



# PLAN ESTRATÉGICO DE NEGOCIOS - PROYECTO GIRO ZERO

Producto 2.2

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

**Autores:**

Carlos E. Hernández, Juan Pablo Bocarejo, Gordon Wilmsmeier, Rafael Bautista

**Asistentes de Investigación:**

Juan E. Espinel, Camila F. Cubillos Jaime y Juan José Gómez

Febrero 2022



Este documento fue preparado por el proyecto GIRO ZERO 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.



## Tabla de Contenido

Resumen ejecutivo.....	1
1 Introducción.....	2
2 El camino hacia cero emisiones .....	3
3 Ubicando el punto de partida de su organización .....	4
4 Estrategias.....	5
4.1 Medición y comparación del desempeño ambiental .....	6
4.2 Renovación de flota .....	8
4.3 Conducción eficiente .....	15
4.4 Bonos, topes e impuesto al carbono .....	24
5 Recomendaciones sobre Política Pública y Regulación .....	26
6 Conclusiones .....	28
7 Referencias.....	29

## Lista de Tablas

Tabla 1. Implicaciones de las características de operación sobre la descarbonización.....	5
Tabla 2. Reducción de emisiones de CO2 por combustión completa, relativas al diésel convencional.	9
Tabla 3. Reducción de emisiones de CO por combustión incompleta, relativas al diésel convencional .....	10
Tabla 4. Reducción de emisiones de NOx por combustión incompleta, relativas al diésel convencional .....	10
Tabla 5. Precio (en millones de pesos) de camiones según su configuración y tecnología de propulsión .....	11
Tabla 6. Reducción en gastos operacionales de tecnologías de propulsión, relativos al diésel convencional .....	12
Tabla 7. Incentivos Fiscales y Regulatorios para la renovación de camiones en Colombia.....	13
Tabla 8. Beneficios de la eco-conducción para la cadena de suministro y/o valor .....	16
Tabla 9. Estrategias de eficiencia para el sector de transporte terrestre de carga .....	17
Tabla 10. Estrategias de eficiencia energética en vehículos de Transporte de Carga .....	17
Tabla 11. Resumen de las técnicas de eco-conducción para cada tecnología de propulsión .....	22

## Resumen ejecutivo

Este plan estratégico de negocios estudia 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. El plan estudia alternativas de decisión en tres campos: (i) medición y comparación del desempeño ambiental, (ii) renovación de flota y (iii) conducción eficiente.

Nuestras propuestas se basan en la literatura académica y la información que empresarios, transportadores y servidores públicos han compartido en los workshops, grupos focales y reuniones del proyecto Giro Zero.

La sección 4.1 estudia la medición y comparación del desempeño ambiental. Presenta una metodología internacional para el cálculo y reporte de las emisiones logísticas. Luego, presenta un tablero de indicadores público, el cuál fue creado por el proyecto Giro Zero a partir de información del Ministerio de Transporte de Colombia. Esta herramienta permite que los transportadores nacionales comparen sus emisiones con las de otros transportadores en Colombia. La sección 4.1 también presenta recursos para hacer comparaciones con transportadores internacionales.

La sección 4.2 estudia la decisión de renovar la flota de camiones. Compara los costos y beneficios de diferentes tecnologías de propulsión: diésel, gas, electricidad e hidrógeno. Encuentra que la decisión de renovar la flota, y la tecnología de propulsión escogida, depende de múltiples factores: los precios de los camiones, los ahorros operacionales, la ruta en que se van a utilizar los camiones, los beneficios fiscales y regulatorios, y las características del camión. La sección presenta costos y beneficios para cada tecnología de propulsión a la luz de estos factores.

La sección 4.3 propone estrategias para reducir emisiones, accidentes y costos operacionales a partir de una conducción más eficiente. Incluye estimaciones de las ganancias en eficiencia energética que permiten diferentes prácticas de conducción, discriminadas por tecnología de propulsión: diésel, gas y electricidad.

La sección 4.4 presenta dos alternativas para monetizar reducciones en emisiones: la no causación del impuesto al carbono y los bonos de carbono.

La sección 5 propone estrategias de política pública para acelerar la renovación de camiones: reducción de trámites, reducción de tiempos muertos, impuestos al carbono, topes y mercados de carbono, impuesto vehicular creciente con la edad del camión, e incentivos y auditorías a la medición de emisiones.

En resumen, este documento presenta múltiples alternativas que las empresas de transporte, transportadores y el sector público pueden utilizar para reducir emisiones en el sector de transporte de carga. La viabilidad de cada alternativa para cada empresa depende de múltiples factores: las rutas que cubre, el tipo de operación, el costo de financiación y el acceso a incentivos fiscales y regulatorios, entre otros. No todas las empresas siguen el mismo camino hacia cero emisiones, y no todas las empresas tienen el mismo punto de partida.

## 1 Introducción

El transporte genera 12% de las emisiones de gases efecto invernadero - GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) en Colombia, la mitad de las cuales corresponde a camiones pesados y buses (Pulido, y otros, 2016). Estas emisiones generan enfermedades respiratorias y aceleran el cambio climático, generando costos sociales que afectan desproporcionadamente a los más pobres (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Se necesita urgentemente que el sector privado, el sector público y la academia trabajen juntos en la transición hacia cero emisiones del transporte automotor de carga. Este plan estratégico de negocios propone alternativas para cerrar la brecha entre los objetivos de emisiones de la COP21 y las credenciales actuales del sector, facilitando la adopción de tecnologías y prácticas limpias.

Al estudiar estas alternativas, el documento tiene en cuenta las posibles tensiones que hay entre las utilidades de corto plazo del sector privado y los beneficios a largo plazo de la reducción de emisiones. Por sector privado nos referimos a las empresas de transporte, los transportadores independientes, los operadores logísticos y las cadenas de suministro a las que sirven. El documento tiene en cuenta que la prioridad del sector privado es mejorar sus resultados financieros y la calidad del servicio a los clientes. Las alternativas de reducción de emisiones que aumentan costos, como los impuestos, pueden ir en contravía de este propósito.

El documento también tiene en cuenta la tensión entre los beneficios ambientales por reducir emisiones y sus posibles costos económicos, sociales y fiscales, estos costos incluyen posibles aumentos en el precio que pagan los consumidores de los productos transportados. El sector público, compuesto por gobiernos nacionales, regionales y locales, así como comités y asociaciones de ciudadanos, sopesa estos costos con los beneficios de reducir las emisiones, teniendo como herramientas la regulación, la supervisión, los impuestos y los subsidios.

Este documento aporta tres contribuciones hacia la solución de estas tensiones. Primero, hacerlas explícitas. Segundo, estudiar las alternativas a disposición del sector privado y el sector público para la reducción de emisiones. Tercero, proponer alternativas que las alivien reduciendo emisiones mediante mejoras en eficiencia.

En particular, la optimización logística, la reducción de tiempos muertos, la conducción eficiente y la renovación de flota tienen el potencial de reducir emisiones y reducir costos operativos de forma simultánea. Hace falta información en el mercado sobre los potenciales beneficios de estas alternativas en términos de eficiencia; uno de los objetivos del proyecto GIRO ZERO es medir y divulgar estos beneficios.

Este plan estratégico de negocios demostrará la viabilidad de la implementación de las mejores prácticas identificadas en la Fase 1 del Proyecto GIRO ZERO, de acuerdo con su impacto en la reducción de emisiones de GEI y los costos para el sector privado. Sirve de hoja de ruta para que empresas, transportadores y gobiernos definan la dirección que debe seguir una empresa hacia el objetivo de cero emisiones y conozcan los posibles obstáculos a enfrentar. Construye los cimientos para tomar futuras decisiones.

## 2 El camino hacia cero emisiones

El proyecto GIRO ZERO busca catalizar la adopción de tecnologías de bajas emisiones y de mejores prácticas ambientales dentro del sector del transporte automotor de carga en Colombia. El proyecto entiende que los puntos de partida son variados en el sector. Por ejemplo, algunas empresas ya miden sus emisiones, mientras que la mayoría de los transportadores independientes no lo hacen.

El camino hacia cero emisiones se puede dividir en cinco etapas (Deloitte, 2021)

1. **Pensando en cero emisiones:** Los gestores de flotas estudian las nuevas tecnologías y formas de operación para responder a nuevas exigencias normativas o de responsabilidad social, pero sin una visión o estrategia clara para alcanzar los objetivos.
2. **Pruebas piloto:** Se realizan pilotos de vehículos, fuentes de energía y modelos de operación. Estos pilotos a pequeña escala permiten analizar el rendimiento de la inversión, la prueba de concepto y la escalabilidad de la solución. En esta etapa existe el riesgo de entrar a un bucle interminable de proyectos piloto sin la capacidad de escalar eficazmente.
3. **Inversión estratégica:** Las organizaciones integran vehículos con tecnología de bajas o cero emisiones e implementan nuevas formas de operación. Las decisiones se basan en los pilotos iniciales que fueron exitosos. La implementación se realiza por fases, por región y/o por sector, para garantizar el éxito.
4. **Implementación amplia:** Los gestores de flotas ejecutan un plan estratégico de adquisiciones, sustituyendo los vehículos de combustión interna existentes por vehículos de bajas o cero emisiones en todas las clases de vehículos.
5. **Integración completa:** Las organizaciones han implementado la transformación de todo el sistema para todos los vehículos de la flota no especializados. Existe la infraestructura de recarga y abastecimiento de las diferentes fuentes energéticas de bajo y cero emisiones, lo que permite la operación de vehículos y prácticas de bajas emisiones a costos competitivos.

Los resultados preliminares del proyecto GIRO ZERO indican que la mayoría del transporte automotor de carga en Colombia está ubicada en la etapa uno, aunque existen intentos de pasar a la etapa dos. También, se han identificado algunas organizaciones que están iniciando la etapa tres, pero estas iniciativas están limitados a subsectores específicos.

### 3 Ubicando el punto de partida de su organización

El camino hacia cero emisiones comienza por ubicar el estado actual de la organización. Este es el punto de partida del proceso de planeación estratégica hacia cero emisiones. Las siguientes preguntas puede ayudar a identificar el punto de partida y a mitigar riesgos e incertidumbre.

1. ¿Usted analiza el desempeño de su flota de forma regular?
  - a. Si
  - b. No: lea la sección 4.1, Medición y comparación del desempeño ambiental (página 6)
2. ¿Usted monitorea el consumo de combustible de forma regular?
  - a. Si
  - b. No: lea la sección 4.1, Medición y comparación del desempeño ambiental (página 6)
3. ¿Usted calcula las emisiones de su flota de forma regular?
  - a. Si
  - b. No: lea la sección 4.1, Medición y comparación del desempeño ambiental (página 6)
4. ¿Usted hace un *benchmarking* de desempeño de su flota en términos de costos, consumo energético y emisiones?
  - a. Si
  - b. No: lea la sección 4.1, titulada Medición y comparación del desempeño ambiental (página 6) y conozca los ahorros operativos que permiten diversas tecnologías en la sección 4.2, titulada Renovación de flota (página 11)
5. ¿Usted regularmente se informa sobre los programas del gobierno para el sector de transporte de carga por carretera?
  - a. Si
  - b. No: conozca los beneficios fiscales y regulatorios para las tecnologías de bajas emisiones en la sección 4.2, titulada Renovación de flota (página 11)
6. ¿Usted está informado sobre los beneficios ambientales y financieros de las tecnologías de bajas y cero emisiones?
  - a. Si
  - b. No: conózcalos en la sección 4.2 Renovación de flota (página 8)
7. ¿Usted tiene un plan de renovación de flota?
  - a. Si
  - b. No: los beneficios fiscales y regulatorios para las tecnologías de bajas emisiones en la sección en la sección 4.2, titulada Renovación de flota (página 8)
8. ¿Usted busca optimizar el uso de capacidad de su flota?
  - a. Si
  - b. No
9. ¿Usted coordina el uso de capacidad de su flota con otras empresas?
  - a. Si
  - b. No
10. ¿Usted o sus conductores participan en un programa de conducción eficiente?
  - a. Si
  - b. No: lea la sección 4.3, titulada Conducción eficiente (página 15)

## 4 Estrategias

Este capítulo presenta alternativas a considerar en el camino hacia cero emisiones. Las alternativas cubren tres aspectos: (i) medición y comparación del desempeño ambiental, (ii) renovación de flota y (iii) conducción eficiente. Para cada aspecto, la mejor alternativa depende de las rutas que cubre la empresa, el tipo de operación, el tamaño de la flota, el costo de financiación y el acceso de la empresa a incentivos fiscales y regulatorios, entre otros (Tabla 1). No todas las empresas siguen el mismo camino hacia cero emisiones.

**Tabla 1. Implicaciones de las características de operación sobre la descarbonización**

Más simple de descarbonizar		Más complejo de descarbonizar
<b>Recorrido corto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial para soluciones tecnológicas con autonomías limitadas</li> <li>Infraestructura de reabastecimiento sólo es requerida en regiones definidas</li> </ul>	<b>Largo de ruta</b>	<b>Recorrido largo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere infraestructura amplia y eficiente de reabastecimiento de las fuentes energéticas alternativas</li> </ul>
<b>1 conductor por camión</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horas de operación limitadas y pausas aumentan oportunidades de recarga</li> </ul>	<b>Tipo de operación (Número de conductores)</b>	<b>Más de 1 conductor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Operación de 24 horas limita tiempos de recarga y reabastecimiento</li> </ul>
<b>Distribución fija con base en almacenes definidos</b>	<b>Estructuración de la ruta</b>	<b>Distribución incierta con servicios y almacenes cambiantes</b>
<b>Volumen</b>	<b>Limitante del tamaño de carga</b>	<b>Peso</b>
<b>Flota privada / propia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control sobre emparejamiento entre equipos y rutas</li> <li>Predictibilidad mayor</li> </ul>	<b>estructura operador</b>	<b>3PL</b> Rutas variables según necesidad de los clientes
<b>Flotas grandes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Economías de escala</li> <li>Posibilidad de hacer pilotos con parte de la flota</li> </ul>	<b>tamaño flota (empresa)</b>	<b>Flotas pequeñas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alto riesgo de transición</li> <li>Pilotos afectan directamente la operación de flota</li> </ul>

Fuente: autores con base en McKinsey Center for Future Mobility (2020)

#### **4.1 Medición y comparación del desempeño ambiental**

***Meta: tener un programa de medición y de evaluación comparativa (benchmarking) del desempeño de la flota, con relación al consumo y gasto energético, las emisiones producidas y el uso de capacidades***

La medición de desempeño es clave para establecer y mantener la competitividad de la empresa. El proyecto GIRO ZERO se enfoca en el desempeño relacionado con la eficiencia energética (consumo y costos), las emisiones y el uso de la capacidad.

##### **4.1.1 Medición**

El proyecto GIRO ZERO recomienda como orientación y referencia las metodologías del programa SmartWay y del marco 2.0 del Global Logistics Emissions Council (GLEC) Framework.

La herramienta del Programa SmartWay está disponible en la siguiente página:

<https://www.epa.gov/smartway/smartway-truck-carrier-partner-resources#measure>

EL Marco GLEC 2.0 está disponible en la siguiente página:

<https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/what-is-glec-framework/58/>

El Marco GLEC no es una norma formal, es un enfoque prescriptivo paso a paso para el cálculo y la notificación de las emisiones logísticas (incluyendo el transporte terrestre de carga). Así, propone metodologías de base que se pueden utilizar (con o sin adaptación), consideraciones para el proceso de reporte y orientaciones sobre cómo obtener el mejor resultado con la información disponible. El Marco GLEC también muestra a los usuarios dónde pueden mejorar los cálculos para reducir la incertidumbre de los resultados. Esto, a su vez, facilita la identificación de metas de ahorro y emisiones.

El Marco GLEC también es un paso decisivo hacia el cumplimiento de la norma ISO 14083 de la Organización Internacional de Normalización (ISO, en su abreviación en inglés), la cual trata sobre el cálculo de las emisiones del transporte de mercancías y la logística, que estará disponible en 2022.

##### **4.1.2 Evaluación comparativa (benchmarking)**

Las organizaciones de transporte automotor de carga pueden comparar su desempeño frente al estándar de la industria usando la herramienta de evaluación comparativa del proyecto GIRO ZERO. La herramienta se basa en información del Registro Nacional de Despachos de Carga por Carretera del Ministerio de Transporte de Colombia. Está disponible en la siguiente página web:

<https://www.girozero.co/herramientas/dashboard>

La herramienta muestra indicadores económicos y ambientales de referencia para la industria, diferenciados por combinaciones de los siguientes atributos:

- Tiempo (año y mes)
- Origen y destino (municipio y departamento)
- Producto

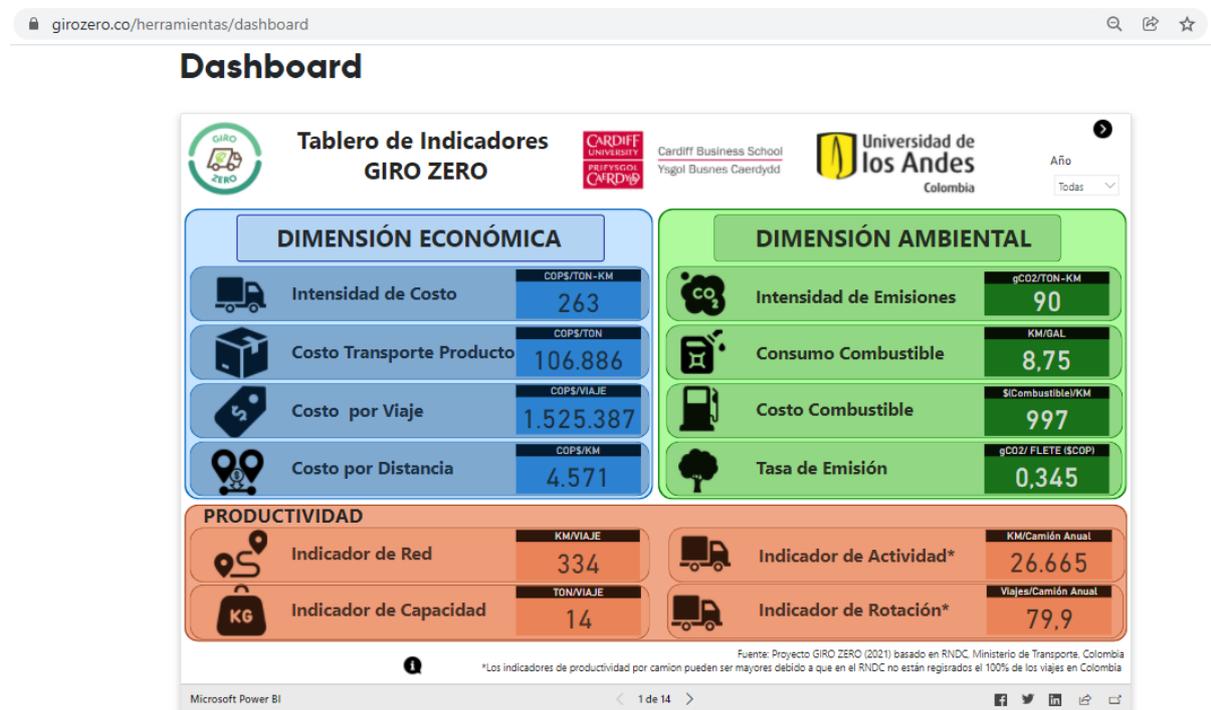
- Tipo de vehículo

La herramienta permite comparaciones generales por tipo de vehículo y comparaciones específicas por ruta o tipo de productos. Las Gráfica 1 y

Fuente: <http://www.girozero.co/herramientas/dashboard>

Gráfica 2 muestran ejemplos de los indicadores en la herramienta.

Gráfica 1. Ejemplo del tablero de indicadores GIRO ZERO



Fuente: <http://www.girozero.co/herramientas/dashboard>

Gráfica 2. Ejemplo de la dimensión ambiental



Fuente: <http://www.girozero.co/herramientas/dashboard>

Para hacer comparaciones internacionales de desempeño, el proyecto GIRO ZERO recomienda el programa Smartway de la Agencia de Protección Medioambiental (EPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. El programa incluye un ranking de transportadores con indicadores como CO2/milla; PM/milla y NOX/milla. El ranking está disponible en la siguiente página web: <https://www.epa.gov/smartway/smartway-carrier-performance-ranking>.

Recomendamos hacer comparaciones frecuentes de desempeño para monitorear los avances de la empresa y para identificar brechas frente a las mejores prácticas nacionales e internacionales.

#### 4.2 Renovación de flota

**Meta: Implementar un programa de renovación de flota con cambio tecnológico hacia cero emisiones**

Esta sección estudia las alternativas de renovación de flota para el mercado de transporte automotor de carga por carretera.

La decisión de renovar flota y la tecnología de propulsión escogida dependen de los precios de los camiones, los ahorros operacionales y la infraestructura para las tecnologías de propulsión, así como los beneficios fiscales y la regulación. Este capítulo estudia aspectos generales de la transición.

En nuestro análisis, los dueños de camiones pueden renovar su flota comprando camiones diésel Euro V o Euro VI, camiones a gas, camiones eléctricos o camiones impulsados por hidrógeno. Los camiones eléctricos disponibles en Colombia con mayor capacidad pueden cargar hasta 11 toneladas, pero la capacidad de carga promedio entre los camiones eléctricos que operan en Colombia es de 3.3 toneladas<sup>1</sup>. Sin embargo, en el mundo ya operan tractocamiones eléctricos con capacidad de hasta 40 toneladas (FULLBAY, 2021). Es posible que estos camiones estén disponibles en Colombia en los próximos años. Los camiones a hidrógeno aún no están disponibles en Colombia, pero podrían estarlo en el mediano plazo. En el mundo ya operan camiones a hidrógeno con capacidad de hasta 36 toneladas (Morgan, 2021). En Colombia, solo el 12% de los camiones utiliza tecnologías Euro IV o superior<sup>2</sup>. Para 2020 solo había 263 camiones eléctricos registrados<sup>3</sup>.

#### 4.2.1 Beneficios para la reducción de emisiones

La transición hacia motores más limpios puede llevar hacia reducciones sustanciales en emisiones. Las emisiones de los camiones tienen dos fuentes. La combustión completa de combustible produce CO<sub>2</sub> y agua. Estas emisiones son proporcionales a la cantidad de combustible utilizado y solo se reducen mediante eficiencias en el consumo de combustible.

**Tabla 2. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión completa, relativas al diésel convencional**

Tecnología	Combustible o electricidad:
Diésel Euro V i	15%
Diésel Euro VI i	15%
Gas Euro VI ii	25%

i. En el caso de la tecnología Diésel, fue evaluado el caso comparativo entre camiones usados de tecnologías antiguas y nuevos camiones de Muncrief en el 2017 (Muncrief, 2017). ii. Para las tecnologías a gas, partimos de la comparación en emisiones de tubo de escape entre camiones diésel Euro VI y Gas LNG Euro VI de (Transport & Environment, 2021). Luego aplicamos la diferencia en emisiones al número explicado pie de página inmediatamente anterior.

Una segunda fuente de emisiones es la combustión incompleta de combustible, la cual produce monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y plomo (Pb). Los motores con tecnologías Euro más recientes reducen la combustión incompleta y por ende la emisión de estos

<sup>1</sup> Cálculos propios a partir de datos del RUNT para el periodo 2017 - 2020.

<sup>2</sup> Cálculos propios a partir de datos del RUNT para el periodo 2017 - 2020.

<sup>3</sup> Cálculos propios a partir de datos del RUNT para 2020.

gases. Las Tabla 3 y Tabla 4 muestran reducciones en emisiones fruto de combustión incompleta, relativas a motores diésel convencionales, para tecnologías de propulsión modernas.

**Tabla 3. Reducción de emisiones de CO por combustión incompleta, relativas al diésel convencional**

Configuración Camión /Tecnología	C2	C3	C4	C2S1	C2S2	C2S3	C3S1	C3S2	C3S3
Diésel Euro I i	52%	20%	20%	20%	20%	16%	16%	16%	16%
Diésel Euro II	58%	28%	28%	28%	28%	25%	25%	25%	25%
Diésel Euro III	67%	23%	23%	23%	23%	20%	20%	20%	20%
Diésel Euro IV	67%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Diésel Euro V	67%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Diésel Euro VI	67%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Gas EEV ii	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
Eléctricoiii	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%

i. Para las tecnologías de Camiones de Carga a Diésel se utilizaron factores de emisiones de camiones de carga pesados disponibles en la tabla 3-21 de (Ntziachristos & Samaras, 2019), utilizando para cada configuración de camión su equivalente en toneladas y utilizando de referencia a un camión convencional para hallar los factores correspondientes en porcentaje. Estos factores no incluyen las emisiones producidas durante la obtención de la fuente de energía, sino únicamente la emisión que estos producen durante su utilización. Los vehículos eléctricos no producen gases de efecto invernadero (EPA, 2021). ii. Para las tecnologías de Camiones a Gas EEV (por las siglas en inglés para la categoría Euro de Emisión Respetuoso Mejorado con el Medio Ambiente) se utilizaron factores de emisiones de buses de pasajeros comparables con camiones de carga disponibles en la tabla 3-23 de (Ntziachristos & Samaras, 2019), utilizando la última versión existente en el mercado de cada tecnología y utilizando de referencia a un camión convencional para los factores correspondientes en porcentaje. Estos factores no incluyen las emisiones producidas durante la obtención de la fuente de energía, sino únicamente la emisión que estos producen durante su utilización. iii. Las emisiones para vehículos eléctricos incluyen la producción de electricidad para una matriz de producción eléctrica con bajo consumo de carbón como la colombiana (Nanaki & Koroneos, 2013). Por ejemplo, las emisiones de un automóvil eléctrico son 3% de las emisiones de un automóvil Euro VI y menos del 1% en comparación con un vehículo tradicional.

**Tabla 4. Reducción de emisiones de NOx por combustión incompleta, relativas al diésel convencional**

Configuración Camión /Tecnología	C2	C3	C4	C2S1	C2S2	C2S3	C3S1	C3S2	C3S3
Euro I	40%	30%	30%	30%	30%	16%	16%	16%	16%
Euro II	38%	26%	26%	26%	26%	27%	27%	27%	27%
Euro III	52%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%
Euro IV	70%	64%	64%	64%	64%	64%	64%	64%	64%
Euro V	83%	80%	80%	80%	80%	79%	79%	79%	79%
Euro VI	67%	97%	97%	97%	97%	96%	96%	96%	96%
Gas EEVii	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Eléctricoiii	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%

i. Para las tecnologías de Camiones de Carga a Diésel se utilizaron factores de emisiones de camiones de carga pesados disponibles en la tabla 3-21 de (Ntziachristos & Samaras, 2019), utilizando para cada configuración de camión su equivalente en toneladas y utilizando de referencia a un camión convencional para hallar los factores correspondientes en porcentaje. Estos factores no incluyen las emisiones producidas durante la obtención de la fuente de energía, sino únicamente la emisión que estos producen durante su utilización. Los vehículos eléctricos no producen gases de efecto invernadero (EPA, 2021). ii. Para las tecnologías de Camiones a Gas EEV (por las siglas en inglés para la categoría Euro de Emisión Respetuoso Mejorado con el Medio Ambiente) se utilizaron factores de emisiones de buses de pasajeros comparables con camiones de carga disponibles en la tabla 3-23 de (Ntziachristos & Samaras, 2019), utilizando la última versión existente en el mercado de cada tecnología y utilizando de referencia a un camión convencional para los factores correspondientes en porcentaje.

Estos factores no incluyen las emisiones producidas durante la obtención de la fuente de energía, sino únicamente la emisión que estos producen durante su utilización. iii. Las emisiones para vehículos eléctricos incluyen la producción de electricidad para una matriz de producción eléctrica con bajo consumo de carbón como la colombiana (Nanaki & Koroneos, 2013). Como es evidente en la tabla 7, en ese caso, las emisiones de un automóvil eléctrico son 3% de las emisiones de un automóvil Euro VI y menos del 1% en comparación con un vehículo tradicional.

Las Tabla 3 y Tabla 4 muestran que los camiones a gas contaminan más que camiones diésel nuevos de tamaño similar, siempre y cuando estos últimos tengan estándar Euro V o VI. Además, un estudio que comparó un camión nuevo propulsado por Gas Natural Licuado (LNG) con un camión similar diésel con estándar Euro VI, encontró que el primero emite 37 veces más partículas que causan cáncer (Transport & Environment, 2021). En resumen, los camiones a gas permiten mejoras sustanciales frente a los camiones viejos que actualmente recorren las carreteras colombianas, pero emiten más que camiones diésel nuevos o eléctricos e hidrógeno de configuración similar.

#### 4.2.2 Viabilidad Económica

La viabilidad económica de la renovación requiere que el valor presente neto de los flujos de caja libres que genera un vehículo de bajas emisiones sea mayor al valor presente neto de los flujos de caja libres que genera un vehículo de altas emisiones. En consecuencia, un transportador debe considerar múltiples factores: el precio de los camiones, los ahorros operacionales que permiten las nuevas tecnologías, la ruta en que se van a utilizar los camiones, los beneficios fiscales y regulatorios disponibles, y sus propias características como dueño de camiones: persona natural o jurídica, su factor de descuento, su costo de financiación, etc. A continuación, se discute cómo estos factores afectan la decisión de comprar un camión de bajas emisiones en vez de un camión de altas emisiones.

**Precio de los camiones:** El precio de los camiones varía sustancialmente dependiendo de las tecnologías y el uso. Un tractocamión C3S3<sup>4</sup> usado, modelo 2008, con capacidad de 35 toneladas, con tráiler, llantas y carrocería, cuesta alrededor de 300 millones de pesos<sup>5</sup>. Un camión C2 sencillo usado, modelo 2008, con capacidad de carga de 10.5 toneladas, cuesta alrededor de 83 millones de pesos<sup>6</sup>. La Tabla 5 muestra precios de camiones nuevos para diferentes tecnologías y configuraciones. Los camiones diésel nuevos tienen precios similares a los camiones a gas y cuestan alrededor del doble que los camiones diésel modelo 2008. Los camiones eléctricos cuestan el doble que los camiones diésel Euro VI.

**Tabla 5. Precio (en millones de pesos) de camiones según su configuración y tecnología de propulsión**

Configuración	Tecnología	Precio cabezote <sup>i</sup> Millones de pesos	Trailer, llantas y carrocería <sup>ii</sup> Millones de pesos	Total Millones de pesos
---------------	------------	---	---	-------------------------------

<sup>4</sup> La nomenclatura de la configuración se usa de acuerdo a la resolución de pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte y se puede consultar en <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=241>

<sup>5</sup> Entrevista con Manuel Pulido, transportador independiente, 2021/12/02

<sup>6</sup> <https://www.olx.com.co/item/chevrolet-npr-2008-iid-1112328706>, consultado el 2021/12/08

		Sin IVA		
C3S3	Diésel Euro V	458 <sup>iii</sup>	100	558
C3S3	Diésel Euro VI	599	100	699
C3S3	Gas Euro VI	466 <sup>iv</sup>	100	566
C3S3	Eléctrico	1.225	100	1.325
C2	Diésel Euro V	100 <sup>v</sup>	10	110
C2	Diésel Euro VI	134	10	144
C2	Gas Euro VI	134	10	144
C2	Eléctrico	270	10	280

i. Para los precios que no incluyen pie de página, se utilizó un factor de ajuste hacia la realidad colombiana, con casos presentes en el extranjero que se extrapolaron a través de camiones que se encuentran presentes en el país. ii. Entrevista con Manuel Pulido, transportador independiente, 2021/12/02. iii. <http://revistacargapesada.com/revista-carga-pesada-edicion-161-octubre-2021/>. iv. Cotización recibida el 9 de diciembre de 2021, suponiendo tasa de cambio COP/USD de 4000. v. <http://revistacargapesada.com/revista-carga-pesada-edicion-161-octubre-2021/>.

**Ahorros operacionales:** La renovación de camiones permite ahorros operacionales que difieren entre tecnologías. La Tabla 6 compara algunos gastos operacionales entre tecnologías de propulsión, relativo a un camión diésel con tecnología anterior al estándar europeo. Por ejemplo, el gasto en combustible de los camiones diésel Euro V nuevo es 85% del gasto en combustible de los camiones diésel viejos próximos a chatarrizar.<sup>7</sup>

**Tabla 6. Reducción en gastos operacionales de tecnologías de propulsión, relativos al diésel convencional**

Tecnología	Reducción de gasto en combustible o energético <sup>i</sup>	Reducción de gasto en mantenimiento y reparación <sup>ii</sup>
Diésel Euro V	15%	13%
Diésel Euro VI	15%	13%
Eléctrico	39%	49%
Hidrógeno	-80% (i.e. aumento)	9%
Gas	30% <sup>iii</sup>	21%

i. Para las tecnologías diferentes a Diésel, se consideró las aproximaciones en costos de combustible y las diferencias porcentuales presentadas por Hunter en el 2021 (Hunter, et al., 2021). En el caso de la tecnología Diésel, fue evaluado el caso comparativo entre camiones usados de tecnologías antiguas y nuevos camiones de Muncrief en el 2017 (Muncrief, 2017). ii. Para las tecnologías diferentes a Diésel, se consideró las aproximaciones en costos de mantenimiento y reparación y las diferencias porcentuales presentadas por Hunter en el 2021 (Hunter, et al., 2021). En el caso de la tecnología Diésel, fue evaluado el caso comparativo entre camiones usados de tecnologías antiguas y nuevos camiones de Muncrief en el 2017 (Muncrief, 2017). iii. Carlos Lopera, CargaYa, Workshop Financiero del proyecto Giro Zero, Cartagena, octubre 20, 2021.

**Ruta en la que se usan los camiones:** La viabilidad económica de la renovación de flota depende de la ruta en la que se van a usar los camiones. Las tecnologías con alto precio del camión, pero bajo

<sup>7</sup> Carlos Lopera, CargaYa, Workshop Financiero del proyecto Giro Zero, Cartagena, Octubre 20, 2021, utilizando datos para camiones colombianos. Este número es igual al reportado por (Hunter, et al., 2021).

costo de combustible son más apropiadas cuando los camiones van a recorrer muchos kilómetros en el mes, como es el caso de rutas largas con bajos tiempos de espera por viaje. En estas rutas, los ahorros en combustibles compensan el alto costo de los camiones. En rutas cortas o con altos tiempos de espera, los camiones de bajo precio, pero alto costo de combustible, son más rentables. Una lógica similar opera con la configuración de los camiones: los camiones pequeños son más baratos, pero tienen un alto costo por tonelada transportada frente a los camiones grandes. En consecuencia, los camiones pequeños no son rentables en las rutas más largas, y viceversa.

**Beneficios fiscales y regulatorios:** Existen múltiples incentivos fiscales y regulatorios para la renovación de camiones en Colombia. La Tabla 7 resume estos incentivos. Algunos beneficios de la Tabla 7. Incentivos Fiscales y Regulatorios para la renovación de camiones en Colombia, como el descuento en renta y la exclusión en IVA, requieren de trámites previos ante entidades del gobierno para demostrar las reducciones en emisiones. Estos trámites toman recursos y tiempo: los asistentes a los talleres de Giro Zero mencionan tiempos de espera entre 3 y 6 meses para recibir los certificados. Los dueños de camiones deben presupuestar estos tiempos de espera a la hora de planear la renovación de su flota.

Los beneficios de la Tabla 7 están segmentados por tipo de propietario. Por ejemplo, el descuento del 25% del precio del camión en el impuesto de renta solo puede ser aprovechado por propietarios que cumplan tres condiciones: (i) ser empresas, (ii) tener la capacidad técnica y jurídica para gestionar certificados de reducción de emisiones ante las autoridades ambientales y (iii) tener utilidades lo suficientemente grandes para que la deducción se pueda aplicar completamente.

**Tabla 7. Incentivos Fiscales y Regulatorios para la renovación de camiones en Colombia**

Aspecto	Beneficiario	Eléctrico	Bajas Emisiones i	Altas Emisiones ii
Impuesto de Renta iii	Organizaciones iv	Descuento del 25% del valor del vehículo	Descuento del 25% del valor del vehículo	Sin descuento
IVA v	Compradores de camiones (cero emisiones)  Pequeños propietarios (altas emisiones)	Excluído	Excluído	Exento con reposición
Arancel vi	Organizaciones y Pequeños propietarios	0% (cupos)*	5%-15%	15%-35%**
Impuesto Vehículos Automotores vii	Organizaciones y pequeños propietarios	Máximo 1% del valor comercial	1,5%-3,5%*	1,5%-3,5%**

Aspecto	Beneficiario	Eléctrico	Bajas Emisiones i	Altas Emisiones ii
Reposición (subsidio) viii	Pequeños propietarios	70% del incentivo económico de reposición	70% del incentivo económico de reposición	60% del incentivo económico de reposición
Revisión Técnico-Mecánica ix	Organizaciones y Pequeños propietarios	30% descuento*	30% descuento**	Sin descuento
SOAT (base) x	Organizaciones y Pequeños propietarios	Menor cilindraje categoría xi	Por cilindraje	Por cilindraje
SOAT (tarifa)	Organizaciones y Pequeños propietarios	10% descuento xii	10% descuento*	Sin descuento

i. Según el Proyecto de Ley “por medio del cual se reglamentan los requisitos mínimos, técnicos y de seguridad para los vehículos de cero o bajas emisiones y se dictan otras disposiciones”, en su artículo 2 establece que un vehículo de bajas o cero emisiones es “es un vehículo que no emite sustancias contaminantes a través del tubo de escape generadas por la fuente de propulsión a bordo del vehículo. Para el presente proyecto de ley denominaran vehículos de cero o bajas emisiones a todos los vehículos eléctricos, híbridos, híbridos recargables o de celda combustible”. ii. Un vehículo de altas emisiones sería aquel que no cumpla con la definición propuesta en el Proyecto de Ley que define a los vehículos de bajas o cero emisiones. iii. Estatuto tributario, Art. 255: Descuento para inversiones realizadas en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente. Decreto 2205 de 2017. Solo es válido para personas jurídicas. iv. Personas jurídicas v. Artículo 477 del Estatuto Tributario: propietarios de hasta de dos (2) vehículos y para efectos de la reposición de uno o dos vehículos propios, por una única vez. Este beneficio tendrá vigencia de cinco (5) años. Artículo 9 de la Ley 2099 del 10 de Julio del 2021. vi. Decreto 2051 de 2019. \*1500 unidades para los años 2017, 2018 y 2019; 2300 unidades para los años 2020, 2021 y 2022; 3000 unidades para los años 2023, 2024, 2025, 2026 y 2027. \*\*5% para vehículos a Gas, 15% para vehículos de carga y 35% para el resto de vehículos. vii. Ley 1964 de 2019: Art. 3: Impuesto sobre Vehículos Automotores. \*Ley 488 de 1998: Art 145. \*\*Vehículos públicos no pagan. viii. Resolución 5304 de 2019: Art. 17: Reconocimiento económico de vehículos operativos por desintegración física total del sesenta por ciento (60%) del valor del incentivo económico establecido en la resolución, con fines de reposición. Se paga el 100% del valor del incentivo económico establecido en la resolución (que depende de la configuración del camión) por desintegración total del vehículo sin fines de reposición. En el caso de desintegración con fines de reposición de un vehículo de altas emisiones se paga el 60% del valor del incentivo económico y 70% en el caso de ser un vehículo de bajas emisiones. \*Resolución 5304 de 2019: Art. 17: Parágrafo 2. ix. Ley 1964 de 2019: Art. 4: Descuento sobre la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes. \*Todavía no está reglamentado. \*\*Ley 2128 de 2021: Art. 18: Exención del certificado de emisiones contaminantes y descuento sobre la revisión técnico mecánica. x. Circular 32 de 2009: El valor del SOAT corresponderá a la determinada para el menor cilindraje dentro de la correspondiente categoría. xi. Circular 32 de 2009: El valor del SOAT corresponderá a la determinada para el menor cilindraje dentro de la correspondiente categoría. xii. Ley 1964 de 2019: Art. 4: Descuento sobre la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes. \*Ley 2128 de 2021: Art. 18: Exención del certificado de emisiones contaminantes y descuento sobre la revisión técnico mecánica.

**Características del dueño de los camiones:** La viabilidad económica también depende de quién es el dueño de los camiones, por múltiples razones. Primero, porque algunos dueños enfrentan menores costos de financiamiento que otros. Las empresas y grandes propietarios pagan menores tasas de interés que los pequeños propietarios porque pueden ofrecer mejores colaterales y porque tienen mejor historia crediticia. De hecho, un grupo importante de pequeños propietarios no tiene acceso al crédito formal. Esta consideración es importante porque la propiedad de los camiones en Colombia es fragmentada: menos del 2 % de los transportadores es dueño de más de diez camiones, mientras que el 82 % de los transportadores son dueños de un solo camión o tienen participación en la propiedad de un solo camión (Allen, Atkin, Cantillo, & Hernandez, 2021).

Segundo, porque los dueños difieren en su tasa de descuento: la rentabilidad de inversiones alternativas a la compra de camiones. En consecuencia, tienen diferentes valoraciones de los flujos de caja futuros en comparación con los flujos de caja presentes.

Tercero, porque los beneficios tributarios difieren entre propietarios, tal como se indica en la discusión de la Tabla 7.

### **4.3 Conducción eficiente**

***Meta: Implementar un programa de conducción eficiente adaptado a las características de la operación logística***

Los conductores son un eje clave en la generación de emisiones y en el ahorro de combustible con su estilo de conducción. Además, son los agentes más expuestos en la cadena de suministro, se exponen a las emisiones de sus propios vehículos en el caso de tecnologías de motores de combustión interna (Diésel, biocombustibles, GNV etc.) y esto sumado a las largas jornadas laborales en una misma posición que puede resultar en problemas de salud, adicionalmente, durante la operación se exponen también a siniestros viales. En el marco del objetivo de mejorar la eficiencia de las operaciones y reducir emisiones, resulta necesario que las empresas desarrollen un plan estratégico de gestión de los conductores, en el cual se incluya la capacitación en conducción sostenible y eficiente, y en seguridad vial. De igual manera, la retroalimentación instantánea o en el vehículo influye en el comportamiento del conductor y mejora el ahorro de combustible en una media del 6,6% y puede dar lugar a mejoras de conducción aún mayores cuando se combina con otras estrategias, como la capacitación del conductor o las recompensas basadas en el rendimiento (U.S. Department of Energy, 2021) . La implementación de este tipo de planes a largo plazo puede contribuir a la reducción de emisiones y ahorro de combustible de los vehículos, evitando el deterioro del estado de salud de los conductores, y reduciendo la cantidad de siniestros viales en las carreteras y ciudades del país.

#### **4.3.1 Consumo de combustible - Diésel**

La conducción eficiente y segura es un estilo de conducción orientado a operar un vehículo dentro de un rango de revoluciones, en donde hay menos aceleraciones y cambios graduales en la transmisión. Adicionalmente, contribuye a reducir el consumo de combustible, emisiones de GEI y tiene resultados considerables en la mejora de la seguridad en el momento de conducir. Con este tipo de conducción se pueden generar impactos significativos en la operación de la flota vehicular, pues se ha detectado que con técnicas de “conducción eficiente” se pueden reducir hasta en un 35% el consumo de combustible (OCDE, 2016) y en general se pueden presentar ahorros a nivel operacional del 5% al 25% (Restrepo, Quirama, Castillo, & Tibaquirá, 2019). Sin embargo, según (Ombach & Junak, 2010) y (Ministerio de Transporte Ecmt, 2005), los ahorros a nivel operacional y aumento en rendimiento pueden llegar hasta un 45%.

Los estudios sobre eco-conducción traen consigo varios co-beneficios, entre estos, mayor seguridad, mejora de salud, mitigación del cambio climático, mejora en las habilidades de los conductores y profesionalización de estos (SmartDrive, 2016). Los beneficios se traducen en ventajas para los actores a lo largo de la cadena de valor del Transporte de Carga, Tabla 8.

**Tabla 8. Beneficios de la eco-conducción para la cadena de suministro y/o valor**

Conductores	Flota	Empresa	Medio Ambiente y Sociedad
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Profesionalización de operadores mediante capacitaciones.</li> <li>2. Habilidades de conducción de ahorro y eficiencia.</li> <li>3. Mejoras en la seguridad vial al conducir e interactuar con otros vehículos y personas.</li> <li>4. Niveles de estrés reducidos.</li> <li>5. Potencial uso de la tecnología para asistir el comportamiento al volante y el monitoreo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de consumo de combustible.</li> <li>2. Aumento de productividad y aprovechamiento del vehículo.</li> <li>3. Aumento del valor de reventa del vehículo.</li> <li>4. Reducción de los costos de operación, como mantenimiento y neumáticos.</li> <li>5. Duración del vehículo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollo de una cultura de salud y seguridad.</li> <li>2. Gestión eficaz de riesgos.</li> <li>3. Reducción del consumo de combustible.</li> <li>4. Estrategias verdes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción considerable de emisiones y otros posibles contaminantes.</li> <li>2. Mejora en el ahorro de combustible.</li> <li>3. Implementación de medidas de eficiencia energética.</li> <li>4. Prácticas de conducción segura.</li> <li>5. Reducción en la tasa de choques y accidentes.</li> </ol>

Fuente: Autores basado en (**Department of Transport, 2016**)

Por otro lado, el dióxido de carbono es el principal GEI asociado al cambio climático, y por cada litro de combustible Diésel que se usa, este produce 2.84 Kg de CO<sub>2equivalente</sub> (Giro Limpio, 2021), por lo que los tanques de los camiones emiten millones de toneladas de GEI. Sin embargo, las nuevas tecnologías traen consigo factores innovadores, como:

1. Filtros de partículas Diésel (DPF), reducen la emisión de partículas de carbono.
2. Catalizadores de oxidación Diésel (DOC), reducen las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.
3. Recirculación de gases de escape (EGR), reducen las emisiones de óxidos de nitrógeno.
4. Sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR), reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Estas innovaciones pueden reducir las emisiones nocivas de manera considerable, al mismo tiempo que se usan técnicas de conducción que permitan un bajo consumo de combustible (Giro Limpio, 2021). Así que, como principio básico se debe conocer y controlar las fuerzas que afectan el consumo de combustible como, la resistencia a la rodadura, fuerza de gravedad y resistencia aerodinámica con

el fin de mejorar el rendimiento de combustible, esto se puede hacer por medio de diferentes estrategias como las presentadas en la Tabla 9.

**Tabla 9. Estrategias de eficiencia para el sector de transporte terrestre de carga**

Estrategia	Descripción
<b>Encendido del vehículo</b>	No es necesario calentar el motor por tiempos prolongados ni usar el acelerador, con el fin de no inyectar combustible y gastarlo.
<b>Prohibición de ralentí</b>	Desperdicia combustible y afecta la calidad del aire, algunos componentes del camión necesitan un suministro de energía adicional que puede ser auxiliado con unidades de potencia o sistemas eléctricos adicionales.
<b>Rango optimo del motor</b>	Operar el vehículo en el rango óptimo con el fin de tener mayor eficiencia que resulta de la relación entre el torque y la velocidad del motor.
<b>Velocidad constante</b>	Ahorrar combustible eliminando aceleraciones abruptas o desaceleraciones innecesarias.
<b>Planificación del viaje</b>	Elección de rutas eficientes y prever condiciones, evitando tráfico y superficies que requieran mayor uso de combustible.
<b>Neumáticos</b>	Uso de neumáticos adecuados con el fin de mejorar la resistencia al rodamiento reduciendo y bajando el peso del camión, logrando una disminución de combustible. Además, se debe mantener la presión adecuada de los neumáticos.
<b>Lubricantes de baja fricción</b>	Reducción de fricción en la transmisión y motor por medio de lubricantes de baja viscosidad, se traduce en ahorro de combustible de 0.5% a 2%
<b>Mejora aerodinámica</b>	Accesorios aerodinámicos ayudan y permiten a el ahorro del combustible, mejora las velocidades en carretera y disminuye el uso de los caballos de fuerza.
<b>Reducción del peso en vacío</b>	Reducción del peso del camión cambiando los materiales originales por materiales ligeros o eliminándolos.

Fuente: (Villalobos & Wilmsmeier, 2021)

Sin embargo, también hay diferentes estrategias de eficiencia energética, para ser más eficiente a nivel operacional, como se evidencia en la Tabla 10.

**Tabla 10. Estrategias de eficiencia energética en vehículos de Transporte de Carga**

Componente vehicular	Tecnología	Aumento en rendimiento
<b>Motor</b>	Arranque-parada	3%-4%
	Arranque-parada con freno regenerativo	3%-7%
	Válvula de actuación variable	5%-9%
	Mejoras en el sistema de inyección directa	10%-13%
	Tiempo variable de válvula de admisión	1.5%-2.5%
	Reducir la capacidad del motor con turbo cargadores o sobrealimentación	10%-15%
	Relación de compresión variable	4%-10%
	Desconexión selectiva de cilindros	6%-8%
	Lubricación de menor viscosidad	1%-5%

<b>Transmisión</b>	Variación en la caja de cambios	2%-6%
	Transmisión variable continua	3%-8%
	Transmisión de doble embrague	4%-5%
	Transmisiones automáticas	7%-9%
	Reducción de fricción de componentes mecánicos	3%-5%
<b>Funcionamiento</b>	Mejoras aerodinámicas	5%-10%
	Reducción de resistencia a la rodadura	1%-1.5%
	Reducción del 10% en el peso del vehículo	4%-10%
	Reducción de ralentí	0.5%-8%
<b>Transición tecnológica</b>	Llantas individuales de base ancha	1%
	Hibridación	40%-58%
	Diésel	20%-35%
<b>Operación</b>	Conducción eficiente	5%-45%
	Regulación de velocidad máxima	5%-10%
	Gestión de flotas-sistemas inteligentes de transporte	5%-20%

Fuentes: (Restrepo, Quirama, Castillo, & Tibaquirá, 2019) , (King, 2007) y (Kobayashi, Ribeiro, & Plotkin, 2009).

Los programas de eco-conducción ofrecen profesionalización del sector transporte de carga, permiten ahorrar combustible, reducir emisiones y aumentar la seguridad vial, teniendo esto en cuenta las capacitaciones y programas de eco-conducción deben ser prácticas habituales, con el fin de lograr una descarbonización en el transporte de carga, fomentando y creando un entorno propicio de estrategias verdes, practicas sostenibles y concientización de los beneficios que trae operar la flota vehicular de manera óptima.

#### 4.3.2 Consumo de combustible - Gas

En general, la eco-conducción en vehículos con GNV tiene buenas prácticas parecidas a las del diésel y la gasolina, dado que también funciona como un motor de combustión interna. Según el (U.S. Department of Energy, 2021), el primer paso en el ahorro de combustible implica el aprendizaje de los conductores de cómo sus comportamientos de conducción influyen en el consumo. La cantidad de combustible que se consume en un vehículo depende en gran medida de la forma de conducción. Un primer acercamiento a estas técnicas según (U.S. Department of Energy, 2021)y (Government of Canada, 2021) son:

1. **Reducción de velocidad y conducción de forma conservadora:** El exceso de velocidad aumenta el consumo de combustible y disminuye la economía de éste como resultado de la resistencia a la rodadura de los neumáticos y la resistencia al aire. Reducir la velocidad entre 8 y 16 km/h puede mejorar el ahorro de combustible entre 7% y 14% (U.S. Department of Energy, 2021). Utilizar el control de cruce en la autopista puede ayudar a los conductores a mantener una velocidad constante; los vehículos utilizan la mayor parte de la energía cuando aceleran. Respetar el límite de velocidad, acelerar, frenar suave y gradualmente, aprender a “leer” la carretera y la ruta puede mejorar el ahorro de combustible de su vehículo entre 15% y 30% a velocidades interurbanas y entre 10% y 40% en el tráfico de parada y arranque (urbano) (U.S. Department of Energy, 2021).

2. **Combinar viajes:** Combinar viajes puede ahorrar tiempo y dinero al evitar paradas y arranques innecesarios del vehículo. Los viajes más cortos pueden consumir el doble de combustible que un viaje largo y de varios trayectos que cubran la misma distancia, cuando el motor está caliente y a su temperatura de mayor eficiencia (U.S. Department of Energy, 2021). La fricción del motor y de la transmisión aumenta con el aceite del motor frío y otros fluidos de la línea de transmisión, haciendo que el motor sea menos eficiente. La planificación del viaje puede reducir la distancia que recorre y la cantidad de tiempo que se conduce con el motor (U.S. Department of Energy, 2021).
3. **Acelerar suavemente:** Cuanto más se acelera, más combustible se consume. En entornos urbanos, se puede consumir menos combustible pisando suavemente el pedal del acelerador. Para ser lo más eficiente posible en el consumo de combustible, hay que acelerar el vehículo durante 5 segundos hasta alcanzar los 20 km/h desde la parada (Government of Canada, 2021).
4. **Anticipo el tráfico:** Anticipar el tráfico implica mirar hacia adelante mientras se conduce para prever lo que viene. Se trata de mantener una distancia segura entre el vehículo y el que está delante. Si se observa con atención lo que hacen los peatones y los demás vehículos, y se imagina lo que harán a continuación, se podrá mantener la velocidad lo más constante posible y consumir menos combustible (Government of Canada, 2021).

Por otro lado, la petrolera (Shell, 2021) recomienda otras buenas prácticas similares para la ecoconducción tanto en acciones preventivas de mantenimiento del vehículo como en comportamientos de conducción:

- 1) Las revisiones periódicas mantienen la eficiencia del motor: un motor bien afinado mejora el ahorro de combustible (Shell, 2021).
- 2) Combustibles y líquidos: eligiendo el combustible adecuado obtendrá más distancia por costo. Según el grupo (Vanti, 2021) posibles daños en la culata del motor dependen de la calidad de la combustión (aire, combustible, energía, mezcla y compresión). Las conversiones a gas incluyen un proceso de calibración que garantiza una buena combustión. De igual manera, los aceites de motor de alta calidad ayudan a que el motor funcione de forma más eficiente (Shell, 2021).
- 3) Presión correcta de los neumáticos: conducir con neumáticos poco o demasiado inflados optimizará el rendimiento de su vehículo. Por ejemplo, unos neumáticos con una presión inferior a 15 psi (1 bar) tienen una mayor resistencia a la rodadura, lo que se traduce en un aumento de aproximadamente el 6% en el consumo de combustible (Shell, 2021). Hay que consultar el manual del propietario para conocer las presiones recomendadas para una conducción "normal" y "con carga". Asimismo, una correcta presión de inflado de los neumáticos también aumentará la seguridad del vehículo (Shell, 2021).
- 4) Estado de la batería: generalmente se recomienda cambiar la batería cada tres o cuatro años. Aparte de los problemas de arranque, una batería en mal estado hará que el alternador intente cargar constantemente la batería y reduzca su economía de combustible (Shell, 2021).

### 4.3.3 Consumo de combustible - Electricidad

La eco-conducción también es aplicable al mercado de vehículos eléctricos. Según el grupo Renault (2019), la eco conducción en este tipo de tecnologías se basa en economizar la energía de la batería para alargar la autonomía optimizando el consumo eléctrico. Aunque parte de este ahorro está relacionado con el estilo de conducción del conductor, otros factores como el aire acondicionado, la sobrecarga y la presión de los neumáticos también son importantes y pueden afectar al consumo de energía. Al adoptar estas buenas prácticas, se podrá reducir el consumo de energía, ahorrar batería, evitar el desgaste prematuro del vehículo y tener una experiencia de conducción más tranquila y confortable. En general, utilizar la eco- conducción en vehículos eléctricos aumenta el rango de conducción entre 30% y 40% (Eco2move, 2021).

Al momento de manejar vehículos eléctricos, ha salido a la luz un fenómeno llamado ansiedad de autonomía en los conductores, la cual se define como el miedo experimentado por estos de tener insuficiente energía para llegar a la siguiente estación de recarga en su trayecto. Según Padilla et al. (2020), en general, las estrategias de gestión de la energía son un método directo para reducir la ansiedad de autonomía. En particular, la capacidad de ampliar la autonomía mediante la reducción de la demanda de energía demostrada por las técnicas de eco-conducción ha posicionado estos enfoques como fuertes herramientas para aliviar los efectos de este fenómeno.

Según (Grupo Renault, 2019), las principales prácticas al momento de utilizar la eco-conducción en vehículos eléctricos son los siguientes:

1. **Conducir con suavidad:** Se favorece la conducción sin sobresaltos, evitando las aceleraciones demasiado agresivas, que gastan mucha energía, y las frenadas demasiado bruscas. En su lugar, se busca emplear una aceleración constante y un frenado medido, porque la gestión eficaz de la desaceleración ahorra energía gracias a un sistema conocido como frenado regenerativo (Grupo Renault, 2019). Cada vez que se suelta el acelerador o se frena suavemente, parte de la energía cinética de la desaceleración se convierte en energía y carga la batería. Asimismo, se puede contar con la tranquilidad, la ausencia de vibraciones y la fluidez del modo ECO del vehículo. Una vez activado, optimiza ciertos aspectos de la conducción como la aceleración, el control de crucero y la desaceleración para ahorrar energía y puede aportar hasta un 10% más de autonomía (Grupo Renault, 2019). Este modo es adecuado para la conducción en ciudad, donde la velocidad media no suele superar los 30 km/h, bajando a 15 km/h en el caso de atascos en el tráfico (Grupo Renault, 2019).
2. **Utilizar el aire acondicionado de forma inteligente** - El uso inteligente de la calefacción o el aire acondicionado ahorrará energía de la batería y ampliará la autonomía sin afectar al confort de la conducción. Cuando el vehículo se está cargando, la energía necesaria proviene de la toma de corriente. Por lo tanto, la batería no se utiliza y conserva su capacidad. Adoptar el hábito de reajustar la temperatura antes de dejar el vehículo cargando permitirá ajustar la calefacción o la refrigeración del interior con antelación. De este modo, la temperatura del interior del vehículo será óptima al momento de iniciar el trayecto, y se necesitará menos energía para calentar o refrigerar el vehículo (Grupo Renault, 2019) .

3. **Conducir con los neumáticos correctamente inflados** - En cuanto a los neumáticos, es importante tener cuidado de no inflarlos en exceso, ya que esto aumenta el consumo de energía y es un riesgo para la seguridad, además de empeorar el desgaste de los neumáticos. Hay que comprobar la presión de los neumáticos, preferiblemente con la goma fría, y seguir las recomendaciones del fabricante para vehículos normales o con carga. En algunos casos se recomienda sobre inflar ligeramente los neumáticos: +0,3 bares si se ha comprobado la presión con los neumáticos calientes, o para un viaje por carretera de más de 2 horas (Grupo Renault, 2019) .
4. **Preparar y optimizar el viaje** – En las operaciones urbanas los principales objetivos son evitar los atascos en el tráfico y hacer el viaje lo más corto posible (en términos de kilometraje). Antes de salir, se pueden utilizar distintas aplicaciones con el fin de obtener información sobre las distintas rutas posibles con los tiempos de viaje estimados y las condiciones del tráfico (Grupo Renault, 2019) .

Por otro lado, estudios como el de (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020) muestran indicadores y prácticas de eco-conducción no muy diferentes a las mostradas anteriormente:

- 1) **Maniobras de conducción:** La maniobra de conducción, incluida la velocidad que se debe mantener y la forma de acelerar y desacelerar, es uno de los indicadores más importantes del comportamiento del eco – conducción (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020).
- 2) **Planificación de los viajes y encadenamiento de estos:** La planificación del viaje es sencilla, pero el encadenamiento de viajes puede pasar desapercibido para muchos conductores. El encadenamiento de viajes se define generalmente como una parada de menos de 30 minutos en el camino hacia un destino (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020). Las actividades cotidianas típicas, como comprar café, cargar combustible o dejar a un pasajero, se consideran viajes encadenados. Dado que viajar mientras el motor se ha calentado podría conducir a un kilometraje por galón significativamente mejor; el encadenamiento de viajes ha sido catalogado como una de las prácticas más importantes de conducción ecológica, junto con un hábito de conducción de aceleración/desaceleración suave (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020). En particular, en el caso de los vehículos eléctricos, la duración de un viaje en cadena puede ser mayor debido a la limitación de las estaciones de carga (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020).
- 3) **Compromiso entre el tiempo de viaje y el ahorro de energía:** Indica la disposición del conductor a cambiar el ahorro de tiempo por el ahorro de energía. Los conductores de vehículos eléctricos suelen preferir la conducción urbana de baja velocidad en la ciudad a los viajes por carretera debido a mayor eficiencia energética (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020). Una de las razones importantes es que la conducción en la ciudad, en contraste con los viajes por carretera, tiene un ahorro de energía significativamente mayor para los vehículos eléctricos debido a las bajas velocidades de desplazamiento (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020).
- 4) **Tecnologías de visualización en el vehículo (IVD)/sistema de a bordo (OBS):** Además, la reciente mejora de las tecnologías de visualización en el vehículo (IVD) (o llamadas OBS: sistema de a bordo) ha permitido a los conductores obtener varias sugerencias para mejorar la eficiencia energética (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020). Por ejemplo, muchos modelos de vehículos disponen de una función de "modo ecológico", que hace que el sistema de alimentación

sea menos agresivo para conseguir un mejor kilometraje. Además, los vehículos eléctricos suelen estar equipados con el "modo de frenado", que permite un frenado regenerativo más fuerte cuando el vehículo baja una pendiente pronunciada (Wang, Makino, Harmandayan, & Wu, 2020).

El conocimiento de estas buenas prácticas también se ha estudiado anteriormente (Neuman, Franke, Bühler, Cocron, & Krems, 2014), realizaron un estudio a 40 conductores en el que se les preguntó qué estrategias de eco-conducción notaron después de tres meses de usar un vehículo eléctrico a batería (BEV). En este estudio se encontró que los conductores de BEV informaron de varias estrategias para mejorar la eficiencia de la conducción, entre otras, afirmaron que evitar las altas velocidades, elegir un estilo de conducción anticipado, evitar las funciones auxiliares (por ejemplo, el aire acondicionado, la radio), utilizar el frenado regenerativo y elegir la ruta más eficiente para llegar al destino desde el punto de vista energético ahorraría energía durante la conducción. Según (Neuman, Franke, Bühler, Cocron, & Krems, 2014), las estrategias de eco conducción mencionadas, excepto el uso del freno regenerativo, no difieren sustancialmente de las estrategias para conducir eficientemente con un vehículo de combustión tradicional (ICEV). Debido a la limitada autonomía de los vehículos eléctricos, a las escasas posibilidades de recarga y a la larga duración de esta, es más probable que los conductores de BEV se vean obligados a pensar en estrategias de conducción ecológica y a utilizarlas, en comparación con los conductores de vehículos con motor de combustión interna, que suelen ahorrar energía por motivos ecológicos o económicos (Neuman, Franke, Bühler, Cocron, & Krems, 2014).

#### 4.3.4 Resumen

La Tabla 11 presenta un resumen de las técnicas de eco-conducción disponibles para cada tecnología de propulsión estudiada en esta sección.

**Tabla 11. Resumen de las técnicas de eco-conducción para cada tecnología de propulsión**

Técnica de Eco-Conducción	% Ahorro (Combustible o energía)	Fuente
<b>Tecnología convencional (gasolina, diésel)</b>		
<b>Resistencia la rodadura</b>		
1. Uso de neumáticos de baja resistencia a la rodadura	7-8%	Giro Limpio (2021)
2. Medición con frecuencia de la presión de los neumáticos	0,6% - 3%	(Villalobos & Wilmsmeier, 2021)
3. Uso de ejes bien alineados y balanceados	16%	(Giro Limpio, 2021)
<b>Fuerza de gravedad</b>		
4. Aceleraciones graduales cuando se esté acercando a una pendiente cuesta arriba hasta alcanzar la velocidad máxima permitida	-	(Giro Limpio, 2021)
5. Mantener las revoluciones por minuto (RPM) en el rango de eficiencia optima al momento de subir una pendiente	-	(Giro Limpio, 2021)

6. Cuesta abajo, la gravedad impulsa al vehículo, por lo que se debe quitar el pie del freno y acelerador, manteniendo una velocidad segura	-	(Giro Limpio, 2021)
<b>Resistencia aerodinámica</b>		
7. Reducción de velocidad	7% - 14%	(U.S. Department of Energy, 2017)
8. Conducción de forma conservadora (Sin aceleraciones o frenadas bruscas)	10% - 40%	(U.S. Department of Energy, 2017)
9. Uso de deflector en techo de la cabina (Cab roof deflector), paca plana o curva ajustable en el techo y se inclina hacia el remolque	2% - 4%	(Giro Limpio, 2021)
10. Uso de deflector en el techo de la cabina o spoiler (Cab roof fairing), moldura tridimensional que se fija en el techo	4% - 8%	(Giro Limpio, 2021)
11. Uso de deflector lateral de cabina (Cab Side Fairing), paneles que se fijan a ras de ambos lados de la cabina los cuales se extienden hacia el remolque	2%	(Giro Limpio, 2021)
12. Deflector frontal del remolque (Trailer Front Fairing), dispositivos redondeados en los lados combinando los efectos deflectores en el techo y a los lados de la cabina	1% - 2%	(Giro Limpio, 2021)
13. Faldones laterales del remolque (Trailer side skirts), paneles laterales que extienden los lados hacia la superficie de la carretera	4% - 7%	(Giro Limpio, 2021)
14. Colas en el remolque o "Trailer Tails" (Trailer "Boat-tails"), paneles posteriores curvos o en ángulo que dan forma a la parte posterior del remolque para hacerlo más aerodinámico	1% - 2%	(Giro Limpio, 2021)
<b>Elección de ruta</b>		
15. Conducir por carretera evitando centros urbanos y zonas congestionadas	45% - 165%	(Giro Limpio, 2021)
<b>Tipo de neumáticos</b>		
16. Uso de neumáticos con diseño de costilla	6% - 14%	(Giro Limpio, 2021)
17. Neumáticos con diseño de bloques o gajos	-	(Giro Limpio, 2021)
18. Neumáticos individual base ancha	4% - 6%	(Restrepo, Quirama, Castillo, & Tibaquirá, 2019)
<b>Tecnología a gas natural (GNV)</b>		
19. Reducir la velocidad, acelerar y frenar suavemente respetar la velocidad límite y conducir de forma conservadora.	15% - 30% en autopista y 10% - 40% en entornos urbanos.	(U.S. Department of Energy, 2021)
20. Anticipar el tráfico	15% - 30% en autopista y 10% - 40% en entornos urbanos.	(U.S. Department of Energy, 2021)
21. Revisiones periódicas del motor	4%	(U.S. Department of Energy, 2017)
22. Uso de la presión correcta de los neumáticos	0,6% - 3%	(U.S. Department of Energy, 2017)

23. Uso de combustibles, líquidos y aceites de motor de alta calidad	1% - 4%	(U.S. Department of Energy, 2017) (Government of Canada, 2021)
<b>Tecnología eléctrica</b>		
24. Conducir con suavidad. Se favorece la conducción sin sobresaltos, evitando las aceleraciones demasiado agresivas, que gastan mucha energía, y las frenadas demasiado bruscas. En su lugar, se busca emplear una aceleración constante y un frenado medido	30% mayor rango que una conducción agresiva, 15% mayor rango que una conducción "promedio".	(Armenta-Deu & Cattin, 2021)
25. Uso del modo ECO, especialmente en entornos urbanos	10% mayor rango	(Grupo Renault, 2019)
26. Utilización del aire acondicionado de manera inteligente	17% - 35% mayor rango	(Car&Driver, 2020)
27. P reparar y optimizar el viaje	0.89%/km mayor rango	(Pichler, 2016)
28. Conducir con los neumáticos correctamente inflados	3% - 7% mayor rango	(SAE International, 2020)

Fuentes: Autores basado en (Armenta-Deu & Cattin, 2021), (Car&Driver, 2020), (Restrepo, Quirama, Castillo, & Tibaquirá, 2019), (Giro Limpio, 2021), (Grupo Renault, 2019), (Government of Canada, 2021), (Pichler, 2016), (SAE International, 2020), (U.S. Department of Energy, 2017), (U.S. Department of Energy, 2021), (Villalobos & Wilmsmeier, 2021).

#### 4.4 Bonos, topes e impuesto al carbono

Una forma de monetizar los beneficios ambientales de reducir emisiones es vender bonos de carbono o acceder al mecanismo de no causación del impuesto al carbono. En Colombia, los importadores y mayoristas de gasolina y ACPM pagan un impuesto, conocido como impuesto al carbono, por cada galón que venden en el mercado. Los transportadores pueden certificar reducciones en emisiones y utilizarlos para acceder a una devolución de impuestos proporcional a las emisiones reducidas (mecanismo de no causación). De forma alternativa, pueden usar el certificado para emitir bonos de carbono y venderlos en el mercado<sup>8</sup>.

En ambos casos, es necesario que el proceso de medición, verificación y certificación de las reducciones siga los lineamientos establecidos por el decreto 926 de 2017, incluyendo la medición de una línea de base antes de la ejecución del proyecto que reduce emisiones. Debido a que el proceso de medición, auditoría, reporte, verificación y certificación es costoso, no es rentable llevarlo a cabo

<sup>8</sup> (Aristizábal Alzate & González Manosalva, 2019) Presentan una descripción más detallada del funcionamiento de los mercados de carbono en Colombia



---

## Plan Estratégico de Negocios

para reducciones pequeñas de emisiones. Es necesario, por lo tanto, que los pequeños transportadores se asocien en el mismo proyecto de reducción de emisiones para que sea rentable pagar el costo fijo de medición, verificación y certificación.

## 5 Recomendaciones sobre Política Pública y Regulación

Si bien los beneficios tributarios y regulatorios han acelerado la renovación del parque automotor de carga en Colombia, este último sigue siendo más viejo en comparación con países de ingreso similar (Abouarghoub, y otros, 2021). **Las acciones de política pública que propone el proyecto Giro Zero para complementar los beneficios existentes son:**

Reducción de trámites para acceder a beneficios tributarios: La renovación de flota permite descuentos en el impuesto de renta del 25% del camión y la exención o devolución del IVA. Hoy en día, acceder a estos beneficios requiere de trámites complejos donde el propietario demuestra los beneficios ambientales de renovar la flota: los asistentes a los talleres del proyecto Giro Zero estiman tiempos de espera de entre 3 y 6 meses mientras se accede al beneficio. Estos trámites son innecesarios y costosos. Recomendamos que los beneficios tributarios dependan exclusivamente del estándar de emisión del camión adquirido, sin importar quién es el comprador, de tal forma que la exención del IVA se pueda aplicar en el momento de la compra del camión y que sea más sencillo beneficiarse del descuento del impuesto de renta.

Incentivar y auditar la medición de emisiones: La medición de emisiones por los actores del sector es necesaria para el establecimiento de impuestos, topes y mercados de carbono. Es importante, por lo tanto, proveer incentivos para la medición de emisiones. Ya existen tecnologías para hacerlo de forma precisa para cada camión, pero su costo es alto para la mayoría de los transportadores. En el largo plazo, la renovación de flota con computadores a bordo reducirá sustancialmente el costo de medir las emisiones de forma más precisa. En el corto plazo, una alternativa de bajo costo es aproximar las emisiones con base en la tecnología de propulsión y los kilómetros reportados en el Registro Nacional de Despachos de Carga. Esta es la metodología del medidor de emisiones que provee el proyecto Giro Zero en su página web: <https://www.girozero.co/herramientas/dashboard>.

Impuestos al carbono: Los impuestos al carbono son impuestos que se cobran a las emisiones de carbono. Al aumentar el costo de emitir, inducen a las empresas a reducir emisiones. Hoy en día, el impuesto al carbono se cobra de forma indirecta en el precio del combustible. Esta alternativa favorece la adopción de camiones eléctricos y de hidrógeno, pero es imperfecta porque no favorece la adopción de camiones de bajas emisiones basados en diésel o gas, pues estos camiones reducen las emisiones más que proporcionalmente al consumo de combustible (Tabla 3 y Tabla 6). Además, la disponibilidad de camiones eléctricos y de hidrógeno en Colombia es limitada; por ejemplo, hoy en día solo se venden camiones eléctricos de menos de 10 toneladas. Por otra parte, si bien existe el beneficio tributario por no causación del impuesto al carbono que se genera con renovación de flota, este beneficio requiere trámites complejos que, en la práctica, solo pueden hacer las empresas más grandes. En consecuencia, es esencial que los transportadores comiencen a medir sus emisiones en el mediano plazo para poder atar el impuesto a las emisiones generadas, no solo al consumo de combustible.

Topes y mercados de carbono: Los topes de carbono limitan la cantidad de emisiones que puede imponer una empresa. Las empresas pueden aumentar estos topes comprándole el derecho a emitir a otras empresas o financiando proyectos que reducen los GEI. Al crear un costo por emitir, estos topes incentivan a las empresas a reducir las emisiones. Se ha demostrado que los topes al carbono reducen emisiones de forma persistente, pero aumentan la desigualdad (Känzig, 2021). Esta solución no es viable en el corto plazo porque pocas empresas de transporte miden sus emisiones. En consecuencia, es esencial que los transportadores comiencen a medir sus emisiones en el mediano plazo. En la línea de esta propuesta, recomendamos que el diseño e implementación del Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, establecido por la Ley 1931 de 2018, tenga en cuenta la regulación y estructura económica del sector de transporte de carga, incluyendo la atomización de la propiedad de los camiones. Una alternativa es centrar la asignación de cupos en las empresas de transporte que actúan como intermediarias.

Reducción de tiempos muertos: La renovación de camiones permite ahorros operativos a cambio de un mayor costo del camión. Los ahorros operativos de los camiones nuevos frente a los camiones viejos aumentan con los kilómetros recorridos en el mes. A su vez, los kilómetros aumentan si se reducen las esperas en puertos y las restricciones para el tránsito de vehículos de carga. En consecuencia, intervenciones que reduzcan estas esperas y restricciones inducirán una mayor renovación de flota.

Impuesto vehicular creciente en edad del camión: Hoy en día, los camiones de servicio particular pagan un impuesto vehicular proporcional al avalúo del camión. En consecuencia, los camiones diésel más modernos y limpios pagan impuestos más altos que los camiones más viejos. Establecer un impuesto vehicular creciente en la edad del camión induciría la salida de los camiones más viejos y contaminantes.

Incentivos a la construcción de redes de distribución de fuentes de energía: No recomendamos que la construcción de redes de distribución de energéticos renovables se deje en las manos exclusivas del mercado. Sin redes no hay incentivos para operar vehículos, pero sin vehículos no hay incentivos para construir redes. El proyecto Giro Zero aconseja que el Estado intervenga fomentando la construcción de redes. Sin embargo, los recursos públicos son escasos; se debe hacer estudios para escoger las fuentes de energía a priorizar teniendo en cuenta los costos y beneficios de cada una.

## 6 Conclusiones

Este documento presenta alternativas que las empresas de transporte, transportadores independientes y el sector público pueden utilizar para reducir emisiones en el sector de transporte de carga. Las alternativas cubren tres campos: (i) medición y comparación del desempeño ambiental, (ii) renovación de flota y (iii) conducción eficiente.

No todas las empresas deben seguir el mismo camino hacia cero emisiones. Este documento muestra que la viabilidad de cada alternativa para cada empresa depende de múltiples factores: las rutas que cubre la empresa, el tipo de operación, el costo de financiación y el acceso de la empresa a incentivos fiscales y regulatorios, entre otros.

Las empresas tampoco tienen el mismo punto de partida. La mayoría de las empresas consultadas por nuestro proyecto están considerando reducir sus emisiones, pero aún no tienen una estrategia clara para alcanzar este objetivo. Otras empresas ya están haciendo pilotos de adopción de nuevas tecnologías o prácticas ambientales. Pocas empresas están implementando prácticas y tecnologías de cero o bajas emisiones con base en un plan a largo plazo basado en datos y los resultados de pilotos dentro de la empresa.

Este documento también presenta propuestas de política pública que podrían acelerar la transición hacia cero emisiones. La más urgente es incentivar y auditar la medición de emisiones en el sector, como prerequisite de otras dos alternativas que podrían acelerar sustancialmente la transición hacia cero emisiones en el sector: impuestos al carbono y topes al carbono. Estas dos políticas aumentan el costo de emitir y por lo tanto inducen la adopción de prácticas eficientes de conducción y la renovación de la flota.

Otras políticas que se incluyen en el documento son: (i) la reducción de trámites para acceder a beneficios tributarios, especialmente la exclusión del IVA y el descuento en el impuesto de renta, (ii) la reducción de tiempos muertos, lo cual amplificaría los ahorros operativos y con ellos una adopción mayor hacia tecnologías limpias y la conducción eficiente. (iii) un impuesto vehicular creciente con la edad del camión, lo cual induciría la desintegración de los camiones más viejos y contaminantes. (iv) el fomento de la construcción de redes de distribución de fuentes de energía más limpias.

## 7 Referencias

- Abouarghoub, W., Bocarejo, J. P., Demir, E., Gil, C., Hernandez, C., Rey, A., . . . Wilmsmeier, G. (2021). *GIRO ZERO: Impulsando el transporte automotor decarga por carretera en Colombia hacia cero emisiones*. Bogota: UK Pact.
- Allen, T., Atkin, D., Cantillo, S., & Hernandez, C. (2021). *Trucks*. Mimeo.
- Aristizábal Alzate, C. E., & Gonzáles Manosalva, J. L. (2019). *Impuesto al carbono en Colombia: un mecanismo tributario contra el cambio climático*. Bogotá.
- Armenta-Deu, C., & Cattin, E. (2021). Real Driving Range in Electric Vehicles: Influence on Fuel Consumption and Carbon Emissions. *12*, 166. World Electric Vehicle Journal. Recuperado el diciembre de 2021
- Car&Driver. (2020). *How Much Does Climate Control Affect EV Range?* Obtenido de <https://www.caranddriver.com/news/a31739529/how-much-does-climate-control-affect-ev-range/>
- Deloitte. (2021). *El camino hacia las emisiones cero Carga hacia el futuro de las flotas*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Política para el mejoramiento de la calidad del aire*. Departamento Nacional de Planeación.
- Department of Transport. (2016). *Eco-driving for HGVs final report*. . Obtenido de Eco-driving <https://www.fors-online.org.uk/cms/wp-content/uploads/2017/02/Eco-driving-for-HGVs.pdf>
- Eco2move. (16 de 12 de 2021). *Responsible and eco-friendly driving with electric vehicles*. Obtenido de [https://lpdk.com/products\\_eco\\_ElectricVehicles.php](https://lpdk.com/products_eco_ElectricVehicles.php)
- EPA. (10 de 12 de 2021). Obtenido de Electric Vehicle Myths: <https://www.epa.gov/greenvehicles/electric-vehicle-myths>
- FULLBAY. (9 de 12 de 2021). *FULLBAY*. Obtenido de Making Sense of Truck Classification: [https://www.fullbay.com/wp-content/uploads/2020/03/202002\\_Infographic\\_TruckClassifications\\_v3.png](https://www.fullbay.com/wp-content/uploads/2020/03/202002_Infographic_TruckClassifications_v3.png)
- Giro Limpio. (2021). *SmartDriver Chile, para Transporte de Carga por Carretera, Giro Limpio. Santiago de Chile, Chile*. Recuperado el diciembre de 2021
- Gis, M., Pielecha, J., & Gis, W. (2021). *Exhaust emissions of buses LNG and Diesel in RDE tests*.
- Government of Canada. (2021). *Fuel-efficient driving techniques*. Recuperado el noviembre de 2021, de Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/personal-vehicles/fuel-efficient-driving-techniques/21038>
- Grupo Renault. (2019). *Eco-driving: Good habits for longer range*. Obtenido de <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/eco-driving-good-habits-for-longer-range/>

- Hunter, C., Penev, M., Reznicek, E., Lustbader, J., Birky, A., & Zhang, C. (2021). *Spatial and Temporal Analysis of the Total Cost of Ownership for Class 8 Tractors and Class 4 Parcel Delivery Trucks*. Golden: National Renewable Energy Lab.
- Känzig, D. R. (2021). *The unequal economic consequences of carbon pricing*. Mimeo.
- King, J. (2007). The King review of low-carbon cars, Part I: The potential for CO2 reduction. London: King.
- Kobayashi, S., Ribeiro, S. K., & Plotkin, S. (2009). "Energy efficiency technologies for road vehicles," *Energy Effic.*, vol. 2, no. 2, pp. 125–137, doi: 10.1007/s12053-008-9037-3.
- McKinsey Center for Future Mobility. (2020). *El futuro de la movilidad está a nuestras puertas*.
- Ministerio de Transporte Ecmt. (2005). Making cars more fuel efficient. *Conferencia Europea*.
- Morgan, J. (2021). *Fleet Equipment*. Obtenido de Hino Trucks Rolls Out XL8 Class 8 Hydrogen Fuel Cell Prototype Truck: <https://www.fleetequipmentmag.com/hino-trucks-rolls-out-xl8-class-8-hydrogen-fuel-cell-prototype-truck/>
- Muncrief, R. (2017). *Shell game? debating real-world fuel consumption trends for heavy-duty vehicles in Europe*. *International Council on Clean Transportation*.
- Nanaki, E., & Koroneos, C. (2013). *Comparative economic and environmental analysis of conventional, hybrid and electric vehicles—the case study of Greece*. *Journal of cleaner production*, 53, 261-266.
- Neuman, I., Franke, T., Bühler, F., Cocron, P., & Krems, J. F. (2014). Ecodriving strategies in battery electric vehicle use-what do drivers get to know over time. In *Proceedings of the European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems*.
- Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*.
- Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*.
- OCDE. (2016). *Crecimiento sostenible, eco-ciudades y elementos sostenibles*.
- Ombach, G., & Junak, J. (2010). *Weight and efficiency optimization of auxiliary drives used in automobile*.
- Padilla, G. P., Pelosi, C., Beckers, C. J., & Donkers, M. C. (2020). Eco-Driving for Energy Efficient Cornering of Electric Vehicles in Urban Scenarios. *IFAC PapersOnLine*, 53(2), 13816–13821. <https://doi-org.ezproxy.uniandes.edu.co:8443/10.1016/j.ifacol.2020.12.891>.
- Pichler, B. (2016). *Increasing Electric Vehicle Range with a Recommendation App providing ContextSpecific Trip Rankings/submitted by Benjamin Pichler (Doctoral dissertation, Universität Linz)*.

- Pulido, A., Chaparro, N., Granados, S., Ortiz, E., Rojas, A., Torres, C., & Turriago, J. (2016). *Informe de Inventario Nacional de GEI de Colombia*. Obtenido de [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR\\_BUR2\\_Colombia.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR_BUR2_Colombia.pdf)
- Restrepo, Á., Quirama, L., Castillo, J., & Tibaquirá, J. (2019). Estrategias de eficiencia energética en vehículos livianos del transporte por carretera en Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3),129-139. 3, 18, 129-139. Recuperado el diciembre de 2021
- SAE International. (2020). *Tire pressure impact on EV driving range*. Obtenido de <https://www.sae.org/news/2020/10/tire-pressure-impact-on-ev-driving-range>
- Shell. (2021). *Become an eco driver*. Obtenido de <https://www.shell.com/business-customers/shell-fleet-solutions/health-security-safety-and-the-environment/become-an-eco-driver-to-save-money.html>
- SmartDrive. (2016). Snapshot for trucking: What can you learn from your collision drivers vs. non-collision drivers? Disponible en: [https://qjfqz2fanlmgxz8x3qlzih10-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/11/SmartIQ\\_Beat\\_Trucking\\_Collision\\_Vol\\_1\\_Oct2016\\_updated.pdf](https://qjfqz2fanlmgxz8x3qlzih10-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/11/SmartIQ_Beat_Trucking_Collision_Vol_1_Oct2016_updated.pdf).
- Transport & Environment. (2021). LNG Trucks: a dead end bridge. Emissions testing of a diesel- and a gas-powered long-haul truck. Obtenido de <https://www.transportenvironment.org/discover/lng-trucks-a-dead-end-bridge/>
- U.S. Department of Energy. (2017). *Gas-saving tips*. Obtenido de [https://afdc.energy.gov/files/u/publication/gas-saving\\_tips.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/gas-saving_tips.pdf)
- U.S. Department of Energy. (2021). *Techniques for Drivers to Conserve Fuel*. Obtenido de [https://afdc.energy.gov/conserves/behavior\\_techniques.html](https://afdc.energy.gov/conserves/behavior_techniques.html)
- Vanti. (11 de 12 de 2021). *Mitos GNV*. Obtenido de <https://www.grupovanti.com/gas-natural-vehicular-gnv/instala-gas-natural-vehicular/mitos-gnv/>.
- Villalobos, J., & Wilmsmeier, G. (2021). Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte de carga por carretera.
- Wang, G., Makino, K., Harmandayan, A., & Wu, X. (2020). Eco-driving behaviors of electric vehicle users: A survey study. *Transportation Research Part D*, 78. <https://doi-org.ezproxy.uniandes.edu.co:8443/10.1016/j.trd.2019.11.017>.