



Revista EIA  
ISSN 1794-1237  
e-ISSN 2463-0950  
Año XIX/ Volumen 22/ Edición N.44  
Julio - diciembre 2025  
Reia4411 pp. 1-34

Publicación científica semestral  
Universidad EIA, Envigado, Colombia

## PARA CITAR ESTE ARTÍCULO / TO REFERENCE THIS ARTICLE /

Villa Lara, V.  
Formulación de Estrategias para  
Optimizar la Descarbonización en  
Empresas de Transporte con Flota  
Tercerizada. Estudio de Caso.

Revista EIA, 22(44), Reia4411 pp. 1-34  
<https://doi.org/10.24050/reia.v22i43.1853>

✉ *Autor de correspondencia:*  
Villa Lara, V.  
Fundación Universitaria del Área  
Andina  
Correo electrónico:  
verovila@gmail.com

**Recibido:** 15-01-2025  
**Aceptado:** 10-06-2025  
**Disponible online:** 01-07-2025

# Formulación de Estrategias para Optimizar la Descarbonización en Empresas de Transporte con Flota Tercerizada. Estudio de Caso.

✉ VERÓNICA VILLA LARA<sup>1</sup>

1. Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia

## Resumen

Colombia, al suscribir el acuerdo de París, se comprometió a reducir en un 51% las emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI para 2030 y lograr ser carbono neutral en 2050. En este sentido el sector de transporte terrestre de mercancías, que aporta el 12% de las emisiones del país, tiene grandes retos por delante. Este trabajo de investigación tiene como objetivo servir de guía para que empresas de transporte que operan con flota predominantemente tercerizada encuentren alternativas para implementar acciones enfocadas al cumplimiento de la meta de descarbonización. Se realizó una investigación mixta que incluyó 381 encuestas a conductores de camiones y entrevistas semiestructuradas a líderes de empresas de transporte, generadores de carga y expertos nacionales en la materia. Se evaluaron alternativas prácticas a la electrificación de vehículos, considerando las limitaciones relacionadas con la tercerización de la flota. El análisis reveló que las medidas más efectivas implican una combinación de estrategias a corto, mediano y largo plazo. Entre las principales acciones destacan: aumentar la ocupación vehicular, reducir viajes vacíos, fomentar la eco-conducción y adoptar tecnología para la medición y monitoreo de emisiones. Sin embargo, persisten barreras como la resistencia al cambio, costos asociados y la falta de infraestructura de recarga. Las encuestas mostraron baja disposición de los actores a asumir medidas significativas sin incentivos claros. La sostenibilidad es reconocida como una prioridad en el sector, pero su implementación requiere un papel más activo del gobierno para corregir fallas de mercado, ofrecer incentivos y promover políticas públicas. Se recomienda iniciar con acciones de bajo costo, como la capacitación en eco-conducción y la

optimización logística, mientras se trabaja paralelamente en la transición a flotas con tecnologías limpias. La cooperación entre sectores será clave para cumplir con los compromisos climáticos nacionales.

**Palabras clave:** Descarbonización; Carbono neutral; Acuerdo de Paris; Transporte de carga terrestre; Movilidad sostenibles.

---

Clasificación JEL: F18, F53, L91, L92, L98, N76, Q56, R49

## Formulation of Strategies to Optimize Decarbonization in Transport Companies with Outsourced Fleet. Case Study.

### Abstract

When Colombia signed the Paris Agreement, it committed to reducing greenhouse gas emissions by 51% by 2030 and becoming carbon neutral by 2050. In this sense, the land transport sector, which accounts for 12% of the country's emissions, faces major challenges. This research aims to serve as a guide for transport companies that operate with a predominantly outsourced fleet to find alternatives to implement actions focused on achieving the decarbonization goal. Mixed methods research was conducted, including 381 surveys of truck drivers and semi-structured interviews with transportation company executives, freight generators, and national experts in the field. Practical alternatives to vehicle electrification were evaluated, considering the constraints associated with fleet outsourcing. The analysis showed that the most effective measures involve a combination of short-, medium- and long-term strategies. Key actions include: increasing vehicle utilization, reducing empty trips, promoting eco-driving, and introducing technology to measure and monitor emissions. However, barriers such as resistance to change, associated costs and lack of charging infrastructure remain. Surveys show that stakeholders are reluctant to take meaningful action without clear incentives. Sustainability is recognized as a priority in the sector, but its implementation requires a more active role for government to correct market failures, provide incentives and promote public policies. It is recommended to start with low-cost measures such as eco-driving training and logistics optimization, while working in parallel on the transition to clean technology fleets. Sectoral cooperation will be key to meeting national climate commitments.

**Keywords:** Decarbonization; Neutral carbon; Paris agreement; Trucking industry; Sustainable mobility

JEL Classification: F18, F53, L91, L92, L98, N76, Q56, R49

## 1. Introducción

Como signatario del Acuerdo de París, Colombia tiene el compromiso de reducir en un 51% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2030 y alcanzar la neutralidad de carbón en 2050. Para lograr esta meta, un sector clave es el transporte de carga por carretera, que es responsable del 12% de los GEI en el país (Agudelo Santa Maria, 2020).

Una de las más relevantes estrategias para descarbonizar el transporte de carga por carretera es a través de la transición energética de los vehículos. Si bien esta acción es una de las que más impacto tiene, su aplicación no será tan rápida como se requiere, debido a las limitaciones financieras de los propietarios para la compra de nuevos vehículos, los costos asociados a los equipos de baja o nula emisión, la capacidad de producción de los fabricantes, restricciones de las tecnologías disponibles y la necesidad de desarrollo de la infraestructura de recarga (Cantillo, 2023). Sin embargo, la opción de esperar sin hacer nada, mientras se materializa la electrificación de la flota, tampoco es viable y se requiere identificar acciones inmediatas que contribuyan a la disminución de la generación de emisiones en el transporte terrestre de mercancías.

En Colombia las emisiones GEI del sector transporte corresponden al 38,3% del total del país (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015). De acuerdo con cifras presentadas por Giro Zero en el marco del Congreso Colfecar 2022, se puede lograr una reducción cercana al 35% de estas emisiones a través de la implementación de mejores prácticas. Si bien estas cifras corresponden al total del sector transporte, este documento se enfoca únicamente en el segmento de transporte terrestre de mercancías, y tiene como objetivo principal presentar una compilación de acciones de mitigación de emisiones, que pueden ser implementadas en horizonte de corto, mediano y largo plazo por parte de los actores involucrados en el transporte de carga terrestre. Entre las medidas consideradas se incluye el aumento del uso de la capacidad ocupada de los vehículos, la entrega de mercancías en horarios no convencionales y la disminución de los viajes vacíos. Esta investigación realiza un análisis exploratorio para evaluar la disposición de los actores logísticos a adoptar este tipo de estrategias.

El sector del transporte terrestre de mercancías en Colombia está constituido por 3.695 compañías habilitadas (Mintransporte - RNDC, 2022) y un parque automotor cercano a 360.000 vehículos en sus diferentes configuraciones (Ministerio de transporte, 2020). Su impacto sobre los niveles de emisión es significativo, principalmente considerando que la edad media de la flota es de 15 años (Cantillo, 2023).

Para el desarrollo de la investigación, se tuvieron en cuenta fuentes documentales tales como artículos de investigaciones encontrados en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Scholar, referencias bibliográficas de los artículos encontrados, así como documentación de diferentes instituciones públicas y privadas en Colombia tales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), entre otros. La metodología incluyó encuestas estructuradas a expertos reconocidos en el sector de sectores académicos y consultores, empresarios de transporte y conductores, los cuales aportaron desde su experiencia elementos claves para la construcción del documento.

## 2. Estado del arte

### 2.1. Contexto

En 2015 las naciones del mundo dieron un paso fundamental en la lucha contra el cambio climático al suscribir el acuerdo de París y definir los Objetivos de desarrollo sostenible ODS. Este acuerdo busca limitar a 1,5°C el aumento de la temperatura y lograr la carbono neutralidad para el año 2050. Colombia, como integrante de este gran pacto, se comprometió en lograr la reducción de las emisiones en 51% para el año 2030. (Giro Zero, s.f.)

En el mundo los principales emisores de GEI son China, Estados Unidos y la India, países que en conjunto representan aproximadamente el 50% de las emisiones del mundo. La emisión de GEI de Colombia respecto a las emisiones mundiales es apenas el 0,4% de las emisiones mundiales. Con relación a las 32 economías de América Latina y el Caribe, Colombia ocupa el puesto 5 en

mayor cantidad de emisiones. En cuanto a las emisiones per cápita, Colombia ocupa el puesto 105 a nivel mundial (de mayor a menor), las cuales son de 4.2 ton CO<sub>2</sub> eq / habitante. Estas se encuentran por debajo de las de países desarrollados como Canadá (24,6) y Estados Unidos (18,5) y de las de otros países latinoamericanos como Paraguay (16,6), Argentina (9,8) y Ecuador (8,9) (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2016)

Como parte de los compromisos adquiridos por Colombia, se realiza periódicamente el Inventario Nacional GEI. En Colombia, esta actividad ha sido liderada por el IDEAM. Este inventario, se realiza de acuerdo con directrices internacionales del IPCC, de tal manera que los datos puedan ser comparados entre los diferentes países. Las directrices del IPCC 2006 dividen las emisiones GEI en 4 grandes grupos: Energía; Procesos industriales; Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y Residuos. Por su parte las emisiones generadas en los procesos de transporte hacen parte del grupo de Energía.

El total de las emisiones de Colombia en el grupo de Energía corresponde al 44% del total nacional, de acuerdo con el inventario GEI del año 2012. De este total, el transporte en todas sus modalidades representa el 38,3%, (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015)

## *2.2. Sector transporte de carga terrestre en Colombia*

De acuerdo con (Carvajal et al. 2019), el desarrollo de la industria automovilística asociada a los combustibles fósiles debido a la accesibilidad de estos transformó la sociedad y contribuyó a desarrollo urbanístico de las ciudades, las cuales se concibieron y construyeron en torno a los vehículos. Se incrementaron las distancias entre los orígenes y los destinos y se creó una dependencia a la movilización motorizada. En consecuencia, hoy en día, el transporte es responsable del 24% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a escala global por el uso de combustibles (García et al., 2022).

En el caso de Colombia, las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector transporte de carga terrestre corresponden al 12% del inventario nacional, a su vez, este sector transporte aporta al PIB del país el 4%.

(Agudelo Santa Maria, 2020) Respecto a las modalidades, al excluir el transporte de hidrocarburos, el transporte de carga por carretera representa el 96,9%, pero incluyendo el transporte de hidrocarburos la participación baja al 81%, dejando una estrecha participación para los modos aéreo, fluvial y férreo. Lo anterior muestra que existe un bajo nivel de aprovechamiento de la movilización de productos diferentes al sector minero energético en los modos férreo y fluvial, los cuales el Gobierno nacional busca impulsar, teniendo en cuenta el potencial de reducción en los costos en la operación de transporte y disminución de emisión de GEI (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020, pág. 100)

El consumo de combustibles en el transporte terrestre ha mantenido una evolución creciente, respondiendo a la demanda por el aumento sostenido en el parque automotor nacional; adicionalmente, la dinámica de este sector se ha visto influenciada por cambios en el mercado de combustibles; es decir, la entrada de biocombustibles (biodiesel y alcohol carburante en mezcla con combustibles fósiles) y los planes de conversión de vehículos a gas natural, lo que ha generado que las emisiones de GEI provenientes de automóviles (servicio particular y taxis) disminuyan, mientras que las asociadas al transporte de carga, público de pasajeros y de motocicletas aumenten. (Gomez et al., 2017)

El transporte terrestre de mercancías en Colombia es catalogado como un servicio público esencial, y de esta manera las empresas que presten este servicio deben estar habilitadas por el Ministerio de Transporte para poder prestar su servicio. (Agudelo Santa Maria, 2020, pág. 11). Esto quiere decir que para que un generador de carga realice la movilización de mercancías, debe contratar a una empresa de transporte que le preste este servicio. De acuerdo con la consulta de empresas con habilitación activa en el portal del Registro Nacional de Carga (RNDC) de Mintransporte, en Colombia hay a junio del 2022 3.695 empresas de transporte habilitadas. (Mintransporte, s.f.)

De acuerdo con cifras socializadas del RUNT, el parque automotor de carga de Colombia es del orden de 360.000 vehículos, de los cuales, en el 2021 registraron viajes en el RNDC aproximadamente 135.000. (Agudelo Santa Maria, 2020) Por su parte, el parque automotor de carga con capacidad superior a 10,5 toneladas está

conformado por 129.108 vehículos (camiones y tractocamiones) (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020, pág. 102). Según las estadísticas publicadas en el Portal Logístico de Colombia, en 2021 se movilizaron 123.711.243 toneladas en el país. Por otro lado los vehículos de carga en Colombia tienen una edad promedio superior a los 20 años y consumen el 75% del combustible diésel del país (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020, pág. 174). La obsolescencia tecnológica de los camiones impacta significativamente los niveles de emisión de GEI.

Las empresas de transporte, en su mayoría subcontratan las diferentes movilizaciones, con flota tercerizada, es decir, con propietarios independientes de vehículos, que no cuentan con la habilitación directa del Ministerio de Transporte. Cifras del sector, estiman en aproximadamente 80% la flota perteneciente a estos propietarios independientes (Cantillo, 2023). Por su parte los propietarios independientes de vehículos son en general personas naturales con uno o dos vehículos, en muchas ocasiones el propietario es el mismo conductor. Estos actores, usualmente prestan sus servicios sin compromisos de exclusividad y están sujetos a las condiciones de oferta y demanda que se presenta en los centros de origen y destino de mercancías del país.

### *2.3. Movilidad sostenible – Logística verde*

El concepto *movilidad sostenible* se define como: «Contener el impacto del transporte en el medio ambiente, permitiendo que el transporte continúe cumpliendo sus funciones económicas y sociales» (European Commission, 1992). Facilita tener un nuevo enfoque en la gestión de la reducción de emisiones y concentrar la atención de los diferentes actores a nivel internacional. (Carvajal Alcaraz, Vélez Salazar, & Barrera, 2019)

El transporte terrestre y la industria se consideran “difíciles de descarbonizar”. Mejoras incrementales en la electrificación, los cambios en las modalidades de transporte y los procesos de innovación de la industria reducirán el consumo de combustibles fósiles; sin embargo, el aumento en la demanda presionará el uso de nuevos combustibles (Buirra et al., 2021)

Para elaborar una política de reducción de las emisiones en el sector transporte, es necesario aislar y abordar directamente los principales factores. Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en el transporte dependen de la distancia recorrida, la tasa de ocupación del vehículo, la eficiencia del vehículo y el combustible utilizado. (Bataille, y otros, 2020). Por su parte (Chatziioannou et al., 2023) destacan la importancia de la planificación urbana sostenible y la inversión en infraestructura que facilite el uso de alternativas de transporte menos contaminantes, así como la necesidad de fomentar la colaboración entre diferentes niveles de gobierno y sectores para lograr una transición efectiva hacia un transporte más sostenible y descarbonizado. A su vez, Xue et al. (2023) plantean que para lograr la descarbonización del transporte de carga se requiere una combinación de medidas de corto, mediano y largo plazo que incluyan actividades de eficiencia del proceso logístico, mejora en la aerodinámica de los vehículos y transición de combustibles pasando por vehículos híbridos, vehículos con nuevas energías, avanzando en descarbonizar las fuentes de combustibles.

La necesidad de establecer bases científicas acertadas para la formulación de políticas y decisiones estratégicas ayuda a mitigar la incertidumbre sobre la movilidad sostenible en el futuro. De acuerdo con Carvajal et al. (2019) y Zhang & Hanaoka (2022) estas estrategias se agrupan en tres categorías, según se presenta en la Tabla 1. Las actividades referidas en la Tabla 1 como estrategias para la descarbonización del transporte de carga son una síntesis de las propuestas por Carvajal et al. (2019), Ortega et al., (2021), Buirra et al. (2021) y Zhang & Hanaoka (2022).

**Tabla 1.** Estrategias para la descarbonización en el transporte

Reducción	Sustitución	Eficiencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar o reducir número y distancia recorrida en los desplazamientos</li> <li>- Regulación de precios</li> <li>- Ruteo dinámico</li> <li>- Entregas en horas no pico</li> <li>- Cargo ambiental para viajes vacíos</li> <li>- Eficiencia por adecuaciones en la aerodinámica y neumáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compensación de carga</li> <li>- Transporte férreo</li> <li>- Fluvial</li> <li>- Vías de dedicación exclusiva a camiones</li> <li>- Impuestos a los combustibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eco conducción</li> <li>- Vehículos eléctricos</li> <li>- Vehículos a hidrogeno</li> <li>- Bonos de carbono</li> </ul>

Elaboración propia, basada en Carvajal et al. (2019), Ortega et al. (2021), Buirra et al. (2021) y Zhang & Hanaoka (2022).

En la Tabla 1 se agrupan las estrategias de descarbonización, según las categorías: reducción, sustitución y eficiencia. Es de resaltar, que las acciones encaminadas a la eficiencia son aquellas que mayor impacto tienen en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, también son las que más inversión y costos requieren. Por su parte las actividades catalogadas en la estrategia de reducción son más convenientes a nivel de costos y facilidad de implementación (Zhang & Hanaoka, 2022)

Teniendo en cuenta el peso que representa las emisiones de China, recientemente las investigaciones sobre estrategias para descarbonización del transporte en este país han aumentado, lo cual indica un creciente interés en el tema. Xu et al, (2023) destacan como impulsores de la descarbonización la consciencia social, las políticas gubernamentales y la presión de las partes interesadas. Además, visualizan las nuevas tecnologías como habilitadores, y como barreras la incertidumbre política, la falta de financiación y la resistencia al cambio.

De acuerdo con el 1.5°C Business Playbook, la estrategia de descarbonización de cualquier organización debe fundamentarse en 4 pilares: 1. Reducir las emisiones propias, 2. Reducir las emisiones a través de la cadena de valor, 3. Integrar las acciones climáticas en la estrategia empresarial y 4. Influir en acciones externas a la organización (Race to zero, Exponential Road Map Initiative, SME Climate Hub, 2020). Las acciones por desarrollar establecidas en este documento son las siguientes:

- Realizar la medición de emisiones al interior de la organización, definir las fuentes de emisión, definir el año base.
- Encargar a una persona responsable dentro de la organización del seguimiento de las iniciativas
- Involucrar a todo el personal de la compañía en el conocimiento de las acciones y seguimiento de los resultados
- Considerar bonificaciones al personal y/o contratistas, preferencia en la sección de proveedores, entre otros, de acuerdo con los compromisos y resultados de acción climática
- Educar al personal y/o contratistas en acciones de impacto en la acción climática
- Hacer que la misión, visión, propósito, y en general el direccionamiento estratégico refleje el compromiso con la acción climática.
- Considere comprar bonos de carbono.

#### *2.4. Electrificación del transporte*

El estudio realizado por Konstantinou & Gkritza (2023a) en el cual fueron aplicadas 200 encuestas a administradores de flotas, identifica que en Estados Unidos hay mayor propensión a la electrificación de la flota en empresas que tienen altos ingresos y tienen un tamaño elevado de vehículos. Los autores proponen a los actores involucrados identificar este tipo de compañías para desarrollar programas que incentiven la toma de decisión. El estudio identifica que las empresas en las que los vehículos realizan un mayor kilometraje anual que el promedio son menos propensas a la electrificación, al igual que las empresas con vehículos de mayor capacidad de carga, lo que da un elemento a tener en cuenta para desarrollar políticas públicas en este segmento de empresas. Las mismas autoras (Konstantinou & Gkritza, 2023b) realizan encuestas a 74 administradores de flota y analizan el impacto de 10 barreras identificadas previamente, encontrándose que las principales barreras para la electrificación de la flota son aquellas relacionadas con el modelo de negocio, las asociaciones, la disponibilidad del producto y el tiempo de carga. Por su parte Henrik & Emil (2024)

realizaron encuestas a 156 empresas suecas, encontrando que la mayor disposición a la electrificación de la flota estaba en las empresas más grandes y diversificadas, mientras que la antigüedad de las empresas no era un factor determinante.

Haciendo un análisis de toda la cadena de valor de los vehículos eléctricos, se encuentra que estos reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 32% comparando con su contraparte convencional. No obstante, en Colombia, para la conversión de la flota diésel a eléctrica tiene muchas barreras. Entre estas se destacan el costo de adquisición superior que el de los vehículos eléctricos respecto de su contraparte diésel. También, la poca oferta de vehículos eléctricos en el país y que la red de recarga para vehículos es incipiente. Como resultado entre la deficiencia en la red de recarga y la autonomía de los vehículos, se hace inviable usarlos para viajes nacionales. A ello se agrega la percepción de que el tiempo necesario para recargar el vehículo es una ineficiencia en el proceso logístico. Ante posibles nuevas fuentes de energía, tales como el hidrógeno, se percibe resistencia a la electrificación por temor a hacer inversiones improductivas. Para lograr vencer estas barreras es necesario establecer incentivos y políticas gubernamentales que promuevan y aceleren el proceso de transición energética en los vehículos (García et al., 2022)

La adopción de vehículos amigables con el ambiente necesita ser promovida a través de varios incentivos financieros y no financieros, tales como prohibiciones futuras de vehículos que usen combustibles fósiles, impuesto a los combustibles, subsidios para compra, exenciones de impuesto de registro, bonos por compra, exención de costos de parqueo, y peajes (Zhang & Hanoaka, 2022). Teniendo en cuenta el contexto anterior, se visualiza en Colombia que las medidas para impulsar la electrificación de la flota serían de mediano y largo plazo y que paralelo a la concertación y financiación de estas, se deben implementar políticas complementarias para la descarbonización de las operaciones enmarcadas en la estrategia de reducción de emisiones (Cantillo et al., 2022).

### *2.5. Movilidad sostenible en transporte de carga en Colombia*

En la encuesta de Opinión industrial Conjunta realizada por la ANDI en agosto de 2021, se encontró que solo el 27,5% de las empresas miden su huella de carbono, la mayoría de ellas aplicando la metodología ISO 1464-1 (Portafolio, 2021). No se encuentran cifras referentes al número de empresas de transporte que realizan la medición de emisiones de GEI; sin embargo, es altamente probable que la cifra sea inferior, teniendo en cuenta el alto grado de informalidad del sector.

Desde el sector privado se encuentran referencias a la movilidad sostenible, en actividades y documentos originados en el Clúster de Logística y Transporte de la Cámara de Comercio de Bogotá, donde, por ejemplo, en el 2021 lanzaron la Guía empresarial para el desarrollo de prácticas de consolidación de cargas en un contexto urbano regional (Camara de Comercio de Bogota, 2021). Adicionalmente Giro Zero, iniciativa liderada por la Universidad de los Andes, publicó en 2022 el Plan Estratégico de Negocios, en el cual estudian alternativas a disposición de las empresas de transporte, los transportadores independientes y el sector público para reducir las emisiones en el sector de transporte de carga por Carretera (Giro Zero, 2022). Por su parte Grupo Nutresa en 2017, publica el Manual Transporte Limpio Volumen 2, el cual busca avanzar hacia una red de valor cada vez más sostenible y competitiva, generando conciencia en los empresarios del sector transporte sobre la relación entre el desarrollo empresarial y las problemáticas ambientales (Grupo Nutresa, 2017)

En diferentes entidades del gobierno nacional se encontraron referencias a la descarbonización del transporte de carga. Ejemplo de ello es el Plan de Acción Sectorial de Mitigación PAS sector transporte, (Mintransporte, ECDBC, 2013), los documentos CONPES 3547, 3489, 3759, 3963, 3982, así como documentos del IDEAM, la UPME, entre otros. Respecto a la voluntad de las empresas de transporte en Colombia Cantillo et al., (2022) identifican que las empresas en Colombia son altamente sensibles al costo de compra de los vehículos; además, encontraron que la conciencia ambiental juega un papel significativo en la decisión de compra.

La presente investigación busca identificar la apropiación del conocimiento en movilidad sostenible por parte de los empresarios de transporte de carga terrestre y su disposición a aplicar acciones tendientes a disminuir emisiones de carbono. Adicionalmente se contrasta la perspectiva de los empresarios del transporte con la de generadores de carga, conductores y expertos en logística de sectores consultores y académicos.

### **3. Metodología**

En el marco de esta investigación, se aborda el estudio del transporte terrestre de carga en Colombia con el objetivo principal de analizar las iniciativas y estrategias dirigidas hacia la descarbonización del sector. Este trabajo se enmarca en una investigación aplicada que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Para ello, se ha realizado un exhaustivo análisis del estado del arte, incluyendo documentos de investigaciones y publicaciones de diversas instituciones, así como entrevistas con empresarios del transporte, generadores de carga, expertos del sector y propietarios independientes de vehículos, complementadas con encuestas dirigidas a conductores. Este enfoque amplio busca evaluar las acciones implementadas hasta el momento, sus resultados y las posibles mejoras para alcanzar las metas de descarbonización establecidas.

#### ***3.1. Tipo de investigación:***

De acuerdo con el propósito, el desarrollo corresponde a una investigación aplicada. En función, con las fuentes de información, es una investigación mixta al incluir tanto fuentes documentales como investigación de campo.

Para comenzar ha sido necesario identificar el estado del arte, el cual incluye tanto documentos de investigaciones, como publicaciones de instituciones públicas y privadas que están desarrollando iniciativas sobre la materia.

La metodología incluye entrevistas con empresarios de transporte, generadores de carga, expertos del sector y con propietarios independientes de vehículos. Además, encuestas a

conductores. De esta manera, se pretende analizar las acciones que se han venido desarrollando hasta el momento buscando sostenibilidad en el transporte de carga terrestre, sus resultados, y las oportunidades de mejora para potencializar el resultado de las metas de descarbonización.

### *3.2. Alcance*

El alcance de la investigación que realizada se clasifica como “estudio descriptivo”, tal como se mencionó en el numeral anterior. El transporte terrestre de carga en Colombia se caracteriza por un alto componente de tercerización, por lo cual es necesario identificar las relaciones entre los diferentes grupos de interés, y de esta manera lograr presentar propuestas viables y de impacto.

Se ha observado previamente que las transformaciones del sector de transporte terrestre de mercancías han estado en su mayoría lideradas desde los generadores de carga. Este enunciado deberá ser validado, y el resultado de esta validación será clave para el planteamiento de las estrategias que se buscan desarrollar con el presente proyecto de investigación.

### *3.3. Enfoque*

El enfoque que se abordado en la ejecución del proyecto de investigación fue triangular, que se abordaron elementos tanto cuantitativos, como cualitativos.

Se involucraron elementos cuantitativos, tales como cifras y estadísticas de las diferentes entidades relacionadas previamente. Además, se realizaron encuestas y/o entrevista tanto a personas que hagan parte de empresas generadores de carga, como empresas de transporte, como propietarios individuales de vehículos y conductores.

Con respecto a los elementos cualitativos, se tiene en cuenta el análisis de la información documental y los instrumentos de recolección de información aplicados

### *3.4. Fuentes de datos*

Se aplicaron 4 instrumentos de recolección de información, 3 de ellos con actores directos del proceso logístico: Generadores de carga, empresas de transporte y conductores. El cuarto instrumento se aplicó a consultores y académicos del sector. Se buscó poder comparar las visiones desde su respectivo rol, la apropiación del conocimiento y la disposición a participar activamente en el proceso de descarbonización. En general todas las encuestas estaban conformadas por tres bloques de preguntas, el primero de caracterización del encuestado, el segundo enfocado en identificar el grado de conocimiento sobre la materia, y el tercero el grado de disposición a implementar acciones para descarbonización del transporte, utilizando una escala Likert de 5 puntos.

Se definió realizar encuestas a generadores de carga, transportadores y conductores, con el objetivo de comparar desde su respectiva visión algunas de las medidas que podrían implementarse enmarcadas en la disminución de emisiones.

Respecto a las encuestas a empresarios del transporte. El propósito es explorar su conocimiento sobre la problemática de la descarbonización del transporte de carga, la percepción sobre la institucionalidad, las metas planteadas, y los recursos disponibles para cumplir el papel que le corresponde en el cumplimiento de la meta de descarbonización; además, las acciones que han emprendido para medir y disminuir la huella de carbono.

Por su parte la encuesta aplicada a generadores de carga buscó conocer su favorabilidad ante algunas medidas para disminuir la huella de carbono. Adicionalmente, se aplicó otro instrumento a conductores de vehículos de carga, con el propósito de evaluar su disposición a aceptar la implementación de políticas sostenibles. Las encuestas favorecieron disponer de información de valor que permita formular estrategias para involucrar en mayor medida a estos actores, como pieza clave en el proceso de descarbonización en el transporte de carga en flotas predominantemente tercerizadas. Por último, se aplicó un instrumento a líderes del sector, especialmente desde sectores académicos y consultores, para conocer su visión

hacia posibles iniciativas de política pública relacionadas con la sostenibilidad en el transporte de carga terrestre.

Respecto los instrumentos de recolección de información de las empresas de transporte y líderes de la industria, se estableció como meta entrevistar a 40 personas. En cuanto a la realización de encuestas o entrevistas con propietarios o conductores, considerando que es una población estimada de 120.000 personas, se estimó una muestra mínima de 383 personas. Para la definición del tamaño muestral se consideró un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, según la ecuación (1)

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \frac{(z^2 \times p(1-p))}{e^2 N}}$$

En donde

N = tamaño de la población

p = desviación estándar, para la muestra se utilizó 0,5

e = margen de error (porcentaje expresado con decimales), en este caso 0,05

z = puntuación z: La puntuación z es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media. Para un nivel de confianza deseado del 95%, z es igual 1,96

Para aplicar el instrumento con conductores / propietarios, se realizó un cuestionario en Google Forms, el cual se difundió a través de redes sociales, con la colaboración de empresas de transporte. Además, se realizó de manera personalizada a conductores en sitios de estacionamiento de camiones, y zonas industriales de la ciudad de Barranquilla en 2022 y 2023. Respecto al instrumento diseñado para líderes de empresas de transporte y generadores de carga, se realizó una solicitud directa a contactos previamente identificados tanto a través de redes sociales. Los cuestionarios pueden ser consultados en los enlaces presentados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Enlaces de los instrumentos aplicados

Público objetivo	Enlace del cuestionario
Expertos nacionales	<a href="https://forms.gle/Zk3kCuafUcypUQpf8">https://forms.gle/Zk3kCuafUcypUQpf8</a>
Empresas de transporte	<a href="https://forms.gle/PSBnanzuby1ditAo9">https://forms.gle/PSBnanzuby1ditAo9</a>
Generadores de carga	<a href="https://forms.gle/NUvbkdgDuWEVTzQ96">https://forms.gle/NUvbkdgDuWEVTzQ96</a>
Conductores	<a href="https://forms.gle/c6LkxblSqMURBtA49">https://forms.gle/c6LkxblSqMURBtA49</a>

#### 4. Resultados

En la Tabla 3 se relaciona el tamaño de la muestra de las encuestas aplicadas. Puede notarse que los tamaños de la muestra superan los valores objetivo.

**Tabla 3.** Tamaño muestra

Perfil	Muestra objetivo	Cantidad de instrumentos aplicados
Expertos	30	42
Empresas de transporte	30	42
Generadores de carga	20	30
Conductores	383	390

##### *4.1. Instrumento aplicado a expertos sectoriales: academia, entidades públicas y sector privado*

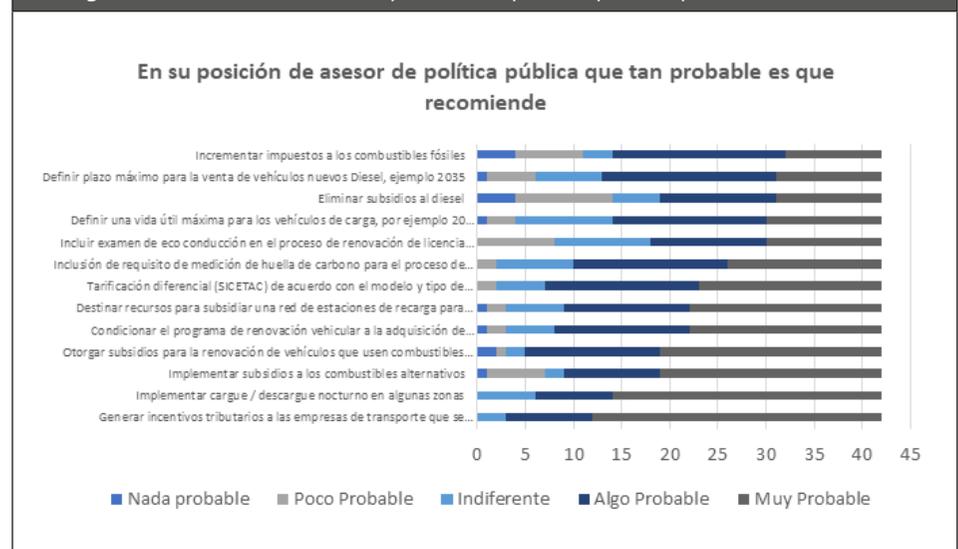
La Tabla 4 describe las características de la muestra correspondiente a sectores expertos. Puede notarse un predominio de hombres, lo cual se explica por la mayor presencia masculina en el sector. Dos terceras partes son mayores de 40 años. A su vez, la mayor parte de los expertos son del sector académico, seguido por expertos del sector privado y, finalmente, del sector público.

**Tabla 4:** caracterización de población instrumento "expertos sectoriales"

Variable	%	Variable	%
Sexo		Sector	
Mujeres	31%	Academia	67%
Hombres	59%	Entidades públicas	14%
Edad		Sector privado	19%
Hasta 40 años	60%		
Mas de 41	40%		

Se realizaron preguntas en 2 bloques, en el primer bloque se preguntó: ¿En tu calidad de asesor de política pública que tan probable es que recomiendes las medidas que se presentan a continuación? El cuestionario estaba en una escala Likert de 1 a 5, en el cual 1 es en total desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. En el cuestionario se dejó una pregunta abierta para enumerar otras recomendaciones que el experto sugiere. En el segundo bloque, también aplicando una escala Likert de 5 puntos, se preguntó: ¿En su posición de asesor experto para una empresa de transporte, ¿Qué tan probable es que usted recomiende a la empresa implementar las siguientes medidas? La figura 1 presenta la distribución de las respuestas sobre la recomendación de los expertos académicos y consultores ante las políticas públicas consideradas.

**Figura 1.** Recomendaciones de expertos sobre políticas públicas para descarbonización



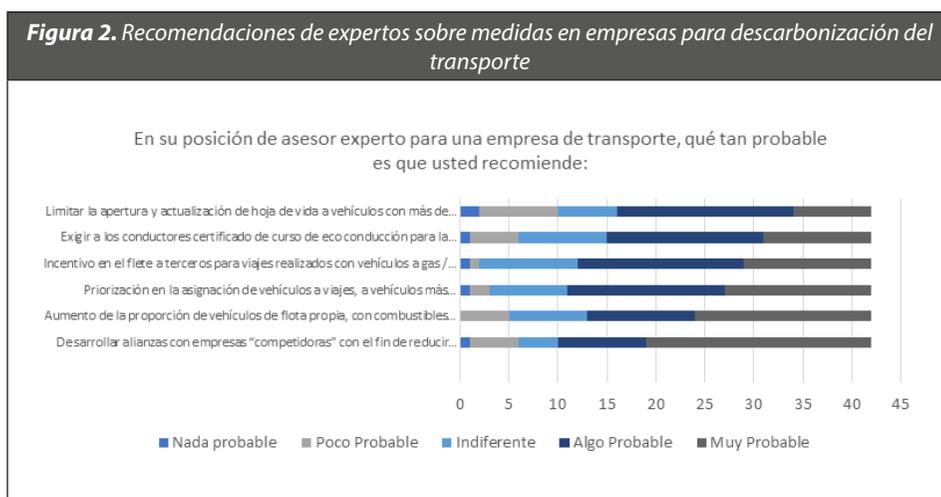
Llama la atención que las dos medidas que entre nada probable y poco probable tienen más participación, se encuentra “incrementar impuestos a combustibles fósiles” y “eliminar subsidios al diésel”. En la práctica, ambas medidas aumentarían el precio del diésel, lo cual podría hacer económicamente viable el transporte con vehículos que utilicen otras fuentes de energía. Por su parte la medida con mayor favorabilidad es “Generar incentivos tributarios a empresas de transporte que se certifiquen en carbono neutral”, lo cual indica una tendencia a recomendar incentivos que se traducen en subsidios más que encarecer combustibles fósiles. Como se verá más adelante, son muy pocas las empresas de transporte que miden su huella de carbono, y no se tiene conocimiento de ninguna que haya logrado certificarse en carbono neutral. El logro de esta certificación implicaría la implementación de muchas acciones de reducción, sustitución y eficiencia enunciadas en este documento.

El instrumento incluída una pregunta abierta, para que los expertos hicieran recomendaciones adicionales, las cuales se consolidaron en la lista a continuación. Vale la pena resaltar que el desarrollo del intermodalismo fue abordado por varios de los expertos como una de las medidas que mayor impacto tendría en la disminución de emisiones.

- Promover la intermodalidad, y fomentar el desarrollo del sistema férreo y fluvial
- Implementar acciones de capacitación y sensibilización de manera permanente para todos los actores de la cadena involucrados. Evaluar el condicionamiento de tramites o incentivos asociados a la asistencia, por ejemplo, condicionar la licencia de transito al curso de eco conducción.
- Desarrollar un sistema de información asociado al SICETAC o a RNDC en donde se realice la medición y monitoreo de emisiones
- Implementar el cargue y descargue nocturno obligatorio para vehículos de carga con combustibles fósiles tradicionales
- Centro de consolidación urbana
- Incentivar esquemas colaborativos de transporte de carga mediante reducción de impuestos.

- Mayor control a la revisión técnico-mecánica de los vehículos

A su vez, la Figura 2 presenta la distribución de las respuestas sobre recomendaciones de expertos relacionadas con medidas a tomar por las empresas orientadas hacia la descarbonización del transporte de carga.



Puede notarse que la medida que mayor rechazo genera es la limitación de operación para vehículos con más de 10 años de circulación. Esta respuesta puede explicarse teniendo en cuenta que en los últimos años ha disminuido la cantidad de vehículos nuevos debido a la incertidumbre económica, la fluctuación en la tasa de cambio, entre otros factores del mercado. Además, la edad promedio de la flota de transporte de carga en Colombia es superior a 15 años, por lo cual restringir a menos de 10 años la operación reduce significativamente la oferta de transporte de carga terrestre en el país. No obstante, se observa una alta aceptación a que los vehículos más nuevos tengan prioridad para la asignación de viajes, lo cual implicaría para las empresas el desarrollo de procesos y posiblemente tecnología, que permita implementar esta acción brindando transparencia en el proceso de cara a los conductores.

El instrumento incluía una pregunta abierta, para que los expertos hicieran recomendaciones adicionales. Esta es consolidada en la lista a continuación. Se resalta que varios de los expertos hacen recomendaciones relacionadas con el mantenimiento de los vehículos.

- Desarrollar alianzas colaborativas con otras empresas, buscando cargas de compensación, aumento en el % de ocupación vehicular, entre otros.
- Implementar capacitaciones permanentes en eco conducción para los conductores.
- Mejorar los procesos asociados al mantenimiento de los vehículos
- Evitar viajes vacíos en la medida que sea posible
- Desarrollar sistemas de información que permitan monitorear la eficiencia del proceso: nivel de ocupación, viajes vacíos, entre otros
- Incentivar la renovación de vehículos de terceros, evaluar mecanismos de financiación, apoyo económico
- Implementar certificaciones ambientales como elemento diferenciador

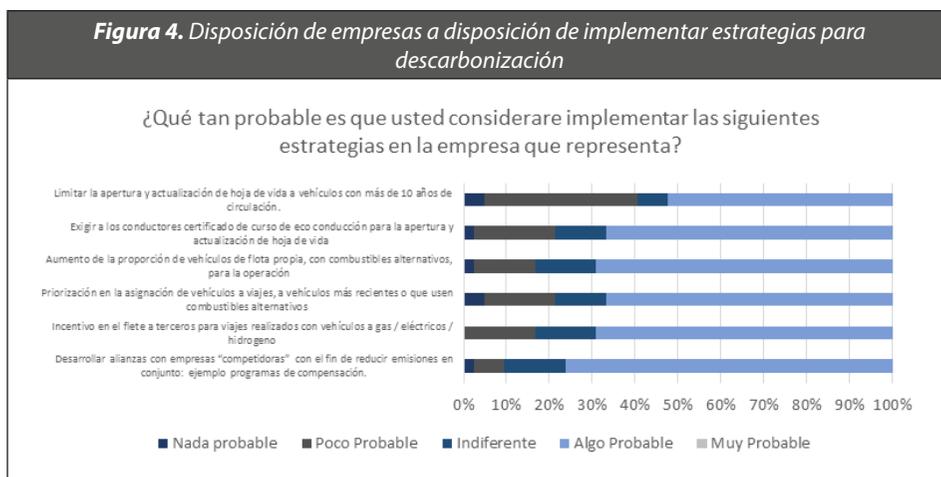
Se destaca entre las recomendaciones la búsqueda del aprovechamiento de la capacidad vehicular. Si bien este instrumento fue aplicado a mediados del 2023, en marzo de 2024, en la publicación de resultados consolidados del RNDC para el 2023, fue evidente que la cantidad de viajes aumentó en un % superior al de las toneladas movilizadas, lo cual indica que la capacidad utilizada de los vehículos fue inferior en 2022. Esta situación, no solo implica, la generación de CO2 innecesaria, sino también disminución en los ingresos de los transportadores, que a su vez influye en la capacidad económica para la renovación vehicular.

#### *4.2. Empresas de transporte f*

Las figuras 3, 4 y 5 presentan la distribución de las respuestas obtenidas para cada valor de la escala de las empresas de transporte. Puede notarse que la mayor parte de las acciones son consideradas muy importantes o importantes, denotando interés en incorporar la sostenibilidad en la operación. La Figura 3 muestra la alta importancia que las empresas dan a medidas orientadas a disminuir las emisiones en el sector transporte. Acciones como incorporar los ODS en la estrategia de la empresa es catalogada como muy importante para dos de cada tres empresas, viendo además la sostenibilidad como un factor diferenciador.



Sin embargo, como se muestra en la Figura 4, la disposición a implementar estrategias para que la empresa contribuya a la descarbonización del transporte de carga es menos entusiasta. La alternativa muy probable no fue escogida en ninguno de los casos. La mayor parte corresponden a la opción “algo probable). Incluso, se aprecia un cierto rechazo a la opción de limitar la vida útil de los vehículos. Las estrategias donde hay menos rechazo para su de implementación son las que significan bajos costos para la empresa, como es el caso de alianzas con terceros.

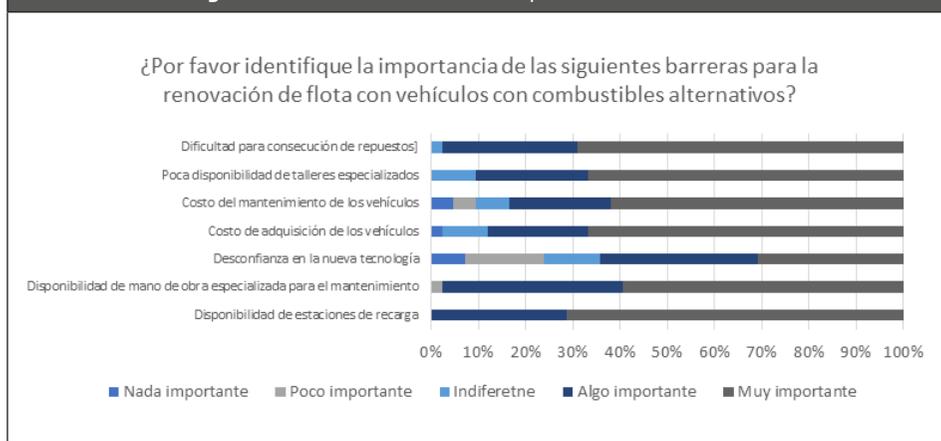


Llama la atención, que ninguna de las estrategias presentadas, tuvo como respuesta “muy probable, y las respuestas nada probable y poco probable, son relativamente altas para todas las preguntas. Esto motiva a buscar nuevas opciones, o buscar incentivos para

que las alternativas presentadas sean materializadas en empresas de transporte. Por otro lado, la pregunta que tuvo mayor menores probabilidades de implementación corresponde a limitar la apertura de hoja de vida a vehículos con más de 10 años de circulación. Esto se explica por la elevada edad del parque automotor en Colombia, ya que imponer este límite podría afectar la capacidad de disponer de la oferta de vehículos necesaria para atender a los clientes; también puede implicar un encarecimiento del flete que sea difícil de transferir a los clientes. Es de anotar que 20% de los expertos considera muy probable hacer esta recomendación. Entretanto, el 30% de los encuestados de empresas generadoras de carga considera muy probable exigirselo a sus proveedores de transporte.

La Figura 5 presenta la valoración a las barreras para avanzar en la electrificación del parque automotor. En todos los casos, predominó la opción “muy importante” al calificar la importancia de las barreras. Llama la atención que la desconfianza en la nueva tecnología es la barrera de menos impacto, y que las que más impacto tienen se refieren a la red de recarga y la dificultad para la consecución de repuestos. Con base a estas respuestas se podría revisar por parte del gobierno, considerar políticas orientadas a mejorar y expandir la infraestructura de recarga. Además, considerar la opción de realizar pruebas piloto en corredores de transporte donde se garantice la suficiente cobertura de estaciones de recarga, suministro de repuestos y mano de obra calificada para el mantenimiento y reparación de los vehículos. En el caso del transporte de carga urbano, pueden diseñarse incentivos para favorecer a vehículos que generen menos emisiones de CO<sub>2</sub>. Es el caso de la creación de zonas de cero emisiones, oferta de sitios de estacionamiento exclusivos, entre otros.

**Figura 5. Identificación de barreras para renovación de flota.**



### 4.3. Generadores de carga

Se logró aplicar el instrumento definido para los generadores de carga a un total de 42 personas. La Tabla 5 sintetiza las características de la muestra.

**Tabla 5. Características de generadores de carga**

Variable	%	Variable	%
Antigüedad en el sector		Tipo de operación	
Hasta 5 años	20%	Nacional	100%
Entre 6 y 10 años	13,3%	Internacional	53,3%
Mas de 10 años	66,7%	Regional	60%
Cantidad de viajes		Urbana	70%
Menos de 500 viajes /mes	46,7%	Certificaciones	
Entre 501 y 5000	40%	BASC	36,7%
Mas de 5001	13,3%	ISO 9001	56,7%
Proveedor de transporte		Otras	68,8%
Solo empresa del grupo	20%	Ninguna	16,6%
Solo empresas terceras	50%	Medición de huella de carbono	
Ambos	30%	Nunca	43,3%
		Alguna vez	6,7%
		De manera esporádica	26,7%
		Mensual	23,3%

Se resalta en el perfil de personas que respondieron el instrumento que el 66,7% tiene más de 10 años en el sector, coincidente el caso de las empresas de transporte. El 86,7% trabaja en empresas que realizan hasta 5.000 viajes mensuales, el 80% trabaja con proveedores que no hacen parte de su grupo empresarial. Todos realizan transporte nacional y el 70% también realiza operaciones de transporte urbano.

Por su parte el 40% cuenta con certificación en ISO 14.000 y solo el 23% de las empresas mide la huella de carbono de manera mensual. Cifras ligeramente superiores a las registradas en las empresas de transporte en donde los datos fueron 38% y 21,4% respectivamente. En cualquier caso, denota que la mayoría de las empresas no han incorporado mediciones sistemáticas del impacto ambiental generado.

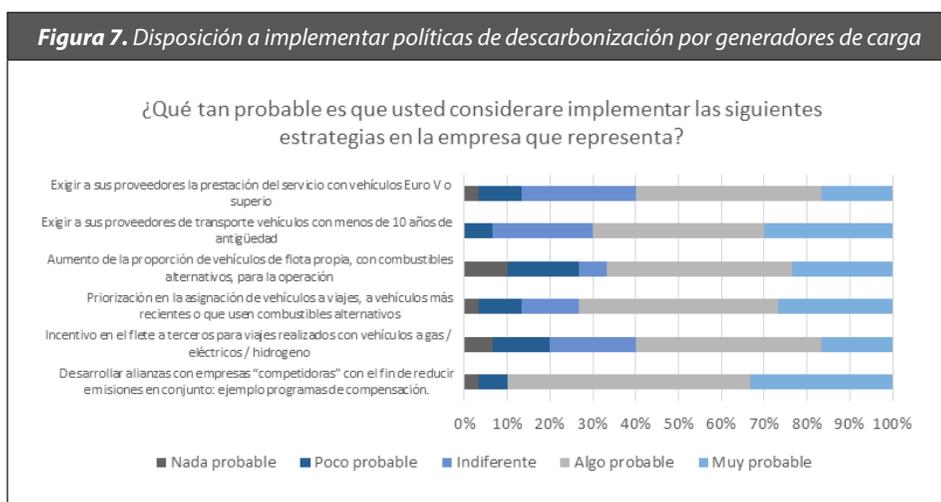
Se realizaron preguntas en 2 bloques, utilizando la escala Likert de 5 puntos. En la Figura 6 se presenta la distribución de la respuesta sobre la importancia a políticas para descarbonización del transporte.



En general, todas las acciones mostraron respuestas predominantes entre muy y algo importante. La menos entusiasta fue la de prestación de servicio con combustibles alternativos. El único enunciado que tuvo respuestas “nada importante” fue incorporar acciones en pro de los ODS en la estrategia de la compañía. No obstante, este mismo enunciado fue el que mayor porcentaje de “muy importante” tuvo en las opciones de la tabla, con

casi el 60% de respuestas, valor similar al obtenido para las empresas de transporte, mostrando similitud en los intereses. Los casos que tuvieron mayor proporción de respuestas “muy importante” corresponden a acciones que no dependen de sus proveedores de transporte, y pueden ser implementados directamente en la compañía. No se encuentra similitudes en las respuestas al analizar estas respuestas con la variable cantidad de viajes mensuales que realiza la compañía.

La Figura 7 presenta las respuestas de los generadores de carga sobre su disposición a implementar políticas orientadas a la descarbonización



Los dos enunciados con mayor % de “muy probable” corresponden a la exigencia a los proveedores de vehículos con menos de 10 años de antigüedad y el desarrollo de alianzas con otras empresas para reducir emisiones en conjunto. Al correlacionar con la variable del número de viajes, llama la atención, que esta intención sea muy marcada en empresas de menos de 500 viajes o de más de 5001 viajes. Se debe tener en cuenta que la restricción de antigüedad fue la que mayor rechazo tuvo por parte de las empresas de transporte, por lo cual su implementación deberá ser objeto de análisis y medidas complementarias que aseguren su viabilidad

A continuación, se presentan consolidadas otras estrategias propuestas por lo generadores de carga en el espacio abierto del instrumento

- Implementación de tecnología para el ruteo de los vehículos
- Crear espacios de sensibilización, tanto para las empresas de transporte, como para los conductores
- Desarrollar en conjunto entre logística y comercial, políticas de transporte, tales como volúmenes mínimos, entregas en días específicos, entre otras, que busquen minimizar los kilómetros requeridos para suplir con los pedidos de los clientes, sin desmejorar su satisfacción.

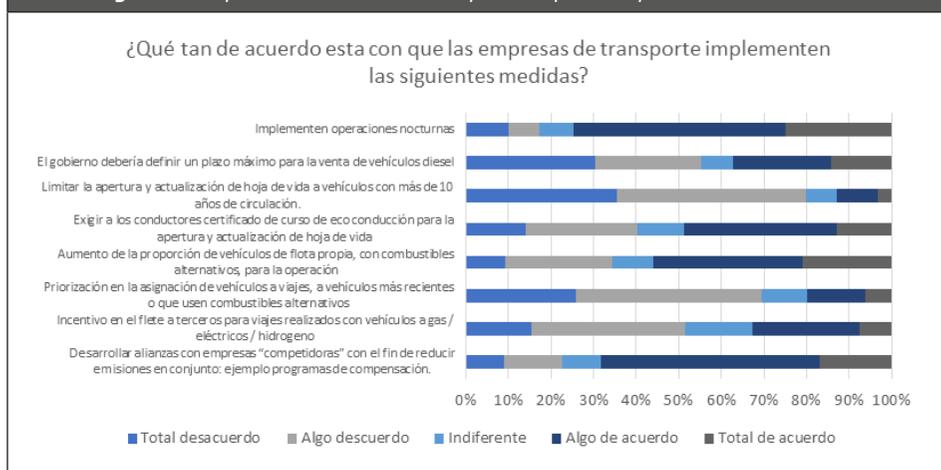
#### 4.4. Conductores

Se logró aplicar el instrumento definido para los conductores a un total de 390 personas. La Tabla 6 describe las características de la muestra de conductores.

Variable	%	Variable	%
Antigüedad en el sector			
Hasta 5 años	16,2%		
Entre 6 y 10 años	27,7%		
Mas de 10 años	56,2%	Ha escuchado de cursos de eco conducción	44,1%
Antigüedad del vehículo			
Hasta 2 años	3,8%	Ha realizado curso de eco conducción	6,4%
Entre 3 y 5 años	10,5%		
Entre 6 y 10 años	30,8%		
Entre 11 y 20 años	45,6%		
Mas de 20 años	9,2%		

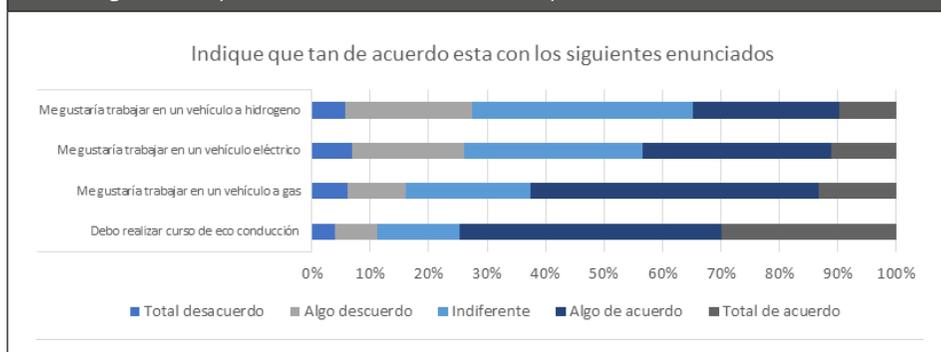
Se realizaron preguntas en 2 bloques, las respuestas se encuentran tabuladas en las figuras 8 y 9.

**Figura 8.** Aceptación de conductores a políticas públicas para descarbonización.



La medida que mayor rechazo tuvo fue la limitación de apertura de hoja de vida a vehículos con más de 10 años de antigüedad, esto coincide con la opinión de las empresas de transporte, y choca con la probabilidad de intención de implementación en generadores de carga. No obstante, al desagregar entre propietarios y no propietarios, vemos que entre algo de acuerdo y totalmente de acuerdo pasamos del 5,3% en los propietarios al 15,4% en los no propietarios. Por su parte la medida que mayor aceptación tiene fue la implementación de operaciones nocturnas, posiblemente motivada por los beneficios de realizar la distribución en horas de baja congestión (Holguín-Veras et al, 2018).

**Figura 9.** Aceptación de conductores a medidas para disminuir huella de carbono



## 5. Discusión

A la luz de los resultados de la aplicación de instrumentos y la revisión bibliográfica, es necesaria una mayor intervención del gobierno como habilitador de las fallas de mercado, esto teniendo en cuenta que en general tanto las empresas de transporte como los generadores de carga no tienen un plan de acción en el corto plazo para implementar estrategias que conduzcan al cumplimiento de los compromisos de descarbonización del sector de transporte para el 2030 y para el 2050. Se requieren incentivos para acelerar la transición energética en el transporte de carga por carretera.

Con base a la revisión bibliográfica, se refuerza la importancia de visibilizar las acciones que se pueden tomar, especialmente en el corto plazo, esto debido a que en general no requieren un marco reglamentario y podría ser objeto en su mayoría de actuaciones de empresas privadas.

No obstante, a lo anterior, se recomienda a los generadores de política pública revisar los posibles incentivos a las empresas que logren las metas a través de las diferentes estrategias de corto, mediano y largo plazo. Se hace énfasis en el corto plazo a fomentar la medición de las emisiones, ya que la mayoría de las empresas no las mide, o las mide de manera esporádica. Incluir en las próximas ediciones de la encuesta nacional logística criterios de evaluación de acciones respecto a la descarbonización, promover la formación de conductores en eco conducción (evaluar incluirlo en los protocolos de renovación de licencia), incentivar el uso de tecnología para elevar la productividad que busquen por ejemplo automatizar la medición de las emisiones, aumentar la capacidad utilizada de los vehículos, disminuir los recorridos en km a realizar, gestión oportuna de mantenimientos, entre otras. De igual manera es necesario trabajar en la efectividad e impacto del programa de reposición de vehículos por ejemplo implementando requisitos diferenciales si el vehículo nuevo utiliza o no combustibles alternativos, definición del límite de la vida útil de un vehículo y acciones claras para evitar que sigan operando los vehículos que sobrepasen la edad, infraestructura de recarga de combustibles alternativos, revisar beneficios tributarios e impuestos de emisiones, entre otros.

Por otro lado, se urge que las empresas adopten un enfoque proactivo e incluyan en sus planes estratégicos acciones decididas para incentivar la descarbonización de la operación. Se sugiere como punto de partida comenzar con la medición y análisis de las emisiones y la definición de metas, identificar así mismo las acciones de corto, mediano y largo plazo. Se sugiere, en el corto plazo, la implementación de tecnología por ejemplo para automatizar la medición de las emisiones, entre otras actividades que conduzcan a la eficiencia en la operación. Así mismo incentivar la realización del curso de Eco conducción por parte de los conductores tanto de flotas propias como tercerizados, y visualizar en el mediano y largo plazo la transición de vehículos a combustibles alternativos.

## 6. Conclusiones

La principal conclusión de este análisis es que si bien, en general se reconoce que la sostenibilidad es importante, no se percibe intención manifiesta y colectiva en sectores del transporte de ser parte de la solución, principalmente por los costos implicados. La estructura económica del transporte de carga terrestre, altamente competitivo, con bajos márgenes de utilidad dificultan la transición energética en el sector.

Al concebir esta investigación se tuvo como premisa que la renovación del parque automotor, debido a que las empresas de transporte no son en su mayoría propietarias de vehículos, y que estos en su mayoría pertenecen a pequeños propietarios era una opción poco viable; sin embargo, en los instrumentos aplicados se hicieron varias preguntas respecto a algunas opciones que podrían incentivar la mencionada renovación. Para los generadores de carga, el 50% considera “muy importante” que sus proveedores presten el servicio con vehículos de menos de 10 años, pero solo el 30% considera “muy probable” exigirlo; mientras que para el 30% es indiferente que sus proveedores presten el servicio con vehículos con combustibles alternativos y a su vez el 43% considera “algo probable” contar con un incentivo en el flete para servicios con combustibles alternativo. En las empresas de transporte la opción “muy probable” tuvo el 0% de respuesta en todas las preguntas relacionadas, en tanto que los conductores manifiestan en general baja aceptación a tener

interés en conducir un vehículo a gas, eléctrico o de hidrogeno, y entre “total desacuerdo” y “algo desacuerdo”, el 80% rechaza que las empresas les exijan vehículos con menos de 10 años de antigüedad.

La visión de los expertos muestra diferencias respecto de otros actores. En este caso, respecto a las recomendaciones de política pública, la que mayor probabilidad de recomendación tiene son los incentivos a los combustibles alternativos. Estas respuestas permiten validar la premisa planteada y urge al estado en su rol de facilitador en la corrección de fallas de mercado a ser mas agresivo en la regulación, que incluya tanto actividades de promoción, como incentivos para los pioneros. Para los expertos, la recomendación de política pública más probable es la generación de incentivos tributarios a aquellas empresas que se certifiquen en carbono neutral; no obstante, la recomendación de condicionar la medición de la huella de carbono para la solicitud o renovación de la habilitación de las empresas de transporte ante el Ministerio de transporte ocupa la octava posición.

La proporción de las empresas de transporte y generadores de carga que miden mensualmente la huella de carbono es el 21,4% y 23,3% respectivamente. Teniendo en cuenta que para que una empresa se certifique en carbono neutral uno de los primeros pasos es definir la línea base de emisiones y la implementación de las medidas de mitigación, reducción y compensación necesarias para llegar a ser carbono neutral, los incentivos gubernamentales deberán ser lo suficientemente llamativos para romper la inercia que se percibe del análisis realizado

Llama la atención en la tabulación de resultados, las respuestas obtenidas en las empresas de transporte, ya que el 62% de los entrevistados, registra como “muy importante” “Incorporar acciones en pro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la estrategia de la compañía “; sin embargo, ante la pregunta por las acciones que implementaría, para todas las alternativas presentadas en el instrumento la respuesta “muy probable” fue 0%, y para la respuesta “algo probable”, la puntuación mas alta la tuvo la opción “Desarrollar alianzas con empresas “competidoras” con el fin de reducir emisiones en conjunto: ejemplo programas de compensación”, lo que pareciera ser una transferencia de responsabilidad, ya que es una medida

que depende de terceros, mientras que las medidas presentadas que dependen exclusivamente de la empresa y que podrían ser implementadas inmediatamente (a pesar de no ser populares), tienen altos porcentajes de baja probabilidad de implementación. Pareciera que existe el deseo de ser más sostenibles, pero no en incurrir en los costos que implica.

La medida de Implementar cargue /descargue nocturno en algunas zonas, es vista por los expertos como la segunda opción con más alta probabilidad, por su parte es la medida con mayor % de aprobación por parte de los conductores, con lo cual se visualiza como la opción con menor fricción para implementación.

Respecto a los cursos de eco conducción, solamente el 29% de los expertos considera “muy probable” recomendar la exigencia del curso de eco conducción para la renovación de la licencia de conducción, por su parte, el 50% de los generadores de carga considera “muy importante” que los conductores cuenten con este curso, y aunque para las empresas de transporte, también el 50% lo considera importante, ninguna ve como “muy probable” exigirlo a sus conductores, por su parte el 13% de los conductores está de acuerdo en que les sea exigido, y el 30% está de acuerdo en que debe realizarlo. Preocupa, que la estrategia que se visualiza como la de más facilidad de implementación no se encuentre priorizada por ninguno de los actores.

En síntesis, los sectores relacionados con el transporte de carga consideran importante avanzar en la descarbonización del sector. Sin embargo, pocos están dispuestos a asumir los costos implicados. Vencer esta inercia implica diseño de apropiados estímulos y políticas para avanzar hacia la electrificación del transporte de carga terrestre.

## 7. Bibliografía

- Agudelo Santa Maria, J. (2020). Factores de emisión de los combustibles Colombianos.
- Bataille, C.; Waisman, H.; Briand, Y.; Svensson, J.; VogtSchilb, A.; Jaramillo, M.; ... Imperio, M. (2020). Netzero deep decarbonization pathways in Latin America: Challenges and opportunities. *Energy Strategy Reviews*, 17.

- Buira, D.; Tovilla, J.; Farbes, J.; Jones, R.; Haley, B.; Gastelum, D. (2021). A wholeeconomy deep decarbonization pathway for Mexico. *Energy Strategy Reviews*, 16.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2021). *Guía empresarial para el desarrollo de prácticas de consolidación de cargas en un contexto urbanoregional*. Bogotá.
- Cantillo, V.; Amaya, J.; Serrano, I.; CantilloGarcía, V. (2022). Influencing factors of trucking companies' willingness to shift to alternative fuel vehicles. *Transportation Research Part E*.
- Carvajal Alcaraz, J.; Vélez Salazar, F.; Barrera, M. (2019). Tecnologías para los objetivos energéticos de las ODS: Ejercicio de prospectiva en el paradigma energético colombiano. *Debates sobre la Innovación*, 18.
- Chapungu, L.; Nhamo, G.; David, C.; Maoela, M. (2022). BRICS and the race to netzero emissions by 2050: ¿Es la COVID19 una barrera o una oportunidad? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 19.
- Charabi, Y.; Al Nasiri, N.; Al Awadhi, T.; Choudri, B.; Al Bimani, A. (2020). GHG emissions from the transport sector in Oman: Trends and potential decarbonization pathways. *Energy Strategy Reviews*.
- Chatziioannou, I.; Nikitas, A.; Tzouras, P.; Bakogiannis, E.; AlvarezIcaza, L.; ChíasBecerril, L.; ... Rexfelt, O. (2023). Ranking sustainable urban mobility indicators and their matching transport policies to support liveable city futures: A MICMAC approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia*.
- García, J.; Morcillo, J.; Redondo, J.; BecerraFernández, M. (2022). Automobile technological transition scenarios based on environmental drivers. *Applied Sciences*, 15.
- Giro Zero. (s. f.). Recuperado de <http://www.girozero.co/nuestro-proyecto/por-que-frenar-el-calentamiento-global-un-desafio-de-todos>
- Giro Zero. (2022). *Plan estratégico de negocios*. Bogotá.
- Gómez, H.; Dávila, L.; Gaviria, M.; Rodríguez Cajamarca, J.; Mendoza Sabogal, J. (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) & PNUD.
- Grupo Nutresa. (2017). *Manual transporte limpio* (Vol. 2). Medellín.
- Henrik, S.; Emil, N. (2024). Who are the early adopters of alternative fuel technology? A study of Swedish road freight companies. *Transportation Research Part A*.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería. (2015). *Inventario nacional de gases efecto invernadero (GEI) de Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá.

- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería. (2016). *Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero – Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá.
- Konstantinou, T.; Gkritza, K. (2023). Are we getting close to truck electrification? U.S. truck fleet managers' stated intentions to electrify their fleets. *Transportation Research Part A*.
- Konstantinou, T.; Gkritza, K. (2023). Examining the barriers to electric truck adoption as a system: A GreyDEMATEL approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*.
- Ministerio de Transporte. (2020). *Transporte en cifras. Vigencia 2019*. Bogotá.
- Mintransporte – RNDC. (2022). *Registro Nacional de Despacho de Carga*. Recuperado de <https://rndc.mintransporte.gov.co/>
- Mintransporte. (s. f.). *Registro Nacional de Despacho de Carga*. Recuperado de <https://rndc.mintransporte.gov.co/>
- Mintransporte; ECDBC. (2013). *Plan de Acción Sectorial de Mitigación (PAS) – Sector Transporte*. Bogotá.
- Ortega Cabezas, P.; Colmenar Santos, A.; Borge Diez, D. (2021). Can ecorouting, ecodriving and ecocharging contribute to the European Green Deal? Caso de estudio: La ciudad de Alcalá de Henares. *Energy*, 18.
- PérezMorales, A.; GilGuirado, S.; MaquedaBelmonte, F. (2022). Movilidad sostenible: interdisciplinaria, articulación conceptual y frentes de investigación. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 30.
- Portafolio. (2021, 2 noviembre). Empresas en Colombia que miden su huella de carbono (Encuesta ANDI). Recuperado de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/empresas-en-colombia-que-miden-su-huella-de-carbono-encuesta-andi-558062>
- Race to Zero; Exponential Roadmap Initiative; SME Climate Hub. (2020). *The 1.5 °C Business Playbook*.
- Xu, L.; Jia, F.; Lin, X.; Chen, L. (2023). The role of technology in supply chain decarbonisation: Towards an integrated conceptual framework. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Xue, X.; Li, J.; Sun, X.; AbdulManan, A.; Du, S.; Liu, H.; ... Zhao, M. (2023). Assessing decarbonization pathways of China's heavyduty trucks in a welltowheels perspective. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- Zhang, R.; Hanaoka, T. (2022). Crosscutting scenarios and strategies for designing decarbonization pathways in the transport sector toward carbon neutrality. *Nature Communications*, 10.