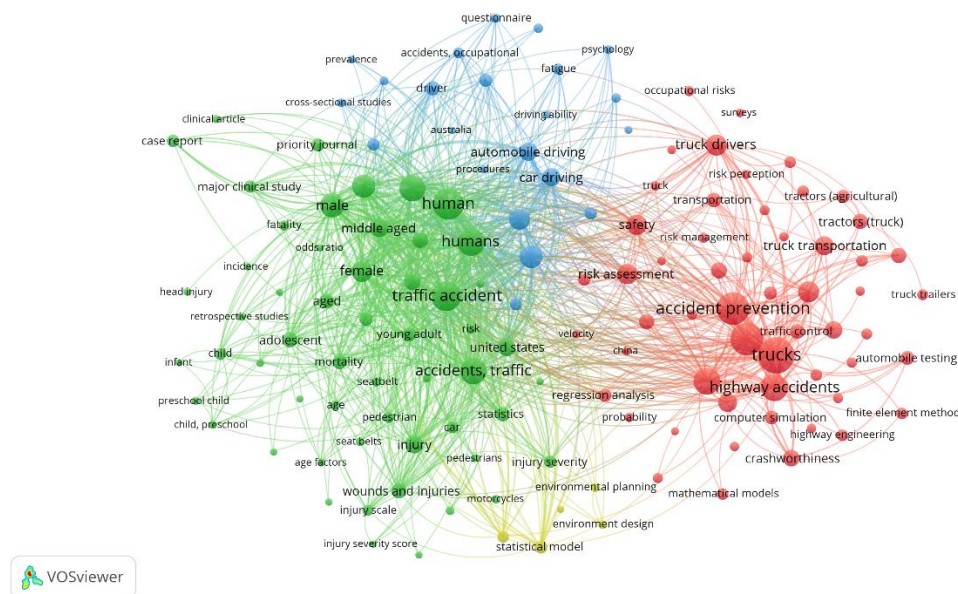
El mapa evidencia la formación de clusters temáticos bien definidos. El clúster predominante (verde) se asocia a factores humanos, destacando términos como human, male, female, middle aged y traffic accident, lo que indica una alta centralidad de variables relacionadas con el conductor y confirma su predominancia en la literatura. El clúster rojo se relaciona con el transporte de carga y la seguridad vial, con términos como trucks, accident

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

prevention y highway accidents, reflejando el enfoque técnico sobre la severidad y la gestión del riesgo en vehículos de carga.

El clúster azul agrupa elementos asociados a la conducción y operación vehicular (driving, motor vehicles, fatigue), evidenciando la interacción entre el comportamiento del conductor y el sistema vehicular. Por su parte, el clúster amarillo corresponde a enfoques metodológicos (statistical model, regression analysis, probability), lo que confirma el uso de modelos multivariantes en el análisis del fenómeno.

La proximidad e interconexión entre los clusters muestran que los factores no actúan de forma aislada, sino de manera integrada, validando la naturaleza multivariable de la accidentalidad. En conjunto, este análisis respalda los resultados obtenidos previamente, confirmando la predominancia de los factores humanos, el papel de los factores técnicos en la severidad y la necesidad de un enfoque integral para su estudio.

Figura 3: Análisis bibliográfico mediante VOSviewer

4.3 Análisis de Frecuencia de los Factores de Riesgo

El análisis de frecuencia de los factores de riesgo permite identificar las variables más recurrentes en la literatura científica y, por tanto, aquellas que han recibido mayor atención en el estudio de la accidentalidad en vehículos de carga. Este análisis se realizó a partir de la matriz comparativa, mediante el conteo de la presencia de cada tipo de factor en los estudios seleccionados.

La frecuencia refleja la recurrencia de los factores en la literatura, mas no necesariamente su impacto.

Tabla 2: Frecuencia de Factores de Riesgo en la Literatura Analizada

Tipo de factor	Número de artículos	Porcentaje (%)
Humanos	9	64%
Vía / Infraestructura	4	28%
Vehículo	2	14%
Ambiental	3	21%
Multivariable	4	28%

4.3.1 Predominancia de los Factores Humanos

Los factores humanos presentan la mayor frecuencia (64%), evidenciando su papel predominante en la ocurrencia de accidentes. Variables como la fatiga, la distracción y el uso de dispositivos móviles afectan la capacidad de reacción del conductor, incrementando el riesgo de eventos (Oviedo-Trespalacios et al., 2017).

4.3.2 Importancia de la Infraestructura Vial

Los factores asociados a la infraestructura vial están presentes en el 28% de los estudios, evidenciando su relevancia, especialmente en la severidad de los accidentes. Variables como la geometría de la vía, las curvas y las pendientes afectan el comportamiento dinámico del vehículo, incrementando el riesgo de pérdida de control. En particular, la combinación de curvas y pendientes genera escenarios críticos en términos de severidad, especialmente en vehículos de carga, debido a su masa y centro de gravedad.

4.3.3 Participación de los Factores Asociados al Vehículo.

Los factores del vehículo presentan una frecuencia del 14%, pero con una alta incidencia en la severidad de los accidentes. Variables como la sobrecarga y las fallas mecánicas afectan la estabilidad y la capacidad de respuesta del vehículo, incrementando la energía involucrada en los eventos. En este sentido, la sobrecarga modifica la distribución de pesos y aumenta el riesgo de

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

volcamiento, mientras que las fallas en sistemas críticos como los frenos están directamente relacionadas con accidentes graves (Xu et al., 2019).

4.3.4 Rol de los Factores Ambientales en la Accidentalidad

Los factores ambientales presentan la menor frecuencia (21%), actuando principalmente como condicionantes del entorno. Variables como la iluminación, la visibilidad y las condiciones climáticas afectan la percepción del conductor y la interacción vehículo-vía. En particular, la baja visibilidad y la conducción nocturna se asocian con un aumento en la severidad de los accidentes, especialmente cuando se combinan con otros factores de riesgo (Abdel-Aty et al., 2011).

4.3.5 Enfoque Multivariable y Convergencia de Factores de Riesgo

El análisis de la matriz comparativa evidencia que una proporción significativa de los estudios (28%) adopta un enfoque multivariable, lo cual confirma que la accidentalidad en vehículos de carga debe ser entendida como un fenómeno en el que múltiples factores interactúan de manera simultánea. Este enfoque representa un avance frente a los análisis tradicionales, ya que permite superar la evaluación aislada de variables y ofrece una comprensión más integral del fenómeno. Desde el punto de vista metodológico, los modelos multivariados permiten analizar la influencia conjunta de diferentes factores de riesgo, así como sus interacciones. En este sentido, se ha evidenciado que el impacto de variables como la velocidad, la fatiga o la distracción no son constantes, sino que se incrementa cuando se combinan con condiciones geométricas complejas de la vía o con características específicas del vehículo (Wang et al., 2019). Esto indica que el riesgo no puede interpretarse como la suma de factores individuales, sino como el resultado de la convergencia de condiciones críticas.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Adicionalmente, este enfoque permite diferenciar entre los factores que influyen en la frecuencia de los accidentes y aquellos que afectan su severidad. En particular, se ha identificado que los factores humanos inciden principalmente en la ocurrencia de los eventos, mientras que los factores asociados a la infraestructura vial y al vehículo tienen una mayor influencia en la magnitud de las consecuencias. En conjunto, el enfoque multivariable permite comprender la accidentalidad como un sistema complejo, en el cual la interacción entre variables define el nivel de riesgo.

4.4 Análisis de impacto: diferenciación entre frecuencia y severidad

El análisis de frecuencia desarrollado en la sección anterior permitió identificar los factores de riesgo más recurrentes en la literatura científica. Sin embargo, la frecuencia de aparición de un factor no necesariamente refleja su nivel de impacto en la accidentalidad, lo que hace necesario diferenciar entre aquellos factores que influyen en la ocurrencia de los accidentes y aquellos que determinan su nivel de severidad. En este sentido, diversos estudios han señalado que la accidentalidad en vehículos de carga debe analizarse a partir de dos dimensiones fundamentales: la probabilidad de ocurrencia del evento y la magnitud de sus consecuencias, las cuales no siempre están determinadas por los mismos factores. Esta diferenciación constituye un elemento clave para comprender el fenómeno y para orientar adecuadamente las estrategias de intervención.

Con el fin de complementar el análisis de frecuencia desarrollado previamente, se hace necesario evaluar el nivel de influencia de los diferentes factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga. En este sentido, la frecuencia de aparición de un factor en la literatura no necesariamente refleja su impacto en el fenómeno, por lo que resulta pertinente diferenciar entre

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

aquellos factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de los accidentes y aquellos que afectan la magnitud de sus consecuencias.

A partir de la información sistematizada en la matriz comparativa, se realizó una clasificación de los factores de riesgo considerando su influencia relativa en la frecuencia de ocurrencia y en la severidad de los accidentes. Este análisis se desarrolló mediante un enfoque interpretativo, basado en la recurrencia de los factores en los estudios analizados y en la forma en que estos son asociados con la accidentalidad en la literatura científica. Como resultado, se establecieron categorías cualitativas de influencia (alta, media y baja), las cuales permiten diferenciar el rol que desempeñan los distintos factores dentro del fenómeno, así como su función dentro del sistema de accidentalidad en vehículos de carga. Esta clasificación facilita una comprensión más integral del fenómeno, al integrar tanto la presencia de los factores como su impacto relativo.

Tabla 3: Clasificación y ponderación del impacto de los factores de riesgo en la accidentalidad de vehículos de carga

Tipo de factor	Frecuencia relativa (%)	Influencia en frecuencia	Influencia en severidad	Nivel de influencia global	Rol dentro del sistema
Humanos	64	Alta	Media	Alta	Detonantes de la ocurrencia
Vía / Infraestructura	28	Media	Alta	Alta	Condicionantes de la severidad
Vehículo	14	Baja	Alta	Media	Amplificadores del daño
Ambiental	21	Baja	Media	Baja	Condicionantes del entorno

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Multivariable	29	Alta	Alta	Muy alta	Integradores del sistema
----------------------	----	------	------	----------	--------------------------

4.4.1 Factores Asociados a la Frecuencia de Ocurrencia

El análisis evidencia que los factores humanos presentan la mayor incidencia en la frecuencia de los accidentes, lo cual es consistente con su alta recurrencia en la literatura (85%). Variables como la fatiga, la distracción, la experiencia del conductor y el comportamiento en la conducción influyen directamente en la probabilidad de que ocurra un evento, ya que afectan la toma de decisiones y el tiempo de reacción del conductor.

En particular, la fatiga y los trastornos del sueño han sido identificados como factores críticos, ya que reducen el estado de alerta del conductor y aumentan la probabilidad de errores operacionales (Stoohs et al., 1994). Asimismo, la distracción generada por el uso de dispositivos móviles introduce un riesgo adicional, al desviar la atención del conductor de la tarea de conducción (Oviedo-Trespalcios et al., 2017). Por otra parte, la experiencia del conductor juega un papel importante en la frecuencia de los accidentes, ya que conductores con menor experiencia presentan mayores tasas de siniestralidad debido a una menor capacidad de anticipación y control del vehículo (Zhang et al., 2017). En conjunto, estos resultados permiten concluir que los factores humanos son los principales determinantes de la ocurrencia de accidentes, actuando como desencadenantes directos de los eventos.

4.4.2 Factores Asociados a la Severidad de los Accidentes

A diferencia de los factores humanos, los factores asociados a la infraestructura vial y al vehículo presentan una mayor influencia en la severidad de los accidentes. Estos factores no necesariamente incrementan la probabilidad de que ocurra un accidente, pero sí determinan el nivel de daño cuando el evento se produce. En el caso de la infraestructura vial, variables como

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

la geometría de la vía, la presencia de curvas y pendientes, así como las condiciones del entorno, influyen directamente en la magnitud de las consecuencias del accidente. Estudios han demostrado que las vías con características geométricas complejas, especialmente en zonas montañosas, están asociadas con un mayor nivel de severidad (Wang et al., 2019)

Por su parte, los factores del vehículo, como la sobrecarga y las fallas mecánicas, afectan la estabilidad y el comportamiento dinámico del sistema, incrementando la energía involucrada en el accidente y, por ende, su nivel de severidad (Assemi & Hickman, 2018). En este sentido, estos factores actúan como determinantes del daño, ya que condicionan la magnitud de las fuerzas involucradas en el evento y la capacidad del sistema para responder ante situaciones críticas.

4.4.3 Factores Transversales y Amplificadores del Riesgo.

Adicionalmente, se identifican factores que no pueden clasificarse exclusivamente como determinantes de frecuencia o severidad, sino que actúan como amplificadores del riesgo al interactuar con otros factores. En este grupo se incluyen variables como las condiciones ambientales, la velocidad y la interacción entre múltiples factores.

La velocidad, por ejemplo, constituye un factor transversal que influye tanto en la probabilidad de ocurrencia como en la severidad de los accidentes. Su impacto se incrementa significativamente cuando se combina con otros factores, como la geometría de la vía o las condiciones del vehículo (Choi et al., 2014). Asimismo, los factores ambientales, aunque menos frecuentes, modifican las condiciones de operación del sistema, afectando tanto el comportamiento del conductor como la respuesta del vehículo. En este sentido, condiciones como la baja visibilidad o la reducción de la adherencia pueden incrementar el nivel de riesgo cuando se combinan con otros factores (Abdel-Aty et al., 2011).

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

4.4.4 Jerarquización de los Factores de Riesgo

A partir del análisis desarrollado, es posible establecer una jerarquización de los factores de riesgo en función de su influencia en la accidentalidad:

- Factores multivariables: integración de factores que afectan tanto en frecuencia como en severidad
- Factores humanos: mayor incidencia en la frecuencia
- Factores de la vía: alta incidencia en la severidad
- Factores del vehículo: impacto significativo en la severidad
- Factores ambientales: amplificadores del riesgo

Esta jerarquización permite comprender que la accidentalidad en vehículos de carga no depende de un único tipo de factor, sino de la interacción entre diferentes variables, cada una con un rol específico dentro del fenómeno.

4.4.5 Implicaciones para la Gestión del Riesgo

El análisis de impacto desarrollado tiene implicaciones directas en la gestión de la seguridad vial. En particular, evidencia la necesidad de adoptar un enfoque integral que considere la interacción entre factores. Para reducir la frecuencia de los accidentes, las estrategias deben enfocarse en la modificación del comportamiento del conductor, mediante programas de capacitación, control de fatiga y regulación del uso de dispositivos móviles. Por otro lado, para reducir la severidad de los accidentes, es necesario intervenir en la infraestructura vial y en las condiciones del vehículo, mediante mejoras en el diseño geométrico, mantenimiento de las vías y control técnico de los vehículos de carga.

4.5 Discusión de Resultados

4.5.1 Coherencia de los Hallazgos con la Literatura Analizada

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran una alta coherencia con los patrones reportados en los estudios analizados, particularmente en lo relacionado con la predominancia de los factores humanos en la frecuencia de los accidentes y la influencia de la infraestructura vial y del vehículo en la severidad. Esta convergencia no solo valida los resultados, sino que también evidencia la existencia de tendencias consistentes en la literatura científica sobre accidentalidad en vehículos de carga. En este sentido, la identificación de los factores humanos como principales determinantes de la ocurrencia de accidentes coincide con estudios que destacan el papel del comportamiento del conductor como elemento central en la seguridad vial. De manera similar, la relación entre la geometría de la vía y la severidad de los accidentes ha sido ampliamente documentada, especialmente en contextos de vías con alta complejidad geométrica. Asimismo, los resultados relacionados con los factores del vehículo, particularmente en lo referente a la sobrecarga y las fallas mecánicas, refuerzan lo planteado en la literatura, donde se reconoce que estos factores tienen una incidencia significativa en la magnitud de los daños generados en los accidentes.

4.5.2 Aportes del Enfoque Comparativo Adoptado

Si bien los resultados son consistentes con la literatura, el principal aporte de esta investigación radica en el enfoque comparativo y sistemático adoptado, el cual permitió integrar resultados provenientes de diferentes estudios, contextos y metodologías. A diferencia de los estudios individuales, que suelen centrarse en un conjunto específico de variables o en un contexto particular, el análisis desarrollado en esta investigación permite identificar patrones transversales y establecer relaciones entre factores que no siempre son evidentes cuando los estudios se analizan de manera aislada. En particular, la construcción de la matriz comparativa

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

permitió no solo organizar la información, sino también identificar la recurrencia de los factores, su clasificación y su relación con la frecuencia y severidad de los accidentes. Este enfoque facilita una visión más integral del fenómeno, permitiendo comprender cómo diferentes variables interactúan y se potencian entre sí.

4.5.3 Interpretación Sistemática de la Accidentalidad

Uno de los hallazgos más relevantes del análisis es la confirmación de que la accidentalidad en vehículos de carga debe entenderse como un fenómeno de carácter sistémico, en el cual intervienen múltiples factores que interactúan de manera dinámica. Desde esta perspectiva, la accidentalidad puede conceptualizarse como el resultado de la interacción entre tres subsistemas principales: el conductor, el vehículo y la vía, los cuales operan dentro de un entorno determinado. La interacción entre estos subsistemas define el nivel de riesgo, y cualquier alteración en uno de ellos puede afectar el comportamiento global del sistema.

Este enfoque sistémico es consistente con los modelos multivariados utilizados en la literatura, los cuales permiten analizar la influencia simultánea de múltiples variables y sus interacciones. En este sentido, el análisis desarrollado refuerza la necesidad de abordar la seguridad vial desde una perspectiva integral, en la cual se consideren tanto los factores individuales como sus interacciones.

4.5.4 Diferenciación Funcional de los Factores de Riesgo

Un aporte clave del análisis realizado es la diferenciación funcional entre los factores de riesgo, en función de su influencia en la frecuencia y severidad de los accidentes. Esta diferenciación permite superar enfoques simplificados que tratan todos los factores de manera equivalente. En este sentido, se identificó que los factores humanos actúan principalmente como detonantes de los eventos, al influir directamente en la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Por otro lado, los factores asociados a la infraestructura vial y al vehículo funcionan como determinantes del daño, ya que condicionan la magnitud de las consecuencias del evento.

Adicionalmente, se identificaron factores que actúan como amplificadores del riesgo, tales como la velocidad y las condiciones ambientales, los cuales incrementan el impacto de otros factores cuando interactúan con ellos. Esta clasificación funcional permite una comprensión más precisa del fenómeno y facilita la identificación de estrategias de intervención diferenciadas.

4.5.5 Implicaciones para la Ingeniería de Transporte

Los resultados obtenidos tienen implicaciones relevantes para la ingeniería de transporte, particularmente en el diseño de estrategias de prevención y control de la accidentalidad en vehículos de carga. En primer lugar, se evidencia la necesidad de priorizar intervenciones en el comportamiento del conductor, dado su papel predominante en la ocurrencia de accidentes. En segundo lugar, se resalta la importancia de mejorar las condiciones de la infraestructura vial, especialmente en tramos con alta complejidad geométrica. Asimismo, se destaca la necesidad de fortalecer los sistemas de inspección y mantenimiento de los vehículos, con el fin de reducir la incidencia de fallas mecánicas y condiciones de operación inseguras. Finalmente, el análisis sugiere que las estrategias de intervención deben diseñarse desde un enfoque integral, considerando la interacción entre factores y evitando enfoques aislados que no capturan la complejidad del fenómeno.

4.5.6 Limitaciones del Análisis

Es importante reconocer que, aunque la investigación se basó en un conjunto representativo de artículos científicos, los resultados dependen de la información disponible en la literatura analizada. En este sentido, algunos factores pueden estar subrepresentados debido a la falta de estudios específicos o a la forma en que se abordan en los diferentes trabajos. Asimismo,

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

la diversidad de metodologías empleadas en los estudios analizados puede generar variaciones en los resultados, lo cual constituye una limitación inherente a las revisiones sistemáticas. No obstante, esta diversidad también representa una fortaleza, ya que permite abordar el fenómeno desde diferentes perspectivas.

5. Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación tuvo como objetivo general identificar los factores de riesgo asociados a la accidentalidad en vehículos de carga mediante una revisión sistemática de la literatura científica. A partir del análisis desarrollado, se concluye que la accidentalidad en este tipo de vehículos corresponde a un fenómeno de carácter multivariable, en el cual intervienen de manera simultánea factores humanos, del vehículo, de la infraestructura vial y del entorno, cuya interacción determina tanto la ocurrencia como la severidad de los accidentes. En este sentido, los resultados confirman que no es posible explicar la accidentalidad a partir de causas aisladas, sino como el resultado de la convergencia de condiciones de riesgo que actúan de forma integrada dentro del sistema de transporte.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a revisar la literatura científica sobre la accidentalidad en vehículos de carga, se concluye que existe una consistencia significativa en los estudios analizados en cuanto a la identificación de factores de riesgo recurrentes, independientemente del contexto geográfico o la metodología empleada. Esta revisión permitió establecer que la literatura converge en reconocer la naturaleza compleja y multivariable del fenómeno, evidenciando que los factores humanos, del vehículo, de la infraestructura vial y ambientales aparecen de manera reiterada como elementos determinantes en la accidentalidad, lo cual valida la pertinencia del enfoque adoptado en la investigación.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

Respecto al segundo objetivo específico, relacionado con la generación de una matriz comparativa para clasificar y analizar los factores de riesgo, se concluye que esta herramienta permitió estructurar de manera sistemática la información recopilada, facilitando la organización, clasificación y comparación de los factores identificados en los diferentes estudios. La matriz comparativa no solo permitió evidenciar la recurrencia de los factores, sino también establecer relaciones entre ellos y su influencia en la accidentalidad, consolidándose como un instrumento metodológico clave para la interpretación del fenómeno y el desarrollo del análisis posterior.

En cuanto al tercer objetivo específico, enfocado en sistematizar los factores de riesgo con mayor probabilidad de presentarse en la accidentalidad de vehículos de carga, se concluye que los factores humanos presentan la mayor incidencia en la ocurrencia de los accidentes, actuando como detonantes del evento, particularmente a través de variables como la fatiga, la distracción y el comportamiento del conductor. Por su parte, los factores asociados a la infraestructura vial y al vehículo tienen una mayor influencia en la severidad de los accidentes, al condicionar la magnitud de las consecuencias, mientras que los factores ambientales y variables como la velocidad cumplen un rol amplificador del riesgo al interactuar con otros factores. Esta sistematización permitió establecer una diferenciación funcional de los factores, evidenciando que no todos inciden de la misma manera dentro del fenómeno. En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que la accidentalidad en vehículos de carga debe ser abordada desde un enfoque integral y sistémico, en el cual se reconozca la interacción entre múltiples variables y su influencia diferenciada en la frecuencia y severidad de los accidentes. Esta perspectiva constituye un aporte relevante para la ingeniería de transporte, al proporcionar una base conceptual y analítica que permite orientar de manera más efectiva las estrategias de prevención y gestión del riesgo.

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda priorizar la implementación de estrategias orientadas al control de los factores humanos, dado su papel predominante en la ocurrencia de los accidentes. En este sentido, es fundamental desarrollar programas de gestión de la fatiga, regulación del uso de dispositivos móviles y fortalecimiento de los procesos de formación y capacitación en conducción segura, con el fin de mejorar la toma de decisiones y la capacidad de respuesta de los conductores frente a situaciones de riesgo.

En cuanto a la infraestructura vial, se recomienda intervenir de manera prioritaria los tramos que presentan condiciones geométricas complejas, mediante mejoras en el diseño, la señalización y los sistemas de control de velocidad, con el objetivo de reducir la severidad de los accidentes. De igual forma, resulta necesario fortalecer los sistemas de inspección técnica y mantenimiento de los vehículos de carga, así como establecer controles más rigurosos sobre la carga transportada, garantizando condiciones adecuadas de operación y reduciendo la probabilidad de fallas mecánicas que incrementen el daño en caso de accidente.

Adicionalmente, se recomienda incorporar los factores ambientales dentro de la planificación y operación del transporte de carga, mediante la implementación de sistemas de monitoreo que permitan gestionar condiciones como la visibilidad, la iluminación y el clima en escenarios críticos. Desde el punto de vista metodológico, se sugiere que futuras investigaciones continúen empleando enfoques multivariantes que permitan analizar de manera simultánea la interacción entre diferentes factores de riesgo, así como ampliar el alcance de los estudios mediante la inclusión de diversos contextos geográficos y operacionales, con el fin de fortalecer la comprensión del fenómeno y contribuir al diseño de estrategias más efectivas para la reducción de la accidentalidad en vehículos de carga.

6. Referencias Bibliográficas

- Ali S. Al-Ghamdi b Assemi, B., & Hickman, M. (2018). Relationship between heavy vehicle periodic inspections, crash contributing factors and crash severity. *Transportation Research Part A*, 113, 441–459 <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.018>
- Bellanca JL, Ryan ME, Orr TJ, Burgess-Limerick RJ. Why Do Haul Truck Fatal Accidents Keep Occurring? *Min Metall Explor*. 2021 Apr;38(2):1019-1029.
<https://doi.org/10.1007/s42461-021-00410-1>
- Choi, S., Oh, C., & Kim, M. (2014). Risk factors related to fatal truck crashes on Korean freeways. *Traffic Injury Prevention*, 15(1), 73–80.
<https://doi.org/10.1080/15389588.2013.778989>
- Dong, C., Qiao Dong, Huang, B., Hu, W., & Nambisan, S. (2017). Estimating factors contributing to frequency and severity of large truck–involved crashes. *Journal of Transportation Engineering*. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000060>
- Du, X., & Zhao, W. (2024). Investigation into human factors in rear-end crashes of commercial trucks based on HFACS and Bayesian networks. *Transportation Research Record*.
<https://doi.org/10.1177/03611981241254114> (Sage Journals)

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

- Giroto, E., Maffei de Andrade, S., González, A. D., & Mesas, A. E. (2016). Professional experience and traffic accidents/near-miss accidents among truck drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 95, 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.004>
- Kibar, F. T., Celik, F., & Aytac, B. P. (2018). Statistical analysis of truck accidents for divided multilane interurban roads in Turkey. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5), 1927–1936. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0050-y>
- Liu, G., Chen, S., Zeng, Z., Cui, H., Fang, Y., Gu, D., Yin, Z., & Wang, Z. (2018). Risk factors for extremely serious road accidents: Results from national Road Accident Statistical Annual Report of China. *PLoS ONE*, 13(8), e0201587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201587> (PubMed)
- Meng Zhang, Vladislav Kecojevic, Dragan Komljenovic (2014). Investigation of haul truck-related fatal accidents in surface mining using fault tree analysis. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.01.005>
- Mohamed A. Abdel-Aty, Hany M. Hassan, Mohamed Ahmed (2012). Real-time prediction of visibility related crashes. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.04.001>
- Oviedo-Trespalacios O, Rey M, Haque MM, Washington S (2017) Factores de riesgo del uso del teléfono móvil al conducir en Queensland: prevalencia, actitudes, percepción del riesgo

de accidentes y estrategias de gestión de tareas.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183361>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al.

(2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Patiño Morantes, A. R., Moreno Contreras, G. G., & Valencia, B. A. R. (2018). Análisis de riesgo de accidentalidad de vehículos pesados en la vía Cúcuta–Pamplona. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 3(32-1), 74–79. <https://doi.org/10.24054/rcta.vi.154>

Stoohs RA, Guilleminault C, Itoi A, Dement WC. Traffic accidents in commercial long-haul truck drivers: the influence of sleep-disordered breathing and obesity. *Sleep*. 1994 Oct;17(7):619-23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7846460/>

Wang, Y., Chen, J., & Guan, E. (2023). What causes severe truck crashes on the flat and mountainous expressways? A comparative study in China. *Transportation Letters*. <https://doi.org/10.1080/19427867.2023.2254126>

Wang, Y., Luo, Y., & Chen, F. (2019). Interpreting risk factors for truck crash severity on mountainous freeways in Jiangxi and Shaanxi, China. *European Transport Research Review*, 11(26). <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0366-4> (SpringerLink)

FACTORES DE RIESGO EN LA ACCIDENTALIDAD PARA VEHICULOS DE CARGA

- Wang, X., Tang, X., Fan, T., Zhou, Y., & Yang, X. (2024). Commercial truck risk assessment and factor analysis based on vehicle trajectory and in-vehicle monitoring data. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/03611981241252148> (Sage Journals)
- Wang, W., Yuan, Z., Yang, Y., Yang, X., & Liu, Y. (2019). Factors influencing traffic accident frequencies on urban roads: A spatial panel time-fixed effects error model. *PLoS ONE*, 14(4), e0214539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214539> (PubMed)
- Xu, T., Jiang, R., Zhao, L., Qi, L., & Zhang, Y. (2019). Analysis of truck-related crashes of freeways in China. *Advances in Mechanical Engineering*.
<https://doi.org/10.1177/1687814018822186> (Sage Journals)
- Yuan, Y., Yang, M., Guo, Y., Rasouli, S., Gan, Z., & Ren, Y. (2021). Risk factors associated with truck-involved fatal crash severity: Analyzing their impact for different groups of truck drivers. *Journal of Safety Research*, 76, 154–165.
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.12.012> (ScienceDirect)
- Zainuddin, N. I., Arshad, A. K., Kordi, N. E., Hamidun, R., & Hashim, W. (2024). Heavy goods vehicle accident risk factors: A systematic literature review. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v10iSI41.7736> (E-BPJ)