



Primeros pasos hacia la descarbonización
del Transporte Automotor de Carga por
carretera en Colombia
Avances 2019 -2023

GiroZero:

**Impulsando el
transporte
automotor de
carga por
carretera en
Colombia hacia
cero emisiones**

Autores:

**Rey Ladino, Andrés; Martínez, Gustavo;
Gil González, Cristiam; Wilmsmeier, Gordon**

Abril 2024

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia



Este documento fue preparado por el proyecto GiroZero de la Universidad de los Andes, Colombia y la Universidad de Cardiff, Reino Unido, dentro del alcance del proyecto del Programa UK PACT entre el Reino Unido y Colombia.

Los autores desean agradecer a todos los colaboradores.

Las opiniones expresadas en este documento no han sido sometidas a revisión editorial por parte de la parte contratante del proyecto, son responsabilidad exclusiva de los autores y pueden no coincidir con la de la entidad financiadora.

Crédito foto portada: Portafolio (Archivo Particular)



Introducción

En 2023, la humanidad traspasó los límites de seis de las nueve dimensiones que tienen que ver con el cambio climático, integridad de la biosfera, cambio del sistema terrestre, cambio de agua dulce, flujos bioquímicos, entre otros¹. En el caso de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) el tiempo se está acabando para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París para reducir el calentamiento global a menos de 1.5°C (IPCC, 2021). El 2023 fue 1.48°C más cálido que el nivel preindustrial de 1850-1000 y cerca del 50% de los días sobrepasaron el 1.5°C, con dos días que superaron los 2°C por primera vez (Copernicus, 2023).

En el 2020 Colombia estableció su compromiso voluntario de reducir sus emisiones de GEI en un 51% para 2030 (NDC Colombia, 2020) y alcanzar una economía carbono neutral a 2050 a través de su estrategia climática de largo plazo al año 2050 (*Long Term Strategy* o *LTS*) (Minambiente, 2021). El transporte en todos los modos es responsable del 12.5% de las emisiones GEI en Colombia y el sector del transporte de mercancías por carretera representa el 5% de dichas emisiones a nivel nacional (Giro Zero, 2023).

Aún con estos compromisos, la adopción de combustibles limpios y motores de bajas emisiones en el sector del transporte de mercancías por carretera es todavía incipiente, ya que sólo el 0.1% de los camiones utilizan combustibles de bajas emisiones (RUNT, 2020). Todavía la mayoría de los camiones, concretamente, el 88 % no cumplen las normas de emisiones EURO IV o superior; el 32.3 % de los camiones tiene motores por debajo de las normas EURO o Pre-EURO; y el 55.7 % de EURO I a EURO III (Giro Zero, 2022). La alta prevalencia de camiones con estándares Pre-EURO en Colombia es particularmente alarmante porque estos camiones generan el 25% de las emisiones de material particulado, a pesar de ser sólo el 1.3% de la flota total de vehículos (Giro Zero, 2021).

A nivel internacional se ha buscado descarbonizar el transporte de carga mediante tres estrategias de desacople²: 1) Desacoplar el crecimiento de la demanda de transporte de carga en tonelada-km del Producto Interno Bruto (PIB), 2) Desacoplar el uso de energía del transporte de carga en tonelada-km y 3) Desacoplar el uso de energía del transporte de carga de sus emisiones relacionadas. (McKinnon A., 2018).

Recientemente, en Colombia se han evidenciado avances en el camino de la descarbonización del Transporte Automotor de Carga (TAC) especialmente en el desacople del crecimiento de la demanda de transporte de carga en tonelada-km del PIB. Este desacople se ha manifestado por la reducción de la intensidad de emisiones por unidad de crecimiento económico y por tanto la reducción de la intensidad de emisiones GEI comparado con el PIB, como unidad de medida del crecimiento económico (OECD, 2006).

Las dimensiones de desacople en el Transporte Automotor de Carga (TAC)

El tablero de indicadores GiroZero (KPI dashboard), basado en el Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC) con más de 35 millones de viajes (GiroZero, 2023), permite observar datos que muestran el inicio de la descarbonización del sector transporte en Colombia. La metodología de cálculo de

¹ Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. Based on Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, and Rockström et al. 2009

² Por su término en inglés *decoupling*



emisiones del tablero GiroZero se realizó tomando la metodología de estimación de emisiones por factores, del decreto 926 de 2017 (MinAmbiente, 2017) y con valores referenciales del consumo de combustible del país (MinTransporte, 2021). Por esta misma razón, este análisis no captura algunas buenas prácticas individuales como la eco-conducción o la renovación de flota, caminos que muchas empresas han decidido recorrer. Las empresas pueden consultar el tablero GiroZero, y usarlo como referente para *benchmarking*, comparando su desempeño a nivel de producto, ruta, tipo de camión o utilización de la capacidad de carga del camión cargue.

En primer lugar, el desacople se ha manifestado por la reducción de la intensidad de emisiones por unidad de crecimiento económico y por tanto la reducción de la intensidad de emisiones GEI, comparado con el PIB como unidad de medida del crecimiento económico (OECD, 2006).

El desacople en su segunda definición, es decir, como reducción del uso de la energía para transportar cada tonelada por kilómetro, se logra mediante diferentes estrategias por las cuales se reducen las emisiones sin medidas que afecten el crecimiento económico, y por ende no se afecta el movimiento de carga que la economía de un país produce o consume. Por lo tanto, se logran reducir las emisiones mediante prácticas de a) eficiencia energética, b) optimización logística y c) mejora en la utilización de activos.

En cuanto a la eficiencia energética, que se refiere al menor uso de la energía (por ejemplo, reducir el consumo de combustible) se puede reducir el uso del diésel, usado por el 99% de los camiones de carga en Colombia, hasta en un 30% (RUNT, 2020) mediante prácticas tales como la eco-conducción, la reducción del uso de motor encendido en ralentí, el buen mantenimiento realizado a los vehículos, el uso de elementos aerodinámicos, la selección de las llantas y monitoreo de una adecuada presión de las mismas.

En relación a la optimización logística, se logra reducción de emisiones cuando se disminuye la distancia recorrida por viaje. Lo anterior puede implementarse mediante prácticas de planeación logística que reduzcan la distancia entre los puntos de abastecimiento, producción, distribución y consumo. De igual manera, cuando se crea nueva infraestructura vial que reduce y facilita los recorridos. Otra manera de disminuir la distancia es seleccionar la ruta, no sólo más corta entre dos puntos, sino que permita una conducción eficiente y un menor esfuerzo en potencia para el vehículo. Para este análisis no se incluyó análisis de diversas rutas dado que el RNDC del Ministerio de transporte sólo reporta una ruta, aquella con la distancia más corta entre los diferentes orígenes y destinos.

La mejora de utilización de activos, corresponde al uso de la capacidad de carga y selección del mejor camión con el fin de incrementar las toneladas transportadas por cada viaje. Al usar el vehículo a su máxima capacidad de carga se pueden reducir viajes, en lugar de llevar un mayor número de camiones semivacíos. Aún más eficiente es la consolidación de la carga para el uso de camiones más grandes, generando economías de escala y en consecuencia, menos emisiones debido a un menor número de viajes. Las prácticas de consolidación de la carga también incluyen la colaboración entre empresas que tienen orígenes o destinatarios cercanos o en la ruta.

Cuando se optimiza el peso de los camiones o de los remolques diseñándolos más ligeros, se logra transportar más toneladas y por lo tanto se reducen los viajes requeridos y sus emisiones asociadas. También es importante añadir que cuando se logra aumentar la densidad de los productos transportados y se reduce el peso de su empaque se aumentan las toneladas transportadas por viaje.

y por ende se reducen la cantidad de viajes y se logran desacoplar las emisiones por el transporte de carga de productos de mayor densidad.

Box 1: Sobre el cálculo de los indicadores

Tanto el costo total del TAC como sus emisiones se pueden desagregar en diferentes indicadores. De esta manera se entiende que el costo de transporte es igual a multiplicar el costo recorrer un kilómetro multiplicado por la distancia y dividido por las toneladas transportadas. De esta forma se puede estimar el impacto de un aumento o una disminución del volumen de carga sobre el costo total.

$$\text{Impacto } (\$COP) = \frac{\text{TARIFA } (\$/km) \times \text{RED } (km/viaje)}{\text{CAPACIDAD } (ton/viaje)} + \text{Volumen } \left(\frac{\$}{ton} \times \text{tons} \right)$$

Ecuación 1. Estimación del impacto en costo TAC según variables de tarifa, distancia, capacidad y volumen de carga.

De igual manera se estiman las emisiones ocasionadas por cada kilómetro recorrido según el tipo de camión usado y multiplicado por la distancia y dividido por las toneladas transportadas. Cuando aumenta o disminuye el volumen de mercancías permite estimar el impacto en las emisiones totales.

Impacto (TonCO₂e)

$$= \frac{\text{Emisiones Camión } \left(\frac{ton \text{ CO}_2e}{km} \right) \times \text{RED } \left(\frac{km}{viaje} \right)}{\text{CAPACIDAD } \left(\frac{ton}{viaje} \right)} + \text{Volumen } \left(\frac{emisiones}{ton} \times \text{tons} \right)$$

Ecuación 2. Estimación del impacto de emisiones en TAC según variables de emisiones del camión, distancia, capacidad y volumen de carga.

Cambios en la intensidad de emisiones del TAC: El objetivo principal del desacople de emisiones es alcanzar un crecimiento económico sostenible que no dependa de un aumento proporcional de las emisiones GEI. El desacople se puede medir usando la intensidad de emisiones, bajo la magnitud de gCO₂e/ton-km. Según el RNDC, el TAC en Colombia registró más de 60 millones de viajes. Sus datos fueron limpiados para alimentar el tablero GiroZero que cuenta con datos de mas 35 millones de viajes³ realizados entre 2019 y 2023 (GiroZero, 2023). Se puede observar que la intensidad de emisiones se redujo en un 9%, de 75.50 gCO₂e/ton-km (2019) a 68.0 gCO₂e/ton-km (2023) (Figura 1).



Figura 1. Indicador de intensidad de emisiones para el TAC en Colombia 2019-2023 (GiroZero, 2023)

³ <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/dashboard>

Cuando se observa el histórico mensual (Figura 2) de este indicador se logra observar una tendencia en el largo plazo a la reducción de esta variable y una fuerte tendencia decreciente en el periodo inicial de la pandemia COVID19 desde enero del 2020 hasta junio de 2020. Posteriormente, se estabilizó y experimentó una reducción a partir de enero 2023. Durante 2023 se muestra una tendencia creciente hasta octubre. Sin embargo, El indicador no volvió alcanzar niveles de 2022.

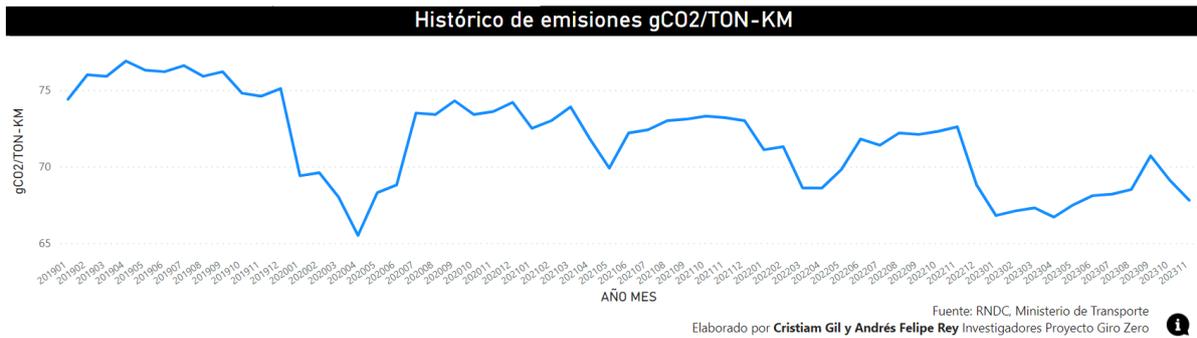


Figura 2. Intensidad de emisiones gCO₂e/ton-km para el Transporte Automotor de Carga en Colombia por mes en los últimos cuatro años (2019-2023).

¿Cómo se puede entender la tendencia de reducción de emisiones en el TAC durante el periodo bajo estudio?

Primero vamos a explorar que sucedió con las toneladas transportadas por viaje, luego vamos a comprender cómo se comportó el indicador de la distancia recorrida por viaje y finalmente, cómo la selección de diferentes tipos de camiones puede elevar o disminuir la cantidad de emisiones por viaje, así como el efecto de la variación del volumen de carga.

1) Formas de mejora de la utilización de la capacidad de carga mediante la consolidación de carga y logística colaborativa

Se observa que la cantidad de toneladas transportadas en el TAC por viaje pasaron de 12.89 toneladas por viaje en el 2019 a 13.67 en el 2023 (GiroZero, 2023).

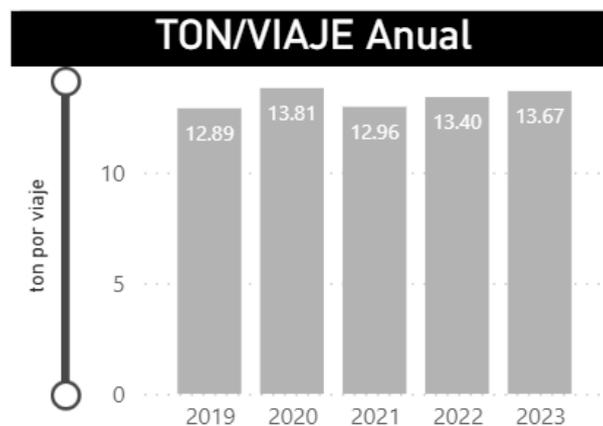


Figura 3. Comportamiento del Indicador toneladas por viaje en el periodo 2019-2023

También se observa un fuerte incremento de este indicador durante el periodo de la pandemia COVID-19 especialmente desde enero del 2020 hasta julio de 2020 (ver Figura 4) siendo indirectamente

proporcional a las emisiones, ya que, entre más toneladas transportadas por unidad, menos viajes se requieren y por ende menos emisiones. Durante este periodo tanto los productos requeridos como los camiones seleccionados ocasionaron que las toneladas por viaje se aumentaran. Es importante mencionar que durante este periodo del COVID 19 la logística continuó operando con viajes para abastecer las ciudades con alimentos y productos esenciales, que tienen una mayor densidad de peso y por lo tanto, se realizaron en camiones de mayor tamaño.

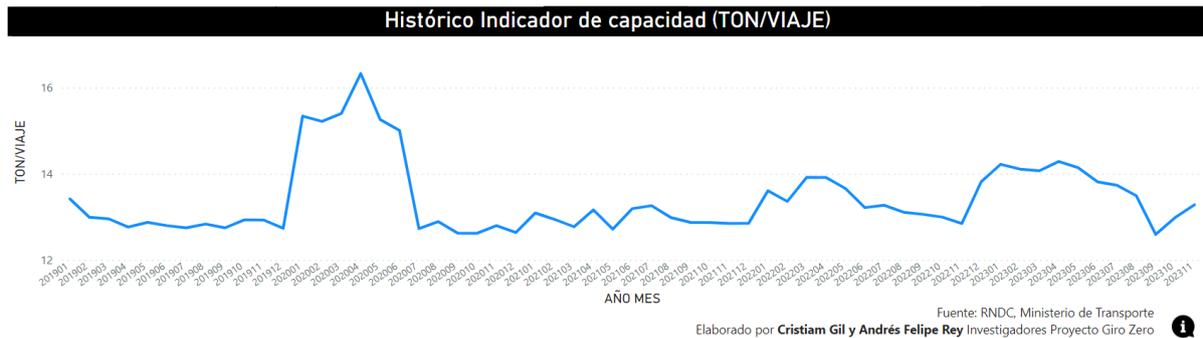


Figura 4. Indicador de capacidad en toneladas por viaje para el TAC en Colombia por mes en los últimos cuatro años (2019-2023).

Para continuar con la tendencia positiva de aumentar este indicador se debe fomentar la máxima utilización de carga de los camiones en cada pedido para reducir los viajes vacíos o subutilizados. La utilización o carga de los vehículos se refiere al peso o volumen de mercancías transportadas por vehículo. Optimizar la utilización de los vehículos disminuye la proporción de vehículos-kilómetro por tonelada (o metro cúbico)-kilómetro, reduciendo la cantidad de tráfico necesaria para mover una cantidad de carga (McKinnon A. C., 2021).

Se debe promover la colaboración entre diferentes empresas para compartir y consolidar las mercancías de manera que se seleccionen los camiones con mayor capacidad y de esta manera se bajan los costos y las emisiones. Seleccionar vehículos de mayor capacidad significa también que se pueden reducir el peso de los chasis o remolques (carga no productiva) impulsando, de ser posible, el uso de remolques o de Vehículos Combinados de Carga (VCC) también conocidos como bitrenes para aumentar la capacidad de carga total. Adicionalmente, se debe promover el uso de empaques más ligeros o evitarlos del todo y el incremento de la densidad de los productos. En la Figura 5 se pueden observar algunas prácticas que aumenta la capacidad de carga.

Toma de decisiones en cambio de capacidad, cubicaje y producto



Figura 5. Ejemplos de prácticas de aumento de capacidad de carga

El objetivo es maximizar la carga dentro de los límites legales y evitar la sobrecarga de los vehículos, una práctica que no sólo disminuye la eficiencia del combustible y las emisiones de carbono, sino que también da lugar a una mayor penalización de carbono debido al desgaste a largo plazo de la infraestructura vial. El uso óptimo de la capacidad de los vehículos puede suponer un ahorro de costes y de emisiones de carbono, y debe priorizarse tanto por razones empresariales como medioambientales (McKinnon A. C., 2023).

Reducción de la distancia recorrida mediante la optimización logística y la infraestructura vial

La siguiente figura muestra los kilómetros recorridos por viaje entre 2019 y 2023 y muestra una tendencia estable con una reducción desde el año 2021 en adelante llegando hasta los 344 km promedio por viaje.

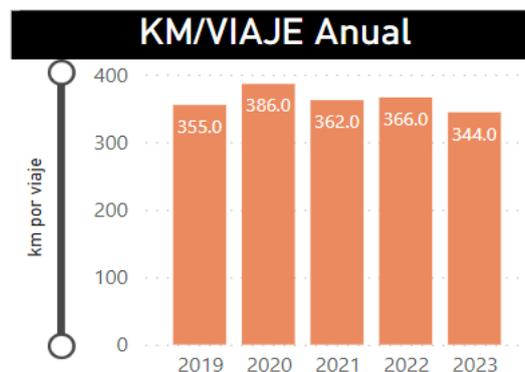


Figura 6. Comportamiento del Indicador kilómetros por viaje en el periodo 2019-2023

Los eventos recientes relacionados con derrumbes tales como el cierre de la vía Bogotá a los Llanos, la caída del puente la Vieja o el cierre de la vía Popayán a Pasto ocasionan que se aumente la distancia recorrida al seleccionar rutas alternas más largas. Por esta razón el mantenimiento de la infraestructura vial es vital para mantener las ciudades conectadas sin incrementar los costos ni sus emisiones.

De igual manera, mediante la optimización logística se puede lograr reducir cambios en los sitios orígenes de producción de manera que sean más cercanos a los sitios destino de consumo. Muchas empresas para reducir costos de transporte utilizan estas estrategias, optimizando sus flujos logísticos entre diferentes líneas de producción respondiendo a su demanda en pro no solo del impacto económico sino el ambiental, y flexibilizando otras variables como por ejemplo el tamaño del inventario en las bodegas y/o produciendo en lotes más pequeños. Por otro lado, también se puede producir alimentos de manera orgánica o productos locales, donde consumidores más conscientes cambian sus hábitos de consumo y demandan productos regionales, produciendo así cambios en la economía, especialmente con la adopción de prácticas más sostenibles en la producción industrial, agricultura y el transporte con el fin de reducir las emisiones asociadas.

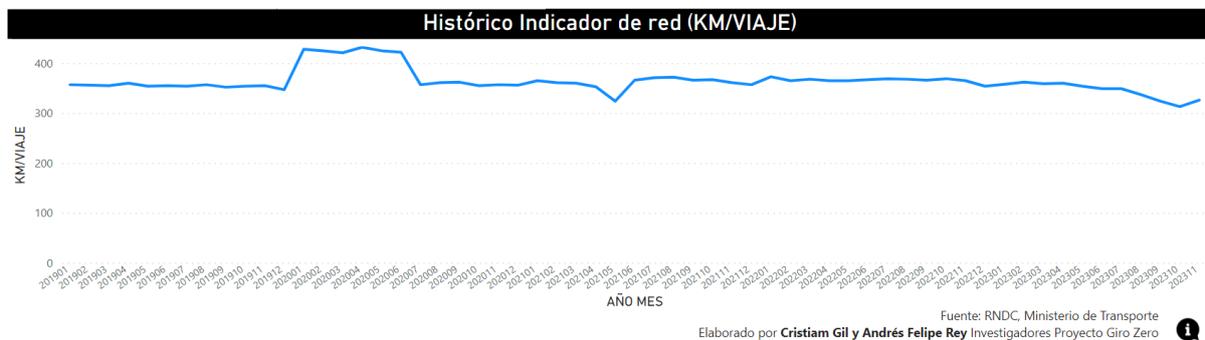


Figura 7. Indicador de red de kilómetros por viaje para el TAC en Colombia por mes en los últimos cuatro años (2019-2023).

Otras maneras de reducir las emisiones, especialmente en ámbitos urbanos, es fomentar el uso de horarios de entrega flexibles para evitar congestiones y optimizar el tráfico, como por ejemplo la logística nocturna, disminuyendo así las emisiones generadas por vehículos detenidos en el tráfico.

Como conclusión, basados en lo evidenciado con más de 35 millones de viajes analizados del RNDC del Ministerio de Transporte de Colombia, las industrias en general y el transporte de mercancías están haciendo esfuerzos sustanciales, a través de una amplia gama de medidas logísticas, para mitigar sus emisiones de carbono. Sin embargo, sigue sin estar tan claro el aporte a esta mitigación con la adopción de tecnologías de cero emisiones o la mejora en eficiencia energética de nuevos camiones. Se destaca que los vehículos de nueva generación que ingresan operar en el país que consumen menos combustibles fósiles es aún muy bajo como se enuncia en la hoja de ruta para Colombia (Giro Zero, 2022).

El Impacto de las diferentes variables en el costo de transporte de carga

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) el PIB del Colombia pasó de 1.060.068 miles de millones de pesos en el 2019, a 1.524.066 miles de millones en el 2023.

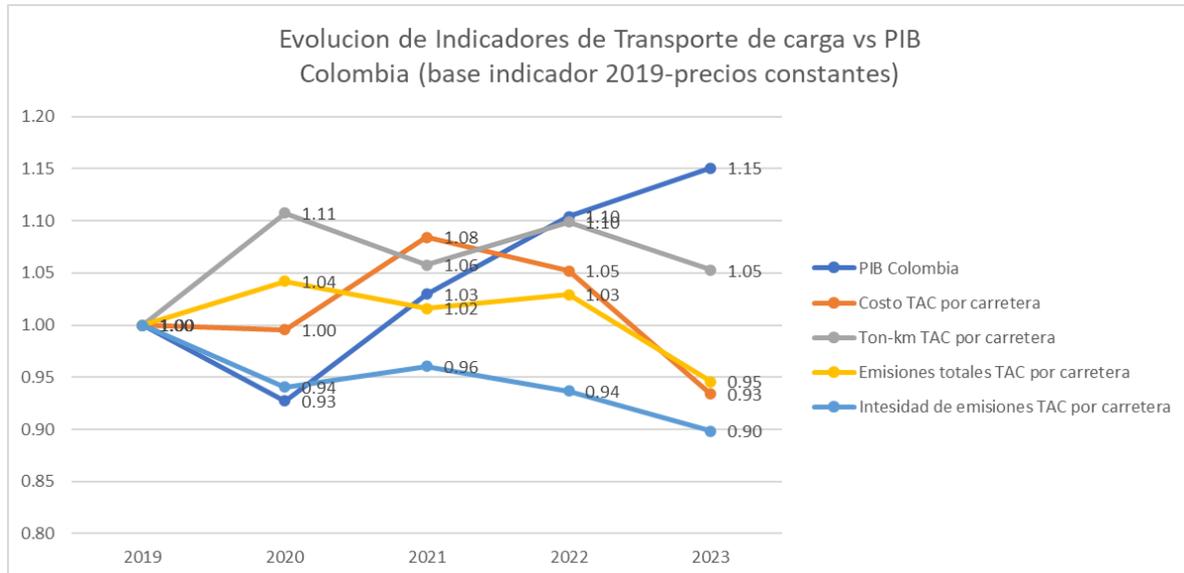


Figura 8. Evolución de los indicadores de transporte de carga comparado al PIB y a las emisiones con base al 2019 (Fuente DANE, RNDC y GiroZero).

Durante este mismo período, el transporte de carga creció un 21 %, mientras que la producción del sector de transporte de carga medido en toneladas-kilómetro creció un 4.7 %. El crecimiento del PIB de un 15 % comparado con un 4.7 % del sector de transporte da indicios que la economía del país creció más en la provisión de servicios que en la provisión de bienes. La Tabla 1 se muestran las variables del sector de transporte de carga y sus cambios en el período analizado 2019- 2023.

Indicadores Transporte de Carga	2019	2023	Diferencia	%
Volumen Toneladas	246,989,600	266,773,470	19,783,870	8.0%
Viajes	19,161,334	19,510,298	348,963	1.8%
Produccion sectorial (Ton-km)	87,681,308,000	91,770,073,680	4,088,765,680	4.7%
Flete \$/viaje	\$ 1,468,294	\$ 1,744,735	\$ 276,441	18.8%
Capacidad Ton / viaje	12.89	13.67	0.783	6.1%
Red Km/viaje	355	344	-11	-3,1%
\$/ton	\$ 113,910	\$ 127,600	\$ 13,690	12.0%
Tarifa \$/km	\$ 4,136	\$ 5,069	\$ 933	22.6%
Costo Total del TAC por carretera (millones corrientes)	\$ 28,134,472	\$ 34,040,299	5,905,827	21.0%
Costo Total del TAC por carretera (millones constantes de 2019)	\$ 28,134,472	\$ 26,281,560	1,852,912	-6.6%

Tabla 1. Indicadores de transporte en el 2019 y 2023 y su respectiva variación nominal y porcentual.

Como se observa en la Figura 9, entre el 2019 y el 2023 el costo de transporte pasó de 28,1 billones a 26 billones en términos reales. Sin embargo, la tarifa de transporte sigue estando fuertemente influenciada por el costo de combustible, los costos de peajes y llantas e insumos de mantenimiento asociados a la tasa de cambio del dólar ha sufrido un fuerte incremento. Representa 6,3 billones con un incremento del 22,4 %, en costo económico en los 4 años analizados, como se observa en la Figura

10. La distancia promedio por viaje pasó de 355 km a 344 km por viaje y redujo los costos en aproximadamente 1 billón de pesos representando una reducción del 3.5%.

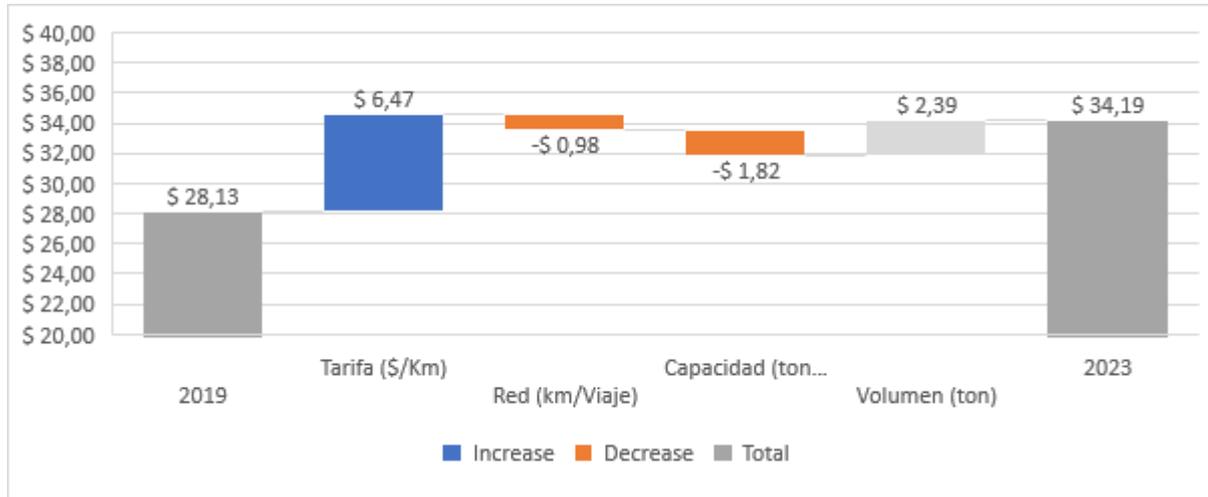


Figura 9. Variación económica del costo de transporte carga por carretera en billones de pesos corrientes según diferentes variables del 2019 al 2023.

Un incremento de productividad aun mayor se observa en la segunda variable de toneladas por viaje que representa un ahorro de 1.82 billones con una reducción del 6.5 %. Por otro lado, el país continuó creciendo y con ello la demanda de transporte de carga de más productos causa un incremento de 2.39 billones equivalente a un 8.5 %. En otras palabras, se podría decir, el costo por un incremento en la demanda de transporte de productos fue absorbido, gracias a una mayor la eficiencia en la red, con menores kilómetros por viaje y mayor capacidad de toneladas por viaje y por lo tanto el incremento de los costos de transporte totales a los usuarios de 21.5 % son muy cercanos al incremento del costo de la tarifa del 23 %, incremento que perciben los propietarios de vehículos de transporte de carga.

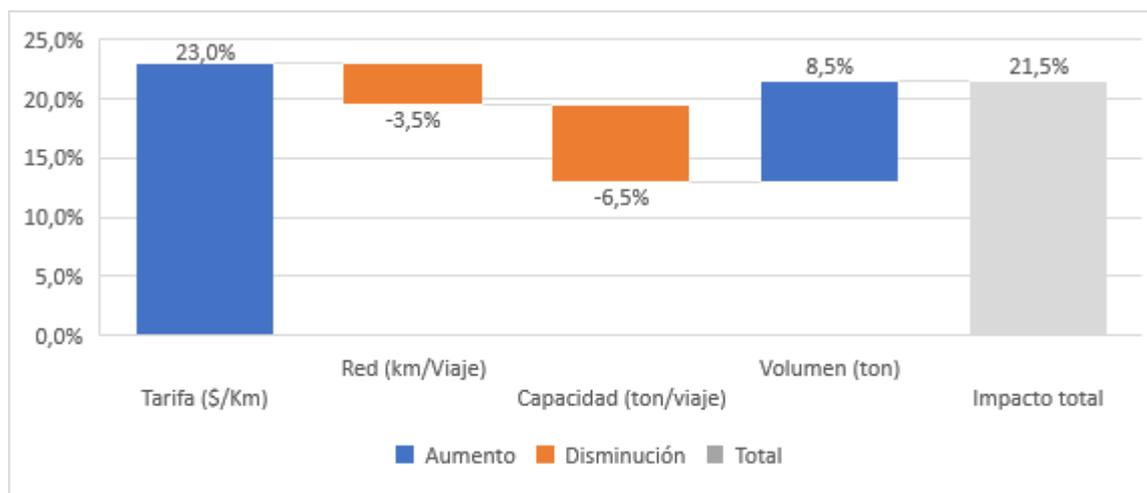


Figura 10. Variación porcentual económica del costo de transporte carga por carretera según diferentes variables del 2019 al 2023.

En cuanto a las emisiones del TAC por carretera se observa que se redujeron en el período del 2019 al 2023 como se observa en la Figura 11. Pasaron de 6,637,475 tonCO₂e en el 2019 a 6,240,365 tonCO₂e al 2023.

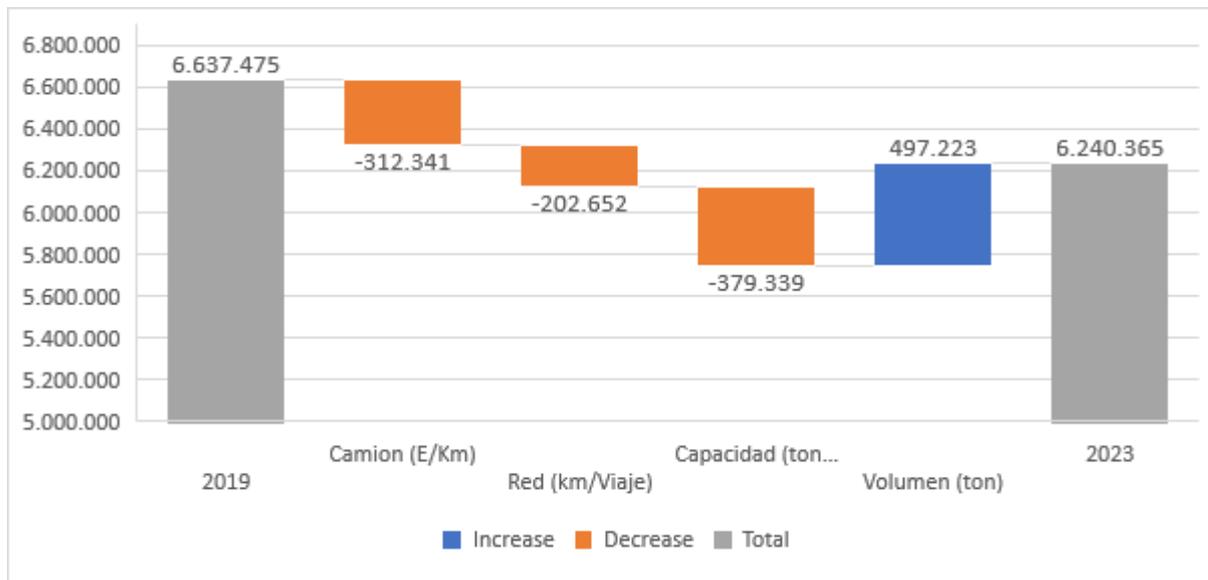


Figura 11. Variación de las emisiones del transporte carga por carretera en toneladas de dióxido de carbono equivalente según diferentes variables del 2019 al 2023.

Las variables que explican esta reducción se debe una reducción de emisiones por kilómetro dada la selección de vehículos con mejor rendimiento de combustible por kilómetro y por ende, menos emisiones totales: 312,341 tonCO₂e, un 4.71 % menos. Debido a la reducción de la red en km/viaje, también se observa 202,652 tonCO₂e menos que contribuyen con una reducción adicional de 3.05 % y, por elevar la productividad de carga en toneladas por viaje, se redujo en 379,339 tonCO₂e, contribuyendo con un 5.72 % de reducción de emisiones. Lo anterior se vio luego afectado por el crecimiento de la demanda de productos en el transporte de carga por carretera en 497,223 tonCO₂e con un incremento del 7.49 %. Aun con este incremento las emisiones se redujeron en un 5.98 % entre el 2019 y el 2023.

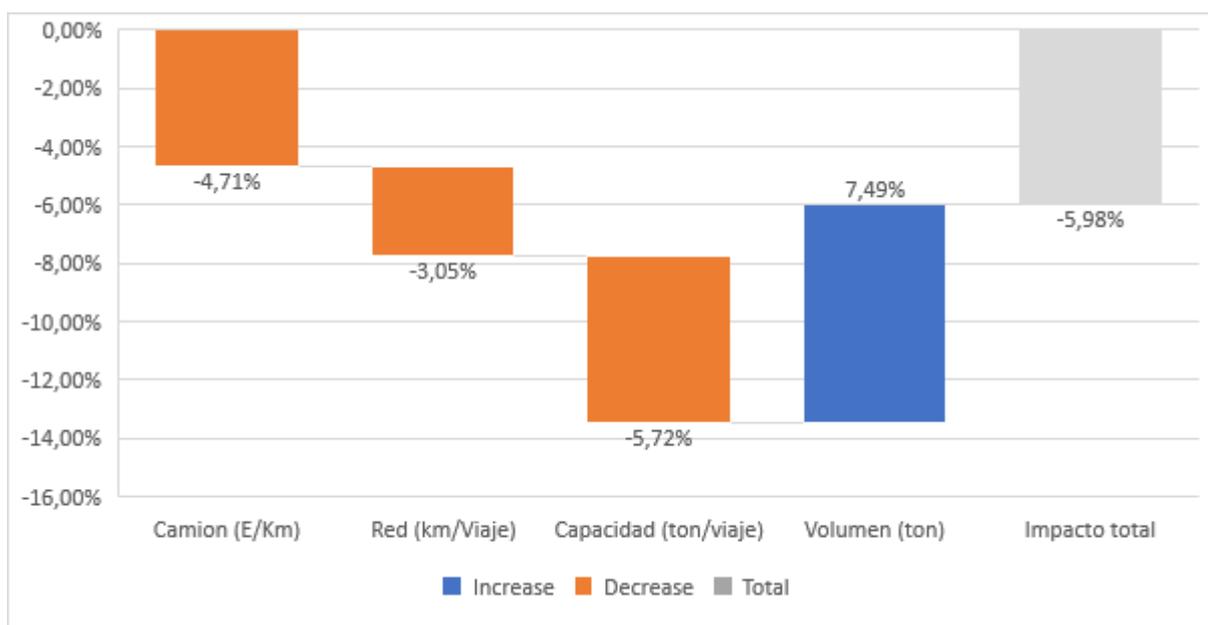


Figura 12. Variación porcentual de las emisiones del transporte carga por carretera en toneladas de dióxido de carbono equivalente según diferentes variables del 2019 al 2023.



En el anexo A se pueden encontrar los valores de variaciones interanuales entre el 2019 y el 2023. Actualmente, existen otras tecnologías de cero emisiones como los camiones eléctricos, pero esta tecnología apenas está ingresando al país con una penetración al 2020 menor al 0.1 % en el parque automotor de carga y los camiones de hidrógeno están en una etapa de desarrollo temprano que no ha ingresado al mercado colombiano (GiroZero, 2022). La adopción de camiones eléctricos o de hidrógeno sería particularmente beneficiosa para el medio ambiente porque la matriz eléctrica colombiana es notablemente limpia, con un 75.5 % de la producción de electricidad procedente de energías renovables, en contraste con el 29.9 % del resto del mundo en 2022 (Hannah Ritchie, 2023), (Parra et al, 2020).

Para el futuro se deben desarrollar las infraestructuras energéticas de distribución y provisión dedicadas a vehículos más limpios, como estaciones de carga para vehículos eléctricos o puntos de suministro de combustibles alternativos. Por ejemplo, el primer corredor logístico electrificado podría diseñarse entre las dos ciudades con mayor penetración de eléctricos, en este caso la ruta Bogotá-Medellín. De igual manera se debe avanzar en la promoción de zonas de bajas emisiones o áreas específicas para vehículos de carga más limpios en zonas urbanas y selección de corredores logísticos para inicio de pruebas con camiones eléctricos.

Giro Zero: tres años de camino hacia la descarbonización

El Proyecto GiroZero, financiado por el UK-PACT y dirigido por la Universidad de Los Andes en asociación con la Universidad de Cardiff, es un proyecto para descarbonizar el TAC en Colombia. El proyecto involucra a los sectores público y privado para crear estrategias de sostenibilidad con el fin de reducir sus emisiones de carbono con la participación de generadores de carga, empresas de transporte, fabricantes de camiones, asociaciones gremiales y gobierno. El objetivo es desarrollar mejores prácticas para reducir las emisiones relacionadas con el transporte y crear una hoja de ruta para su implementación.

El Proyecto GiroZero ha logrado avances significativos en el desarrollo de promover mejores prácticas para reducir las emisiones relacionadas con el transporte. Esto incluye el trabajo para mejorar la eficiencia del combustible, identificar y abordar diferentes eficiencias en la logística y el transporte, y aumentar los esfuerzos de electrificación y uso de nuevas tecnologías. <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>.

Además, el proyecto ha desarrollado una caja de herramientas que proporciona datos para la toma de decisiones del sector privado e información para formular políticas públicas basadas en evidencia en el sector público. Al centrarse en la colaboración entre las partes interesadas del sector, el proyecto GiroZero tiene el potencial de catalizar una reducción generalizada de las emisiones en todos los modos que involucren el transporte de mercancías en Colombia. Así mismo, el impacto de GiroZero promueve que más empresas se unan a la iniciativa de reducir las emisiones del transporte de carga. En tres años desde su creación, se han certificado más de 500 participantes en los cursos de eco-conducción (10% mujeres). Asimismo, más de 100 personas han participado de los cursos de construcción de capacidades. Más de 9 entidades públicas de orden nacional y local hacen parte y la red tiene más de 1000 miembros (33% mujeres, 76% del sector privado y 11% de la academia). Asimismo, más de 30 compañías han participado, y 12 de ellas han compartido datos GPS para recolección de información. En la lista de organizaciones que han colaborado a esta iniciativa y han compartido su información para hacer el transporte de carga algo más sostenible en el país están



Alpina, Familia, Cemex, Nutresa, TDM, Coltanques, entre otras, y apoyadas por el DNP, la ANDI, COLFECAR, Mintransporte y MinAmbiente.

El valor otorgado: Por medio de dashboards, datos de viaje y GPS de las compañías que comparten datos se han alcanzado estos resultados:

- **Dashboard GiroZero:** A partir del Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC) del Ministerio de transporte, el equipo de GiroZero construyó una base de datos de cerca de 36 millones de viajes con indicadores intensivos en las dimensiones económica y ambiental. <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/dashboard>.
- **Simulador de escenarios:** A partir de las emisiones base del 2019 y del parque automotor reportado en el RUNT 2020, se creó un modelo matemático con la función utilidad para proyectar las decisiones económicas de los usuarios bajo distintas estrategias de eficiencia energética y de políticas públicas para el cambio del parque automotor. <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/simulador-de-escenarios>.
- Frente a la huella de carbono son muchas las empresas que se están preocupando sobre cómo optimizar sus rutas. Por medio de un **simulador basado en datos**, GiroZero permite a las compañías saber cómo renovar su flota por medio de sus costos de operación. Esto genera certeza en el proceso de toma de decisiones.
- **Datos GPS:** gracias a los datos compartidos por 24 empresas sobre 3,671 de sus vehículos y hasta por 28 meses se estiman las emisiones de CO₂e de las operaciones de cada empresa. También, es posible realizar análisis de rutas para ver dónde es posible ahorrar combustible y manejar velocidades. <https://public.tableau.com/app/profile/reportes.universidad.de.los.andes.giro.zero/vizzes>
- **Índice ambiental (ESG Reporting):** cada vez son más los inversionistas que miden a las empresas por su nivel de implementación de los criterios ESG. Esta herramienta permite a las compañías contar con esta información centralizada genera reputación y credibilidad ante un grupo de inversionistas. <https://girozero.azurewebsites.net/login>
- **Casos de estudio:** por medio de cuatro pilotos y dos validaciones tecnológicas, GiroZero ha logrado comparar el rendimiento y las emisiones de diferentes tecnologías de vehículos de carga presentes en el mercado de acuerdo a la geografía colombiana. Con los resultados, las compañías pueden tomar mejores decisiones respecto a la configuración de sus flotas. <https://girozero.uniandes.edu.co/proximos-pilotos>.
- **Certificación Smart Driver:** en colaboración con diversos actores, se han hecho capacitaciones a más de 500 conductores y certificaciones a mujeres en un sector dominado por hombres. Una de las compañías que promovió la certificación de sus conductores y conductoras dice: “Nos falta personal capacitado formalmente, de ahí que capacitar a las mujeres pueda ayudarnos a reducir esa brecha”.
- Casi el 69% de los viajes en Colombia se hacen vacíos y sin carga (vehículos C2). En el caso de vehículos tractocamión (C3S3) el 66.4% de estos presenta la misma situación. Una práctica



que, además de improductiva para el medioambiente, afecta la estabilidad de las empresas. Si optimizamos estos viajes, se puede ahorrar un 34.8% de emisiones de CO₂e.

Limitaciones de la información utilizada: El RNDC solo registra alrededor del 43% de la carga en Colombia, por lo tanto se asume que los indicadores intensivos se comportan de manera similar para la carga no registrada. Además, este registro no cuenta con los registros de viajes vacíos por lo que las emisiones consideradas sólo se contemplan en el trayecto cargado y no se refieren a las emisiones totales del transporte.

Otra limitación es que el enrutamiento entre origen destino por diferentes rutas con sus respectivas diferencias de kilómetros por optimización de rutas no es posible observarlas con el RNDC debido a que slo se registra un valor por cada origen – destino y se asume este valor ya que no se conoce el kilometraje real del camión. También, al ser un registro nacional, las operaciones de transporte de carga urbanas no están registradas.

El consumo de combustible empleado en estos análisis es una estimación del comportamiento medio del sector, reportado por el SICECTAC. Con esta estimación no se pueden capturar diversas prácticas que reducen el consumo tales como reducción del ralenti o mejora de prácticas de conducción. Adicionalmente, en esta medición no se observa la renovación hacia equipos más eficientes, esto debe ser reportado por las empresas. Así mismo el Ministerio de Transporte no incluye en el RNDC el estándar de EURO de cada camión, así como la tecnología que maneja ya sea, diésel, eléctrico, gas natural u otra.

Referencias

- Giro Zero. (2021). *INDUSTRY REVIEW REPORT, GIRO ZERO: Steering the Colombian Road Freight Sector towards zero emissions*. Colombia: Universidad de los Andes - Cardiff University.
- Giro Zero. (2022). *Giro Zero Road Map: Dirigiendo el sector Transporte Automotor de Carga en Colombia hacia las cero emisiones*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes - Cardiff University.
- Giro Zero. (2023, Febrero 1). *Policy Brief B: Una visión para el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. Retrieved from Resultados: <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>
- GiroZero. (2022). *ESTUDIO DE MERCADO - ¿QUIÉNES COMPRAN CAMIONES DE CERO Y BAJAS EMISIONES?* Universidad de los Andes, Bogotá. Retrieved from https://girozero.uniandes.edu.co/system/files/2022-11/docs/2.1_Market%20study_Report_20221012_0.pdf
- GiroZero. (2023). KPI Dashboard para el Transporte Automotor de Carga. (A. G.-R. Rey-Ladino, Ed., & M. d. RND, Compiler) Bogotá. Retrieved from Published on february 1st 2021, in <https://girozero.uniandes.edu.co/en/tools/dashboard>
- Hannah Ritchie, M. R. (2023). Renewable Energy. (OurWorldInData.org, Compiler) Ember; Energy Institute Statistical Review of World Energy. Retrieved from <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
- McKinnon, A. (2018). *Decarbonizing Logistics-Distributing Goods in a Low Carbon World* (1st ed. ed.). London: Kogan Page.
- McKinnon, A. C. (2021). Maximizing Capacity Utilization in Freight Transport. In *Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management*, & a. D. edited by Edward Sweeney (Ed.), *Chapter 7*. London: Kogan Page.
- McKinnon, A. C. (2023). *The Decarbonization of Logistics in Lower Income Countries*. Washington, DC: World Bank.
- MinAmbiente. (2017). Decreto 926 de 2017. *Reglamenta el impuesto nacional al carbono y el mecanismo de no causación del impuesto*. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/13.-Decreto-926-de-2017.pdf>
- Minambiente, M. d. (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia para Cumplir con el Acuerdo de París (E2050)*. Bogotá: Gobierno de Colombia.
- MinTransporte. (2021). *Resolución SICETAC 20213040034405*. Retrieved from <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10131/el-ministerio-de-transporte-actualizo-el-sistema-de-informacion-de-costos-eficientes-para-el-transporte-automotor-de-carga-sice-tac/>
- MinTransporte. (n.d.). SICETAC. Retrieved from <https://plc.mintransporte.gov.co/Runtime/empresa/ctl/SiceTAC/mid/417>
- NDC Colombia. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC). (N. S. Climático, Ed., & G. d. Colombia, Recopilador) Bogota. Recuperado el may de 2021, de <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Colombia%20First/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>
- OECD. (2006). *Decoupling the Environmental Impacts of Transport from Economic Growth*. Paris: OECD Publishing, . doi:<https://doi.org/10.1787/9789264027138-en>



- Parra et al, L. G. (2020). Assessing the Complementarities of Colombia's Renewable Power Plants. (F. i. Research, Ed.) doi:DOI=10.3389/fenrg.2020.575240
- Piecyk, M. I., & McKinnon, A. C. (2010). Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020. *International Journal of Production Economics*, 128, 31-42.
doi:doi:10.1016/j.ijpe.2009.08.027
- RUNT. (2020). *Histórico Vehicular*. Retrieved from <http://www.runt.com.co/ciudadano/consulta-historico-vehicular>

Anexo A. Variaciones interanuales de los indicadores de transporte de carga por carretera entre el 2019 y el 2023.

Indicadores Transporte de Carga	2019	2020	2021	2022	2023
Volumen Toneladas	246,989,600	251,607,000	256,224,000	263,220,000	266,773,470
Viajes	19,161,334	18,219,189	19,770,370	19,643,284	19,510,298
Produccion sectorial (Ton-km)	87,681,308,000	97,120,302,000	92,753,088,000	96,338,520,000	91,770,073,680
Flete \$/viaje	\$ 1,468,294	\$ 1,562,128	\$ 1,654,690	\$ 1,813,129	\$ 1,744,735
Capacidad Ton / viaje	12.89	13.81	12.96	13.40	13.67
Red Km/viaje	355	386	362	366	344
\$/ton	\$ 113,910	\$ 113,116	\$ 127,677	\$ 135,308	\$ 127,600
Tarifa \$/km	\$ 4,136	\$ 4,047	\$ 4,571	\$ 4,954	\$ 5,069
Costo Total (millones)	\$ 28,134,472	\$ 28,460,705	\$ 32,713,834	\$ 35,615,807	\$ 34,040,299

Tabla 2. Indicadores de transporte entre el 2019 y 2023.

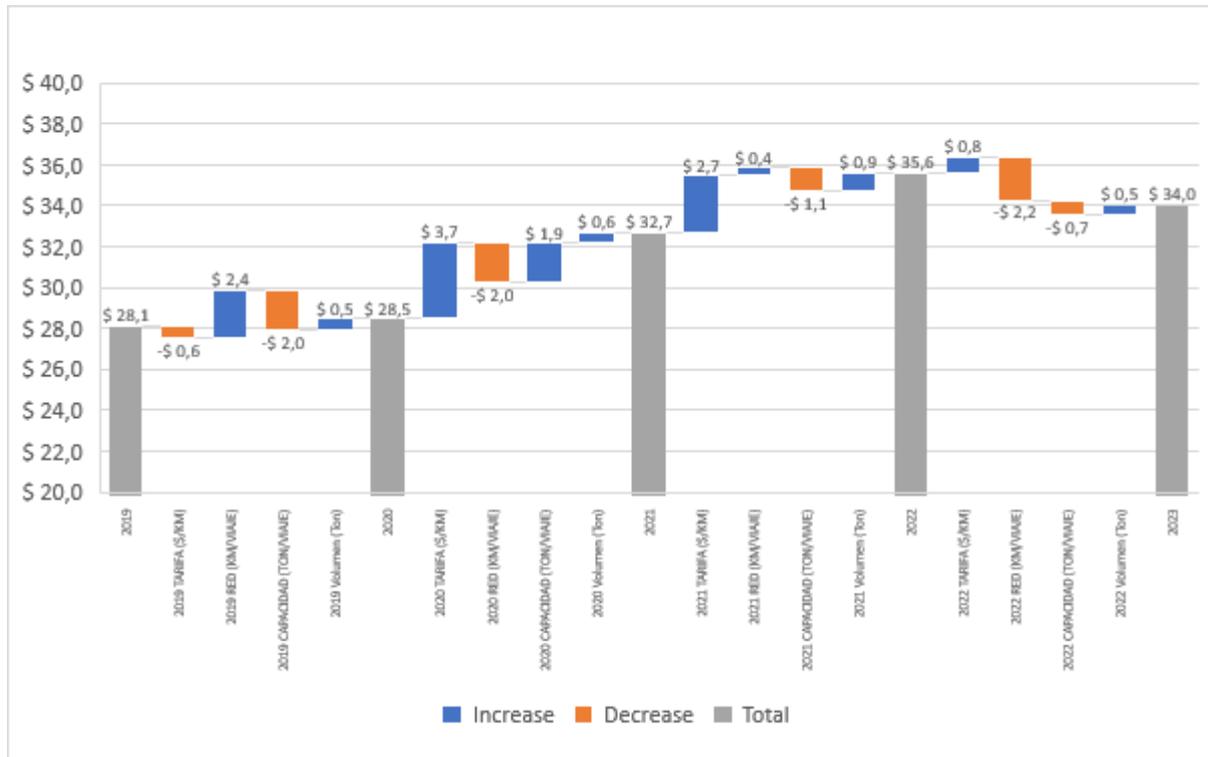


Figura 13. Comportamiento del costo de transporte de carga por carretera en Colombia en Billones de \$COP del 2019 al 2023

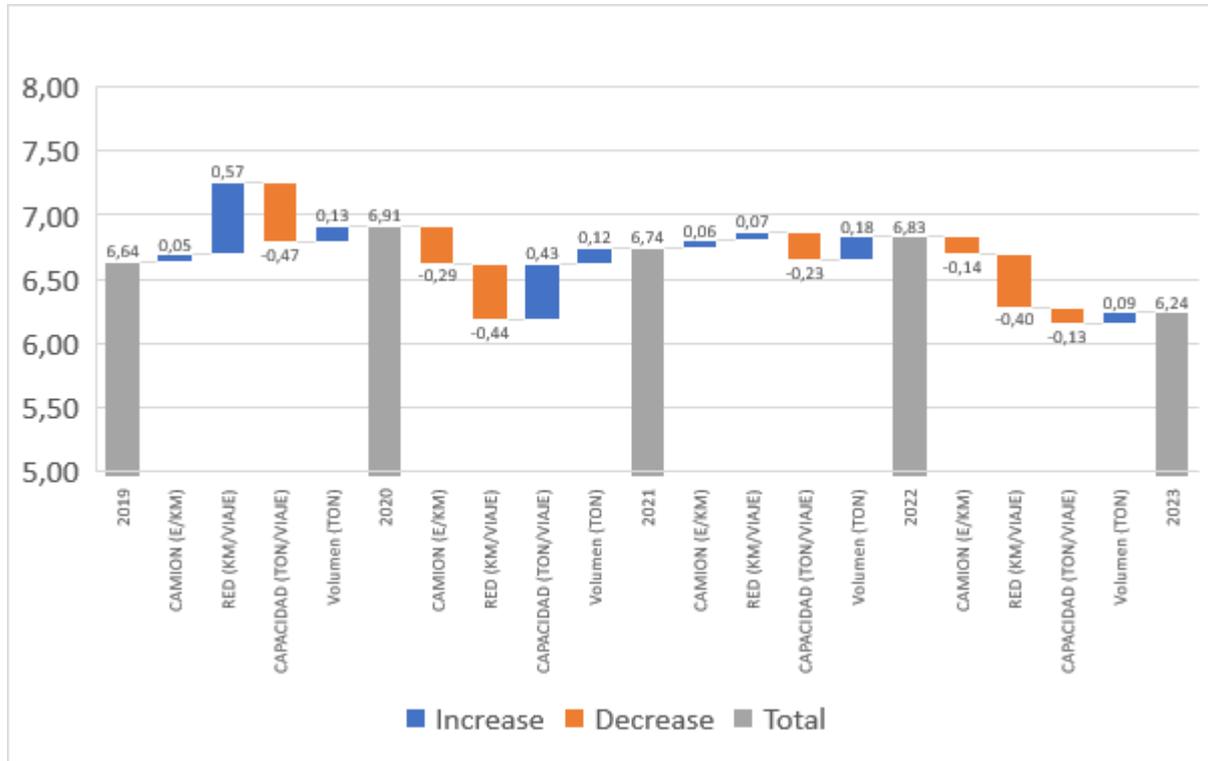


Figura 14. Comportamiento de las emisiones del transporte de carga por carretera en Colombia en toneladas de CO₂e del 2019 al 2023