

Giro Zero Roadmap Hoja de ruta

Dirigiendo el sector transporte automotor de carga en Colombia hacia las cero emisiones.



Resumen para citación:

Universidad de los Andes - Cardiff University - UKPACT. (2022). Giro Zero Road Map: Dirigiendo el sector transporte automotor de carga en Colombia hacia las cero emisiones. Bogotá, Colombia.

UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions) is a flagship programme under the UK's International Climate Finance (ICF) portfolio. The programme is jointly governed and funded by the Foreign, Commonwealth and Development Office (FCDO) and the Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS). The UK is committed to tackling climate change and is investing £11.6bn via ICF over the five years to March 2026

Este proyecto está siendo financiado por el FCDO del Reino Unido en el marco del proyecto UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions)

Autores:

Universidad de los Andes, Colombia

Gordon Wilmsmeier – Profesor Asociado y titular del “Kühne Professorial Chair in Logistics” Facultad de Administración

Juan Pablo Bocarejo – Profesor Asociado Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Carlos E. Hernández – Profesor Asistente Facultad de Administración

Gustavo Martínez – Investigador Asociado

Luisa Spaggiari – investigadora Asociada

Universidad de Cardiff, Reino Unido, Gales

Vasco Sánchez Rodrigues – Professor in Sustainable Supply Chain Management – Cardiff Business School

Wessam Abouarghoub – Reader in Logistics and Operations Management, Programme Director of MSc Maritime Policy and Shipping Management – Cardiff Business School

Emrah Demir – Professor of Operational Research, The PARC Professor of Manufacturing and Logistics, Deputy Head of Section– Cardiff Business School

Andrés Felipe Rey Ladino– Investigador Asociado, Cardiff University y Universidad de los Andes

Cristiam Gil – Investigador Asociado, Cardiff University y Universidad de los Andes

En esta edición

Gretty Viviana Acosta Arregocés – Diseño y diagramación

Alejandra Laverde Cubillos – Directora de comunicaciones proyecto Giro Zero

Fecha de publicación del documento:

Agosto de 2022

Los autores desean agradecer a todos los colaboradores.

Socios beneficiarios

Departamento Nacional de Planeación: Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible

Ministerio de Transporte: Viceministerio de Transporte – Grupo de Logística y carga – GAADS

Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera: COLFECAR

Asociación Nacional de Empresarios –ANDI: Gerencia de Logística Transporte e Infraestructura – Cámara de la Industria Automotriz

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.



Cardiff Business School
Ysgol Busnes Caerdydd



Miembros de la Red GIRO ZERO

(hasta agosto 2022)

Academia

Aalto University
Corporación Universitaria Remington
EAFIT
Universidad Andrés Bello
Universidad Autónoma de Occidente
Universidad Autónoma Latinoamericana
Universidad de Guadalajara
Universidad del Valle
Universidad Internacional de Valencia
Universidad Metropolitana
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad Santiago de Cali
Universidad Santo Tomás
Universidad Tecnológica de Bolívar
Universidad Tecnológica de Santander

Asociación transportadores o compañía de transportes o logística

Agil Cargo
Aldia Logística
Asamblea Nacional del Transporte ANT
Asecarga
Asociación Colombiana de Camioneros ACC
Asociación de Transportadores de Carga ATC
Be&T Storage
CargaYa
Caritrans
Central logística de transporte

Frison
Construproject
Conexos Logística
Eduardo Botero Soto
Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera COLFECAR
FL Colombia
Coltanques
Conaltra
Confederación Colombiana de Transportadores CCT
ControlT
Compañía Transportadora de Colombia COTRANSCOL
Cooperativa de Transportadores del Risaralda COOTRARIS
Corporación Nacional de Terminales CONALTER
Defencarga
DHL
Ditransa
Empresa de distribuciones industriales EDINSA
Federación de Empresarios del Transporte de Carga FEDETRANSCARGA
Federación de Empresas Transportadoras de Carga de Colombia FEDETRANSCOL
Geomovil
Geotab
Gogo Logistics
Green Logistics Operator
Grupo Distri
Grupo Empresarial Alianza T / Amtur
Grupo Logístico TCC
HDL Logística

Hermes Logística
Integral Logistics Operations INLOP
Intercargo
Inter Rapidísimo
La Puerta Colombia
Logística de carga especializada LOGICEM
Logística de distribución Sánchez Polo
Logística EP Asesorías e Inversiones EPEX
Logren
Merco Grupo Logístico
Montacargas AMYM
NetLogistik
OPL Carga
Operaciones Nacionales de Mercadeo / Open Market
Operar Colombia
Piot mensajería urbana
Plexa
Prodeca
Proylog
Redstone Logistics
Satrack
Sercarga
Subocol
Sumarcaga
TDM
Topcarga
Transcarga RG
Transer
Transportempo
Transportes Centro Valle
Transportes Controlima
Transportes del Huila
Transportes Joalco

Miembros de la Red GIRO ZERO

(hasta agosto 2022)

Transportes Montejo
Transportes Okendo
Transportes Sánchez Polo .
Transportes Sarvi
Transportes Servitrans
Travesa
Unión Temporal American
Logistic U
X-Cargo

Consultoría

Aecom Colombia
AMBYTEC
Asesorías y Servicios VI
BMT Consultants
Carbo Sostenible
CAZ Consulting
Change.org
ENI Consulting
Imétrica
Deloitte
Económica Consultores
FTI Consulting
Global Ingeniería Colombia
Innomaker 3D
Logyca
Optim
Posada Cárcamo Abogados
Pulpomatic
Transformer
SEA ASesores
Steer Group
SmartBP
Uribe Henao Abogados
Vinci Construction Terrassement

Empresas del sector energía

ABB Colombia
Asilea Resources
Baker Hughes
Celsia
Cerrejón
Chevron Petroleum Company
EDP Renewables
Eficiencia Energética Estratégica
EON
Enel Emgensa Colombia
Gases de Occidente
Gran Tierra Energy
Grupo Vanti
OPEX
Organización Terpel
Parex Resources Colombia
Promigas
Seven Sun

Entidad pública del orden nacional

Agencial Nacional de
Infraestructura ANI
Agencia Nacional de Seguridad
Vial ANSV
Departamento Nacional de
Planeación DNP
Financiera de Desarrollo
Nacional FDN
Banca de Desarrollo Territorial
FINDETER
Instituto de Hidrología,
Meteorología y Estudios
Ambientales IDEAM
Instituto Nacional de Vías INVIAS
Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible MADS
Ministerio de Minas y Energía
MME

Ministerio de Transporte
MINTRANSPORTE
Superintendencia de Transporte
SUPERTRANSPORTE
Unidad de Planeación Minero-
Energética UPME

Entidad pública del orden territorial

Alcaldía de Bogotá
Alcaldía de Medellín
Alcaldía de Santiago de Cali
Alcaldía Distrital de
Buenaventura
Alcaldía de Sevilla, Valle del
Cauca
Gobernación del Atlántico
Secretaría Distrital de Ambiente
de Bogotá
Unidad Administrativa
Especial de Rehabilitación
y Mantenimiento Vial UMV
Vallecaucana de Aguas

Fabricantes o distribuidores de vehículos/partes

ALD Automotive
Arintia Group
Auteco Mobility
BYD Motor Colombia
Colombiana de comercio / AKT
Motos
Corautos Andino
Corbeta
Cummins de los Andes
Distribuidora Los Coches
Evoelectric Now
Ford Motor Colombia
Foton

Miembros de la Red GIRO ZERO

(hasta agosto 2022)

Hino Motors Manufacturing Colombia

Hyundai Motor Colombia

Icollandas / Michelin

Kenworth de la montaña

Navitrans

Porsche Colombia

Praco Didacol

Renting Colombia

Rennorgy

Scania Colombia

Generadores de carga

Alimentos Cárnicos

Belleza Expres

Bimbo de Colombia

Carbomaz

Carcafé

Cartón de Colombia

Casa editorial El Tiempo

Cemco de Colombia

Cementos Argos

Cemex Colombia

Civcon Zona Franca

Coca Cola Femsa

Colpagro

Comercial Nutresa

Compañía de galletas Noel

Comunidad Ambiental

Crepes y Waffles

Diacó

Essenttia

Expocafe

Gaseosas Posada Tobón / Postobón

Gramalote Colombia

Inacsa / Americana de Colchones

Industrias Patojito

Ingenio Mayagüez

Ingenio San Carlos

Labotarorios Baxter

Lhoist Colombia

Lola Jeans

Marks Colombia

Molinos Santa Marta

Mondelēz Colombia

Nestlé de Colombia

Pallomaro

Papelsa

Plasticaucho Colombia

Prebel

Proalpino

Productos Familia

Productos naturales de la Sabana / Alquilería

Productos Yupi

Sumitomo Corporation

Team Foods Colombia

Ternium Colombia

Gremio

Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica ACOGEN

Asociación de Empresas Seguras AES

Asociación Nacional de Movilidad Sostenible ANDEMOS

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia ANDI

Asociación Bancaria y de Entidades Financieras de Colombia ASOBANCARIA

Cámara de Comercio de Bogotá

Cámara de Comercio de Cartagena

Caja de Compensación Familiar del Valle del Cauca COMFANDI

Fundación Despacio

Federación Nacional de Comerciantes FENALCO

Red de desarrollo sostenible

Red Surgir Colombia

Organización multilateral o agencia de cooperación

Banco Interamericano de Desarrollo BID

Agencia Alemana para Cooperación Internacional GIZ

Bancas de inversión o Aseguradoras

Common Good Partners Latam

Innitiative

Seguros Bolívar

Seguros Sura

Sh'ma Capital

Sumatoria

Willis Towers Watson

Abreviaturas

ANDI: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia

ANSV: Agencia Nacional de Seguridad Vial

AFV: Alternative Fuel Vehicles

BAU: Business as Usual

BEV: Battery Electric Vehicle (Eléctrico)

COLFECAR: Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social

COP: Conference of Parts

C4C: Cash-for-clunkers

DNP: Departamento Nacional de Planeación

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle (Hidrógeno)

ENL: Encuesta Nacional Logística

EPA: Environmental Protection Agency

GEI: Gases Efecto Invernadero

GPS: Global Positioning System

HOV: High Occupancy Vehicle Lane

ICCT: International Council of Clean Transportation

ICF: International Climate Fund

IEA: International Energy Association

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

INGEI: Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero

ITF: International Transport Forum OCDE

LTS: Long Term Strategy

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MINTRANSPORTE: Ministerio de Transporte

MME: Ministerio de Minas y Energía

NAMA: Nationally Appropriate Mitigation Action

NDC: Contribuciones determinadas a nivel nacional

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

PBV: Peso Bruto Vehicular

PPVTC: Pequeños Propietarios de Vehículos de Transporte de Carga

RNDC: Registro Nacional de Despacho de Carga

TAC: Transporte Automotor de Carga

VCC: Vehículos Combinados de Carga

UK PACT: United Kingdom Partnering for Accelerated Climate Transitions

UPME: Unidad de Planeación Minero-Energética

WTW: Well to Wheel Analysis o Análisis de Pozo a Rueda

WTT: Well to Tank Analysis o Análisis de Pozo a Tanque

TTW: Tank to Wheel Analysis o Análisis de Tanque a Rueda

Contenido

- 11.....Contexto
 - Retos y oportunidades
- 19.....para Colombia
 - Roles y coordinación de los
- 38.....distintos grupos de interés
 - Seis dimensiones para
- 43.....la descarbonización del transporte automotor de carga
- 59.....Construyendo el camino hacia las cero emisiones
- 72.....Construcción de simulaciones
- 90.....Riesgos externos e incertidumbres
 - Recomendaciones hacia
- 92.....cero emisiones
- 105.....Siguientes pasos
- 107.....Bibliografía

Lista de Boxes

Box 1: Las emisiones del TAC.....	21
Box 2: Configuración de Flota.....	24
Box 3: Administración de flota.....	26
Box 4: Conducción Segura y eficiente.....	27
Box 5: Optimización logística.....	27
Box 6: Organización sectorial.....	30
Box 7: Regulación, políticas públicas y coordinación público privada	31
Box 8: ¿Cómo hacer que la renovación de flota sea rentable? Mecanismos financieros	48
Box 9: Reenfoque de la ley 1972 de 2019	51
Box 10: Diseño de herramienta para simular escenarios de mitigación	65



Resumen ejecutivo

Este informe establece una hoja de ruta para el sector de Transporte Automotor de Carga (TAC) en Colombia para su transformación hacia un sector de cero emisiones. El documento establece las ideas de referencia, fundamentos y bases para construir políticas hacia la descarbonización del TAC. Este resumen ejecutivo de la GIRO ZERO Roadmap se centra en las principales recomendaciones que Colombia debe tomar en el corto, mediano y largo plazo con el fin de lograr sus metas de reducción de emisiones.

¿Qué hicimos?



Involucramos a todos los grupos de interés públicos y privados del sector TAC en Colombia y tuvimos en cuenta las mejores prácticas en Reino Unido y alrededor del mundo para entender el estado actual en Colombia y develar las oportunidades para el futuro del sector hacia las cero emisiones, creando capacidades propias.



¿Qué encontramos?

Un ecosistema de transporte automotor de carga que soporta la economía del país y quiere modernizarse para ser más sostenible y competitivo. Sin embargo, es un sector atomizado, susceptible de mejora de medidas regulatorias, con una flota antigua y de altas emisiones y cuyo parque automotor no ha adoptado masivamente tecnologías cero emisiones.

- El sector Transporte Automotor de Carga (TAC) representan el del 4.6 % de emisiones en Colombia y 42 % del sector transporte, que se concentran en zonas urbanas.
- Políticas públicas y regulaciones vigentes no son suficientes para cumplir las metas a 2030 y 2050.
- Información pública no tiene detalle suficiente para priorizar acciones.
- El 83 % de propietarios son pequeños propietarios que son personas naturales poseen un camión.
- Parque automotor tiene tecnologías de combustión antiguas con un 88 % (pre EURO a EURO III) y dependiente de combustibles fósiles en un 99.92 %.
- En Colombia no se hace uso amplio de herramientas de gestión de flota o de optimización logística avanzadas, se tienen bajos impuestos al carbono, bajos incentivos a la adquisición de activos cero emisiones y bajas inversiones en infraestructura de redes de distribución de energía limpia.

¿Qué recomendamos?



Construir sobre las capacidades existentes y mejorar el sector TAC en línea con las mejores prácticas y ascenso tecnológico globales para alcanzar las cero emisiones netas (NetZero) hasta 2050.

Sector público

- Actualizar la política, programas y proyectos con la ambición del 51% de reducción de GEI de la NDC 2020-2030
- Reestructurar el programa de desintegración del parque automotor para acelerar la ejecución y adopción del programa
- Liderar desde el sector público un programa voluntario de estrategias de reducción de emisiones empresariales.
- Definir estrategias graduales de obsolescencia de tecnologías y flotas antiguas
- Definir estrategias de incentivos para el ascenso tecnológico de nueva flota
- Incentivar y certificar medición de emisiones del sector TAC
- Establecer restricciones, tasas o impuestos a las tecnologías diferentes a cero emisiones
- Implementar gradualmente Zonas de Cero Emisiones en áreas urbanas y horarios diferenciados según tecnología
- Implementar estándares de etiquetado de vehículos según emisiones
- Igualar los beneficios a tecnologías de bajas emisiones según estándar normativo (EURO VI.)
- Aumentar los incentivos a tecnologías de cero emisiones
- Basar la toma de decisiones en herramientas cuantitativas para fijar las políticas y regulaciones de reducción de emisiones
- Ampliar e integrar la información del RNDC y RUNT
- Fortalecer la organización empresarial del sector TAC
- Crear y liderar un espacio institucional de discusión para la implementación de las estrategias de reducción de emisiones con el sector privado y la academia

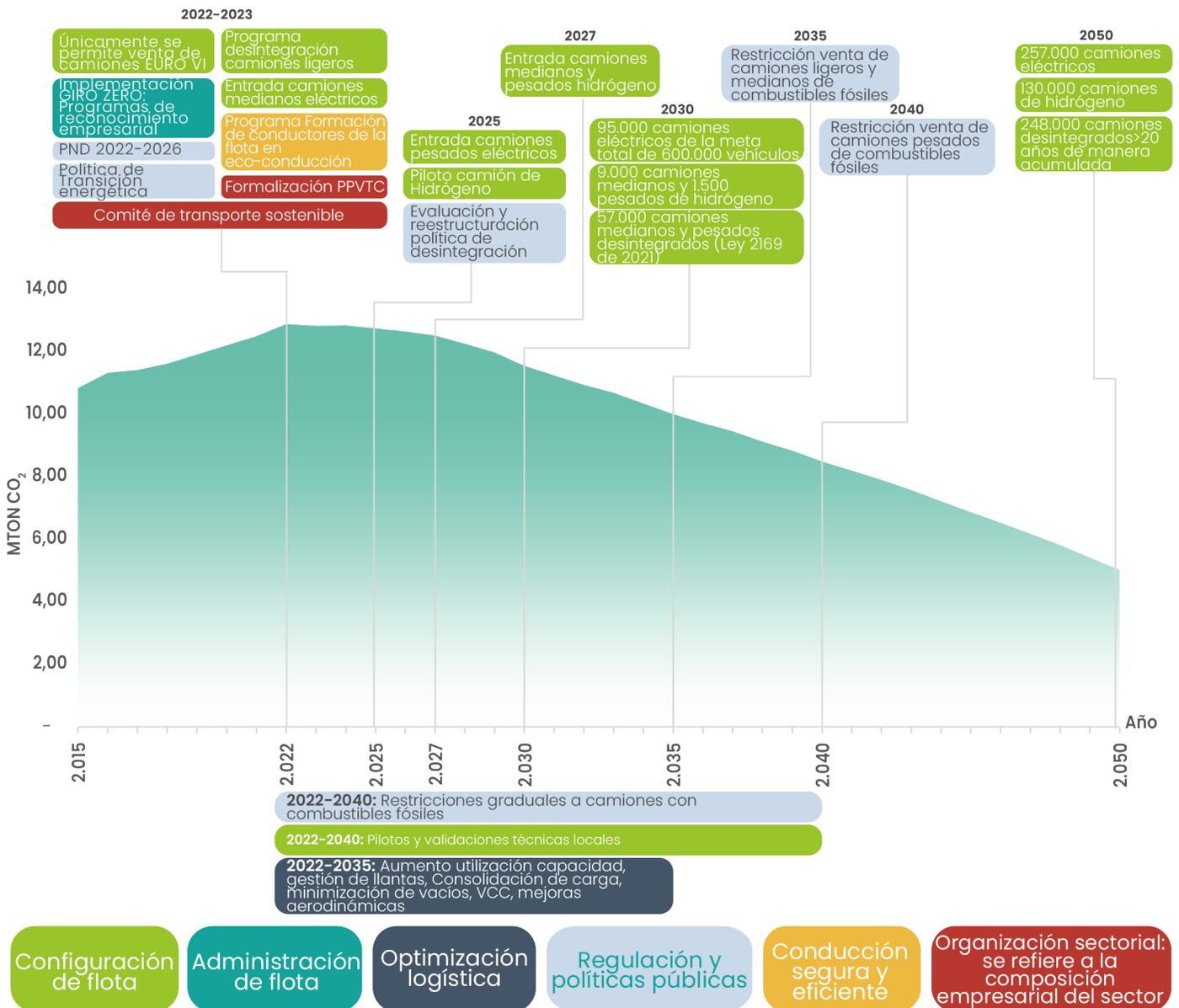
Sector privado

- Establecer hojas de ruta hacia cero emisiones (NetZero)
- Comprometer los hitos de reducción de emisiones con años específicos hasta llegar al NetZero
- Hacer uso de herramientas de gestión de flota
- Hacer uso de herramientas de optimización logística
- Hacer uso de instrumentos financieros para el ascenso tecnológico
- Implementar iniciativas de capacitación en eco-conducción
- Validar técnicamente a nivel local las nuevas tecnologías de cero y bajas emisiones.
- En el corto plazo cambiar flota urbana de combustible fósil a eléctrica.
- En el mediano plazo, cambiar flota nacional de combustible fósil a tecnología eléctrica y de hidrógeno.
- Construir la red de infraestructura de carga de energía eléctrica y de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia Proyecto **GIRO ZERO**¹

Esta hoja de ruta propone una respuesta a los compromisos adquiridos en escenarios internacionales, como el acuerdo de París, la COP 26, la contribución determinadas a nivel nacional (NDC) y la estrategia de largo plazo a 2050 (LTS), gobiernos nacionales, locales y sectores productivos han establecido objetivos de reducción de emisiones para distintos horizontes de tiempo. De tal forma la GIRO ZERO Roadmap está basada en la ciencia y la evidencia, se alinea con la meta de no aumentar más de 2 °C el calentamiento global y redoblar esfuerzos para no superar los 1.5 °C contemplada en el acuerdo de París y establece los siguientes hitos de 2022 a 2050.

Ilustración 1: GIRO ZERO ROADMAP hitos seleccionados para políticas públicas y otras medidas



Los vehículos de carga aquí señalados corresponden a simulaciones realizadas por el equipo de Giro Zero y pueden variar al conformar escenarios concertados con los beneficiarios y mejoras al simulador de reducción de emisiones.

An aerial photograph of a paved road curving through a lush, green forest. The road is the central focus, winding from the top right towards the bottom left. The forest is dense with various shades of green. In the top left corner, there are several overlapping graphic elements: a white rounded rectangle, a teal rounded rectangle, and a white circle. Another teal circle is positioned on the road. A thick orange horizontal bar is located below the title.

Contexto

- ¿Por qué este proyecto?
- Alcance del proyecto
- ¿Con quién colabora el Proyecto?
¿Cuáles son los grupos de interés y beneficiarios del Proyecto?
- ¿Una Hoja de Ruta a dónde?
- ¿Por qué es importante la hoja de ruta de GIRO ZERO? ¿Porqué es única?
- ¿Cómo leer la hoja de ruta de GIRO ZERO? Estructura del reporte



El proyecto GIRO ZERO pretende catalizar la adopción de tecnologías de bajas emisiones y de mejores prácticas ambientales dentro del sector del transporte automotor de carga (TAC) en Colombia.

¿Por qué este proyecto?

UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions) es un programa del Gobierno del Reino Unido. UK PACT apoya países con gran potencial de reducción de emisiones para acelerar sus esfuerzos de mitigación del cambio climático, bajo el portafolio del ICF. Creado en 2018, las iniciativas del programa se desarrollarán hasta 2026. Actualmente Programas de UK PACT existen en China, Colombia, Indonesia, Kenia, Malasia, México, Nigeria y Suráfrica.

Colombia ha demostrado su liderazgo regional en reconocer el cambio climático y atacar sus causas y efectos, además de propender por el crecimiento sostenible. Esta visión es compartida por el Reino Unido y ha resultado en una colaboración de beneficio mutuo. Colombia-UK PACT está financiando distintos proyectos², en la segunda ronda de financiamiento fueron seleccionados proyectos de movilidad sostenible, que permitieran acelerar la transición hacia movilidad eléctrica y proveer modelos de desarrollo para un transporte de carga sostenible.

Fue así como la Universidad de los Andes, de Bogotá, Colombia decidió hacer una alianza estratégica con la Universidad de Cardiff, Gales, Reino Unido para desarrollar el proyecto GIRO ZERO – Steering the Colombian Road Freight Sector towards zero emissions. Un proyecto para descarbonizar el transporte de carga por carretera. Se identificó que dicha iniciativa del sector público-privado-académico debía

crearse y que podría beneficiar a Colombia y al Reino Unido. El acuerdo inicial (Fase 1) con UK Pact se suscribió el 11 de marzo de 2021 y se estableció una duración de un año calendario, teniendo en cuenta que Colombia podría aprender del camino recorrido por el Reino Unido hacia estrategias de cero emisiones, adaptando las buenas prácticas e iniciativas que se trasladen al contexto colombiano.

Alcance del proyecto

El proyecto GIRO ZERO pretende catalizar la adopción de tecnologías de bajas emisiones y de mejores prácticas ambientales dentro del sector del transporte automotor de carga (TAC) en Colombia. De tal forma el proyecto combina la investigación sobre la viabilidad de tecnologías y prácticas verdes en el contexto colombiano y el desarrollo de estrategias de negocios para la adquisición y operación de flotas de camiones de cero y bajas emisiones.

De tal forma esta primera Fase3 se orienta para servir de hoja de ruta para que empresas, transportadores y gobiernos del orden nacional y local puedan definir la dirección que debe seguir Colombia hacia el objetivo de cero emisiones y conozcan los posibles obstáculos a enfrentar y superar.

El alcance de la primera fase de **GIRO ZERO** comprende:

- Generar una línea de base para el sector de transporte automotor de carga (TAC)

² <https://www.ukpact.co.uk/country-programme/colombia>

³ La fase 1 tiene lugar entre 2021 y 2022, la segunda fase se daría entre 2022 y 2025.

- Desarrollar un plan estratégico de negocios para identificar viabilidad de prácticas verdes de impacto
- Formular indicadores y herramientas interactivas para evaluar el desempeño de prácticas verdes
- Elaborar estudios de caso sobre proyectos piloto
- Realizar seminarios y talleres con agentes del sector que permitan fortalecer las redes colaborativas
- Formular recomendaciones para hacedores de política y para gremios y asociaciones del sector privado
- Establecer una hoja de ruta hacia cero emisiones en el TAC
- Compartir conocimiento generado a través de un repositorio público de productos, que incluya los resultados de investigaciones académicas

Si bien el plan procura construir los cimientos para la toma futura de decisiones, su alcance no pretende definir de antemano las tecnologías que el país debe adoptar, máxime sin haber llevado a cabo procesos de pilotos y validación tecnológica local.

Así mismo, tampoco pretende limitar la participación de ciertos actores en el proceso de reducción de emisiones y en su lugar insta a los actores que no se hayan considerado incluidos o representados en los distintos escenarios brindados a lo largo del año 2021 y parte de 2022 a incorporarse al proceso en su segunda fase y permitir así que se fortalezcan el proceso de toma de decisiones y las relaciones entre los diferentes grupos de interés.

Finalmente, el proyecto no considera dentro de su alcance la gestión sobre la demanda

de bienes transportados por carretera⁴ o la entrada en operación de proyectos intermodales que movilicen carga que antes se movilizaba por el modo carretero⁵. El proyecto considera los cambios internos que tendrían lugar en el sector de transporte automotor de carga para llegar a las cero emisiones a 2050.

¿Con quién colabora el Proyecto? ¿Cuáles son los stakeholders del Proyecto?

Durante el proceso de aprobación de la propuesta por parte de UK PACT, se definió que el proyecto iba a contar con la participación activa de varios actores relevantes en la toma de decisiones tanto del sector público como del sector privado denominados beneficiarios directos. Sin embargo, durante el proceso de aprendizaje conjunto, de intercambio de experiencias, capacitaciones, pruebas piloto y talleres, se ha ido incrementando el interés sobre cómo reducir las emisiones y se fueron involucrando otros actores dentro del proceso de transformación del sector que fortalecieron el ecosistema.

- **Beneficiarios directos del sector público de nivel nacional:**

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) se encarga de definir y evaluar las políticas públicas en el sector social y económico del país, además de liderar y coordinar la construcción y seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo, la principal herramienta de planeación del país de mediano plazo.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) se encarga de definir la política Nacional Ambiental y promover la recuperación y protección de los recursos naturales renovables, asegurando el desarrollo sostenible y el derecho de los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano.

4 Incluye estrategias como reestructuración de la cadena de abastecimiento, nearshoring, impresión 3D, cambio de comportamiento del consumidor final.

5 Incluye la combinación de uno o más modos de transporte distintos al carretero o en combinación con este.

El Ministerio de Transporte (MINTRANSPORTE)

Lidera las políticas del sector de transporte automotor de carga y se encarga de implementar las políticas y reglamentos de movilidad sostenible en coordinación con sus entidades adscritas, otros sectores y autoridades locales. Adicionalmente lidera el programa de reposición de vehículos.

- **Otros grupos de interés del sector público:**

Ministerio de Minas y Energía (MME) Es la cabeza del sector energía que propende entre otras por formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país.

Autoridades Locales En Colombia la autoridad de transporte a nivel nacional es el Ministerio de Transporte. Sin embargo, existen autoridades locales de tránsito como las alcaldías que participaron de las distintas socializaciones y que en ocasiones cuentan con programas de apoyo al recambio tecnológico de camiones o de restricciones de circulación en sus territorios.

- **Beneficiarios directos del sector privado:**

COLFECAR La principal asociación de transporte automotor de carga en Colombia.

La junta directiva de la asociación está dispuesta a promover el proyecto con el objetivo de impulsar a sus compañías afiliadas hacia las operaciones de cero emisiones y promover, junto con otros gremios de transportadores, nuevas inversiones en tecnologías limpias.

La Asociación Nacional de Empresarios (ANDI), que agremia los principales generadores de carga y a las empresas de logística que ejecutan decisiones sobre el sector transporte y buscan eficiencia en sus operaciones y al mismo tiempo la reducción de externalidades negativas.

- **Socio Académico**

Universidad Andres Bello, Chile, es referencia para el desarrollo de programas de TAC verde (Giro Limpio), validación tecnológica y sistemas de trazabilidad y análisis de datos (Observatorio de Transporte de Carga Urbana, Santiago) y es un socio de amplia colaboración en investigación.

- **Otros grupos de interés:**

Adicionalmente, durante el proyecto se ha desarrollado una amplia red de colaboradores que están formando la **Red GIRO ZERO** estos diferentes grupos de interés que hacen parte del sector privado, incluyen a los **propietarios de tractocamiones, otros generadores de carga, conductores y plataformas tecnológicas.**

Otros actores involucrados en este trabajo colaborativo es la **academia** que genera investigación, las **compañías productoras de tractocamiones** que generan desarrollo frente a nuevas tecnologías y la **sociedad civil** que se beneficia directamente de la reducción de emisiones, entre otros. En el Anexo 1 se listan los integrantes de la red **GIRO ZERO** a febrero de 2022.

Durante el primer año el proyecto alcanzó, más de 250 miembros (30% mujeres) inscritos en la red (74% del sector privado y 22% del sector público) con más de 30 compañías de las que 12 comparten sus datos GPS, y que incluye más de 9 entidades públicas del orden nacional y local.

¿Una Hoja de Ruta a dónde?

La **GIRO ZERO Roadmap** brinda herramientas para la construcción de simulaciones de posibles escenarios y crear un clima de inversión favorable para lograr las transformaciones del

sector, a través de la identificación de hitos clave. El documento también plantea la necesidad de confirmar a través de la evidencia, especialmente a partir del modelo planteado y el tablero de control de indicadores, que las metas de descarbonización del sector se deben plantear bajo distintos escenarios.

Adicionalmente, **la GIRO ZERO Roadmap** es un ejercicio que no se aísla de la evolución de la normatividad y regulaciones de Colombia, sino que se encuentra alineado con las mismas y las establece como punto de partida además de tener conexiones con políticas de transporte, energía y medio ambiente. La hoja de ruta es más que un documento y se convierte en el inicio de un proceso dinámico de planeación y de desarrollo de políticas públicas y acciones del sector privado y la academia enfocadas en la meta de largo plazo de un sector cero emisiones a 2050.

¿Por qué es importante la hoja de ruta de GIRO ZERO?

En respuesta al acuerdo de París y a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible aprobada por las Naciones Unidas, muchos gobiernos, asociaciones y compañías del sector privado a nivel mundial han empezado a formular hojas de ruta hacia las cero emisiones en transporte de carga y el sector logístico. Sin embargo, en Colombia no existe actualmente un instrumento similar de nivel gubernamental y

muchas compañías del sector TAC aún no han desarrollado sus hojas de ruta.

Con el objetivo de reducir la incertidumbre hacia el futuro cercano y de largo plazo, se visualizó la necesidad de plasmar en un marco común los lineamientos para finalmente de llegar a cero emisiones en el sector de transporte automotor de carga en Colombia.

La GIRO ZERO Roadmap propone acciones en un horizonte de 2022 hasta 2050 que permitan convertir el sector TAC en uno más limpio y ambientalmente sostenible, sin perder de vista la competitividad, a través de una hoja de ruta que identifique, el potencial y la factibilidad económica de las distintas soluciones para alcanzar las metas de reducción de emisiones por compromisos internacionales del Gobierno Nacional. Este documento es la consolidación de los resultados de un trabajo concertado y único en el país para el sector de transporte automotor de carga; el cual pretende catalizar la adopción de tecnologías de bajas emisiones y de mejores prácticas ambientales dentro del sector del transporte de carga por carretera en Colombia a través de una herramienta que sea utilizada de manera efectiva y colaborativa en el corto, mediano y largo plazo; siendo la academia un facilitador que posibilita la conexión entre el sector público y el sector privado.

Finalmente, el proceso de construcción de esta hoja de ruta es dinámico pues, se planteó



GIRO ZERO Roadmap es un ejercicio que no se aísla de la evolución de la normatividad y regulaciones de Colombia, sino que se encuentra alineado con las mismas y las establece como punto de partida además de tener conexiones con políticas de transporte, energía y medio ambiente.

inicialmente desde la perspectiva de los integrantes de GIRO ZERO para alimentarla después con las opiniones y recomendaciones de los beneficiarios principales y posteriormente de los demás grupos de interés, con el fin de robustecer sus recomendaciones y llegar a acuerdos sobre los temas fundamentales para alcanzar las metas propuestas.

Ilustración 2: Etapas en la construcción del GIRO ZERO Roadmap



Fuente: Elaboración propia Proyecto **GIRO ZERO**

¿Cómo leer la hoja de ruta de GIRO ZERO? Estructura del reporte

La hoja de ruta de **Giro Zero** se construye sobre los distintos productos elaborados en el marco del proyecto. Primero escribe los retos y oportunidades del sector TAC en Colombia. La metodología se centra en mostrar la línea base construida durante el año 2021 a partir de la cual se caracteriza el sector TAC. Luego se analiza la situación y el desarrollo estratégico en las seis dimensiones de **GIRO ZERO** para la descarbonización

- **Configuración de flota:** son las características, tecnologías y tamaño del parque automotor de carga y la factibilidad económica del cambio tecnológico

- **Administración de la flota del transporte automotor de carga:** es el proceso de administrar la información técnica y operacional de los vehículos
- **Conducción segura y eficiente:** que se refiere a las capacidades del conductor para garantizar la reducción de emisiones, siniestralidad y consumo de combustible
- **Optimización logística:** que comprenden medidas logísticas y las eficiencias operativas del transporte automotor de carga
- **Organización sectorial:** se refiere a la composición empresarial del sector
- **Regulación y políticas públicas** para promover e incentivar la reducción de **emisiones y la coordinación pública-privada** para alcanzar las metas

posibles elementos, acciones y medidas que permitan lograr los compromisos del sector.

A partir de allí se hace una descripción de las principales estrategias enfocadas en dos principales grupos de interés: el sector público y el sector privado. Dichas estrategias cuentan con una propuesta de temporalidad asociadas al corto (2026), mediano (2030) y largo plazo (2050). Finalmente, se propone una secuencia lógica de dichas estrategias basadas en la factibilidad de implementación en el medio colombiano (corto, mediano y largo plazo).

La próxima sección construye el camino hacia las cero emisiones y define simulaciones elegidas que caractericen y muestren los

Ilustración 3: Las dimensiones del Proyecto GIRO ZERO y la Hoja de ruta



Fuente: Elaboración propia Proyecto GIRO ZERO

Escanea el código y accede al documento



<https://girozero.uniandes.edu.co/nuestra-red/nuestra-red-giro-zero>

Anexo 1

Red Giro Zero

Fuente de la imagen: © Ministerio de Transporte



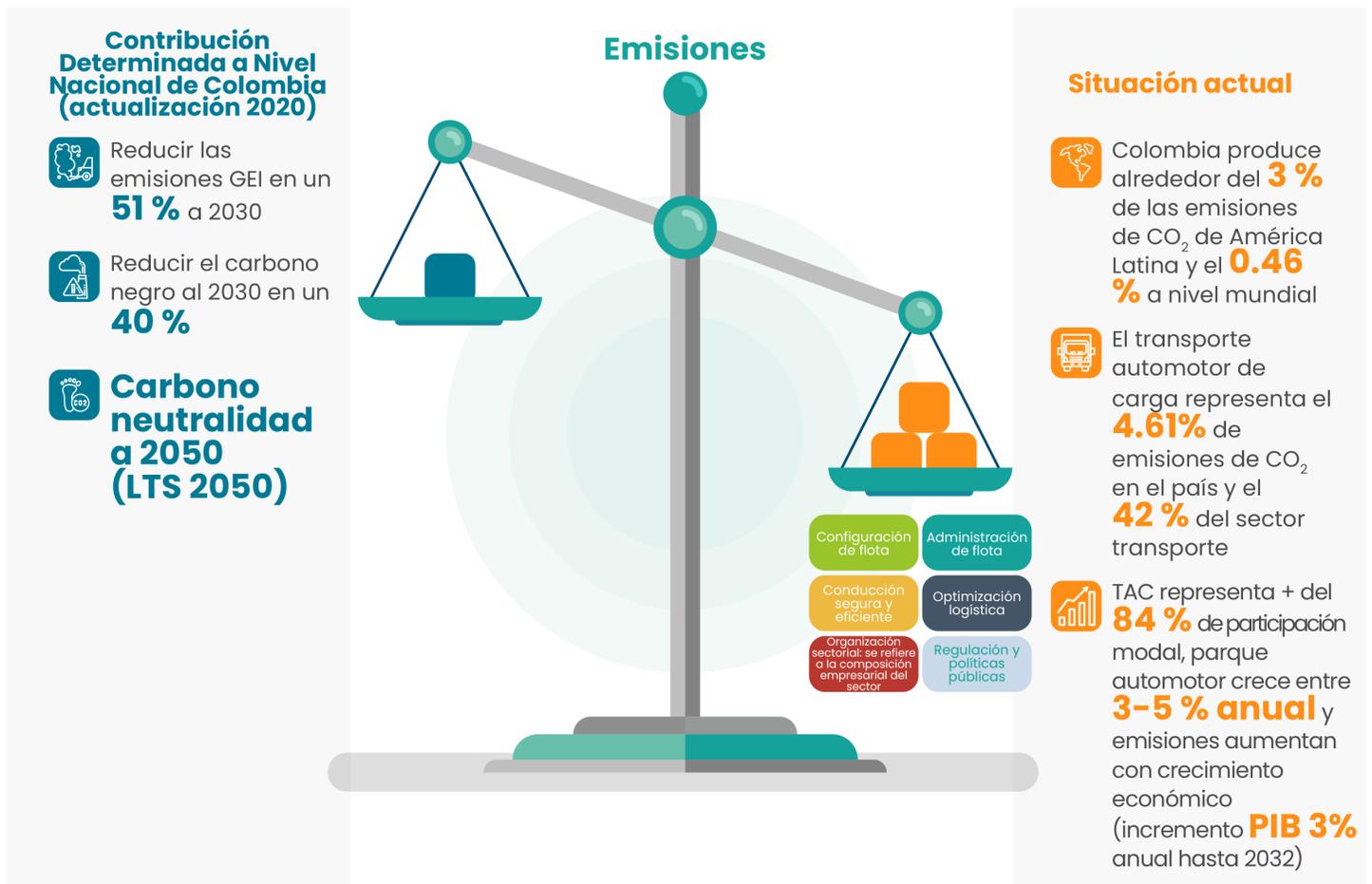
Retos y oportunidades para Colombia

En respuesta a los compromisos adquiridos en escenarios internacionales, como el acuerdo de París, la COP 26, las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) y las estrategias de largo plazo (LTS), gobiernos nacionales, locales y sectores productivos han establecido objetivos de reducción de emisiones para distintos horizontes de tiempo.

El compromiso del Gobierno de Colombia al adoptar el Acuerdo de París en el 2017 fue de reducir sus Gases Efecto Invernadero (GEI) en un 20% al 2030 y posteriormente aumentó su ambición al declarar en su NDC 2020 el

objetivo de reducir el 51% de las emisiones GEI y el 40% del carbono negro al 2030 siendo el primer paso para alcanzar una economía cero emisiones a 2050, contenida en su estrategia de largo plazo (LTS). Lo anterior significa que para 2030 las emisiones se deberían reducir a niveles de la década de los 80. Sin embargo, se advierte que, en un período de tiempo inferior a 8 años será difícil alcanzar esta meta en el sector de transporte automotor de carga (TAC) pues es el medio predominante y crece conforme la economía del país se reactiva y se expande (Mintransporte, 2021).

Ilustración 4: El reto de alcanzar los compromisos nacionales de las emisiones GEI en el sector TAC



Fuente: Elaboración propia Proyecto GIRO ZERO en base de RND, Transporte en cifras, Marco de gasto de mediano plazo y reporte de la industria proyecto Giro Zero

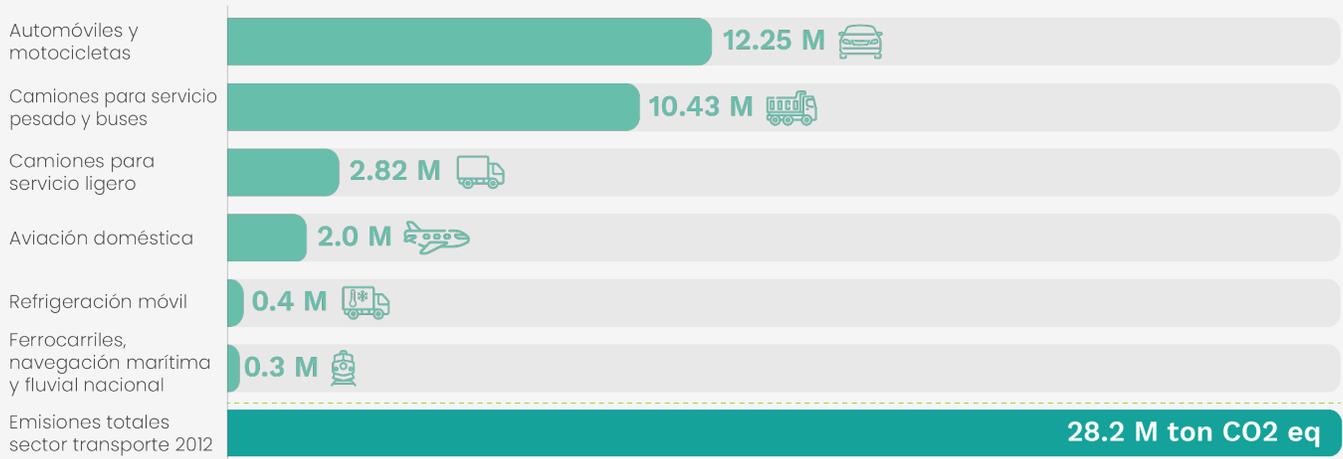
Las emisiones GEI y el carbono negro generan afectaciones a la salud pública y aceleran el cambio climático, generando costos sociales que afectan desproporcionadamente a los más pobres (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Es necesario entonces que la academia, el sector público y el sector privado trabajen de manera coordinada y urgente en la transición hacia cero emisiones del transporte automotor de carga, para revertir la tendencia actual.

Las causas de dichas emisiones se pueden hallar en distintas dimensiones relacionadas con los pilares de la descarbonización del transporte automotor de carga como se observa en la anterior ilustración. A continuación, se describen los principales retos y oportunidades del sector. Más información puede encontrarse en los Anexos 2 y 3 de este documento.

Box 1: Las emisiones del TAC

Las emisiones totales del sector transporte alcanzaron 28,2 millones CO₂e en 2012.

Figura 1: Distribución emisiones del sector transporte en Colombia, 2012.

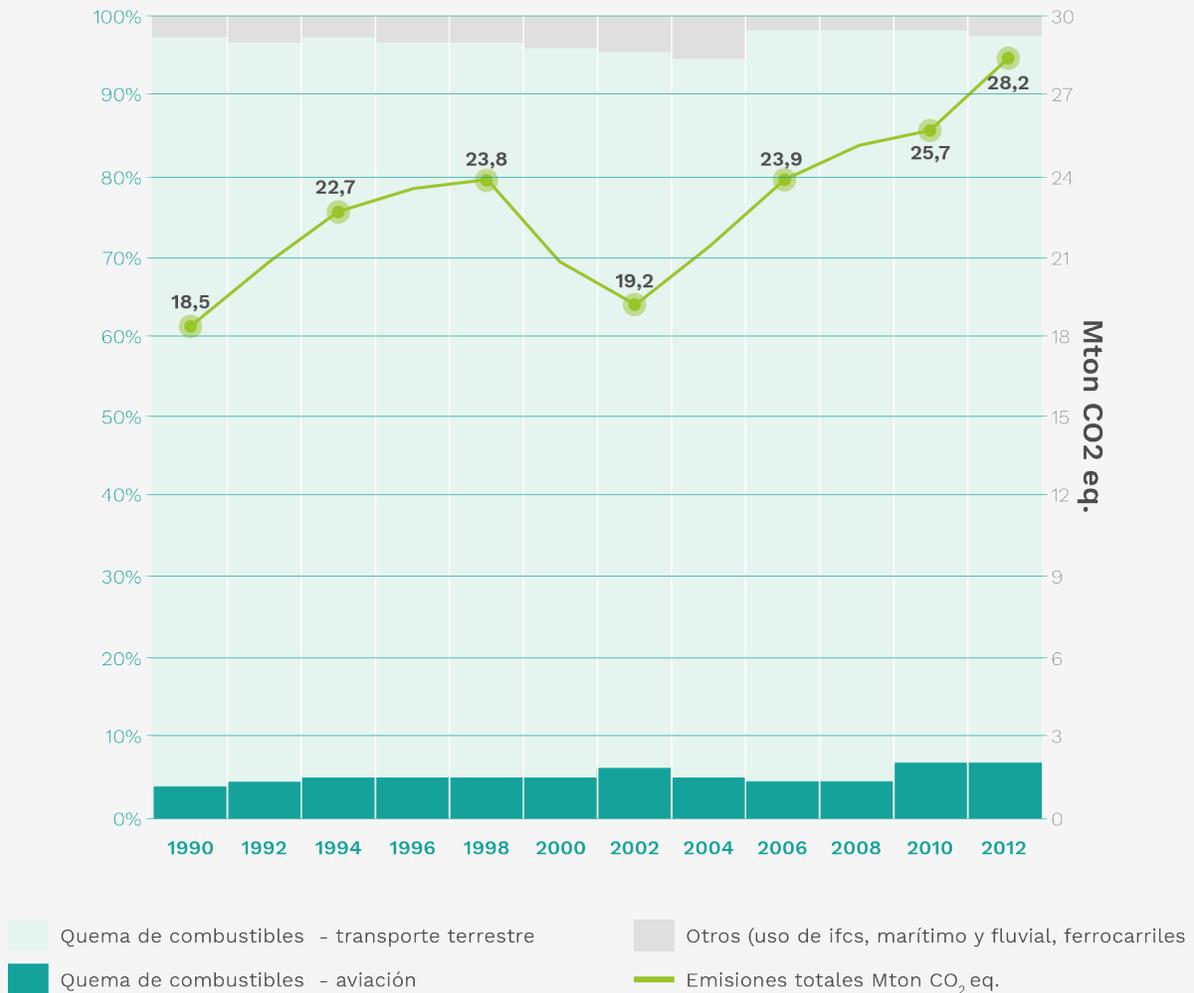


Fuente: Elaboración propia en base de (Ideam, 2016)

El transporte automotor representa 90,4% de las emisiones CO₂e del sector (Ideam, 2016).

- 6% de crecimiento anual promedio entre 2009 y 2012
- 52% de crecimiento entre 1990 y 2012

Figura 2: Emisiones de CO2 en el sector transporte en Colombia 1990-2012



Fuente: Elaboración propia en base de (Ideam, 2016)

El equipo de GIRO ZERO creó la herramienta de visualizador de indicadores del TAC a partir de información pública del Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC) con 2 dimensiones:

- **Económica:** Información de mercado de transporte
- **Ambiental:** Factores de emisión de combustibles colombianos-FECOC⁶, que incluyen las emisiones de CO₂ para cada viaje registrado en el RNDC por tipo de vehículo (camiones ligeros, medianos y pesados) y distancia recorrida.

6 Los indicadores de esta herramienta se basan en las recomendaciones del Global Logistics Emissions Council Framework (GLEC, 2020) (Smart Freight Centre, 2019)

Ilustración 5: Herramienta de Indicadores para Transporte Automotor de Carga con dos dimensiones: económica y ambiental.



Fuente: Proyecto GIRO ZERO (2021) basado en RNDC, Ministerio de Transporte, Colombia
 *Los indicadores de productividad por camión pueden ser mayores debido a que en el RNDC no están registrados el 100% de los viajes en Colombia y no se incluyen viajes vacíos
 Elaborado por **Cristiam Gil** y **Andrés Felipe Rey** Investigadores Proyecto Giro Zero

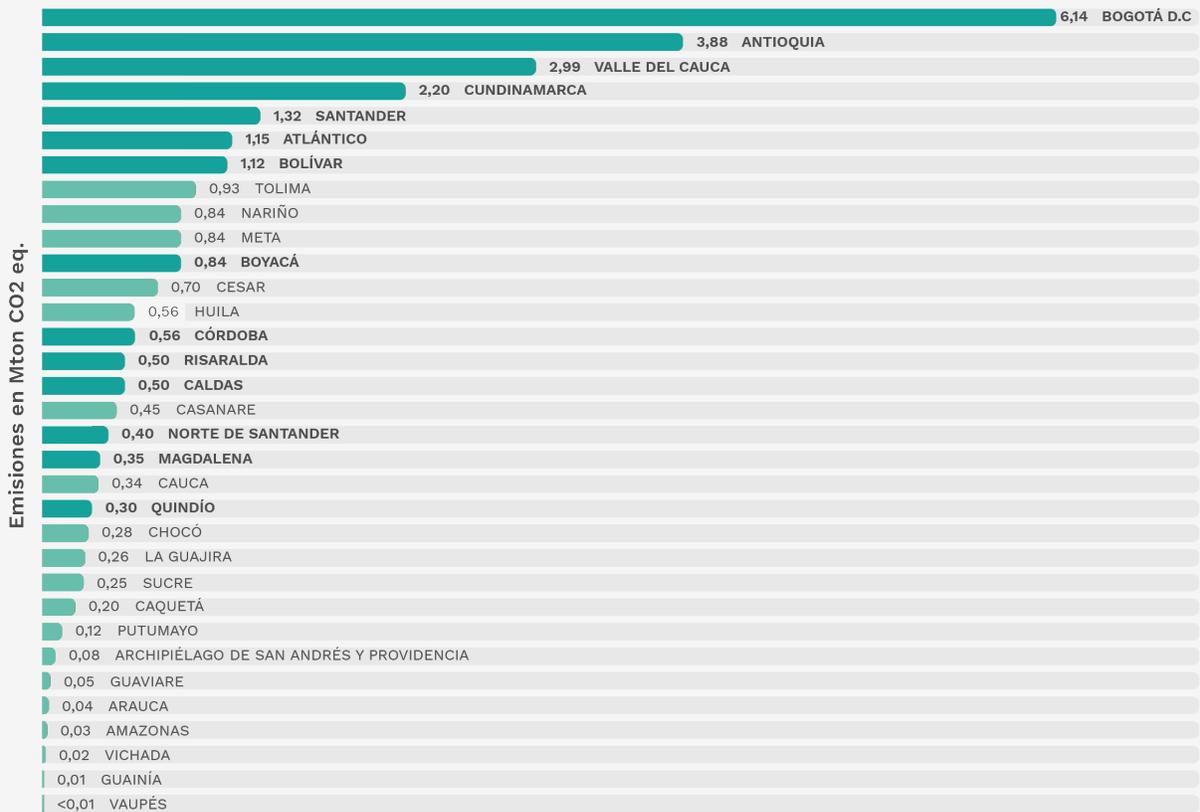
Fuente: Elaboración propia Nota: <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/dashboard>

Resultado: el sector TAC en el transporte interurbana en 2019 generó 11.9 millones toneladas de CO2 que representa:

- 42,1% dentro del transporte general (pasajeros y carga en todos los modos)
- 4,6% de las emisiones del país⁷

El inventario de GEI muestra una distribución geográfica dispar, asociada a los orígenes y destinos de la carga asociados a los centros de consumo y a los puertos marítimos, es decir las aglomeraciones urbanas más importantes del país.

Figura 3: Emisiones del CO2 en el sector transporte en Colombia 2012 por departamento



Fuente: Elaboración propia en base de (Ideam, 2016)

Box 2: Configuración de Flota



La penetración de combustibles y motores limpios en el TAC colombiano es baja. En 2020 solo el **1,5%** del total de camiones usa combustibles de **bajas emisiones** (RNDC, 2020).

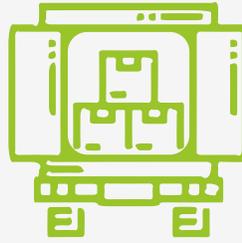


Fuentes de energía

- Diesel (**79%**)
- Gasolina (**19%**)
- Gas natural (**1,6%**)
- Biocombustibles (**0,3%**)



Los camiones que participan en el mercado regulado de largo recorrido consumen **Diesel en un 97%** (RNDC, 2020).

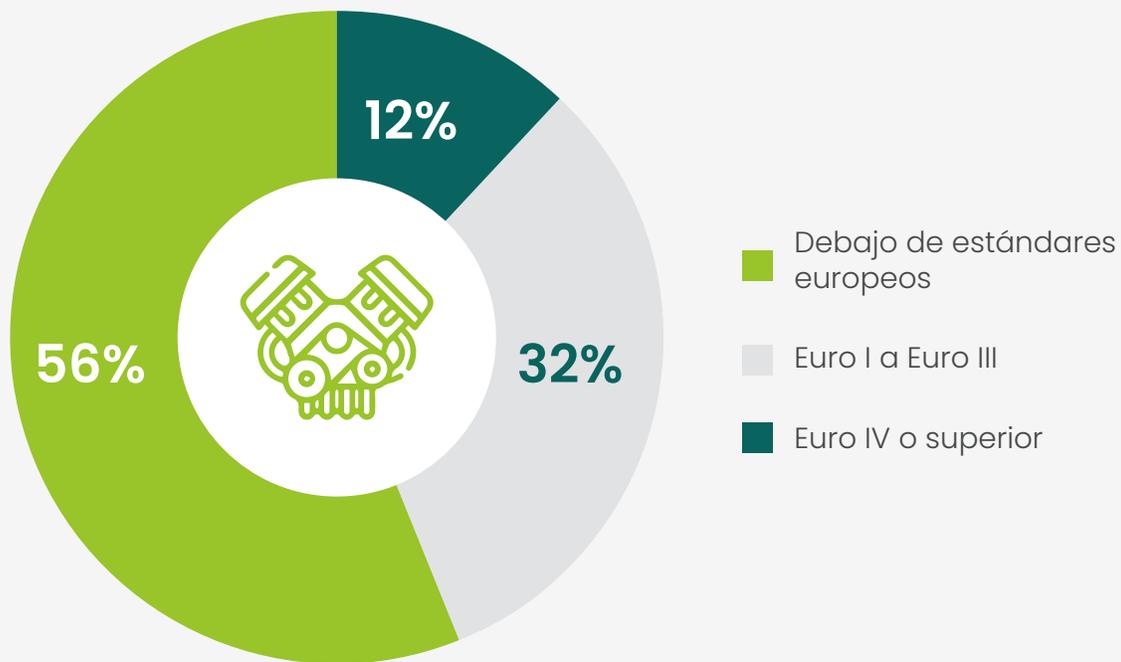


21 años es la edad promedio de los camiones de carga en Colombia (Registro Único Nacional de Transito, 2020)

13 años la edad de camiones que participan en el mercado regulado de TAC (RNDC, 2020).

Figura 4: Tecnologías de emisiones en Colombia 2019

Motores del TAC en Colombia



Fuente: (Registro Único Nacional de Transito, 2020)



Los vehículos **Pre-EURO generan el 25% de las emisiones** de material particulado en Colombia, a pesar de ser solo el 1,3% de la flota colombiana. En 2020 se registraron **221 camiones eléctricos** en Colombia y no existen pilotos con otras tecnologías como el hidrógeno (Registro Único Nacional de Transito, 2020).

Box 3: Administración de flota



En Colombia el **96%** de los camiones cuenta con dispositivos GPS. Sin embargo, **el GPS en pocas ocasiones se usa para la gestión de flota** (Mesa-Arango, Hernandez, Wilmsmeier, & Calatayud, 2021)

Por ejemplo, el programa Smartway de EEUU inició con la participación de 15 empresas y ha crecido a 4.000, logrando ahorros continuos de costo y de reducción de emisiones en los últimos 11 años. Logros obtenidos:



Ahorros anuales por 44.000 millones de dólares



Reducción de emisiones 143 millones de toneladas de CO₂



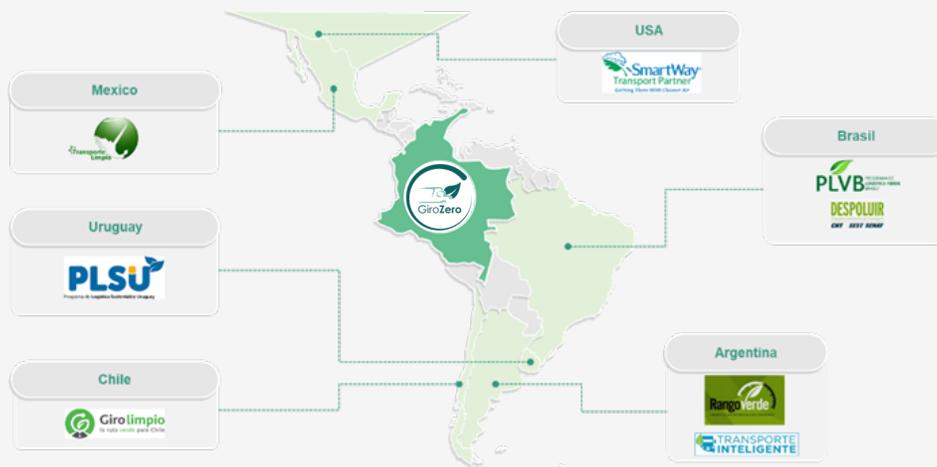
2,7 millones de toneladas de NOx y 112.000 toneladas de PM

Los ahorros de energía de las empresas de SmartWay equivalen a eliminar 335 millones de barriles de petróleo o el uso anual de energía en 21 millones de hogares.

En Colombia no existe un programa de articulación institucional entre la academia, a las organizaciones públicas, las empresas de transporte y los generadores de carga

No existe visibilidad de estrategias de comunicación oportunas para reconocer la gestión de carga sostenible (Giro Zero, 2021).

Ilustración 6: Programas de reconocimiento en países de referencia.



Fuente: Informe de revisión de la industria GIRO ZERO, 2021

Box 4: Conducción Segura y eficiente

En la operación de camiones la reducción de la velocidad puede reducir significativamente las muertes por siniestros de tránsito y contribuir a reducir las emisiones de contaminantes locales y gases de efecto invernadero y del nivel de ruido (ICCT, 2021).



En Colombia el límite de velocidad para camiones es 80 km/h



La Secretaría de Movilidad de Bogotá ha creado una red de Seguridad Vial con más de 1.000 empresas e instituciones, impulsando buenas prácticas y cooperación.



Se ha documentado que la eco conducción tiene beneficios colaterales como la seguridad vial, la salud y la mitigación del cambio climático: En Colombia, según la ANSV, **se registraron 1091 choques con vehículos de TAC en 2019**



En promedio, los conductores que han tenido una colisión consumen un **7,5%** más de combustible que los que no la han tenido (SmartDrive, 2011, 2016).



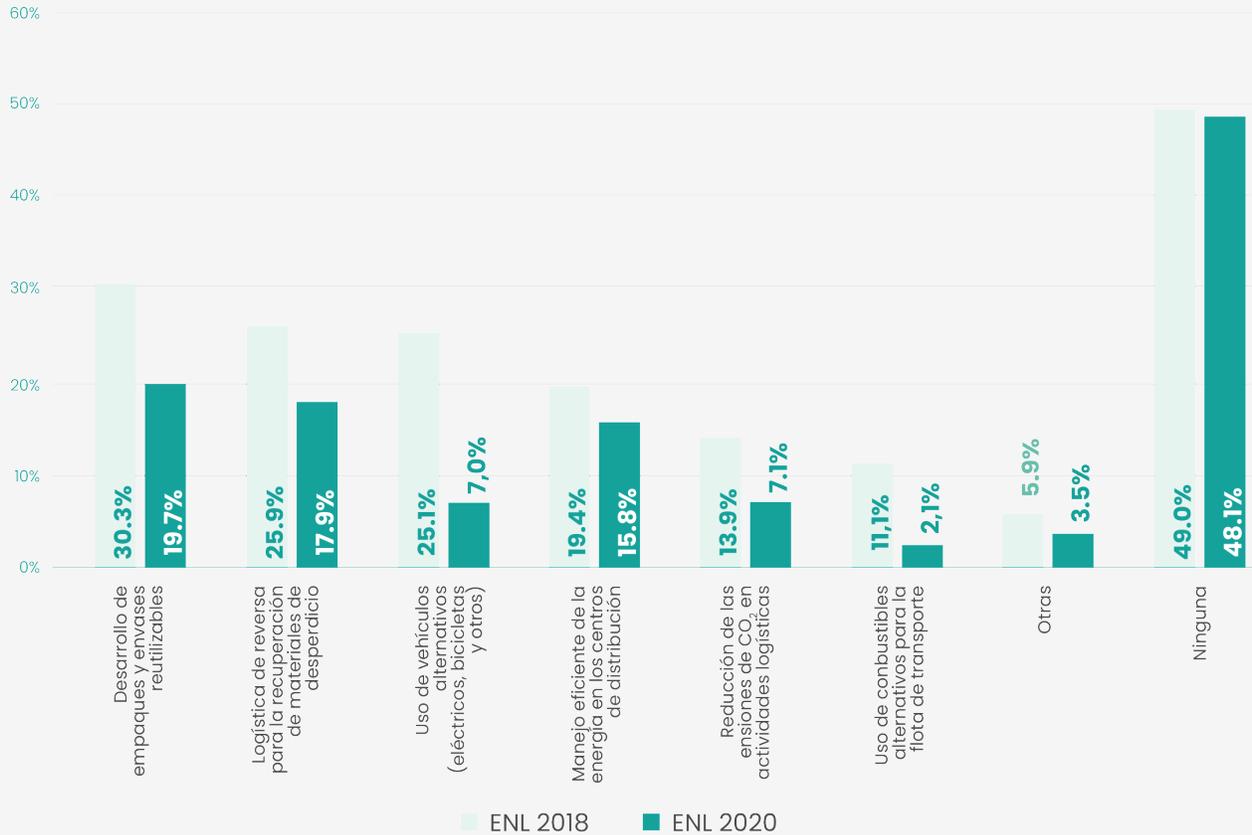
La conducción eficiente o la conducción ecológica, que se traduce en **ahorros** de combustibles que **oscilan entre el 10% y el 30%**

Box 5: Optimización logística



El 2020 el **51,9%** de las empresas generadoras de carga han implementado acciones de logística verde, sin lograr crecimiento importante frente a 2018 (**51%**)⁹

Figura 5: Tendencias en logística verde en la encuesta nacional logística 2018 y 2020



Fuente: Elaboración propia en base de (Departamento Nacional de Planeación, 2021)

Se evidencia una caída de 18,1% en el uso de vehículos alternativos y una reducción en 6,8% en estrategias que apunten a la reducción de emisiones en CO₂ en los procesos logísticos. Esta tendencia va en contravía de la tendencia global de descarbonización.



Las condiciones laborales de los camioneros interurbanos dificultan su capacitación. Los largos viajes y tiempos de espera, la congestión, además de las instalaciones de descanso inadecuadas son los mayores problemas que enfrentan los conductores.



En Colombia no existen estrategias documentadas de logística verde como:

- Consolidación de carga
- Mayor utilización de arrastre
- Reducción de viajes vacíos
- Uso de Vehículos Combinados de Carga VCC
- Mejoras aerodinámicas
- Gestión de llantas
- Uso de nuevos energéticos tales como camiones con tecnología Diesel EURO VI, Gas Natural EURO VI, Camiones eléctricos (EV), camiones de celdas de combustible de hidrógeno (FCEV) (Giro Zero, 2021)

Cabe resaltar que, a nivel general la ENL a través de los resultados de su medición bienal viene registrando una tendencia de mejora en la reducción del costo logístico, logrando una mayor competitividad para el país. Sin embargo, la encuesta no considera un grupo de control que permita hacer comparable ciertos indicadores claves en el tiempo y su evolución a través de un panel seleccionado de empresas y por otra parte no incluye la medición de emisiones.



Fuente de la imagen: © Ministerio de Transporte

Box 6: Organización sectorial



El país se encuentra en una tendencia decreciente en la tercerización del transporte de carga por carretera

Figura 6: Porcentaje de empresas que cuentan con flota propia por actividad económica



Fuente: Elaboración propia en base de (Departamento Nacional de Planeación, 2021)



Solo el 2% de los propietarios de camiones posee diez vehículos o más (Allen, Atkin, Cantillo, & Hernandez, 2021), mientras que **el 83% de los propietarios de camiones que son personas naturales poseen un camión** (DNP, Misión Logística, 2017).



En Colombia se existe una alta dispersión en la propiedad de los vehículos que generan dificultades para la generación de economías de escala a través de la implementación de estrategias de administración de flota y formalización empresarial.

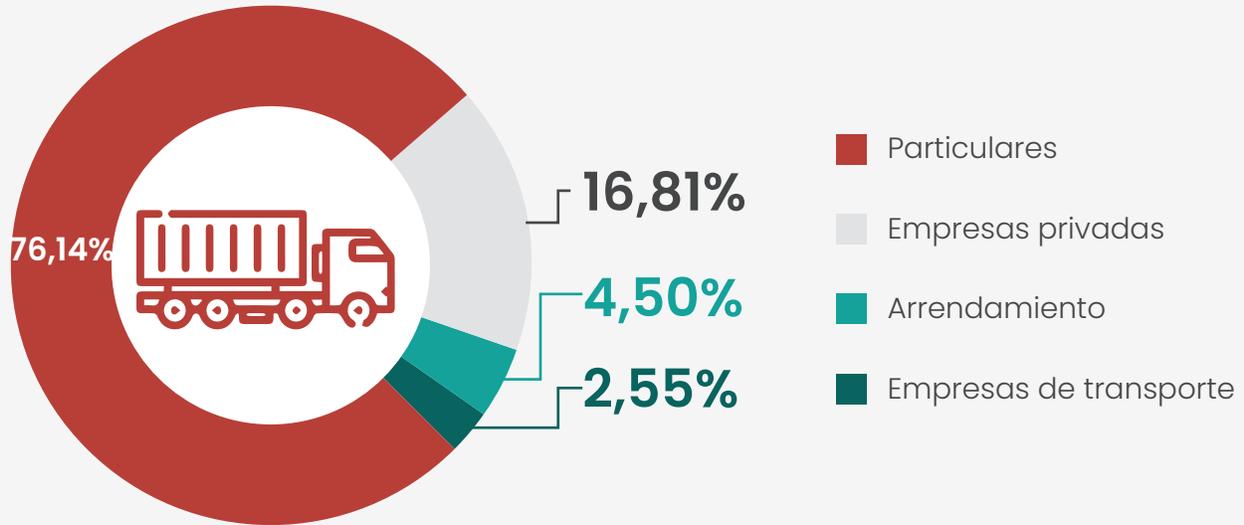


Solo ocho empresas en Colombia poseen más de 100 vehículos (Giro Zero a, 2021).



En 2018 se registraban **262 mil camiones activos** en Colombia mayores de 3 toneladas de PBV, de los cuales 104 mil camiones contaban con capacidad superior a 10,5 toneladas (Giro Zero a, 2021).

Figura 7: Distribución dominio sector TAC



Fuente: Elaboración propia proyecto GIRO ZERO



De estos 104 mil camiones, **el 87% contrató sus servicios de transporte en el mercado**¹⁰ (Giro Zero a, 2021).

Si bien existen 3.550 empresas autorizadas para prestar servicios de transporte de carga, solo el 52% de estas empresas estuvieron activas en 2021 (Giro Zero a, 2021)

Box 7: Regulación, políticas públicas y coordinación público-privada



La mesa intersectorial de transporte sostenible MITS, conformada inicialmente por el Ministerio de Ambiente, MT y la UPME bajo la denominación de Mesa de cero y bajas emisiones en 2014 integró posteriormente al MME y el DNP.

10 Cálculos con base en RUNT, 2020.

Dichas entidades identificaron la necesidad de reunirse con mayor frecuencia en torno a la agenda de movilidad sostenible y el comité de eficiencia en modos de transporte se transformó en el comité de infraestructura y transporte sostenible como parte del sistema nacional de competitividad, cuyos objetivos son articular, coordinar a los actores institucionales que convergen en la formulación de políticas de infraestructura y transporte sostenible.

Sin embargo, las dos instancias siguen operando de manera simultánea y las temáticas a cubrir en esta mesa que reemplazó al comité de eficiencia de modos son enfocadas únicamente en resolver cuellos de botella del sector privado y van más allá de la sostenibilidad por lo que la agenda de transporte sostenible puede diluirse y no ser periódica e interinstitucional, desde el punto de vista de la problemática a resolver, incluso con actores del sector privado y academia.

Pese a contar con un desarrollo normativo y de políticas públicas extenso, Colombia adolece metas, acciones y proyectos de inversión contundentes para lograr la transición energética hacia una descarbonización del TAC al 2050. En la ilustración 7 se puede apreciar el desarrollo de regulación y políticas públicas en Colombia relacionadas con el sector TAC desde 1991 a 2022.

Esta hoja de ruta parte de reconocer todo el desarrollo normativo y de políticas públicas como punto de partida:

El Documento CONPES 3963 de 2019 prorroga el programa de renovación de vehículos con PBV superior a 10,5 toneladas.

Tabla 1: Ejecución de recursos del programa de desintegración y renovación. Millones COP\$

Año	Apropiación vigente	Compromiso O	bligación
2019	184,945	183,120	144,454
2020	139,790	139,789	25,881
2021	111,071	110,957	5,949
2022	100,000	No disponible	

Fuente: Datos tomados de SINERGIA INDICADOR "Edad promedio del parque automotor de carga de la flota de vehículos con peso bruto superior a 10,5 toneladas"

Bajos niveles de ejecución del programa



58,8% de ejecución del presupuesto del programa para el año 2021 frente a un 90% esperado, 5% de cumplimiento en 2019 de las metas de desintegración y 10% en 2020.

Tabla 2: Desintegración de vehículos con peso bruto superior a 10.5 ton

Año	Meta CONPES 3963 de 2019	Vehículos desintegrados efectivamente
2019	3 028	242
2020	5 000	1 029
2021	5 000	1 567
2022	5 000	1 071

Fuente: Datos tomados de SINERGIA, DNP (INDICADOR "vehículos desintegrados con peso bruto superior a 10,5 toneladas")

Se requiere evaluar la política pública de renovación vehicular y el programa nacional, así como formular una nueva política que contribuya a las metas de descarbonización del transporte.

Escanea el código y accede al documento



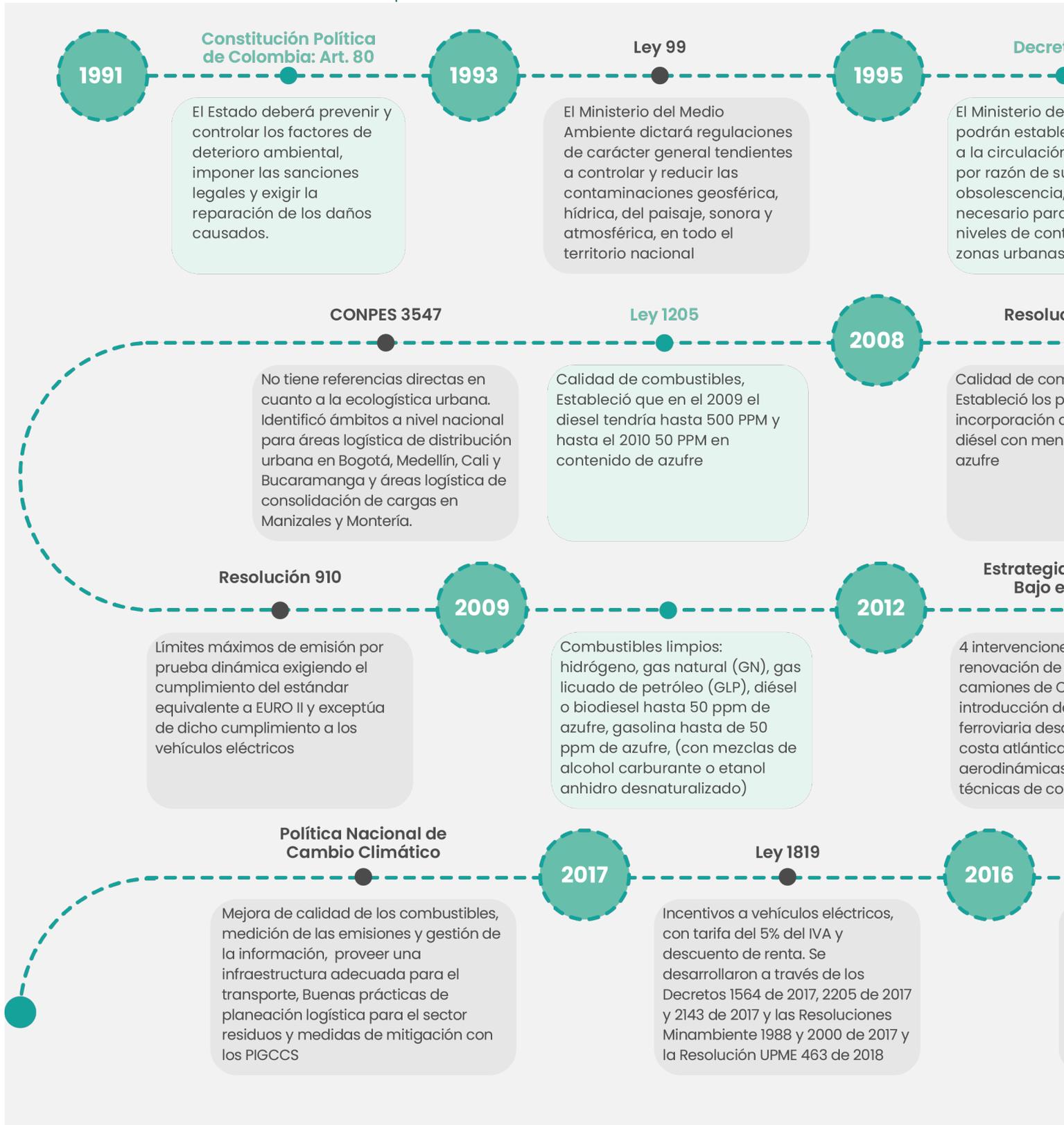
[https://girozero.uniandes.edu.co/
publicaciones/investigaciones](https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones)

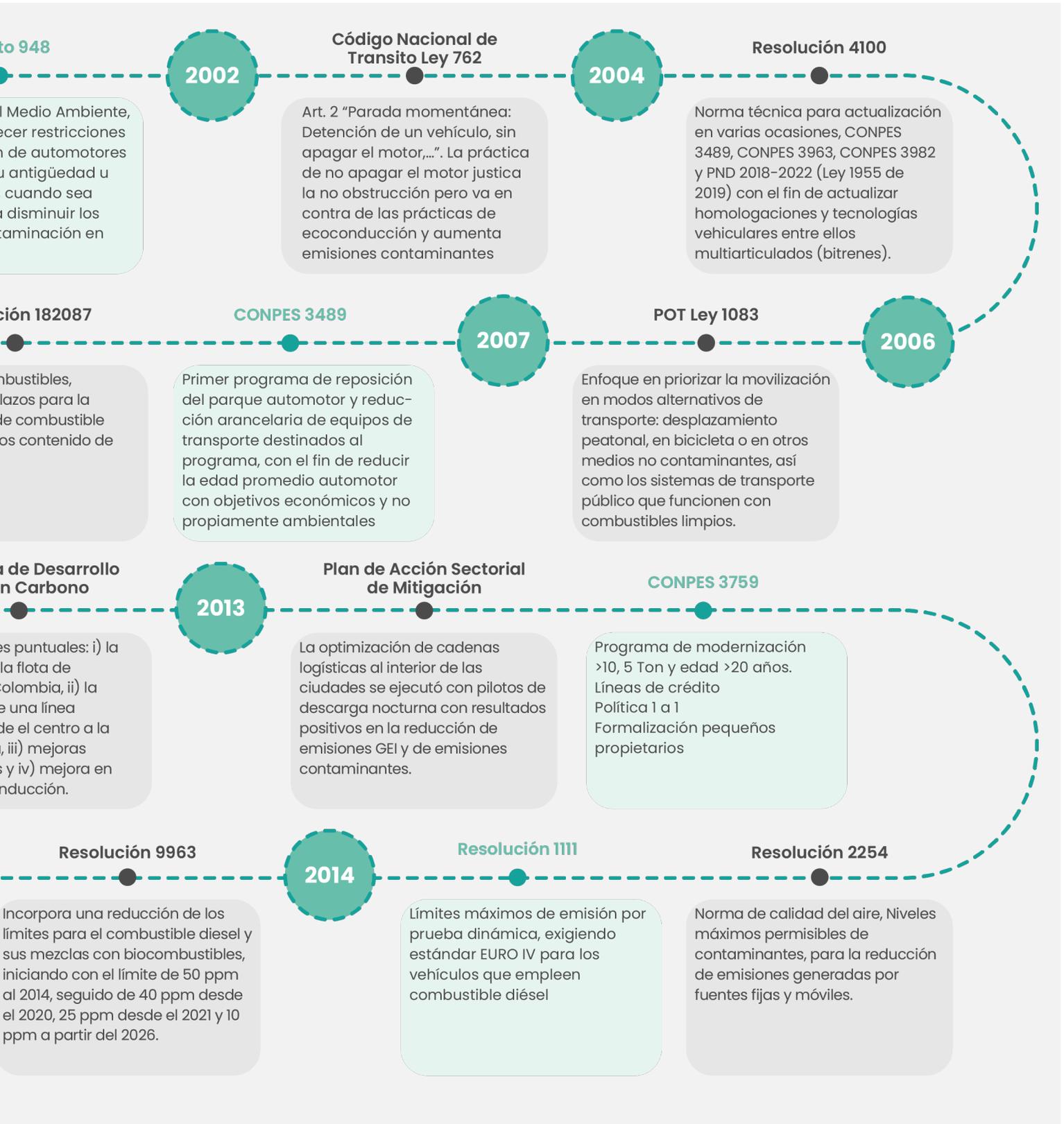
Anexo 2

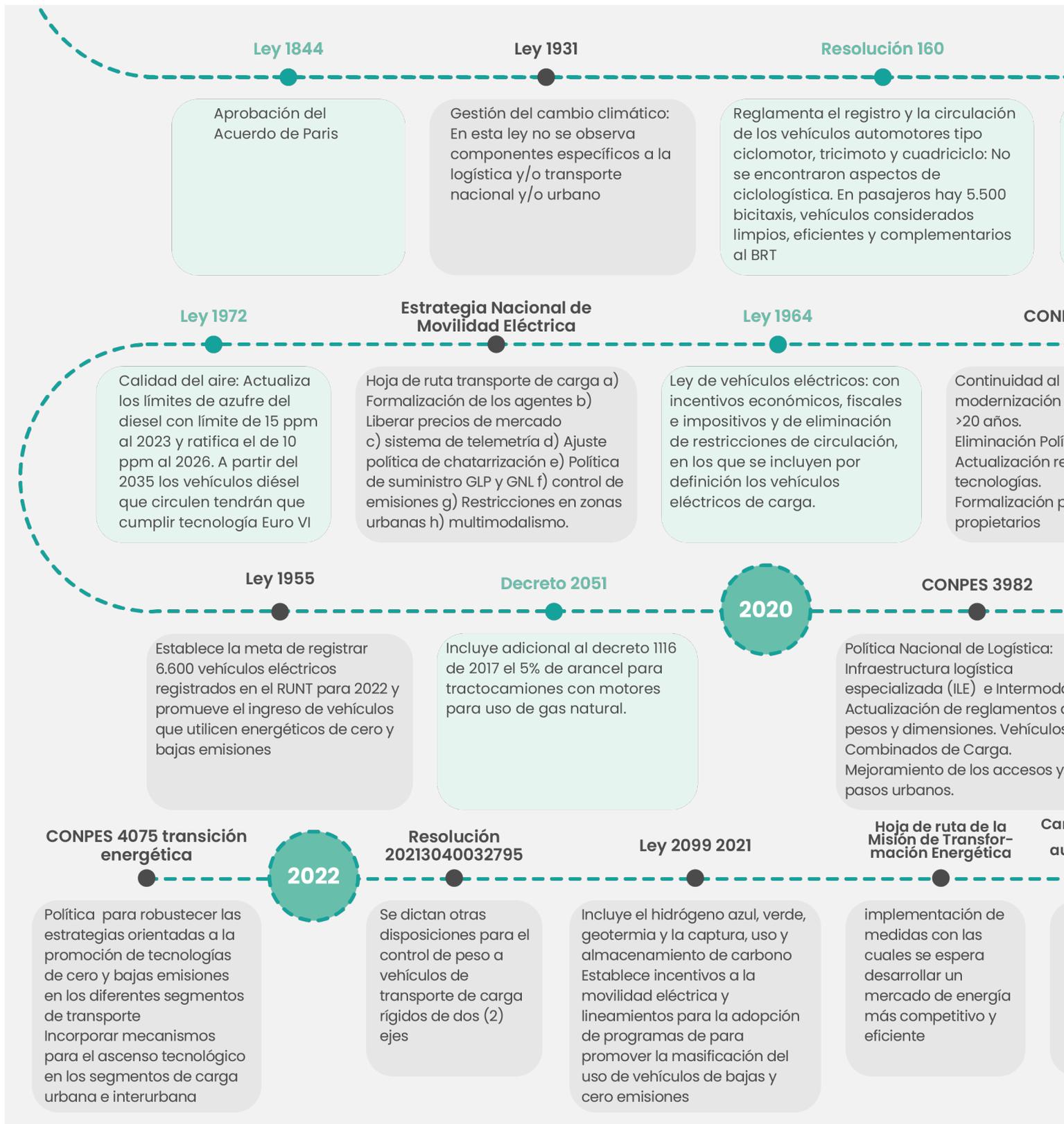
La industria del Transporte Automotor de Carga: brechas y tareas pendientes en Colombia

Fuente de la imagen: © Andrés Felipe Rey. Proyecto Giro Zero

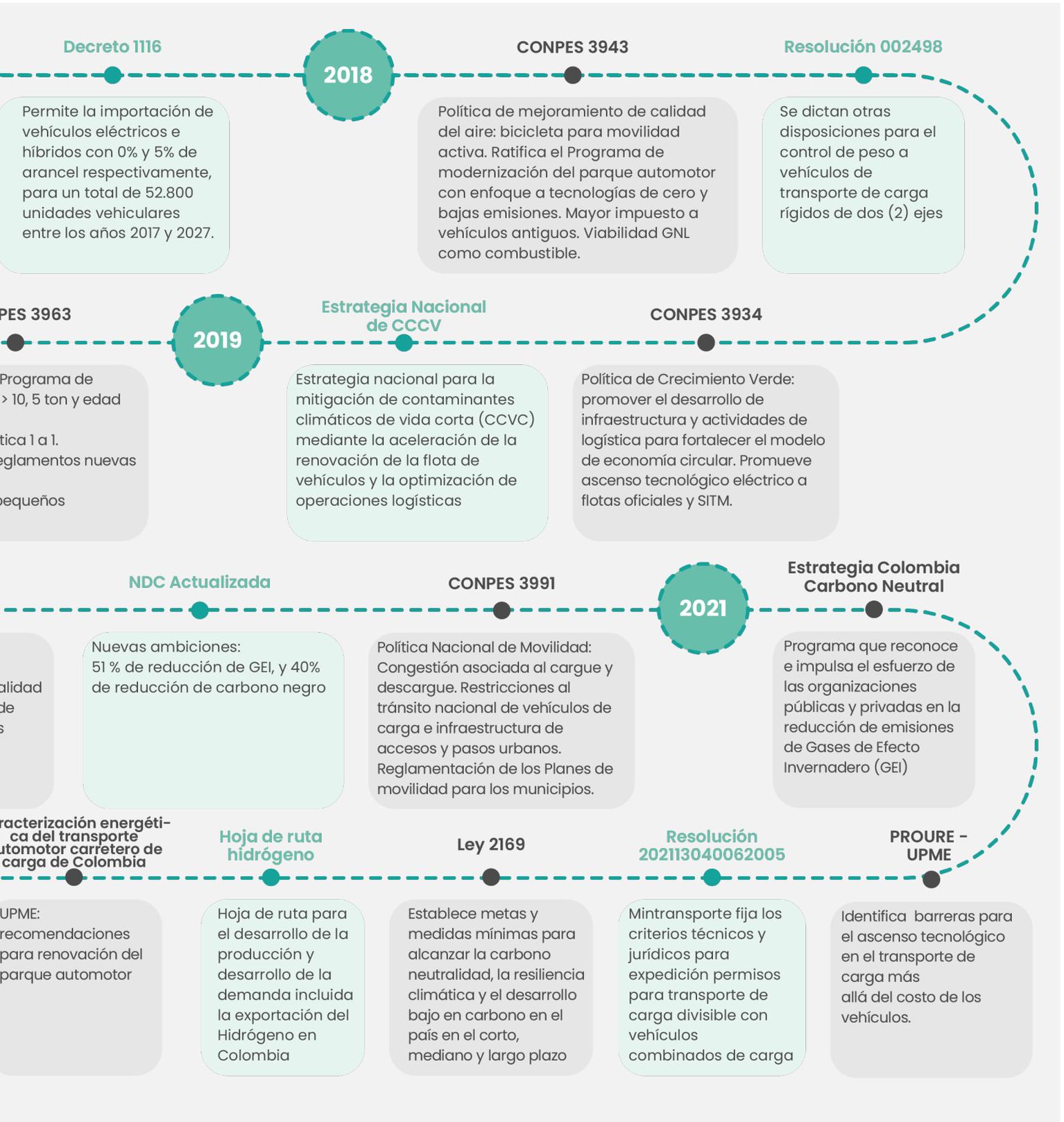
Ilustración 7: La evolución del marco de políticas y regulación contribuyendo a la transformación del sector TAC hacia un modo más limpio 1991-2022







Fuente: Elaboración propia con base en Sistema único

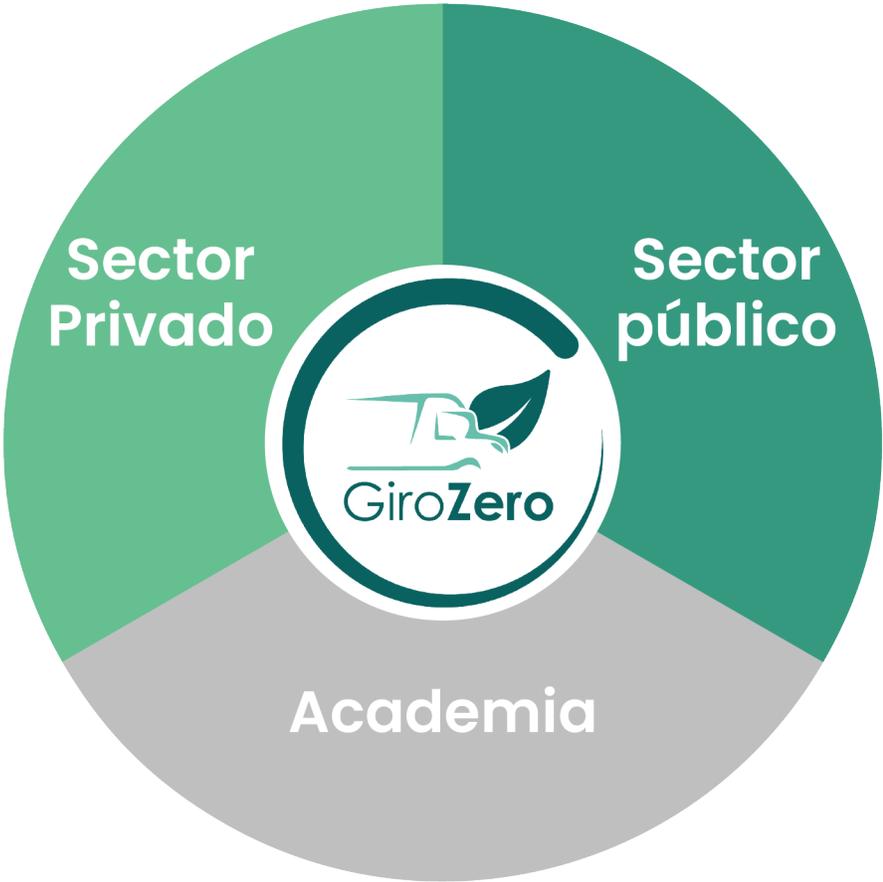


A close-up photograph of a hydrogen fuel pump nozzle. The nozzle is blue and black, with a prominent blue cap that has the chemical formula 'H2' printed on it in white. The nozzle is inserted into a station. The background is a blurred blue and white, suggesting an outdoor or industrial setting. The overall image has a teal and blue color palette with abstract geometric shapes overlaid.

Roles y coordinación de los distintos grupos de interés

Si en el futuro de corto, mediano y largo plazo se quiere alcanzar las metas planteadas, los esfuerzos de todos los actores deben estar alineados y balanceados. Sin embargo, este proceso requiere de coordinación y nuevos modelos de gobernanza para alcanzarlas de manera satisfactoria juntos. En general los roles de los principales actores son:

Ilustración 8: Roles de grupos de actores relevantes



Fuente: Elaboración propia equipo GIRO ZERO



Fuente de la imagen:
© Ministerio de Transporte

Sector público

- Las entidades del orden nacional y local **emiten políticas públicas y regulaciones que dan al mercado señales para incentivar la transición hacia cero emisiones o desincentivar tecnologías contaminantes o prácticas que deben modificarse a través de incentivos, subsidios o impuestos.**
- Así mismo puede incentivar la investigación y desarrollo temprana para que sea llevada a cabo por la academia de manera conjunta con la industria.
- Puede hacer campañas de educación pública y de marco general para desarrollar nuevas capacidades dirigidas hacia el sector de transporte de carga sostenible y emitir estándares no solo de vehículos sino de emisiones y energéticos.
- Finalmente, puede dar apoyo a ciertos actores del mercado, cuando es necesario, ante externalidades negativas.

Sector privado

- **Es quien realiza las decisiones de inversión sobre el sector de transporte de carga y la oferta de energéticos y red de suministro, puede invertir también en investigación desarrollando productos para el mercado.**
- Adicionalmente puede alinear sus estrategias de negocio de acuerdo con las señales de política pública y regulación.
- Así mismo puede medir y reportar su desempeño con el fin de contar con información de calidad para la toma de decisiones y establece plataformas colaborativas con el sector público para compartir dicha información y adopta nuevas tecnologías que permitan la reducción de emisiones.
- Suele crear productos y servicios necesarios para el cambio e incluye a los transportistas y generadores de carga que juegan un rol significativo.

Academia

- Generador de nuevos conocimientos y transferencia de experiencias, innovación, mejores prácticas y conocimientos.
- Formador de funcionarios del sector público y representantes y trabajadores del sector privado.
- **La academia tiene un rol como facilitador de adopción de prácticas innovadoras en el país y de apoyo en la transición hacia las cero emisiones con un trabajo concertado y sirviendo como un foro frecuente de intercambio de ideas** con los demás actores tanto de Colombia como de otros países de la región que estén avanzando en caminos similares.
- Estudios e investigaciones para el país y para la industria.
- Generación de herramientas de análisis.

Adicionalmente existe otro actor beneficiario de las acciones del proyecto y qué padece las externalidades negativas de las emisiones:

Sociedad civil: Establece el apoyo público para una transición hacia las cero emisiones en el sector TAC que sea justa manejando de manera conjunta con el sector público y el sector privado los impactos sociales y económicos del cambio hacia las cero emisiones.

La importancia de colaboración entre los diferentes grupos de interés en Colombia ha recibido mayor atención no solo a través del proyecto **GIRO ZERO**. Es por ello que el Gobierno de Colombia ha identificado que la falta de creación de una instancia formal asociada al Sistema Nacional de Competitividad donde esté vinculados no sólo Presidencia de la República, sino los demás grupos enunciados anteriormente: sector privado, entes de gobiernos locales o a la academia, le resta contundencia al cumplimiento de los objetivos y resultados de la Mesa Intersectorial de Transporte Sostenible.

De tal forma, el Gobierno Nacional ha modificado el comité de eficiencia en modos e intermodalidad con la creación de un espacio de discusión amplio y consensuado acerca de las soluciones necesarias para el sector transporte que se denomina Comité de Infraestructura, Transporte y Movilidad Sostenible que hace parte del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, que requiere de una agenda no limitada a únicamente resolver cuellos de botella del sector privado y periódica para avanzar en la transición energética hacia las cero emisiones en el sector transporte en general.



Fuente de la imagen:
© Shutterstock

Escanea el código y accede al documento



[https://girozero.uniandes.edu.co/
publicaciones/investigaciones](https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones)

Hydrogen

Anexo 3

Plan Estratégico de Negocios

Fuente de la imagen: © Felipe Pinzón. Ministerio de Transporte



Seis dimensiones para la descarbonización del transporte automotor de carga

1. Configuración de flota
2. Administración de flota
3. Conducción Segura y eficiente
4. Optimización Logística
5. Organización sectorial
6. Regulación y políticas públicas

1. Configuración de flota

La adecuada configuración de flota es parte elemental de la eficiencia del sector TAC. Esto se logra a través de la selección del vehículo y la carrocería apropiados para transportar el tipo de carga requerida, y que a la vez se ajuste a las necesidades diarias de la ruta.

El proceso de selección del vehículo depende del mercado de operación y requiere conocimiento técnico. En general, los vehículos más especializados son más eficientes precisamente porque se han diseñado y construido con un propósito específico, lo que permite optimizar sus características para esa aplicación.

La adquisición no adecuada o incorrecta de un camión para determinada operación, puede tener repercusiones en aspectos

como el consumo de combustible, tiempo de alistamiento, costos de mantenimiento, seguridad, e incluso que el vehículo no tenga la potencia necesaria para llegar a destino. Al momento de hablar de eficiencia energética, la especificación del tren motriz es el pilar fundamental.

Dentro de la configuración el cambio y ascenso tecnológico es primordial para transformar el sector TAC. El cambio tecnológico incluye la evolución de la flota hacia los vehículos de transición (EURO VI Diesel o EURO VI gas o híbridos) o hacia camiones cero emisiones (eléctricos BEV e hidrógeno, FCEV), además de desintegración del parque con tecnologías anteriores a la EURO V.

Existen distintos beneficios y desventajas para cada una de las tecnologías, que se pueden apreciar en la tabla siguiente:

Tabla 3: Beneficios y desventajas de las distintas tecnologías

Emisiones/ Tecnología	Biocombustible-híbridos	Batería Eléctrica (BEV)	Celdas de combustible de hidrógeno (FCEV)
Intensidad de CO2	La intensidad depende de la fuente de biomasa o carbono	Cero o mínimas si se usa generación de renovables	Cero o mínimas si se usa H2 verde o azul
Calidad del aire	Emisiones de NOx y de material particulado similares a Diesel	Cero emisiones	Cero emisiones
Eficiencia pozo a la llanta (WTW)	20%	75-85% dependiente de las pérdidas de carga y transmisión	35% si H2 se produce con renovables
Gastos de capital	Mismo de los motores de combustión actuales	Alto costo de inversión si se requieren baterías de gran tamaño	Alto costo de inversión para las celdas de combustible y baterías auxiliares
Restricciones de carga	Mismo tamaño y peso de los motores de combustión actuales	Peso superior al motor de combustión, restricciones de carga	Se necesita espacio para el tanque de hidrógeno
Recarga del energético	<15 min, dependiendo del tamaño del tanque	>3 horas dependiendo de carga rápida o no	15-30 min dependiendo del tamaño del tanque
Costos de infraestructura	Puede usar la existente	Requiere infraestructura de carga y mejoras a la red	Requiere infraestructura de distribución y llenado de hidrógeno

Fuente: McKinsey & Company, 2021

Actualmente, los vehículos a gas natural llevan consigo una ventaja relativa al precio más bajo del energético y el activo respecto del diésel (estándares EURO V /VI) y también se ha dicho que ofrecen una alternativa verde ante los diésel convencionales de estándares de bajas emisiones (Transport&Environment, 2021). Sin embargo, sus costos de operación son más altos, el precio del combustible es volátil, y aún no tiene una infraestructura de abastecimiento lo suficientemente robusta en el país.

Los anteriores beneficios y limitaciones permiten concluir que tanto las tecnologías Diesel EURO VI como Gas Natural EURO VI reducen emisiones, (especialmente material particulado) frente a una flota antigua y estándares de emisiones menores a EURO V (cómo es el caso de Colombia), en particular las relacionadas con enfermedades respiratorias. Sin embargo, no son las soluciones de largo plazo pues no mejoran ostensiblemente las emisiones gases efecto invernadero GEI o la calidad del aire y por el contrario, deben ser vistas como soluciones de transición entre

tanto se puede lograr el cambio tecnológico con vehículos de cero emisiones.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que la seguridad energética del país también está en juego, de acuerdo con el Gobierno de Colombia las reservas de hidrocarburos del país, principalmente en gas, han disminuido durante los últimos 10 años, lo que significa menor disponibilidad para atender una futura demanda local de gas para camiones y su consecuente riesgo sobre la certidumbre de abastecimiento requerida para la transición (ANH, 2020).

De acuerdo con el mercado para la década actual: 2020 a 2030, la tecnología de vehículos híbridos y eléctricos ya se encuentra disponible para camiones ligeros. En 2022, se comercializan camiones eléctricos de capacidad 10,5 ton a 17 toneladas que operan en ámbitos urbanos, para las demás opciones la flota estará distribuida entre Diesel EURO VI y Gas Natural EURO VI¹².

Tabla 4: Primera década: Tecnologías disponibles en la década 2020-2030

Tecnología según peso (PBV) y autonomía (Rango km)	Urbana	Batería Eléctrica (BEV)	Celdas de combustible de hidrógeno (FCEV)
Camiones ligeros (0 a 10,5 ton)	Eléctricos (BEV)/ Diesel (EURO VI)/ Híbridos	Eléctricos (BEV)/ Diesel (EURO VI)/ Híbridos	Diesel (EURO VI)/ Híbridos
Camiones medianos (10,5 ton a 17 ton)	Eléctricos (BEV)/ Diesel (EURO VI)	Diesel (EURO VI) ¹³ /Gas Natural /EURO VI ¹⁴	Diesel (EURO VI)/Gas Natural /EURO VI)
Camiones pesados (10,5 ton a 76 ton)¹⁵	Diesel (EURO VI)/Gas Natural /EURO VI)	Diesel (EURO VI)/Gas Natural /EURO VI)	Diesel (EURO VI)/Gas Natural /EURO VI)

Fuente: Elaboración propia equipo GIRO ZERO

12 La ley 1772 de 2019 establece en el artículo 4 que a partir del 2023 solo se podrán vender tecnologías EURO VI o superiores en Colombia para fuentes móviles con motor diésel con rango de operación nacional.

13 Los camiones Diesel con estándares de emisión EURO VI cuentan con límites de emisión aprobados desde 2009 cuando otros sistemas catalizadores no habían sido desarrollados y fueron modificados en 2011 y 2014. Incluso límites más rigurosos se han establecido para emisiones de NOX, CH4, hidrocarburos no combustiónados (HC) y material particulado. Así mismo, se han establecido nuevos límites de número de partículas, amonio y requisitos más estrictos que las tecnologías previas (ICCT, 2016).

14 Adicionalmente, estudios han encontrado que los camiones a gas no reducen de manera significativa emisiones al ser comparados con estándares Diesel EURO IV, en lo que respecta a gases efecto invernadero o en lo que tiene que ver con contaminantes aéreos y que en algunas ocasiones puede tener emisiones más altas de partículas que causan enfermedades respecto de los camiones Diesel EURO VI. (Transport&Environment, 2021)

15 Incluyen los máximos pesos de las configuraciones vehiculares de la Resolución 20213040062005 del 21 de diciembre de 2021 del Ministerio de Transporte, la cual regula las configuraciones para Vehículos Combinados de carga <https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&lIdFile=28285>

En el largo plazo, para la década 2030 a 2050, la industria de fabricantes de vehículos de carga pesada ha dado a conocer las tecnologías de cero emisiones que estarán disponibles en el mercado, donde los camiones eléctricos (BEV) jugarán un papel preponderante entre distancias cortas y cargas ligeras, mientras que los camiones de hidrógeno tendrán mayor aplicación en operaciones de larga distancia y de carga pesada¹⁶.

Tabla 5: Tecnologías que se masificarán en la segunda y tercera década 2030 - 2050

Tecnología según peso (PBV) y autonomía (Rango km)	Urbana (< a 100 km)	Regional (100 a 200 km)	Nacional (mayor a 400 km)
Camiones ligeros (0 a 10,5 ton)	Eléctricos (BEV) ¹⁷	Eléctricos (BEV)	Eléctricos (BEV) / Hidrógeno (FCEV)
Camiones medianos (10,5 ton a 17 ton)	Eléctricos (BEV)	Eléctricos (BEV)	Eléctricos (BEV) / Hidrógeno (FCEV)
Camiones pesados (10,5 ton a 76 ton)	Eléctricos (BEV)	Eléctricos (BEV) / Hidrógeno (FCEV)	Hidrógeno (FCEV) ¹⁸

Fuente: Elaboración propia equipo GIRO ZERO

Se considera importante destacar que la evaluación del cambio y ascenso tecnológica se debe ejecutar de forma integrada considerando las características del mercado, de las rutas y de los productos a transportar.

Finalmente, **la inclusión de las anteriores tecnologías va de la mano con la desintegración del parque automotor actual, en especial el mayor a 20 años de antigüedad.** La ley 2169 de 2021, en el artículo Finalmente, la inclusión de las anteriores tecnologías va de la mano con la desintegración del parque automotor actual, en especial el mayor a 20 años de antigüedad. La ley 2169 de 2021, en el artículo 12, numeral 5¹⁹, establece una ambiciosa meta de renovar y desintegrar 57.000 vehículos

16 Existen varias tecnologías cero emisiones para vehículos de carga pesada: Vehículos de baterías eléctricas (BEV), vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno (FCEV) y vehículos de motores de combustión interna de hidrógeno (H2). Los híbridos y motores de gas representan tecnologías que como se mencionó anteriormente reducen emisiones, pero no alcanzan cero emisiones por sí mismos, y de igual forma, se debe tener en cuenta si el hidrógeno o la electricidad que consumen se producen a partir de combustibles fósiles o de una matriz energética limpia.

17 La electrificación de camiones puede requerir una o más cargas rápidas por día y enfrenta un riesgo de pérdida de carga a transportar debido al peso adicional de las baterías. Sin embargo, puede existir ahorros en consumo de energía (alrededor del 35%) y en costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, el costo inicial de compra es más alto que un camión Diesel o a gas, pero se puede ir reduciendo esa diferencia casi al 50% a 2030 conforme las tecnologías avancen (Fleming et al, 2021). Así mismo, pueden existir sistemas de intercambio de baterías en operaciones específicas para que los camiones se puedan recargar en pocos minutos, estos camiones que son capaces de transportar más de 20 toneladas son actualmente considerados un reto para electrificar por varios expertos de la industria. (Crooks, 2020).

18 Se han identificado grandes oportunidades para el hidrógeno a nivel global y de igual forma en Latinoamérica y es importante para los gobiernos no sólo resaltar su visión en el cambio tecnológico de los camiones sino también atraer la inversión privada y crear mecanismos acelerados para la implementación y para desarrollar las redes de almacenamiento y recarga, así como asegurar el acceso al financiamiento de los equipos e incrementar el apoyo a la investigación propia (ABD, 2021). El hidrógeno es el energético de mayor confiabilidad operacional logística en la cual las restricciones están relacionadas con los ciclos de trabajo, peso, tiempos de recarga de combustible y volumen de carga que se manejan en el TAC (DFT, 2021). Así mismo frente al Diesel y al gas no produce emisiones, contaminación auditiva y es renovable, y frente al eléctrico tendría mayor autonomía, aunque sus costos de compra y operación serían más altos lo que significaría mayores costos de transporte de bienes, al menos por otra década (Fleming et al, 2021).

19 Acciones de seguimiento, monitoreo y verificación del programa para la modernización del parque automotor de carga de más de 10.5 toneladas de peso bruto vehicular y más de 20 años de antigüedad, para la renovación de al menos 57.000 vehículos, dentro del periodo de gestión establecido en la NDC.

en el término de la NDC es decir al 2030. Para lograr esta meta se debe reestructurar el programa actual de modernización del parque automotor teniendo en cuenta algunos criterios sociales, económicos y ambientales, cómo:

1. Aumentar los incentivos actuales para lograr mayor desintegración de los vehículos.
2. Aumentar los incentivos actuales económicos para la renovación a tecnologías cero emisiones tales como camiones eléctricos y camiones de hidrógeno.
3. Reducir los tiempos de trámites del proceso de desintegración.
4. Implementar restricciones ambientales nacionales y urbanas para camiones mayores a 20 años para promover la renovación de dicha flota antigua.
5. Alimentar financieramente el fondo de renovación FONCARGA, con mayores recursos que provengan de los mecanismos tales como el impuesto al carbono²⁰ u otros del sector TAC, tales como la generación de recursos a partir de la emisión del manifiesto de carga, entre otros.

6. Crear mecanismos de ahorros²¹ accesibles a los pequeños propietarios de vehículos de transporte de carga, con incentivos para promover la renovación de flota.

Con las anteriores propuestas, se debe promover la generación de más programas locales de modernización de vehículos de carga, los cuales sean complementarios al actualmente dispuesto por el Gobierno Nacional, en esa medida, se podría contemplar que aquellas ciudades y/o departamentos con mayor cantidad de tránsito de vehículos de carga, cuenten con un programa de esta naturaleza, en la medida que son los principales afectados por la emisión de gases contaminantes y por lo tanto, deberían contribuir a la mitigación de los mismos, teniendo en cuenta que sus sistemas económicos dependen del transporte automotor de carga, al ser esta una actividad transversal a los demás sectores productivos que generan empleo en los territorios.

20 Según simulaciones en el presente estudio, un costo del impuesto del carbono por cada tonelada de CO₂ emitida \$72.375/tCO₂, lograría una reducción del 74% de las emisiones al 2050.

21 El Ministerio de Vivienda ha diseñado un caso exitoso con el Fondo Nacional del Ahorro, con el fin de propiciar condiciones para la adquisición de vivienda a los colombianos, mediante el ahorro y el acceso a crédito a las familias colombianas.

Box 8: ¿Cómo hacer que la renovación de flota sea rentable? Mecanismos financieros

Para que la renovación de la flota de camiones ocurra, debe ser rentable para los dueños de los camiones antiguos. Esta sección estudia la rentabilidad de desintegrar un camión Diesel pre-EURO y reemplazarlo por un camión nuevo.

En particular, se compara el valor presente neto de dos alternativas: (i) usar el camión diésel antiguo por cinco años o (ii) desintegrar el camión antiguo, adquirir un camión nuevo y usarlo por 20 años. Estudiando 4 tecnologías para el camión nuevo: eléctrico, diésel EURO V, diésel EURO VI, y gas euro V. Para este fin, se construyó un modelo financiero con las diferencias en costo de capital y en costos operativos para cada tecnología.

Luego, se calculó el incentivo que se necesitaría en la compra del camión para cada tecnología, adicional a los que ya existen, para que sea rentable adquirir un camión nuevo. El propósito es estudiar el efecto de eficiencias operativas sobre el monto del incentivo. En particular, menores tiempos de cargue, descargue, tránsito, y búsqueda entre viajes, aumentarían el número de viajes por camión en el mes. El modelo muestra que más viajes al mes reducen el valor del incentivo y hasta cierto nivel de eficiencia no habría necesidad de incentivos adicionales.

Los resultados dependen de la ruta que cubre el camión, del tipo de dueño, del costo de financiación y del acceso a incentivos fiscales y regulatorios. En este caso de estudio se presenta el ejemplo de un tractocamión C3S3 de servicio público que cubre la ruta Bogotá – Cartagena ida y vuelta.

Supuestos

- Se calculan ahorros operativos de la renovación en la literatura internacional²², información de socios beneficiarios y pilotos del proyecto
- Para camiones eléctricos, la batería se cambia a los diez años de operación.
- El camión recibe los ingresos promedio para esa ruta y tipo de camión según RNDC.
- El camión no está disponible por mantenimiento e imprevistos por 30 días al año en total.
- El camión se paga de contado, con el fin de enfocarse en el efecto de las mejoras operativas sobre la rentabilidad.
- La tasa inflación es la meta de largo plazo del Banco de la República de 3%.
- La tasa anual de descuento del dueño del camión es la rentabilidad promedio de los últimos 10 años de los fondos de pensiones de mayor riesgo: 7,8%.
- La tasa efectiva del impuesto de renta es 16%.
- Todas las tecnologías de propulsión están disponibles en Colombia y la infraestructura de carga está disponible para cubrir todo el trayecto²³

22 Ahorro de las tecnologías y precios de los camiones y beneficios tributarios están disponibles en el Plan Estratégico de Negocios del proyecto GIRO ZERO <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>

23 Actualmente, estos dos supuestos no se cumplen en los tractocamiones eléctricos que aún no se venden en Colombia y no hay infraestructura de recarga para cubrir la ruta Bogotá - Cartagena. Sin embargo, incluimos esta tecnología en nuestro estudio para resaltar los beneficios de construir infraestructura de recarga en los principales corredores logísticos.

Dado que los pequeños transportadores enfrentan beneficios tributarios diferentes a las grandes empresas, se hace un análisis separado para estos dos tipos de propietarios.

Resultados

Caso Base: En los talleres del proyecto **GIRO ZERO**, los transportadores afirman que hacen entre 3 y 4 viajes al mes de Bogotá a Cartagena, ida y vuelta. Para el caso base se supone que el tractocamión hace 3 viajes al mes, para todas las tecnologías de propulsión. La Tabla 6 muestra el incentivo, adicional a los que ya existen que se necesitaría para hacer rentable la renovación de la flota. La primera columna corresponde al incentivo que necesitarían los pequeños propietarios, adicional al dinero por reposición del Programa de Modernización de Vehículos de Carga que recibirían por su camión antiguo. La segunda columna corresponde a las empresas, suponiendo que obtienen una deducción del impuesto de renta equivalente al 25% del valor del vehículo.

Tabla 6. Incentivo adicional al precio del camión para que sea rentable renovar la flota Bogotá – Cartagena, C3S3. 3 viajes al mes. Millones de pesos

Tecnología	Pequeños propietarios	Empresas
Eléctrico	262	236
Diesel EURO V	241	275
Diesel EURO VI	431	454
Gas EURO V	56	89

En el caso base de la Tabla 6, todas las tecnologías de propulsión requieren incentivos para que la renovación de flota sea rentable. La tecnología de propulsión que requiere un menor valor del incentivo es Gas EURO V²⁴.

Efecto de aumentar viajes

Si Colombia redujera los tiempos de cargue, descargue y viaje, al igual que los tiempos entre viajes, los camiones podrían aumentar su número de viajes al mes. Un mayor número de viajes intensificaría los ahorros operativos que permiten los camiones nuevos sobre los camiones antiguos, aumentando la rentabilidad de renovar la flota.

La Tabla 7 muestra el incentivo requerido si, en vez de hacer 3 viajes por mes, el camión hace 4 viajes por mes. Renovar el camión antiguo por un camión a gas ya no necesita incentivos adicionales, mientras que el resto de tecnologías requeriría muchos menos incentivos que en el caso base. Si el número de viajes pasa a 5 por mes, como en la Tabla 8, ninguna tecnología de propulsión necesita incentivos adicionales excepto diésel EURO VI.

Tabla 7. Incentivo adicional al precio del camión para que sea rentable renovar la flota* Bogotá – Cartagena, C3S3. 4 viajes al mes. Millones de pesos

Tecnología	Pequeños propietarios	Empresas
Eléctrico	No necesita	No necesita
Diesel EURO V	75	109
Diesel EURO VI	265	288
Gas EURO V	No necesita	No necesita

24 Los camiones diésel EURO VI requieren un incentivo más alto que los camiones diésel EURO V porque los costos operativos son similares pero el costo de capital es más alto para los camiones diésel EURO VI que para los camiones diésel EURO V.

Tabla 8. Incentivo adicional al precio del camión para que sea rentable renovar la flota Bogotá – Cartagena, C3S3. 5 viajes al mes. Millones de pesos

Tecnología	Pequeños propietarios	Empresas
Eléctrico	No necesita	No necesita
Diesel EURO V	No necesita	No necesita
Diesel EURO VI	99	123
Gas EURO V	No necesita	No necesita

Restricciones a la circulación de camiones antiguos

La Tabla 9 muestra los incentivos adicionales que se requerirían si los camiones nuevos hacen 3 viajes al mes, como en el caso base, pero los camiones antiguos solo pueden hacer 2 viajes al mes. Este caso podría ocurrir si se imponen restricciones de circulación adicionales a los camiones antiguos dadas sus altas emisiones medioambientales. En este caso, cae el valor de los incentivos requeridos para que la renovación sea rentable. Sin embargo, el valor de los incentivos sigue siendo alto excepto para los camiones a gas. Además, los beneficios de esta medida en términos de renovación de flota deberían sopesarse con los costos sociales para los dueños de los camiones más viejos.

Tabla 9. Incentivo adicional al precio del camión para que sea rentable renovar la flota Bogotá – Cartagena, C3S3. 3 viajes al mes para camiones nuevos. 2 viajes a mes para camiones antiguos. Millones de pesos

Tecnología	Pequeños propietarios	Empresas
Eléctrico	207	181
Diesel EURO V	186	220
Diesel EURO VI	376	399
Gas EURO V	1	34

Más allá del valor puntual de los incentivos requeridos, la principal enseñanza de este ejercicio es que existen alternativas adicionales a los subsidios para facilitar la renovación de flota, haciéndola más rentable. En particular, las políticas públicas y las decisiones privadas que permitan aumentar el número de viajes por mes, por ejemplo, reduciendo tiempos de espera, tendrían beneficios altos sobre la renovación de flota. Tienen la ventaja adicional de tener costos sociales menores que otras alternativas que también facilitan la renovación de flota, como las restricciones de circulación para camiones antiguos. Sin embargo, dadas las dificultades de la política pública para influir en menores tiempos y por ende aumento de viajes, se recomienda influir en restricciones tanto locales y como nacionales para restringir los camiones antiguos mayores a 20 años y de esta manera propiciar una regulación hacia la renovación del parque automotor.

2. Administración de flota

Las empresas deben tener una estrategia clara para reducir sus emisiones, con base en un plan a largo plazo basado en datos y los resultados de pilotos. La predictibilidad del transporte juega un papel importante dentro de la administración de la flota e incluye una mejora en las actividades de planeación, del mantenimiento y monitoreo haciendo uso de las tecnologías de la información y telecomunicaciones.

El fortalecimiento del análisis cualitativo, mejora continua de procesos y gestión de proyectos e innovación, la selección, implementación y explotación de sistemas tecnológicos eficientes en operaciones de transporte permitiera la organización lograr mayores eficiencias.

El mantenimiento y control adecuado de la flota es primordial para asegurar el correcto funcionamiento y mejorar la seguridad y disponibilidad de la flota. En este ámbito, los fabricantes de vehículos entregan indicaciones respecto a los intervalos de mantenimiento y las piezas de recambio para cada vehículo, facilitando la logística de estos procedimientos.

Un mantenimiento poco adecuado podría traducirse en aumento en el consumo de combustible, desgaste de los diferentes dispositivos y piezas y riesgo de que se presenten inconvenientes durante el funcionamiento, los que podrían poner en riesgo a las personas y generar altos costos.

Box 9: Reenfoco de la ley 1972 de 2019

La ley 1972 de 2019 ha sido uno de los hitos más importantes en definir los estándares de ingreso tecnológico al país, el cual establece que a partir del 2023 solo podrán ingresar vehículos que cumplan normativa EURO VI²⁵ con ciertas excepciones a las motos²⁶. Por otro lado, establece que a partir del 2035 no podrán circular vehículos diésel que no cumplan la normativa EURO VI²⁷.

Esta normativa tiene el riesgo de no implementarse adecuadamente en el 2035 y para ello se evaluó durante el proyecto

GIRO ZERO la forma de hacerla gradual de acuerdo con el estándar de emisiones y como lo muestra la Tabla 10 en un primer panorama, este tipo de restricciones deberían iniciar en el 2023 retirando de circulación 84.634 camiones pre-EURO, lo cual puede ser contraproducente y convertirse en un problema social. En un segundo panorama se puede posponer máximo esta decisión hasta el 2029, pero con años de aplicación consecutivos y con los mismos problemas sociales en su implementación.

25 Art. 4 de la ley 1972 de 2019: A partir del 1º de enero de 2023 las fuentes móviles terrestres con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen o importen al país, con rango de operación nacional, tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías EURO VI, su equivalente o superiores.

26 Con excepción de las motos que deberán cumplir mínimo la normativa EURO 3 a partir del 2021.

27 Art. 5 de la ley 1972 de 2019, Vehículos en circulación. A partir del 10 de enero de 2035 todos los vehículos con motor diésel que circulen por el territorio nacional tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondiente a tecnologías EURO VI en uso, su equivalente o superiores.

Tabla 10. Evaluación de gradualidad para el art 5. de la ley 1972 de 2019 ²⁸

Evaluación de gradualidad para el art 5. de la ley 1972 de 2019	Parque automotor de carga 2020 (RUNT)	Ley 1972 de 2019 Art 5.	Propuesta de gradualidad (No se recomiendan y se propone en su lugar las restricciones a camiones de combustibles fósiles, iniciando por camiones mayores a 20 años)	
			Restricción de circulación TEMPRANA	Restricción de circulación TARDIA
CONVENCIONAL O PRE-EURO	84.634	Sin restricción hasta el 2035 (ni gradualidad de restricción)	2023	2029
EURO I	21.209		2025	2030
EURO II	40.675		2027	2031
EURO III	84.154		2029	2032
EURO IV	25.687		2031	2033
EURO V	5.467		2033	2034
EURO VI	279	261.826 ²⁹	2035	2035
Total	262.105			

Fuente: Elaboración propia GIRO ZERO con datos a partir del RUNT

28 Ninguno de los escenarios es recomendable

29 Esta cantidad de camiones no podrían circular a partir del 1 de enero de 2035 bajo la actual ley 1972.

Por tales razones, no se recomienda imponer leyes contra la circulación de vehículos automotores las cuales traen muchas dificultades sociales y económicas en su implementación y se sugiere imponer restricciones de venta a la entrada de vehículos (según normativa europea) y de forma gradual fuertes restricciones nacionales a los vehículos de combustión de energéticos fósiles, iniciando por los vehículos mayores a 20 años.

Para el periodo de inicio de aplicación de la ley 1972 de 2019, se debe evaluar un periodo de transición al establecimiento del plazo de la incorporación de la exigencia del EURO VI para el 1 de enero de 2023, con un plan en conjunto con la industria de fabricantes de camiones para dar salida efectiva al inventario de flota EURO V o estándares previos ya importados al país y la respectiva fecha de compromiso por parte de la industria de acogida del estándar EURO VI.

Tabla II. Propuesta de implementación de restricciones graduales al parque automotor de combustibles fósiles

Recomendaciones viables		RESTRICCIONES AL FABRICANTE (UE)	RESTRICCIONES A LA CIRCULACION (VIABLE)
Recomendaciones de Gradualidad	Parque automotor de carga 2021	No podrán venderse vehículos en el país	Por ejemplo: Los vehículos tendrán restricción ambiental 2 días a la semana en todo el país a partir de los siguientes años (equivalente a edad mayor a 20 años)
CONVENCIONAL O PRE-EURO	84.634	2023	2023
EURO I al III	146.038		2028
EURO IV y V	5.467		2035
EURO VI	279	2030 Ligeros 2035 Medianos 2045 Pesados	2030 Ligeros 2035 Medianos 2045 Pesados

Fuente: Elaboración propia GIRO ZERO con datos a partir del RUNT

3. Conducción Segura y eficiente

Está orientado a operar un vehículo dentro de un rango adecuado de revoluciones, donde hay menos aceleraciones y frenadas y cambios graduales de la transmisión. Contribuye a reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ y tiene importantes resultados en la mejora de la seguridad en la conducción. Para lograr ello, se deben implementar programas de formación y cualificación de conductores. En diferentes estudios se han estimado entre 3,5% a 30% de ahorro de combustible³¹. Adicionalmente, COLFECAR ha venido advirtiendo en diferentes instancias la problemática derivada de escasez de conductores de vehículos de carga calificados a nivel nacional, situación que actualmente ya viven otros países como EEUU y Reino Unido, razón por la cual en el año 2021 en el marco del Congreso de COLFECAR el Presidente de la República Iván Duque adquirió un compromiso con el sector de articular a través del SENA un programa de profesionalización para conductores de vehículos de carga. Dados los avances en materia de capacitación, actualmente en Colombia, para los cuales ya existen diferentes programas de conducción eficiente tanto públicos como privados, la articulación de estas iniciativas debe ser liderada por agremiaciones de las empresas de transporte de carga en aras de promover diferentes acciones de profesionalización de conductores con la gestión gremial que ha realizado COLFECAR en el marco de la ejecución de su objeto social.

4. Optimización Logística

Comprende un rango de estrategias que permitan la utilización óptima de la capacidad

de los vehículos o el uso de vehículos de mayor capacidad, medidas de coordinación para reducir viajes vacíos, o la adecuada gestión de llantas y utilización de elementos aerodinámicos para reducir consumo de combustible y por tanto emisiones. La minimización de viajes vacíos se refiere a la optimización de la comunicación abierta entre los transportistas para emparejar viajes e identificar tipos de vehículo compatibles con orígenes y destinos usando la información que provee el RNDC reduciendo los viajes en vacío que actualmente llegan al 59% en Colombia con potencial de reducción hasta el 34%³².

La maximización de la carga transportada se refiere en lograr niveles altos de uso de capacidades de los equipos existentes. Con una adecuada colaboración de consolidación, es posible cambiar la práctica actual de que cada viaje se realice en un vehículo de pequeña capacidad, a un nuevo conjunto de viajes realizados en un único vehículo de mayor capacidad, ya que se utilizarán menos vehículos y, por tanto, se reducen las emisiones. Esta práctica se puede buscar a través de tres estrategias:

- Incrementar la utilización de la carga útil: Empleando la flota actual y sus capacidades de carga al máximo posible.
- Consolidación: Uso de camiones más grandes: Sustitución de la flota actual por camiones más grandes, por vehículos C3S3³³, que permiten hasta 34 toneladas por viaje.
- Vehículos Combinados de Carga (VCC): Uso de más remolques: Sustitución de la flota actual por vehículos de

31 Ninguno de los escenarios es recomendable

32 Para detalles del cálculo puede consultar el literal Proyecciones de emisiones - Políticas de información y prácticas colaborativas - viajes vacíos

33 Camión articulado Clase 8 para EE. UU. C3S3: "Tractocamión 3 ejes Semiremolque 3 ejes"

34 Transporte de caña de azúcar

35 Resolución 20213040062005 del 21 de diciembre de 2021 de Vehículos Combinados de Carga

alta capacidad (HCV) o Sistema Modular Europeo (EMS) también conocidos como bitrenes³⁴, vehículos articulados con dos o más remolques, que permiten hasta 76 toneladas por viaje³⁵.

Otros elementos por considerar son el uso de accesorios aerodinámicos para disminuir el uso de energía reduce consumos de combustible en rutas de larga distancia y alta velocidad.

La adecuada gestión de llantas busca reducir la resistencia a la rodadura, así el continuo monitoreo de presión de las llantas o sistemas de autocontrol permiten reducir el consumo de combustible (Departamento de Transporte, 2009). De igual forma el uso de llantas super single en lugar de dos llantas por tándem permite reducción de la fricción y por tanto menor consumo de combustible y emisiones (DNP, CONPES 3963, 2019).

5. Organización sectorial

El sector del transporte por carretera adolece de varias características que comprometen su eficiencia y eficacia, entre ellas, un alto nivel de informalidad unido a un bajo nivel de profesionalidad, un mal estado de los vehículos y una débil representación profesional derivada en gran parte de la atomización del sector.

La informalidad afecta negativamente a la eficiencia de los servicios de transporte por carretera, repercutiendo, entre otras cosas, en la fiabilidad y previsibilidad de los servicios, la seguridad vial y los precios. Además, la informalidad reduce los ingresos del sector del transporte.

Una de las características del sector TAC, es su atomización. El elevado número de pequeños y medianos operadores aporta al sector una flexibilidad que es cada vez más necesaria en las economías globalizadas. La atomización refuerza el espíritu empresarial individual que contribuye a la movilidad social ascendente. Sin embargo, estas pequeñas entidades económicas encuentran a menudo dificultades para capitalizarse, actuar como actores económicos independientes y desarrollar enfoques comerciales rentables y sostenibles. Dada esta atomización, y entendiendo que la informalidad puede ser superada con espíritu empresarial y una adecuada regulación, es de gran relevancia para crear las condiciones con el fin que la formalidad vaya aumentando y con ello el acceso al financiamiento y al crédito. Las estrategias de incrementar la formalidad, no solamente deben estar encaminadas a promover las condiciones actuales, sino de igual forma, como lo estipula el CONPES 3963³⁶ se deben crear



El sector del transporte por carretera adolece de varias características que comprometen su eficiencia y eficacia, entre ellas, un alto nivel de informalidad unido a un bajo nivel de profesionalidad, un mal estado de los vehículos y una débil representación profesional derivada en gran parte de la atomización del sector.

36 Flexibilizar los requisitos de habilitación de empresas de transporte para los pequeños propietarios de vehículos de transporte de carga. Entre estos se deberán revisar los requisitos de seguros de operación de transporte de carga junto con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; los requisitos de seguridad vial con la Agencia Nacional de Seguridad Vial; y el esquema de vigilancia, inspección y control con la Superintendencia de Transporte para incluir a las empresas de transporte de carga actuales y a los pequeños propietarios de vehículos de transporte de carga habilitados. (DNP, CONPES 3963, 2019)

37 La habilitación lleva implícita la autorización para la prestación del servicio público de transporte en esta modalidad (DNP, CONPES 3963, 2019).



La normatividad y políticas públicas existentes deben evaluarse en términos de suficiencia de metas realistas basadas en simulación cuantitativa y nuevas acciones que permitan alcanzar los objetivos a 2030 y 2050 en el sector TAC.

condiciones de flexibilización a la figura de habilitación de empresas de transporte³⁷ para Pequeños Propietarios de Vehículos de Transporte de Carga PPVTC (DNP, CONPES 3963, 2019), y de esta forma reducir la intermediación de empresas de transporte que no generan un servicio adecuado y fortalecer la posición de las empresas de transporte que día a día generan valor y servicio. Con un adecuado acceso al crédito a pequeños y medianos operadores la renovación de camiones se podrá realizar con mayor eficacia y velocidad y de esta forma obtener finalmente una mayor reducción de emisiones de GEI.

Los operadores han conseguido crear una multitud de pequeñas asociaciones, sindicatos o gremios con cobertura y afiliación local. Esta situación, también influenciada por aspectos locales y sociales específicos da lugar a una falta de protagonismo del sector TAC en el diálogo público-privado.

La capacidad profesional es uno de los factores clave para la eficiencia seguridad y protección de las operaciones de transporte a todos los niveles. Un buen conductor es el resultado de una combinación de habilidades personales y formación. Pero un buen conductor no es suficiente para que una operación

de transporte sea eficiente; una infraestructura y un vehículo adecuados y unos gestores son otros factores esenciales. Además, un problema más reciente en este sector es que hay escasez de conductores de camiones porque la profesión no es atractiva (los salarios son demasiado bajos en comparación con el número de condiciones que hay que cumplir), así como también el esquema de seguros vigente que debe revisarse en pos de la formalización³⁸.

Estos factores podrían debilitar el sector en su conjunto y poner en peligro su capacidad para prestar servicios cada vez más sofisticados. De tal forma esta dimensión se refiere a la mejora en la organización del sector, que permita apoyar a los pequeños transportadores y al mismo tiempo mejorar el marco organizacional entre agremiaciones y empresas de transporte.

6. Regulación y políticas públicas

La normatividad y políticas públicas existentes deben evaluarse en términos de suficiencia de metas realistas basadas en simulación cuantitativa y nuevas acciones que permitan alcanzar los objetivos a 2030 y 2050 en el sector TAC. Lo anterior indica el nivel de cambio y esfuerzo, necesario para reducir

38 Incluye seguro del vehículo, SOAT y seguro de la carga.

las emisiones y al mismo tiempo mantener la competitividad del sector y su respectiva relación costo beneficio positiva para las partes involucradas en las inversiones y financiamiento.

Como bien lo demuestra la experiencia mundial, la industria del transporte por carretera suele funcionar mejor cuando la participación del gobierno se limita principalmente a la provisión de una buena infraestructura vial, la aplicación de los aspectos de seguridad y la internalización de las externalidades adversas, es decir, los costos para la sociedad causados pero no pagados directamente por la actividad del usuario del transporte de Carga (por ejemplo, daños en el pavimento debido a ejes demasiado pesados, congestión y efectos ambientales). Una mayor intervención del gobierno tiene el potencial de hacer más daño que bien en el sector de Transporte Automotor de Carga³⁹.

Así mismo, el Estado debe evaluar la necesidad de revisar la regulación algunos de los aspectos del TAC inherentes a la reducción de emisiones, pues en ocasiones como sucede en otros países, desregularizar ciertos aspectos trae consigo estímulos a la innovación, inversiones y cambio tecnológico. De otra parte, es importante analizar desde el punto de vista del Estado como la adecuada regulación a través de restricciones, incentivos o tarificación puede acelerar la reducción de emisiones en el TAC.

Adicionalmente, las emisiones concentran sus orígenes y destinos principalmente en zonas urbanas⁴⁰, por lo que el desarrollo de normatividad y políticas públicas de nivel nacional debe empezar a coordinarse con la normatividad a nivel local para que los objetivos nacionales puedan ser factibles a nivel local y contar con la descentralización de la planeación de ciudades y sus entornos.

Finalmente, se puede concluir que pese a que la meta de desintegración de vehículos para el período 2019-2022 era de más de 18.000 vehículos, se han desintegrado solamente 2.910 y que dicha cifra si bien ha sido afectada por la pandemia, no llegó sino al 16% de la meta del cuatrienio en febrero de 2022 y difícilmente podrá alcanzar su totalidad a final del año, por lo que vale la pena analizar modificaciones a la política y por ende al programa de desintegración vehicular⁴¹.

El ciclo de formulación de las políticas públicas supone una secuencia lógica de acciones desde la identificación, formulación, toma de decisión, implementación, adopción y al final una evaluación de resultados que es recomendable realizar con el fin de conocer los impactos de los programas de desintegración y replicarlo a otro tipo de configuraciones vehiculares como las volquetas y vehículos de carga livianos que actualmente no son beneficiarios del programa.

39 Richard G. Sharp, A Cross Country Comparison of regulatory reforms to promote Road Transport Efficiency, HWTSL Informal technical note, may 2003.

40 Sistema de ciudades de Colombia

41 A través del Documento CONPES 3759 se declara de importancia estratégica el programa de reposición y renovación del parque automotor de carga, comprometiendo recursos por valor de 1.1 billones de pesos por un horizonte de siete años (entre 2013 y 2018, generando una prórroga de un año adicional), el cual fue extendido por parte del Gobierno nacional a través del Documento CONPES 3963, buscando dar cumplimiento a las metas establecidas inicialmente.



Fuente de la imagen:
© Andrés Felipe Rey. Proyecto Giro Zero

De otro lado, se requiere analizar el espacio fiscal que le genera al sector transporte este tipo de programas, de modo que el Fondo Nacional de Modernización del transporte de carga (FONCARGA) sea independiente al presupuesto del sector del Ministerio de Transporte, con el fin de incrementar la tasa de ejecución de renovación para el parque automotor y focalizar los beneficios a los distintos grupos de propietarios.

41 A través del Documento CONPES 3759 se declara de importancia estratégica el programa de reposición y renovación del parque automotor de carga, comprometiendo recursos por valor de 1.1 billones de pesos por un horizonte de siete años (entre 2013 y 2018, generando una prórroga de un año adicional), el cual fue extendido por parte del Gobierno nacional a través del Documento CONPES 3963, buscando dar cumplimiento a las metas establecidas inicialmente.



Construyendo el camino hacia las cero emisiones

- Panorama económico y la relevancia del transporte de carga automotor
- Proyecciones de emisiones

• **Panorama económico y la relevancia del transporte de carga automotor**

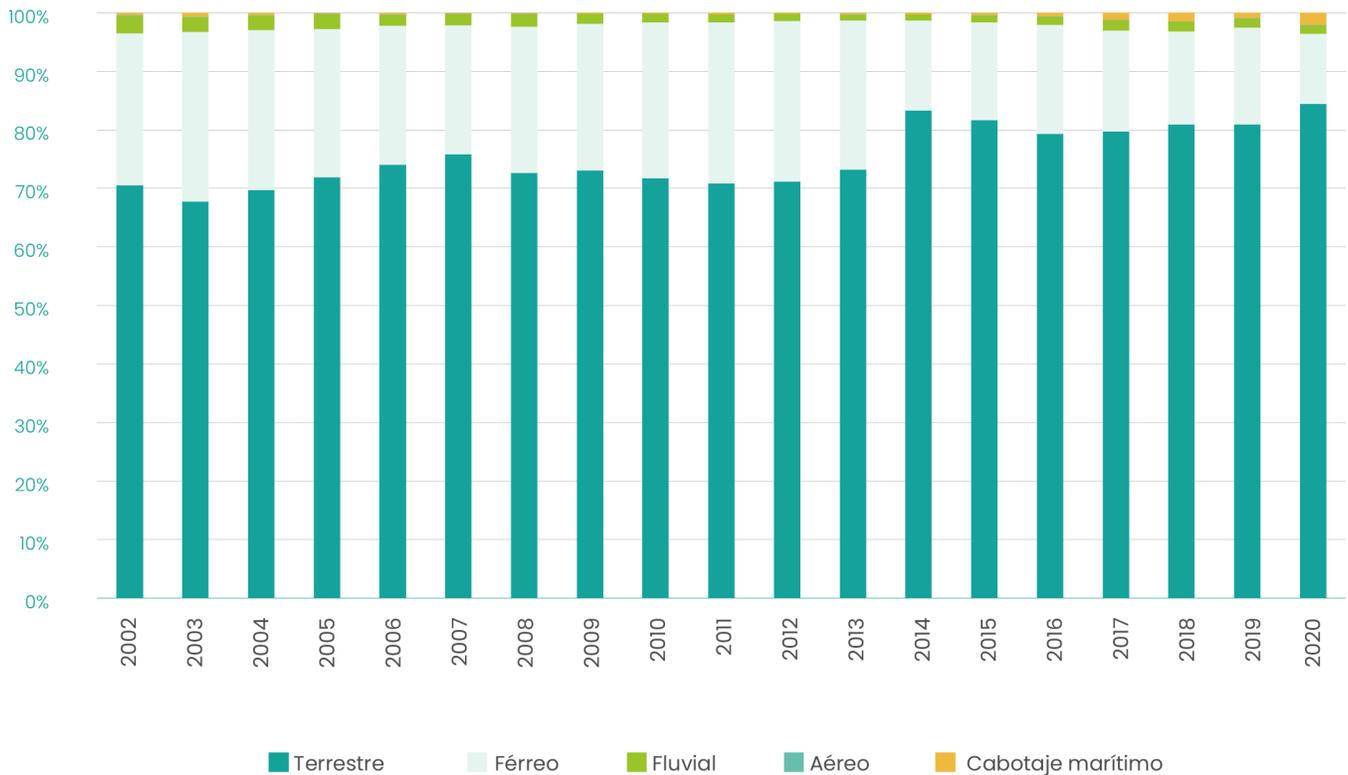
El sector TAC es la columna vertebral del sistema productivo en Colombia. La complejidad del sector TAC y sus interrelaciones con los otros modos requiere el despliegue de una mezcla diversa de soluciones de descarbonización para hacer frente a los desafíos.

Es bien conocido el impacto del transporte para el acceso, la inclusión y el crecimiento económico. Para el caso particular de Colombia, el modo carretero es a través del cual se brinda mayor accesibilidad e inclusión a la población de las diferentes regiones, producto

de su flexibilidad para brindar cobertura a los asentamientos poblacionales que tienen alta fragmentación⁴² (REDI, 2014).

La participación del transporte automotor de carga por carretera es significativa en Colombia. Lo anterior es aún más relevante, si se excluyen el petróleo y el carbón de los productos movilizados pues la proporción aumenta del 84% al 97% para 2020 (ver Figura 8). Cabe destacar que el sector del transporte automotor de carga transportó 251 millones de toneladas en 2020 con un incremento del 2% frente al 2019 aún con el impacto de la pandemia y la contracción del PIB en 2020.

Figura 8. Matriz de reparto modal carga doméstica total Colombia 2002 a 2020



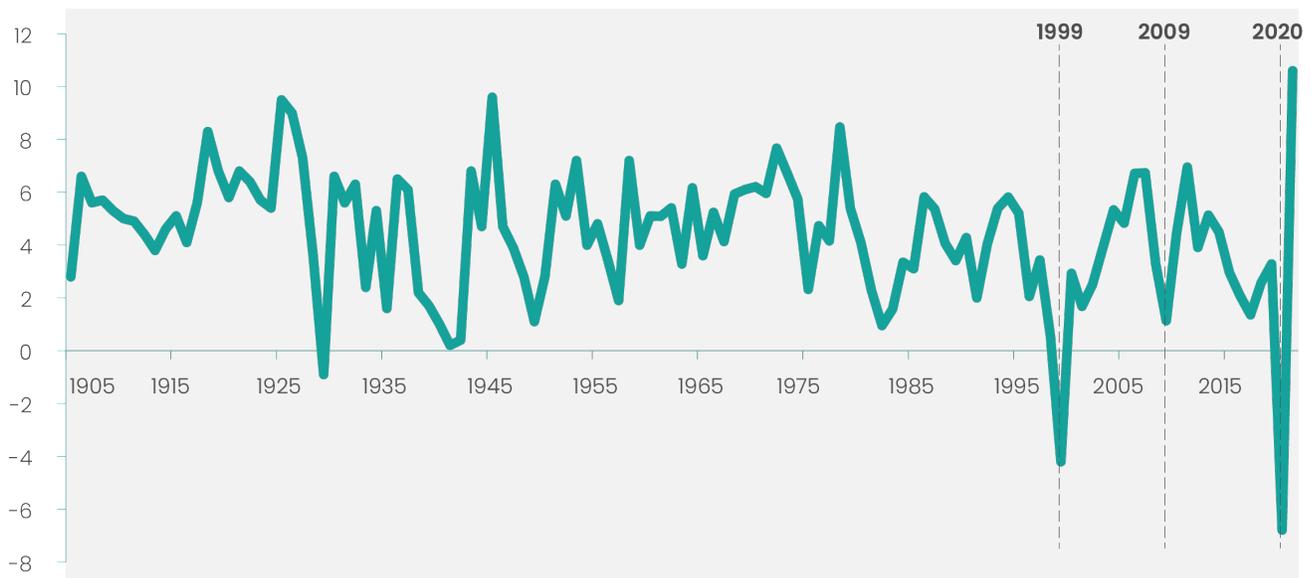
Fuente: (Ministerio de Transporte de Colombia, 2021)

42 Probabilidad de que dos individuos tomados aleatoriamente en un mismo país pertenezcan a una misma economía. Colombia es uno de los países con menor probabilidad: equivalente a 0,2.

En 2020, la economía colombiana experimentó un choque que originó una caída del PIB del 6,9% en términos reales: bajo crecimiento de socios comerciales, confinamientos y caída en los precios del carbón y petróleo. La combinación de estos factores representó el mayor choque económico y social que ha experimentado Colombia en al menos 115 años (ver Figura 9) (MHCP, 2021), pues hasta 2019 la economía colombiana había sido estable excepto por las crisis de 1929 y 1999.

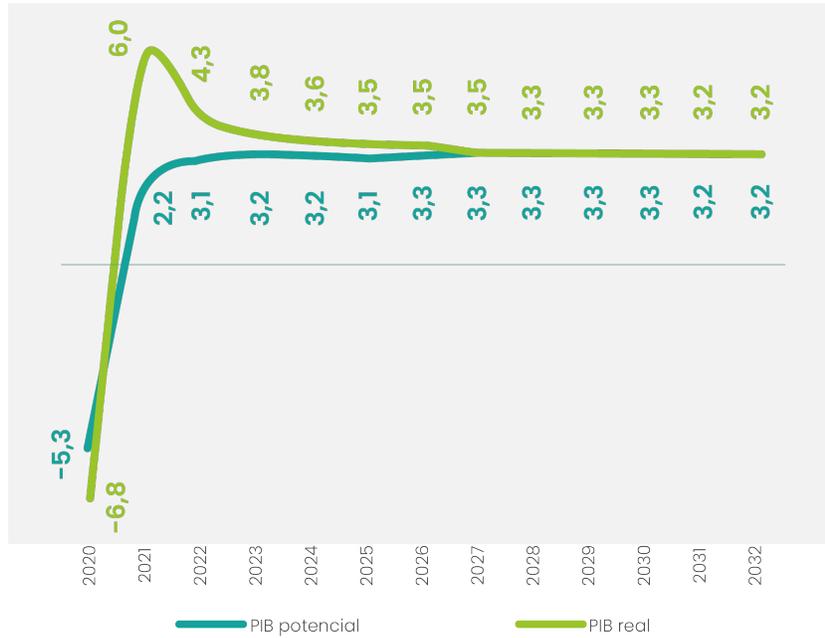
Aunque el tamaño de la economía decreció en 61 billones de pesos entre 2020 y 2019 (DANE, 2022), los choques macroeconómicos derivados de la pandemia del Covid-19 se han venido disipando, logrando una recuperación económica en 2021 que alcanza un crecimiento del 10,6% del PIB frente a 2020 y del 2,8% frente a 2019 y generando un panorama más positivo para 2022. El Ministerio de Hacienda espera que la expansión de la economía alcance un promedio de 3,7% durante el periodo 2021-2032, logrando que el PIB converja a su potencial (ver Figura 10) (MHCP, 2021).

Figura 9. Comportamiento histórico crecimiento del PIB Colombia



Fuente: Elaboración de los autores basados en (MHCP, 2021) y cifras DNP

Figura 10. Proyecciones de crecimiento PIB Colombia

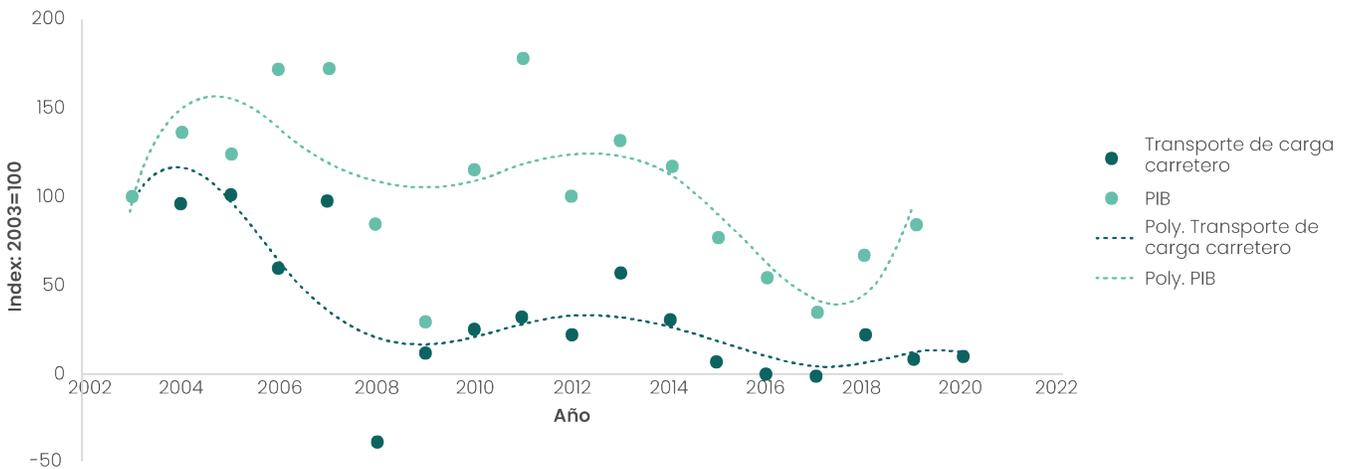


Fuente: Fuente: (MHCP, 2021)

Adicionalmente el crecimiento económico y la demanda de TAC ha sido correlacionada en varios estudios (Alises et al, 2014), la OCDE ha estimado que a 2050 el transporte de carga aumentará 2,6 veces comparado con la demanda de carga en 2015 (ITF,

2021). Así mismo se señala en el informe de proyecciones económicas del transporte para 2021 que el continuo crecimiento económico y el crecimiento de la población se traducirá en mayor demanda de transporte de carga (ITF, 2021).

Figura 11. Comportamiento demanda del TAC vs PIB Colombia



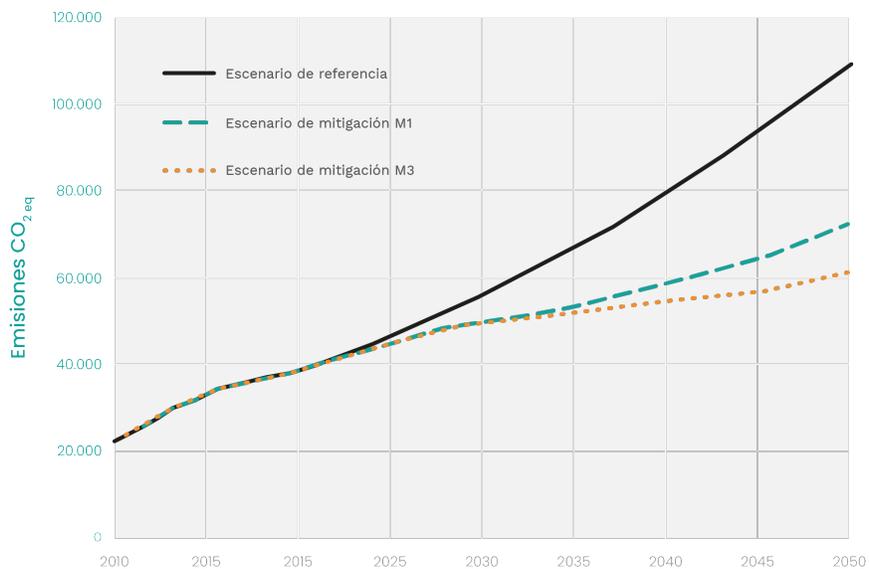
Fuente: Elaboración de los autores basados en (MHCP, 2021) y (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020)

Como conclusión, en Colombia, el TAC continuará siendo mayoritario en la matriz de reparto de carga modal, ello se puede concluir también de la Política Nacional Logística que establece como meta incrementar la participación de transporte multimodal en un 3% entre 2018 y 2030 entre otras metas (DNP, Política Nacional Logística Documento CONPES 3982 , 2020). Sin embargo, conforme el crecimiento económico del país continúe en la tendencia que proyecta el Ministerio de Hacienda, de manera proporcional lo hará el transporte automotor de carga en el corto, mediano y largo plazo. Teniendo en cuenta además, que la relación entre el crecimiento del PIB y el crecimiento de la demanda de TAC en el país ha cambiado en el tiempo y que después del boom minero energético de 2013 se ha desacoplado en parte la relación entre crecimiento económico y del transporte de carga por carretera (ver figura 11), si bien conserva la tendencia en los picos o valles a través de su influencia en el tamaño de la demanda de los consumidores y la estructura sectorial de la economía (De Jong, 2014).

• **Proyecciones de emisiones**

Distintos estudios muestran que el sector del transporte automotor de carga será una fuente importante de emisiones de GEI durante las próximas décadas, y un sector con un potencial de mitigación considerable. El estudio de actualización y consolidación de escenarios de emisiones GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados, considera tres escenarios: en el escenario de referencia, las prácticas y tecnologías no cambian (VITO, 2020). El escenario de mitigación M1 fue generado a partir de la agregación de datos gubernamentales validados con objetivos iniciales a 2030. El escenario M3 combina mayores ambiciones gubernamentales y profundización de algunas medidas basadas en juicio de expertos, cuyo objetivo es cerrar la brecha de M1, con objetivo de la neutralidad de carbono a 2050. La Figura 12 compara los tres escenarios entre 2010 y 2050.

Figura 12. Escenarios de referencia y mitigación para transporte 2010-2050



Fuente: (VITO, 2020)

Nota: escenario de referencia (prácticas y tecnologías no cambian), escenario M1 (datos gubernamentales validados con objetivos iniciales a 2030), escenario de mitigación M3 (mayores ambiciones gubernamentales y profundización de algunas medidas)

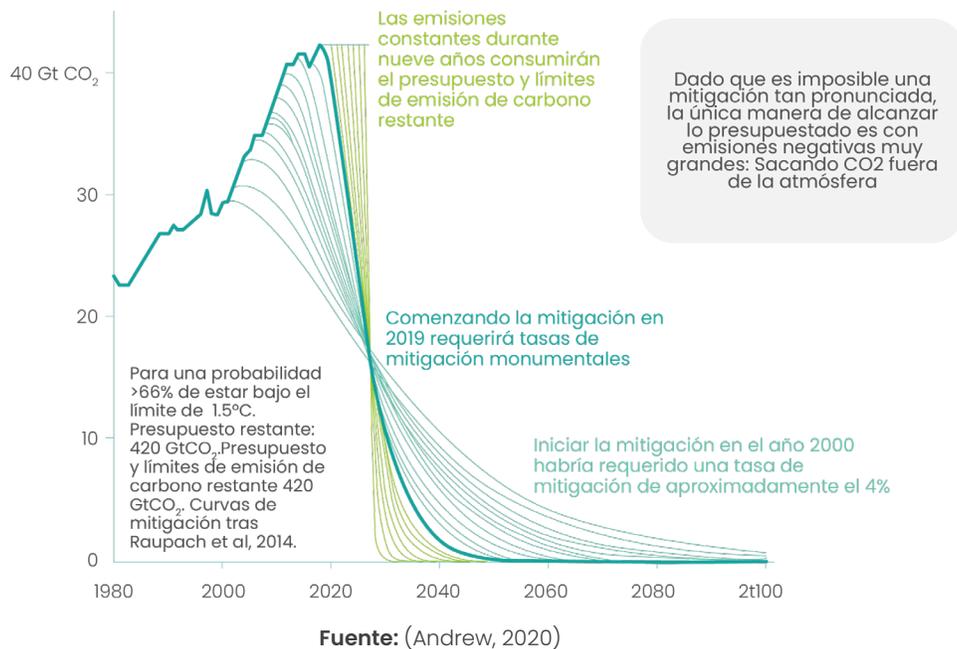
El escenario de mitigación M1 representaría una reducción del 13% de las emisiones totales del escenario de referencia y del 14% para el escenario de mitigación M3 a 2030. A 2050 se alcanzan reducciones del 26 y del 47% con los escenarios M1 y M3 respectivamente.

Es importante concluir que estos primeros escenarios documentados logran ciertas mitigaciones parciales y cumplen los objetivos de reducción que Colombia adoptó con el Acuerdo de París en el año 2017 con el fin de lograr reducciones del 20%. Sin embargo, una vez se actualizó la nueva ambición de Colombia en la NDC 2020 (Gobierno Colombiano: Contribuciones Nacionalmente Determinadas NDC, 2020) con el objetivo de reducir el 51% de las emisiones GEI y 40% del carbono negro (hollín) al 2030, adicional a la ambición de la estrategia de largo plazo del país de lograr la carbono neutralidad al 2050, dichos escenarios están muy lejos de lograr las nuevas ambiciones y por tal razón en este documento se proponen nuevas acciones para acelerar y lograr las nuevas

ambiciones, teniendo en cuenta además que el parque automotor crece a tasas de entre 3% al 5% anual y que la demanda de transporte crece conforme el producto interno del país y la demanda de TAC aumenta (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020).

Alineado con lo anterior, y con las metas a 2030 Colombia de la última actualización de la NDC, se recomienda que Colombia abandone el enfoque carbono neutralidad (**Carbon neutrality**) al 2030, en la cual se continúan las emisiones generando compensaciones externas a ellas lo cual no está alineado a la meta científica del Acuerdo de París de no sobrepasar el 1.5°C (Figura 13), y que en el largo plazo al 2050 adopte un enfoque de descarbonización (**NetZero**) (University of Oxford, 2020) alineado a su estrategia de largo plazo a 2050 (LTS) para no caer en la actual estrategia que ha llevado a varios países a continuar generando emisiones a partir de pagos de compensaciones que no se han traducido en reducciones reales de emisiones GEI.

Figura 13. Curvas de mitigación para mantenerse en la reducción de 1.5°C.



43 Diferente al concepto de "Absolute Zero" en el cual los actores eliminan el 100% de las emisiones.

Es importante también notar que actualmente no existe una herramienta que permita simular no sólo el año de implementación de dichas acciones, sino también la tasa de implementación de estas, es decir que permita captar esa sensibilidad del cumplimiento de las acciones tendientes a lograr las cero emisiones a 2050 y poder tomar medidas correctivas periódicamente en caso de no alcanzar las metas propuestas.

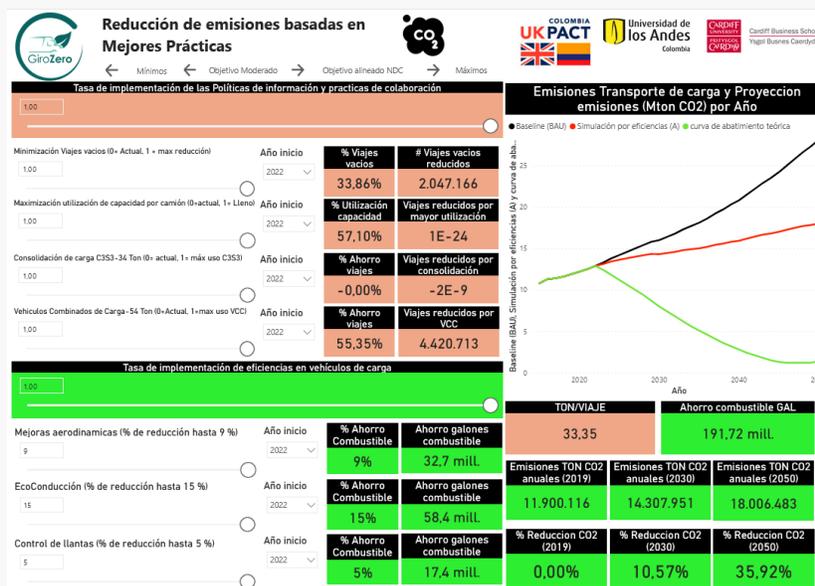
Diferentes vectores energéticos desempeñarán un papel en la descarbonización del sector TAC. El uso directo de la electricidad (a través de baterías), el hidrógeno, los combustibles sintéticos y los biocombustibles sostenibles -asignados adecuadamente a los diferentes subsectores del TAC difíciles de descarbonizar- serán importantes.

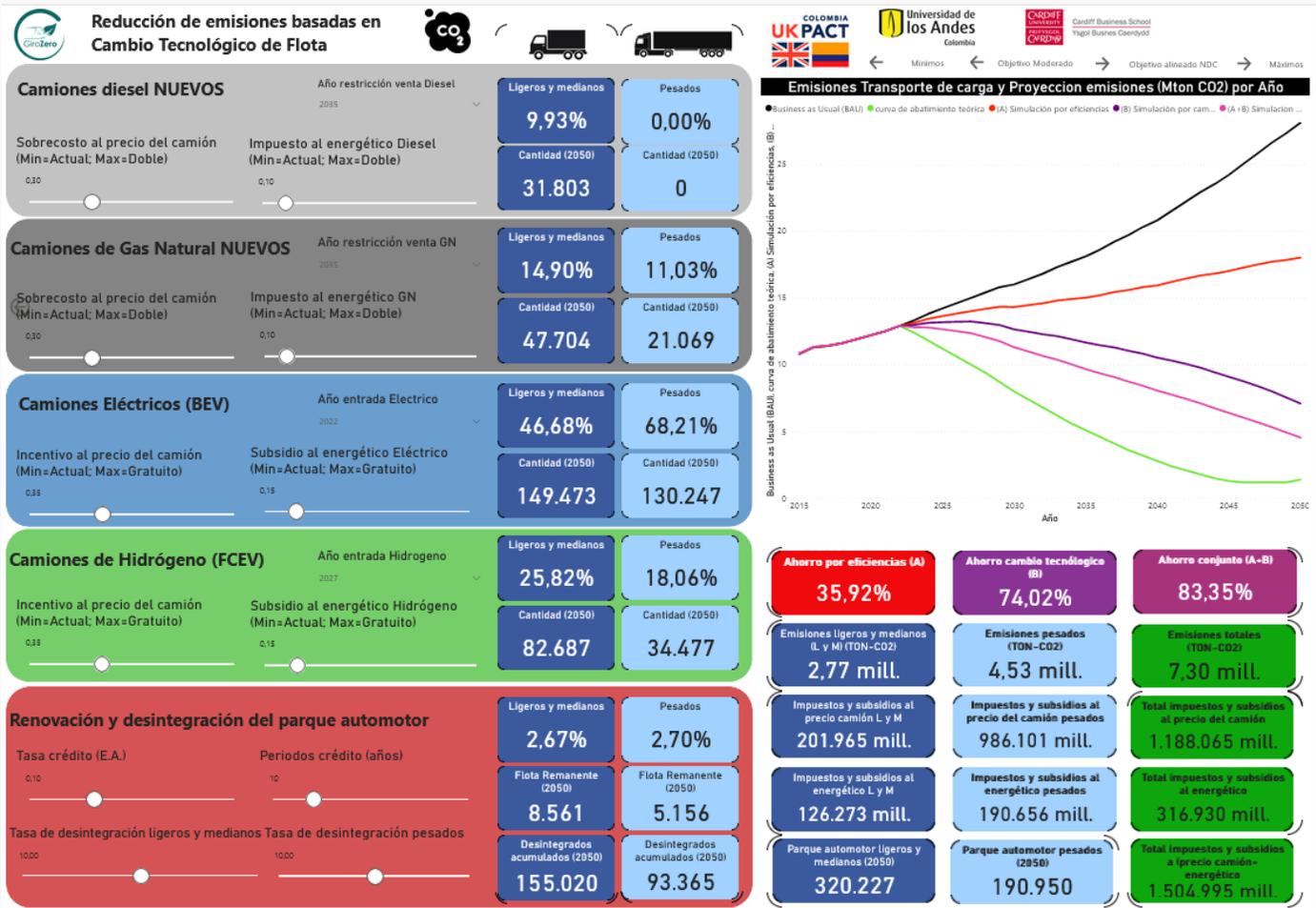
Box 10: Diseño de herramienta para simular escenarios de mitigación

Al ser el sector transporte automotor de carga (TAC) una de las principales fuentes de emisiones del país, el equipo del proyecto GIRO ZERO construyó una herramienta que permite realizar simulaciones y estimaciones detalladas a nivel de tipo de camión, ruta y tipo de producto que permite evaluar dos tipos de estrategias: a. eficiencias operativas y b. cambio tecnológico y se compara con una línea de base detallada de las proyecciones de emisiones del sector TAC y visualiza posibles escenarios futuros. Además, permite simular no sólo el año de implementación de dichas acciones, sino también la tasa de implementación de estas, es decir capta la sensibilidad del cumplimiento de las acciones tendientes a lograr las cero emisiones a 2050 y posibilita tomar medidas correctivas periódicamente en caso de no alcanzar las metas propuestas, más información se puede apreciar en el Anexo 4.

Ilustración 9: Simulador de escenarios del proyecto GIRO ZERO

Eficiencias operativas





Fuente: Elaboración equipo GIRO ZERO

Nota: Disponible en <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/simulador-de-escenarios>

El simulador de escenarios es una herramienta que tiene como objetivo brindar a los actores públicos y privados herramientas cuantitativas para evaluar diferentes estrategias y escenarios para la descarbonización del sector TAC al 2050. La principal fuente de los datos está relacionada con la actividad de transporte de carga por carretera en Colombia, los cuales se encuentran sistematizados en la base de datos del RNDC, 2019. Se han integrado cerca de 8 millones de viajes en un año para alimentar esta herramienta con

el fin de contar con información robusta y confiable, enriquecida y útil en dos categorías principales mejores prácticas operativas y cambio tecnológico de la flota.

a. Reducción de emisiones en eficiencias operativas

Este conjunto de estrategias, las operativas, son eficiencias que se pueden lograr a través del análisis de la información, la optimización logística y buenas prácticas de colaboración empresarial, entre las cuales están la

minimización de viajes vacíos a través de los viajes compensados, la mayor utilización de capacidad de cada vehículo y las prácticas de consolidación tanto en vehículos más grandes como los tractocamiones, como en Vehículos Combinados de Carga.

Políticas de información y prácticas colaborativas

- **Viajes vacíos:** Para entender la posibilidad de minimizar los viajes vacíos haremos uso de la ruta de Bogotá– Cartagena para ejemplificar. Esta ruta es una de las más transitadas del país en ambos sentidos, sin embargo, la diferencia en el número de viajes de un sentido con respecto al otro es alta, mostrando un alto desbalance de carga. A grandes rasgos, de cada 100 viajes en sentido Cartagena–Bogotá, 50 viajes se generan en el sentido Bogotá–Cartagena, adicional a esto la utilización promedio de los vehículos de cada sentido también difiere: no hay forma de reducir el 100% de los viajes vacíos. Se puede hacer lo mejor posible coincidiendo dos viajes en rutas opuestas esa carga pudo haber ido en el mismo vehículo y puede ser ahorrado la emisión de uno de los vehículos con un potencial de llegar (en este ejercicio en particular) hasta el 50% de los viajes. Para los viajes vacíos, se requieren dos metodologías diferentes: una para encontrar el número de viajes vacíos actuales producidos en el sistema y otra para calcular el potencial máximo de sincronización que permitirá conocer la mayor cantidad de ahorro en emisiones.

Para los viajes vacíos actuales se organiza por placa anonimizada del vehículo y posteriormente por fecha del viaje. Lo que se hace es comparar dos

líneas consecutivas. Primero es revisado si la región de origen y de destino es la misma para un mismo viaje, en este no se considera para realizar los cálculos como un viaje vacío, el supuesto básico aquí es que un vehículo en la misma ciudad, territorio o región puede realizar un viaje en un día y el costo en tiempo de sincronizar con un viaje de regreso puede no compensar la posibilidad de regresar el mismo día a su origen para estar disponible para nuevos viajes. En el caso contrario, se revisa para dos viajes consecutivos de un mismo vehículo, si la región de destino del viaje con fecha más reciente coincide con la región de destino del viaje de la siguiente fecha. De no cumplirse estas condiciones es considerado un viaje vacío. Para el cálculo de las emisiones de viaje vacío se realiza proporcional a las toneladas de peso del vehículo en vacío en el trayecto respectivo.

Para determinar el potencial de sincronización en una ruta entre 2 ciudades, establecemos una ventana de oportunidad, en nuestro caso básico de una semana. Esto significa que existe al menos un momento de tiempo (uno de los viajes pueda anticiparse o ser retrasado su envío o ambos casos) para que un par de viajes que fueron generados en tal ventana puedan ser sincronizados. Se contabiliza el número de viajes en cada dirección de la ruta y se computa el potencial como el mínimo de los dos números. Es claro, por ejemplo, si retomamos la ruta Bogotá–Cartagena, que, si hacemos 100 viajes en una dirección y 50 viajes en la otra, en esa ventana horaria a lo sumo podemos emparejar 50 viajes de retorno. Al hacer esto también estamos con el supuesto



El simulador se concentra en las tres acciones de eficiencias de mayor impacto: mejoras aerodinámicas, eco conducción y el control de llantas.

de que el vehículo de mayor capacidad es el que hace los 2 trayectos.

- **Consolidación de carga:** En este apartado existen tres propuestas de consolidación: i. empleando vehículos de igual tipo a los contratados inicialmente por las empresas para el transporte de su carga. ii. Empleando vehículos tipo C3S3 que permiten capacidades de carga de hasta 34 toneladas y iii. Empleando vehículos combinados de carga (VCC) con capacidad de 54 toneladas de carga máximo y PBV de 76 t.

El tratamiento para la consolidación de carga es el mismo para las tres propuestas, diferenciándose en la capacidad máxima que un vehículo puede almacenar. De igual forma otros tres atributos son tomados en cuenta:

- Regiones de origen y destino de la carga, esto representa que la capacidad adicional de un viaje puede ser tomada en cuenta para tomar carga de ciudades que no necesariamente son iguales a las del manifiesto de carga original, sino que pertenecen a las regiones de estas ciudades.
- El segundo atributo es el tipo de familia a la cual la carga pertenece según declarado en el RNDC y con

los estándares del sistema armonizado internacional. Significando que solo puede ser consolidada carga que pertenece al mismo tipo de familia, evitando incompatibilidades y por ende operaciones no factibles en el transporte.

- Por último, fechas de salida. En este caso para la simulación se consideraron que las cargas con potencial de consolidación tuvieran la misma fecha en las cuales fueron originadas en el RNDC. Aunque podría tomarse como supuesto la disponibilidad de diversas remesas y podría ser flexible en periodos cortos de tiempo para maximizar su posibilidad de sincronización, se respetó la decisión de las empresas de su fecha actual para reflejar fielmente sus criterios de decisión actuales.

Para mencionar, en la propuestas de consolidación no se contempla partición de carga lo que significa que se mantienen las condiciones originales de contratación, tampoco es tenido en cuenta cuando el origen y el destino coinciden con la misma ciudad, este supuesto se realiza bajo la consideración que en general la lejanía de dos regiones ayuda a que cualquier distancia adicional por desviación de la

ruta original para consolidar carga, sea de la región origen o de la región destino, pueda ser compensado por la distancia ahorrada del trayecto que no se ejecutó. No obstante, esto puede no suceder en trayecto muy cortos donde dos cargas por ejemplo pueden tener direcciones opuestas en dos zonas de la misma ciudad y su consolidación pudiera ser contraproducente.

Eficiencias en vehículos de carga

Son eficiencias que se pueden lograr a través de la mejora de las condiciones del vehículo, en la literatura es posible encontrar diversas acciones. Sin embargo, el simulador se concentra en las tres de mayor impacto: mejoras aerodinámicas, eco conducción y el control de llantas.

En este tipo de eficiencias, el impacto de cada acción es reflejado como una disminución proporcional directa sobre la emisión generada por cada ruta. Para ejemplificar, si se disminuye 5% por control de llantas, la magnitud de las emisiones disminuye de 100 grCO₂/Km a 95 grCO₂/Km. Si adicional a esto se determina un 10% de menores emisiones por mejoras aerodinámicas la magnitud de las emisiones alcanza 85.5 grCO₂/Km (10% o 9.5 grCO₂/Km menos respecto a la emisión anterior). El efecto es similar si están los 3 factores interactuando.

- **Mejoras aerodinámicas:** Accesorios aerodinámicos ayudan y permiten el ahorro de combustible, mejora las velocidades en carretera y disminuye el uso de energía.
- **Eco Conducción:** La cantidad de combustible que se consume en un vehículo depende en gran medida

de la forma de conducción. Los programas de eco-conducción ofrecen profesionalización del sector transporte de carga, el ahorro de combustible implica el aprendizaje de los conductores de cómo sus comportamientos: velocidades crucero optimas, conducción de forma conservadora, aceleración gradual, manejo consciente y defensivo, y acciones de anticipación de tráfico influyen en el consumo de combustible y consecuentemente en las emisiones.

- **Control de llantas:** Uso de neumáticos adecuados y con la presión adecuada con el fin de mejorar la resistencia al rodamiento reduciendo y disminuyendo el coeficiente de fricción correlacionado con el peso del camión, logrando una disminución de combustible.

b. Reducción de emisiones basadas en cambio tecnológico de flota

Este segundo conjunto de estrategias ayuda a actores público o privado, responsables de crear políticas a diseñar los momentos específicos y apropiados para implementarlas. También proporciona una magnitud cuantitativa de estas acciones y podría ayudar a preparar una transición adecuada. simula el cambio tecnológico de la flota y su impacto en las curvas de abatimiento para alcanzar los objetivos de cero emisiones. La metodología utilizada es incluir todos los alcances de emisiones de cada tecnología y dando diferentes parámetros para aumentar el impacto para reducir al máximo las emisiones, y luego solo se asignarían las emisiones que no es posible lograr en el esquema de cero absoluto en emisión de dióxido de carbono con sus respectivas compensaciones.

La simulación busca comprender el proceso de transición del parque automotor actual hacia cuatro tecnologías, (i) dos tecnologías de cero emisiones: hidrógeno y eléctrico, y (ii) dos tecnologías generadoras de emisiones presentes en el mercado; Diesel euro VI, gas EURO VI. Esta transición es estudiada para dos categorías de vehículos: pesados, y medianos y ligeros.

Tecnologías cero emisiones

Teniendo en cuenta lo anterior, el verdadero cambio vendría por no utilizar motores de combustión y pasar paulatinamente a camiones de Vehículos Eléctricos (BEV) para pequeñas y cortas distancias y para mayores capacidades y largo recorrido con alta autonomía de la tecnología de los Vehículos Eléctricos de Pila de Combustible (FCEV).

Tecnologías generadoras de emisiones

También se tiene en cuenta en esta discusión otras tecnologías actuales como camiones a gas natural (EURO VI), camiones Diesel (EURO VI) y la flota actual de estándares Pre-EURO a EURO V que deben reemplazarse a largo plazo con las políticas apropiadas de desintegración y renovación de flota.

Para cada una de las tecnologías de menor emisiones no solo existe la posibilidad de: i. determinar el último año en el cual la tecnología no estaría disponible para su comercialización en Colombia, sino también la posibilidad de: ii. aplicar Sobrecosto al precio del vehículo e iii. Generar impuestos al precio de su energético para favorecer la transición a tecnologías de cero emisiones.

Posibles caminos para la reducción de emisiones

Esta estructura del simulador permite no solo combinar este conjunto de 3 acciones por cada tipo de tecnología sino adicionalmente el impacto de las condiciones de préstamo, tasa y periodo de amortización, y las políticas gubernamentales de desintegración y renovación. Lo anterior configura 16 decisiones a tomar, valores específicos para cada un parámetro configura lo que denominamos un escenario, llegando a tener 16 decisiones a ser tomadas, lo cual permite al usuario determinar sus propias acciones. Si se consideran tener una escala Likert de 5 niveles para cada decisión (parámetros) pueden obtenerse más de 150 millones de simulaciones.

Cada simulación define un conjunto de métricas que permitirá evaluar la simulación planteado tales como: Porcentaje ahorrado de emisiones, las toneladas de CO2 emitidas, el tamaño de la flota colombiana, el número de vehículos destruidos de cada tipo, el presupuesto anual del gobierno colombiano requerido debido a los incentivos al costo de los activos, el presupuesto anual del gobierno colombiano requerido debido a los subsidios de energéticos para camiones, cuotas de mercado de tecnología efectiva de los vehículos.



Have a Good Trip V01

Temp: +24 MotorTemp: +29 Sys code:

Escanea el código y accede a la herramienta

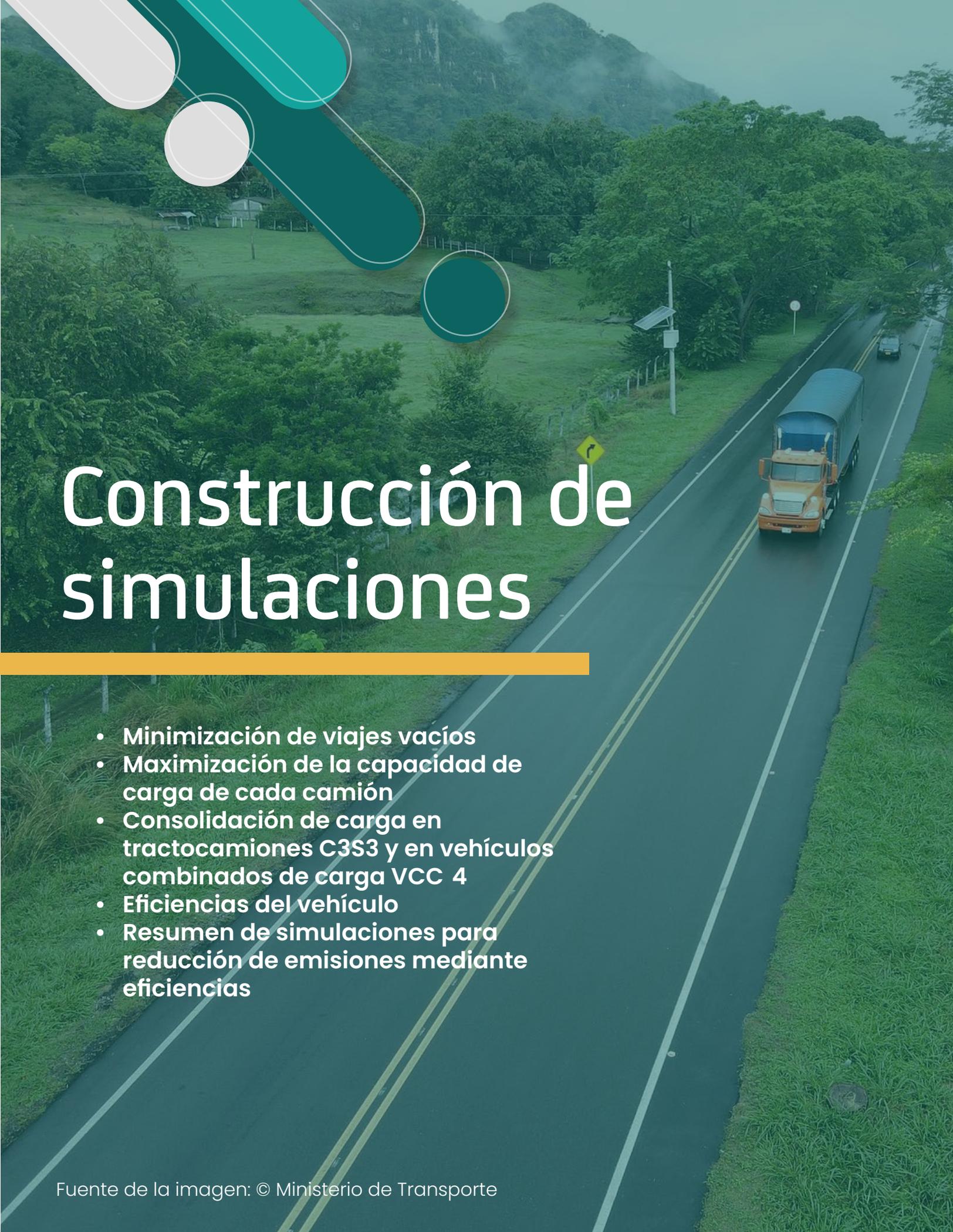


<https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/simulador-de-escenarios>

Anexo 4

Simulador de reducción de emisiones

Fuente de la imagen: © Andrés Felipe Rey. Proyecto Giro Zero

An aerial photograph of a two-lane asphalt road winding through a lush green landscape. A large orange truck with a blue trailer is driving on the road. In the background, there are rolling hills and mountains under a slightly overcast sky. The image is overlaid with decorative graphic elements: a large teal and white abstract shape in the top left corner, and several teal circles of varying sizes scattered across the scene. A yellow diamond-shaped road sign is visible on the left side of the road.

Construcción de simulaciones

- Minimización de viajes vacíos
- Maximización de la capacidad de carga de cada camión
- Consolidación de carga en tractocamiones C3S3 y en vehículos combinados de carga VCC 4
- Eficiencias del vehículo
- Resumen de simulaciones para reducción de emisiones mediante eficiencias

Para definir los retos y posibles caminos se construyeron dos simulaciones de referencia. La primera simulación anticipa lograr objetivos moderados (SimOM) y la segunda simulación anticipa lograr metas alineadas a la ambición de la NDC 2020-2030 (SimNDC) (Gobierno Colombiano: Contribuciones Nacionalmente Determinadas NDC, 2020). La definición de estas dos simulaciones de referencia se basa en una amplia consulta de diversas fuentes de documentos académicos, reportes públicos del estado colombiano y organizaciones internacionales y consultas con actores públicos y privados. Estas fuentes se contemplaron en la definición de los impactos de las posibles mejoras para cada una de las eficiencias operativas. En los siguientes párrafos se describen las condiciones para cada elemento de las posibles mejoras y los resultados para las dos simulaciones de referencia. Al final de esta sección se define el efecto total de la combinación de las medidas.

Simulaciones sobre la optimización de la operación

• Minimización de viajes vacíos

Según los cálculos estimados con la metodología descrita en el Box 10: Diseño de herramienta para simular escenarios de mitigación, en Colombia se tiene un 59.5% de viajes vacíos con respecto al total de viajes anuales de aproximadamente 8 millones de viajes (alrededor de 2.047.166 viajes al año se podrían reducir con prácticas de colaboración⁴⁴) según información basada en el RNDC.

La conducción de kilómetros vacíos a menudo se debe a la falta de información de la demanda de despacho de carga - tiempo en el cual el despacho es requerido y volumen de carga-. Por ejemplo, si una empresa de transporte no tiene la

información de que hay mercancías esperando para ser transportadas cerca de donde un conductor acaba de dejar una carga anterior, simplemente se le pedirá al conductor que regrese al depósito con un camión vacío (Demir E. et al, 2014). En Europa la proporción de viajes vacíos está en aproximadamente 21%, variando desde el 7% para Luxemburgo y hasta el 43% para Chipre. (Mckinnon, 2015). En Colombia, la literatura reporta mediciones de un 45% de los viajes vacíos y que actualmente solo se compensa un 6% (Moros-Daza et al, 2019). El anterior estudio muestra que usando sistemas de información se pueden reducir los viajes vacíos hasta en un 28% debido a que actualmente existe una comunicación muy pobre entre los generadores de carga y empresas de transporte. A su vez, este potencial de reducir los viajes vacíos un 28% se traduce en un 34% de reducción de emisiones para los vehículos involucrados en un grupo de análisis en la mejora por reducción de combustible al tener menos viajes vacíos (Moros-Daza et al, 2019). Por otro lado, con esquemas colaborativos entre empresas de transporte y generadores de carga se pueden lograr mejores acuerdos, usando metodologías tales como las rondas de negociación que ha promovido la ANDI para la compensación de viajes. Según estimativos de este piloto, se tiene la potencialidad de reducir el 10%⁴⁵ de los viajes usando esta metodología.

Simulación con objetivo alineado a la ambición NDC (SimNDC): Entendiendo que ambas metodologías, “sistemas de información” y “rondas de negociación”, funcionan en mercados complementarios de igual potencial, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,64⁴⁶ esta práctica para reducir los viajes vacíos en un 19%, pasando del 59,5% de viajes vacíos a 40%, que equivale a reducir 1.550.725 viajes

44 Cálculos basados en operaciones reales del RNDC para el 2019

45 Según entrevista realizada con la Gerencia de Logística, Transporte e Infraestructura de la ANDI durante el proyecto

46 Valor entre 0 y 1 que representa el nivel logrado en el simulador de escenarios



En los cálculos realizados con el RNDC en el simulador, encontramos que se tiene un 57% de utilización vehicular, cifra muy cercana a la ENL 2015, y que llevándola a su máximo puede llegar a un 78% reduciendo un total de 2.151.223 viajes anuales.

anuales. Lo anterior reduce el hasta el 6% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 946.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030⁴⁷ y 1.660.000 toneladas al 2050 (dejando todas las demás variables en valor mínimo -Ceteris Paribus-).

Simulación con objetivo moderado (SimOM):

Para este objetivo se tomó el valor conservador logrado por la ANDI en las metodologías de compensación de viajes con una reducción de viajes vacíos del 10%, que tiene un nivel de implementación de un 0,28 en el simulador, que equivale a reducir 831.008 (10%) viajes vacíos anuales pasando del 59% de viajes vacíos a 49%. Lo anterior reduce el 3% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 507.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 890.000 toneladas para el año 2050.

- **Maximización de la capacidad de carga de cada camión**

Según datos de la Encuesta Nacional Logística (ENL 2015) (Departamento Nacional de Planeación, 2015) la utilización vehicular de un camión sencillo es de 54 %, de un doble troque de un 62% y de un tractocamión de 2 ejes 68%, junto con los datos del RUNT 2020, en el cual se tienen 157.463 camiones ligeros (menores a 10,5 ton de PBV), 85.393 camiones

medianos (entre a 10,5 ton y 17 ton de PBV) y 19.249 camiones mayores a 17 ton, dando una media nacional ponderada de 58% de utilización de capacidad de carga del vehículo.

La literatura hasta ahora ha documentado las emisiones con el indicador KgCO₂/km y por otro lado el GLEC Framework (Smart Freight Centre, 2019) recomienda cambiar las evaluaciones logísticas al indicador KgCO₂/ton-km. Por ejemplo, (Demir E. et al, 2014) usa el enfoque que, entre mayor carga, mayores emisiones⁴⁸, pero no se considera que, al aumentar la utilización de la capacidad de carga, se reducen emisiones por menor número de viajes, este último es el enfoque adoptado por el proyecto **GIRO ZERO** en el simulador de escenarios alineado a los estándares del GLEC Framework.

En los cálculos realizados con el RNDC en el simulador, encontramos que se tiene un 57% de utilización vehicular, cifra muy cercana a la ENL 2015, y que llevándola a su máximo puede llegar a un 78% reduciendo un total de 2.151.223 viajes anuales. El máximo se estima en 78% debido a condiciones del mercado, en la cual se limita a la condición de no fraccionar carga, con el supuesto de mantener el tamaño de los pedidos, lo cual es una condición hipotética

47 Teniendo en cuenta que el 0,64 fue implementado de manera completa para el 2030. La curva del simulador presenta una suavización gradual al 2050.

48 Demir et al. (2011) muestran que, con una carga promedio de una tonelada, el consumo de combustible aumenta aproximadamente tres litros en un tramo de carretera de 100 kilómetros. CAT (2006) muestra que una reducción de 4500 kilogramos en la carga útil reduce el consumo de combustible en aproximadamente un 4,4%. Además, una reducción del peso bruto de 36.000 kilogramos a 27.000 kilogramos genera una mejora del 8,8% en el ahorro de combustible

que se puede superar con cambio de las condiciones del cliente y manejo de inventarios.

El estudio “Factors Affecting the Capacity Utilization of Road Freight Transport in Turkey” (Özen, 2020) muestra que el mercado de carga, la distancia de viaje y el tamaño del camión influye en el factor de carga, y adicionalmente, dicho estudio demostró que el tamaño del camión tiene una relación negativa respecto al factor de carga y la probabilidad de que el camión esté cargado y que en las mejores condiciones se puede llegar hasta un 72% de utilización de carga. Para ello se requiere esfuerzo y estrategia, ya que estos valores no son tan sencillos de lograr, por ejemplo, el Reino Unido paso de un indicador de utilización para el parque automotor entero del 60% en 2000 a 57% en 2009, sugiriendo una reducción del 3% en 10 años (Mckinnon, 2015).

SimNDC: Tomando como el máximo sugerido por (Özen, 2020) del 72%, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,77 en el simulador esta práctica para reducir 1.656.442 viajes anuales pasando del 57% de utilización de carga al 72%. Lo anterior reduce el 5% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 830.400 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 1.458.000 toneladas al 2050.

SimOM: Del mismo estudio previo se observado que el transporte de carga en Turquía tiene un promedio de carga del 67% entre camiones articulados y rígidos. Con este valor se tiene nivel de implementación de un 0,55 en el simulador, que equivale a reducir 1.183.173 viajes anuales y reduce hasta el 4% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 592.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y

1.040.000 toneladas al 2050.

- **Consolidación de carga en tractocamiones C3S3 y en Vehículos Combinados de Carga VCC**

El estudio “Moving Freight with Better Trucks” (OECD/ITF, 2010) concluye que los vehículos de mayor capacidad tienen el potencial de mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones y adicionalmente, los vehículos de mayor capacidad pueden resultar en menos vehículos-kilómetro recorridos⁴⁹. Estudios en el Reino Unido (Morrison, 2013) muestran mejoras no solamente en reducción de emisiones sino también en reducción de congestión en cuanto a uso de vehículos más grandes o vehículos Combinados de Carga, (Longer and Heavier Vehicle- LHV) y presentan un significativa mejora en la eficiencia energética de las flotas de carga por tonelada-kilómetro, reduciendo el consumo de combustible hasta en un 6% para la introducción de LST (incremento de 2 ton de un camión 46 ton PBV) y en un 23% para el doble articulado en configuración A de 82 ton (Morrison, 2013).

- **Consolidación de carga en tractocamiones (C3S3)**

El estudio “A cost and CO₂ comparison of using trains and higher capacity trucks when UK FMCG companies collaborate” del Reino Unido estima que mediante esquemas colaborativos y camiones de mayor capacidad de hasta 44 ton, se pueden reducir los kilómetros recorridos en desde un 4,8% hasta un 6,6% y las emisiones desde un 4,4% hasta un 5,8% (Palmer, 2018) para 10 compañías escogidas.

SimNDC: Tomando como el máximo sugerido por (Palmer, 2018) de reducción

49 Los resultados del estudio de caso (Alberta y Saskatchewan en Canadá, Suecia y Australia) sugieren que el uso de vehículos de mayor capacidad ha reducido la cantidad de tráfico de camiones en la carretera, con beneficios para la seguridad y el medio ambiente, incluida la reducción del crecimiento del consumo de combustible y CO₂ Emisiones.

de hasta un 5,8% de emisiones de CO₂, y reconociendo que esta práctica está limitada para operaciones de volumen frecuente transporte que pueden representar hasta un 20% de la carga, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,17 en el simulador esta práctica para reducir 626.682 viajes anuales logrando una reducción de viajes de alrededor de 7%. Dicha medida reduciría hasta el 1,1% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 187.200 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 329.000 toneladas al 2050.

SimOM: Del mismo estudio previo tomando como límite inferior de reducción hasta un 4% de emisiones de CO₂, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,13 en el simulador esta práctica para reducir 479.227 viajes anuales, logrando una reducción de viajes de alrededor de 6%. Dicha práctica de mejora reduce el 0,9% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 144.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 253.000 toneladas al 2050.

- **Vehículos Combinados de Carga**⁵⁰

El gobierno de Colombia emitió en diciembre de 2021 la resolución⁵¹ que permite combinaciones vehiculares de hasta 76 toneladas PBV, con el supuesto de 54 toneladas de carga útil se puede estimar cuantos viajes se podrían reducir usando estas configuraciones. En Latinoamérica, ya funcionan estas configuraciones en México, Argentina y Brasil y han sido ampliamente documentadas en Australia, Europa, Canadá y USA. (Åkerman, 2007).

SimNDC: Según el mercado en Suecia podría usar estos camiones hasta en un 49,7% para larga distancia y mercados

de operación frecuente (Carga General, contenedores, transporte industrial, consumo masivo de bienes y alimentos y agricultura) y se puede llegar a usar esta tecnología hasta en un 12,5% de las operaciones nacionales (Åkerman, 2007). Tomando este panorama, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,13 en el simulador esta práctica para reducir 574.693 viajes anuales logrando una reducción de viajes de alrededor de 7%. Dicha estrategia reduce el 1,0% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 162.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 284.000 toneladas al 2050.

SimOM: Del mismo estudio llevado a cabo por (Åkerman, 2007) y con condiciones para Colombia en las que solo se pueden usar estos vehículos en zonas geográficas planas o máximo onduladas, se estima que en total se pueden implementar hasta en un 0,03 en el simulador esta práctica para reducir 132.621 viajes anuales logrando una reducción de viajes de alrededor de 1,6%. Lo anterior reduce el 0,2% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 37.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 65.000 toneladas al 2050.

- **Simulaciones sobre eficiencias del vehículo**

Son eficiencias que se pueden lograr a través de la mejora de las condiciones operacionales del vehículo. Como ya se mencionó la metodología en el Box 10: Diseño de herramienta para simular escenarios de mitigación, se tiene el potencial de reducir emisiones mediante eficiencias trabajadas en el vehículo las cuales son sencillas de implementar en el corto plazo. La principal de estas eficiencias y que se puede lograr en el corto plazo es la implementación

50 También conocidos en la literatura como European Modular System (EMS), Longer and Heavier Vehicles (LHV), High Capacity Vehicles (HCV) o en español Vehículos Combinados de Carga (VCC), Vehículos de Alta Capacidad (VAC), o de manera más informal bitrenes.

51 Resolución 20213040062005 por la cual se fijan los criterios técnicos y jurídicos de los Vehículos Combinados de Carga

de programas de eco-conducción. El uso de accesorios aerodinámicos para disminuir el uso de energía reduce consumos de combustible en los casos de rutas de larga distancia y alta velocidad se tienen rango logrados entre el 5% y 45%⁵² con medias nacionales de hasta 15%. En la gestión de llantas, el uso de neumáticos adecuados para reducir la resistencia a la rodadura, así como el continuo monitoreo de presión de las llantas o sistemas de autocontrol permiten reducir el consumo de combustible. The Fuel Efficient Truck Driver's Handbook. Good practices for the transport of goods (Departamento de Transporte, 2009). De igual forma el uso de llantas llamadas Super Single en lugar dos llantas por tándem permiten reducción de la fricción (DNP, 2019 CONPES 3963).

De las anteriores referencias reales debido a que son logrables en su totalidad con excepción de la aerodinámica por razones geográficas en Colombia, el objetivo alineado a la ambición NDC es el máximo calculado y en la simulación con objetivo moderado se establece en la mitad de dicha estimación y se muestran los resultados a continuación.

- **Mejoras aerodinámicas del vehículo**

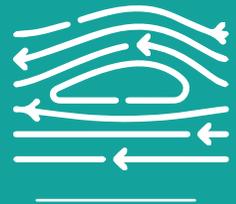
SimNDC: Con esta eficiencia operativa, se puede lograr hasta un 9% de reducción de consumo de combustible

(Croner-i, 2013), sin embargo, esta eficiencia depende de la velocidad del vehículo, y dado el caso colombiano estas no suelen ser muy altas debido a la geografía nacional. Con una implementación del 6% se puede reducir el consumo de combustible en 32 millones de galones. Lo anterior reduce el 6% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 960.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 1.690.000 toneladas al 2050.

Simulación con objetivo moderado: Con una implementación del 3% se puede reducir el consumo de combustible en 16 millones de galones anuales. Lo anterior reduce proporcionalmente el 3% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 480.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 843.000 toneladas al 2050.

- **Eco-conducción**

Simulación con objetivo alineado a la ambición NDC: Se pueden lograr eficiencias de hasta un 15%: (ICCT, 2021) con programas de capacitación e incentivos a los conductores. Con una implementación del 15% se puede reducir el consumo de combustible en 80,1 millones de galones. Lo anterior reduce el 15% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 2.400.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 4.215.000 toneladas CO₂ al 2050.



El uso de accesorios aerodinámicos para disminuir el uso de energía reduce consumos de combustible en los casos de rutas de larga distancia y alta velocidad se tienen rango logrados entre el 5% y 45%⁵² con medias nacionales de hasta 15%

52 <https://app.croneri.co.uk/feature-articles/more-aerodynamic-lorries-cut-fuel-costs>

SimOM: Con una implementación de esta práctica del 8% se puede reducir el consumo de combustible en 42,7 millones de galones anuales. Lo anterior reduce proporcionalmente el 8% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 1.280.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 2.2480.000 toneladas CO₂ al 2050.

- Gestión de llantas**

SimNDC: Se pueden lograr eficiencias de hasta un 5% (Departamento de Transporte, 2009). con sistemas de seguimiento y monitoreo. Con una implementación del 5% se puede reducir el consumo de combustible en 26,7 millones de galones. Lo anterior reduce el 5% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 800.000 toneladas de CO₂ anuales para el 2030 y 1,405.000 toneladas al 2050.

SimOM: Con una implementación del 3% se puede reducir el consumo de combustible en 16 millones de galones anuales. Lo anterior reduce proporcionalmente el 3% de las emisiones nacionales del sector TAC que corresponde 480.000 toneladas de CO₂ anuales para 2030 y 843.000 toneladas al 2050.

- Resumen de simulaciones para reducción de emisiones mediante eficiencias**

Tabla 12. Resumen de resultados simulaciones.

Minimización de Viajes vacíos					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	Indicador de viajes vacíos	viajes reducidos	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
Máximo	100%	34%	2.047.000	8%	1,14	1,25	2,19
SimNDC	64%	40%	1.550.725	6%	0,86	0,945	1,66
SimOM	28%	49%	831.008	3%	0,46	0,507	0,89

Utilización de capacidad de carga					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	Indicador de utilización de capacidad	viajes reducidos	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
Máximo	100%	78%	2.151.223	7%	0,98	1,078	1,89
SimNDC	77%	72%	1.656.442	5%	0,76	0,830	1,46
SimOM	55%	67%	1.183.173	4%	0,54	0,592	1,040

Consolidación de carga					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	Indicador de reducción de viajes	viajes reducidos	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
Máximo	100%	34%	3.686.362	7%	1,01	1,1024	1,94
SimNDC	17%	7%	626.882	1%	0,17	0,1872	0,33
SimOM	13%	6%	479.227	1%	0,13	0,144	0,25

Vehículos Combinados de Carga					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	Indicador de reducción de viajes	viajes reducidos	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
Máximo	100%	46%	4.420.713	8%	1,124	1,232	2,180
SimNDC	13%	7%	574.693	1%	0,147	0,162	0,280
SimOM	3%	2%	132.621	0,2%	0,034	0,037	0,070

Mejoras Aerodinámicas					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	% Reducción de combustible	Ahorro Combustible	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
Máximo	100%	9%	48.000.000	9%	1,314	1,440	2,529
SimNDC	67%	6%	32.000.000	6%	0,876	0,960	1,690
SimOM	33%	3%	16.000.000	3%	0,438	0,480	0,840

Eco Conducción					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	% Reducción de combustible	Ahorro Combustible	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
SimNDC	100%	15%	80.100.000	15%	2,190	2,400	4,215
SimOM	53%	8%	42.700.000	8%	1,168	1,280	2,248

Eco Conducción					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Simulaciones	Nivel de implementación (0% a 100%)	% Reducción de combustible	Ahorro Combustible	Emisiones reducidas	Emisiones reducidas al 2026 (Mton)	Emisiones reducidas al 2030 (Mton)	Emisiones reducidas al 2050 (Mton)
SimNDC	100%	15%	80.100.000	15%	2,190	2,400	4,215
SimOM	53%	8%	42.700.000	8%	1,168	1,280	2,248

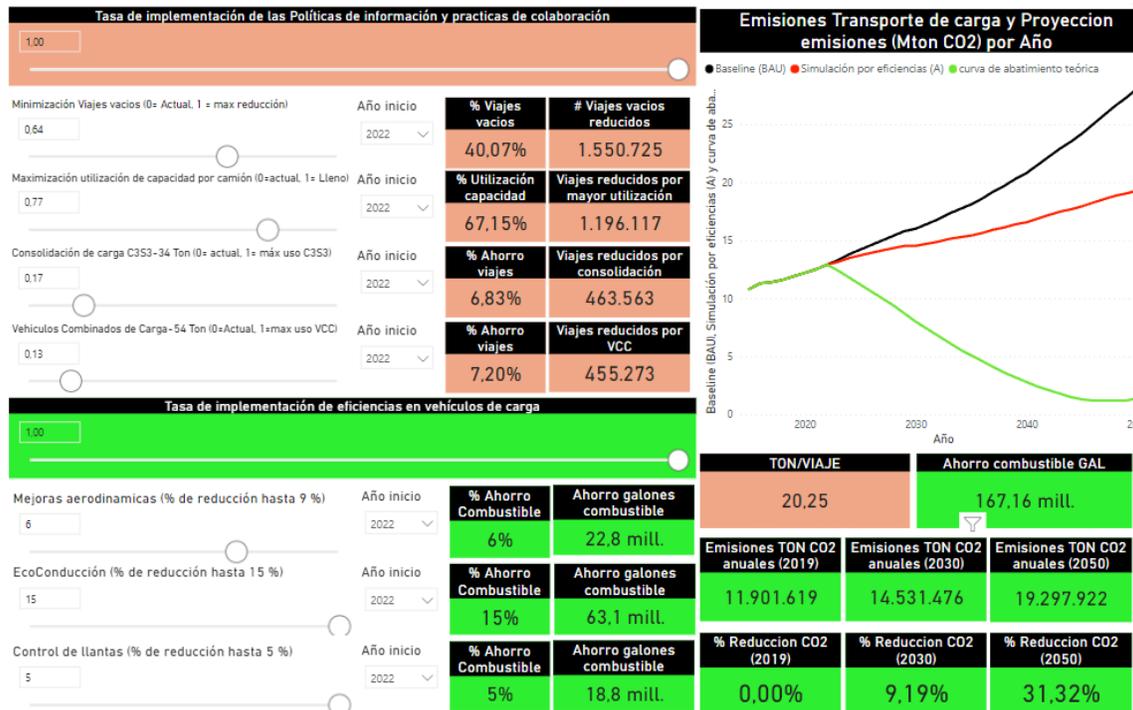
Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto **GIRO ZERO**

Cuando se combinan todas las simulaciones independientes en un solo escenario, el resultado final no es la suma de cada una de las prácticas de manera independiente, sino el cálculo integrado de varias prácticas, por ejemplo, al reducirse algunos los viajes por optimización logística y a su vez aplicar Eco-conducción, a los viajes restantes se reducen 63 a millones de galones anuales, como se muestra en la Figura 14.

En esta simulación se logra una reducción

del 9% para el 2030 y del 31% de las emisiones al 2050, las cuales están lejos de los objetivos de la NDC 2020 y su meta de reducción del 51% al 2030. Como ya se describió previamente con la revisión de literatura, esta esta simulación es una ambición especialmente alta para el sector TAC, razón por la cual se diseñó una simulación moderada, con el fin de plantear una simulación más lograble y las emisiones que no se logren por eficiencias finalmente tendrán que realizarse por el ascenso tecnológico de la flota.

Figura 14. Simulación con objetivo alineado a la ambición NDC 2030 (SimNDC)



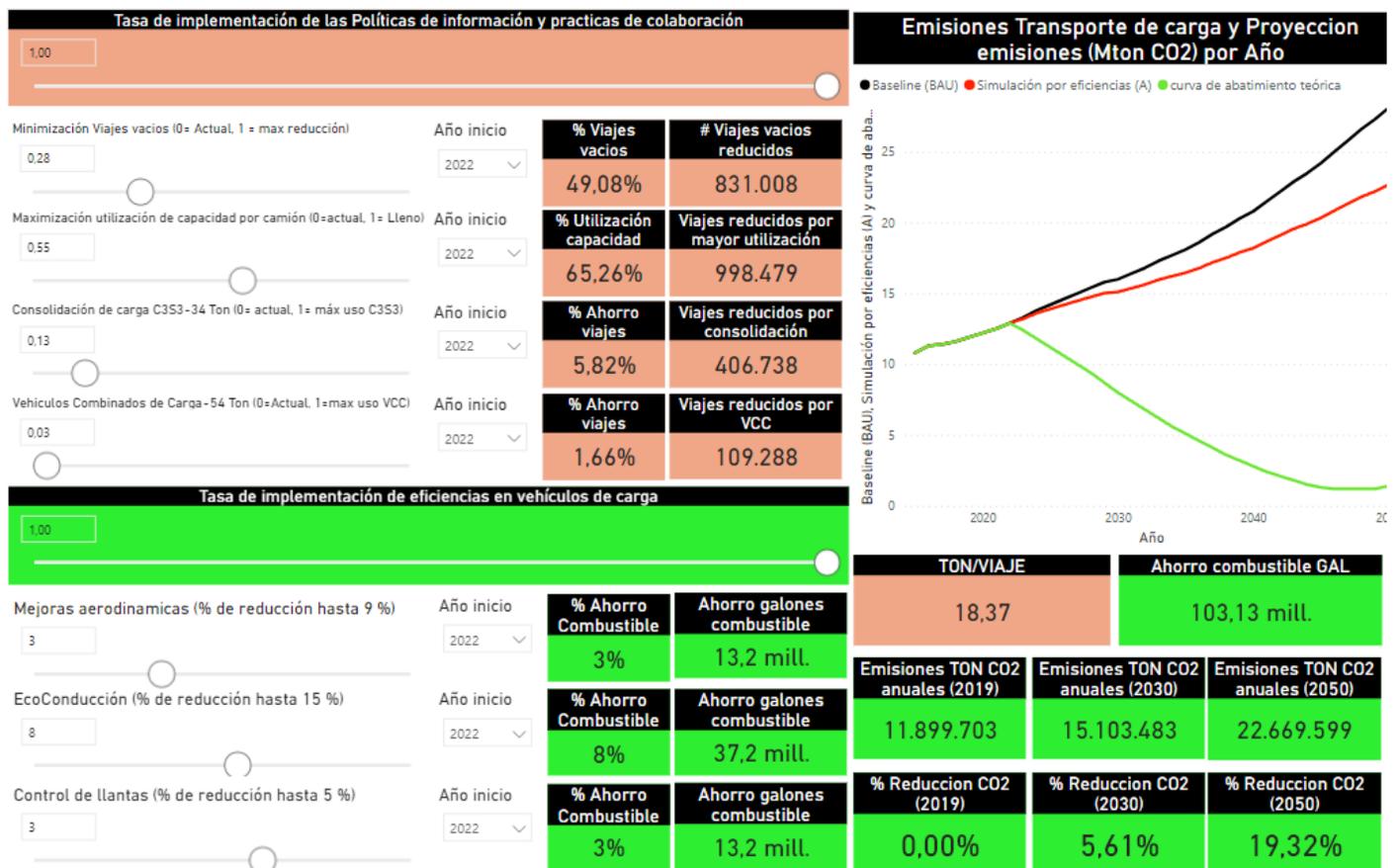
Fuente: Simulador de reducción de emisiones **GIRO ZERO**

Para la simulación moderada presentada en la Figura 15, se observa que se podría lograr una meta de reducción del 6% al 2030 y del 19% al 2050. Al ser esta una meta de corto plazo al 2026 que pueden involucrarse tanto el sector privado como el sector público con políticas de desregulación para ofrecer un entorno de optimización logística y lograr la meta de 19,3% lo más pronto posible.

Finalmente, se puede concluir de los anteriores escenarios construidos en eficiencia operacional y del escenario ideal

que se muestra en la figura siguiente, y que con la totalidad de medidas o regulaciones incorporadas en dichos escenarios no es posible alcanzar las metas de reducción de emisiones a 2030 de la NDC y de cero emisiones a 2050, sino que se alcanza como máximo teórico el 36% de reducción de emisiones a 2050 al implementar todas las acciones de eficiencia operacional en el mediano plazo con una tasa de aceptación del 100%. De allí, se hace necesario entonces considerar medidas adicionales relacionadas con el cambio tecnológico del parque automotor.

Figura 15. Simulación con objetivo moderado (SimOM)



Fuente: Simulador de reducción de emisiones proyecto **GIRO ZERO**

- **Simulaciones para el ascenso tecnológico**

Según las proyecciones estimadas en este estudio, el sector transporte automotor de carga emitirá 16 millones de ton de CO₂ para el 2030 y el 51% de reducción de emisiones lo llevaría a una meta de 7,84 millones de ton de CO₂, siendo esta meta más alta que la curva de abatimiento teórica con el fin de lograr NetZero en 2050. Siendo la meta de 8 millones de toneladas de CO₂ (50%) la máxima teórica, quiere decir que para el sector transporte automotor de carga es una imposibilidad lograr una reducción de emisiones del 51% al 2030 con las condiciones del parque automotor actual.

Ahora bien, modelando un escenario de máximos, en el cual los precios de los camiones de combustibles fósiles y sus energéticos se les imponen sobrecostos al doble y los precios de los camiones cero emisiones y sus energéticos se ofrecen de forma gratuita, y con una tasa de desintegración del parque automotor anual del 20% que elimina la flota antigua completamente al 2050, en este máximo escenario, las reducciones de emisiones logradas al 2030 en TAC son del 28%. Lo anterior nos lleva a plantear dos escenarios, uno alineado al máximo a los objetivos de la NDC y otro con objetivos más moderados pero logrables según referencias en la literatura. Para la simulación de dichos escenarios se consultaron, varias fuentes, entre las cuales destacamos los siguientes conceptos:

Con el objetivo de reducir las emisiones, varios gobiernos nacionales o locales, especialmente en Estados Unidos y en Europa, han emitido diversidad de políticas con el fin de lograr el cambio tecnológico. Las políticas de alto nivel van desde incentivos y fuertes controles a los fabricantes y están

respaldadas por incentivos específicos de tecnología en diferentes jurisdicciones gubernamentales a los usuarios finales, incluidos créditos fiscales sobre la renta, exenciones de impuestos sobre las ventas y permisos para conducir vehículos con combustibles alternativos (AFV) de un solo ocupante en carriles para vehículos de alta ocupación (High Occupancy Vehicle Lane - HOV), complementados con restricciones y cobros por congestión a vehículos contaminantes que han tenido un éxito parcial en la aceleración para la adopción de nuevas tecnologías. (Keith, 2017).

A partir de la evidencia en el estudio "Car fuel-type choice under travel demand management and economic incentives" (Ewing, 1998) que sugiere que el uso de instrumentos económicos que afectan el costo (principalmente combustible) y el tiempo de viaje, diseñados para favorecer vehículos más limpios, son de poca efectividad en la demanda adicional hacia ellos. A partir de este estudio, el único instrumento económico que parece probable que logre este objetivo son los incentivos de costo de capital para vehículos más limpios. De igual forma sugiere que los costos públicos de las externalidades solo se reducirán si se aplican impuestos proporcionales a los vehículos más contaminantes.

Por otro lado, los programas de desintegración son muy importantes para lograr el cambio tecnológico, el estudio "Accelerating vehicle fleet turnover to achieve sustainable mobility goals" (Naumov, 2022) evidencia que las políticas "cash-for-clunkers" C4C pueden reducir sustancialmente las emisiones de la flota de vehículos a un costo razonable por tonelada de CO₂. Adicionalmente establece que, para cumplir con los objetivos de reducción

de emisiones, las políticas de C4C deben aplicarse solo cuando los consumidores reemplazan sus vehículos de energía fósil por EV.

En resumen, los impuestos a la gasolina o al carbono, y las políticas para promover la generación de energía con cero o bajas emisiones de carbono, además de otras políticas que pueden aumentar el atractivo relativo de los vehículos eléctricos, incluidos los peajes y los precios de congestión, las tarifas de registro y los impuestos, en los que los vehículos cero emisiones se cobrarían menos o estarían exentos. A los vehículos eléctricos también se les puede dar acceso a los carriles HOV sin pasajeros. Tales políticas son más comunes en Europa que en los Estados Unidos (p. ej., “el principio de quien contamina paga” en Noruega (Elbil, 2021b) y el “cargo por congestión” de Londres (Errity, 2021)), aunque algunas (p. ej., el acceso al carril HOV para vehículos de bajas emisiones) se han desplegado con éxito en varios estados de EE. UU. (AFDC, 2021). (Naumov, 2022)

Simulación de ascenso tecnológico con objetivo moderado (SimOM)

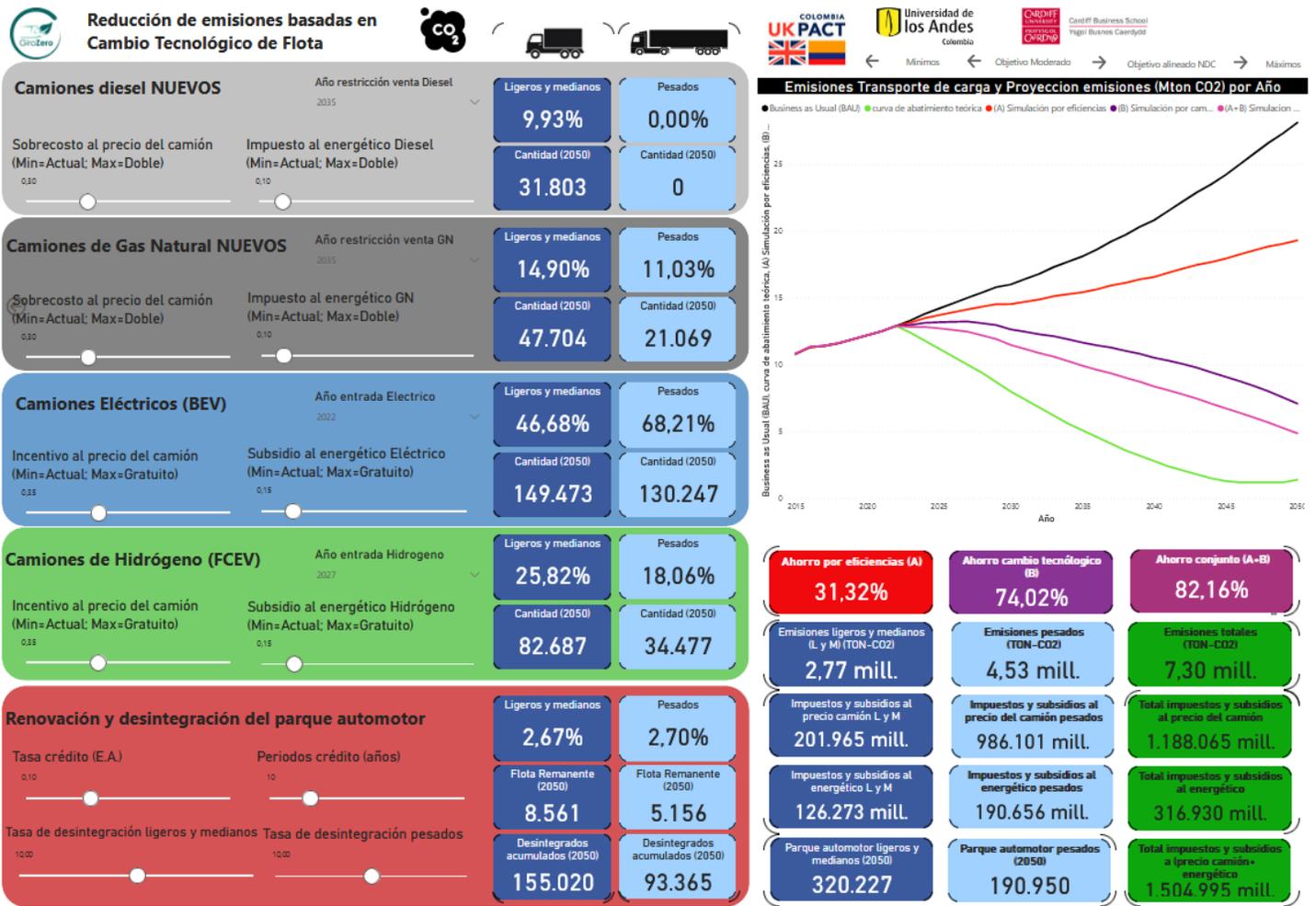
Para esta simulación, en la variable de “sobrecosto de precio al camión” se inició con el pago del 15% al precio del camión del programa actual de desintegración del Ministerio de Transporte y se extendió esta misma restricción al gas natural por ser combustible fósil y se colocaron impuestos al carbón iniciales al diésel y gas natural del 5% adicional al actual. Este recaudo puede financiar a su vez las tecnologías de cero emisiones con un incentivo adicional al recaudado, y por tal razón los incentivos a camiones eléctricos y de hidrógeno se simulan en un 20% y los subsidios a sus energéticos en un 10%. Lo anterior trae un escenario de reducción de emisiones del 13% al 2030 con 2.070.000 tCO₂ de reducción y de 47% al 2050 con 13.232.000 tCO₂ de reducción, y la simulación del costo de estas políticas costarían \$349.000 millones de pesos anuales, a un costo razonable de \$26.375/ tCO₂. (6,65 USD/tCO₂)⁵⁵ Esta simulación se puede visualizar en la Figura 16 y la composición del parque automotor al 2050 se puede observar en la tabla 13.



Fuente de la imagen: © Ministerio de Transporte

55 Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) USD/COP de 3.966 al final del mes de abril de 2022, Banco de la República de Colombia

Figura 16. Simulación con objetivo moderado



Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto GIRO ZERO



Fuente de la imagen: © Ministerio de Transporte

Tabla 13. Configuración de flota de camiones para simulación moderada proyectada al 2050⁵⁶

Simulación moderada (2050)	Ligeros y Medianos	Pesados	Total	Composición Ligeros y Medianos Simulación Moderada (2050)	Composición Pesados Simulación Moderada (2050)	Composición de la flota total Simulación Moderada (2050)
Diesel	46.029	3.465	49.494	14%	1,8%	10%
Gas Natural	71.921	67.573	139.494	23%	35%	27%
Eléctricos	106.443	81.435	187.878	33%	42%	37%
Hidrógeno	54.660	17.327	71.987	17%	9%	14%
Flota convencional Remanente	38.904	23.431	62.335	12%	12%	12%
Total	317.957	193.231	511.188	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones **GIRO ZERO**

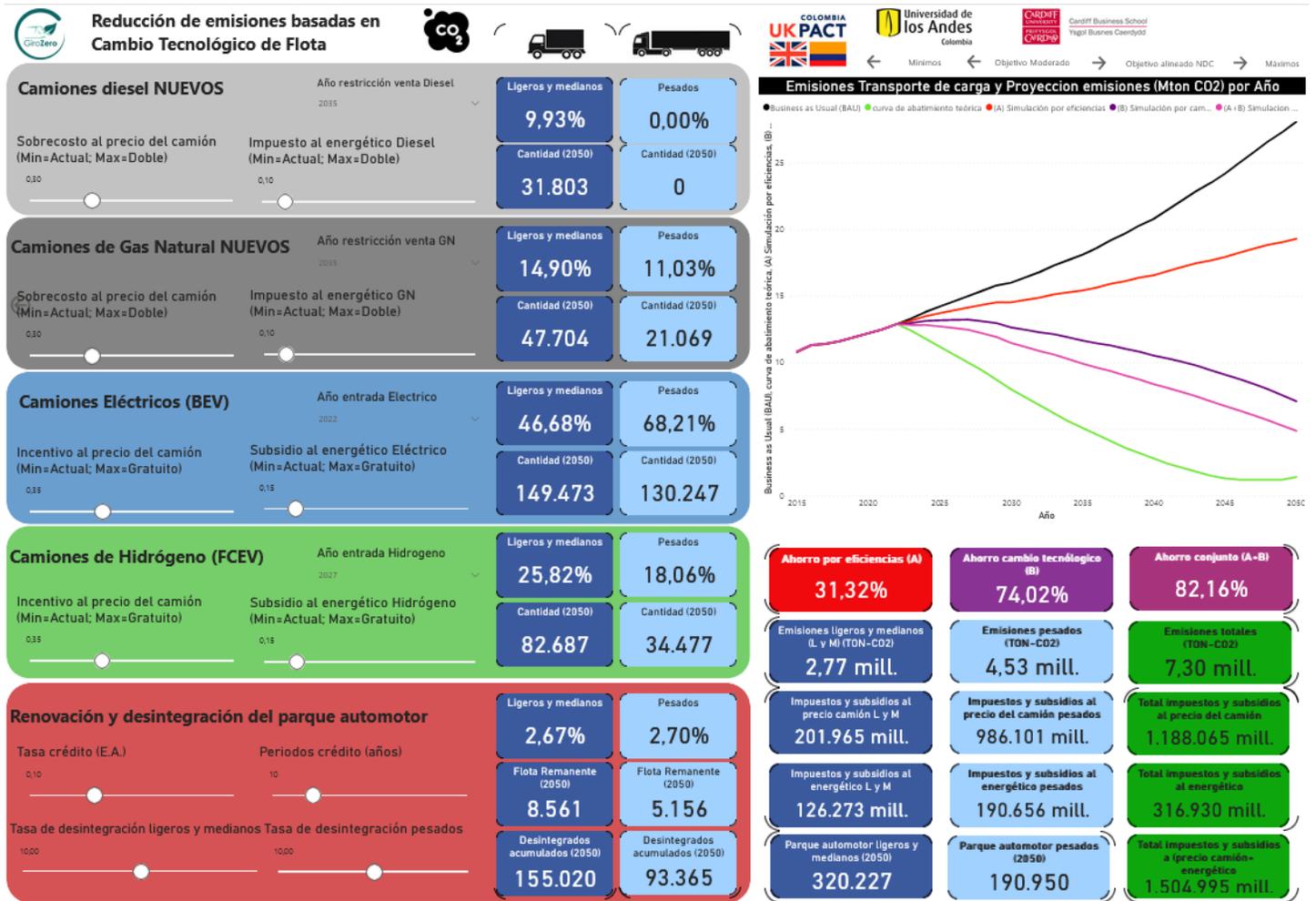
Simulación de ascenso tecnológico con objetivo alineado a la NDC (SimNDC)

A partir de la anterior simulación, se incrementan los sobrecostos a tecnologías de combustible fósil y los incentivos a tecnologías de cero emisiones. Imponiendo sobrecostos del 30% a las tecnologías fósiles e incentivos del 35% a tecnologías con cero emisiones, y por concepto de energéticos fósiles se simula un impuesto del 10% y a las tecnologías de cero emisiones un incentivo al energético del 15%. Este es un panorama es conservador comparado con políticas

más agresivas como el impuesto de registro de Dinamarca que para el 2016 rondaba el 105% y posterior al 2016 tuvo rangos entre 150% y 180% y con este recaudo se financia la infraestructura de carga y movilidad del país. (Asplund, 2018). Dado este panorama de sobrecostos, impuestos y restricciones a tecnologías de combustibles fósiles, se podría llegar en el 2030 a una reducción de emisiones del 21% y bajo los mismos supuestos en el 2050 al 74%.

56 La composición actual es de 99.4% de Diesel/gasolina, 0,48% de Gas Natural, 0,11% de eléctricos y 0% de Hidrógeno

Figura 17. Simulación con objetivo alineado a la ambición NDC



Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto GIRO ZERO



Tabla 14. Configuración de flota de camiones para simulación alineada a la NDC proyectada al 2050

Simulación alineada NDC (2050)	Ligeros y Medianos	Pesados	Total	Composición Ligeros y Medianos Simulación alineada NDC (2050)	Composición Pesados Simulación alineada NDC (2050)	Composición de la flota total Simulación alineada NDC (2050)
Diesel	31.803	0	31.803	10%	0%	6%
Gas Natural	47.704	21.069	68.773	15%	11%	13%
Eléctricos	149.473	130.247	279.720	47%	68%	55%
Hidrógeno	82.687	34.477	117.164	26%	18%	23%
Flota convencional Remanente	8.561	5.156	13.717	3%	3%	3%
Total	320.228	190.949	511.177	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto **GIRO ZERO**

- **Comparación de las dos simulaciones objetivo moderado y con objetivo alineado a la NDC.**

Al compararse ambas simulaciones al 2050, se observa la composición proyectada del parque automotor, en el cual las tecnologías de cero emisiones pueden llegar a dominar entre el 51% y el 78% del mercado como se observa en la Tabla 14.

De la comparación de estas dos simulaciones al 2050, se observan escenarios prometedores y a la vez logrables económicamente, con un considerable esfuerzo económico y de voluntad política, en los cuales los costos anuales⁵⁷ de esta política pueden estar entre 349.000 millones de pesos anuales con una 13.230.000 tCO₂ de reducción y hasta 1,5 billones de pesos 20.800.000 tCO₂ de reducción en la simulación de mayor reducción de emisiones.

Lo anterior todavía a un costo razonable de \$72.357 / tCO₂. (18 USD/tCO₂)⁵⁸. Bloomberg sugiere que un precio de USD\$ 50 /tCO₂⁵⁹ estaría alineado para cumplir los requerimientos del Acuerdo de París. Al momento que se redacta este documento el costo de emisiones de dióxido de carbono en los mercados financieros llegó a picos intradiarios en febrero de 2022 a \$112 USD / tCO₂⁶⁰ (COP\$444.192/ tCO₂)⁶¹. Esta simulación se puede visualizar en la Figura 17.

57 Los costos son la suma de los incentivos otorgados a precios de los camiones y subsidios a los energéticos de combustibles fósiles y se le restan los impuestos recibidos por conceptos de precios de los camiones y energéticos de cero emisiones

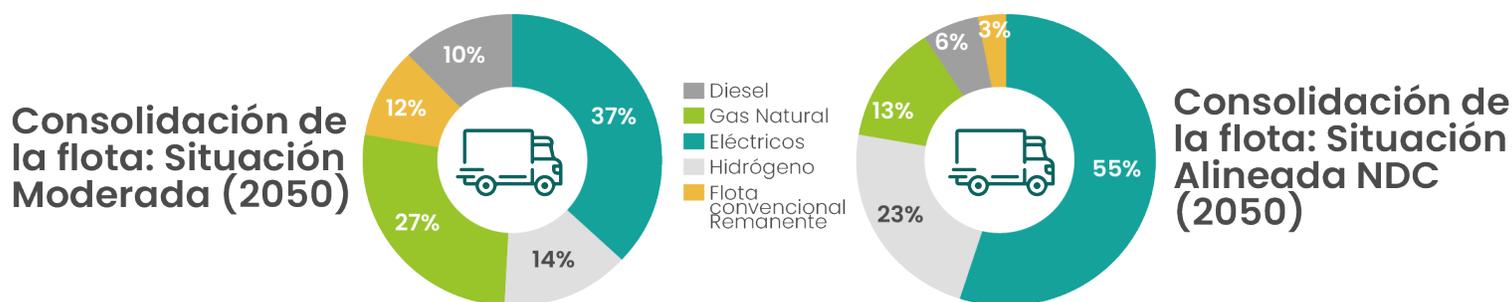
58 Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) USD/COP de 3.966 al final del mes de abril de 2022, Banco de la República de Colombia

59 <https://www.bloomberg.com/netzeropathfinders/best-practices/carbon-pricing/>

60 <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2022-02-10/the-market-is-finally-putting-a-realistic-cost-on-carbon-as-credits-price-soars>

61 Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) USD/COP de 3.966 al final del mes de abril de 2022, Banco de la República de Colombia

Figura 17. Composición de la flota al 2050 con dos simulaciones distintas



Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto **GIRO ZERO**

Tabla 15 Comparación de simulaciones con horizonte a corto, mediano y largo plazo y su respectivo costo a largo plazo.

Comparación de simulaciones		2026	2030	2050	Costo política anual (Millones \$COP)	Costo política / Ton CO ₂ (\$COP/ Ton CO ₂)
Simulación con objetivo Moderado	Emisiones reducidas en%	5,89%	12,90%	47,09%	349.000	\$ 26.375
	Emisiones reducidas (MM Ton CO ₂)	0,860	2,064	13,232		
Simulación alineada NDC 2030	Emisiones reducidas en%	4,59%	21,00%	74,02%	1.504.995	\$ 72.357
	Emisiones reducidas (MM Ton CO ₂)	0,670	3,360	20,800		

Fuente: Elaboración propia usando el Simulador de reducción de emisiones Proyecto **GIRO ZERO**

Finalmente, se resume en la Tabla 15 los resultados de las simulaciones a los distintos horizontes de tiempo (corto, mediano y largo plazo) de las distintas simulaciones realizadas según las prácticas de eficiencia operacional y de cambio tecnológico, en las que se concluye que es posible la reducción de emisiones que se dará por medio de costos, incentivos y subsidios para lograr el ascenso tecnológico.

Escanea el código y accede al documento



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

Anexo 5

Tablero de control de indicadores clave

Fuente de la imagen: © Andrés Felipe Rey. Proyecto Giro Zero



Riesgos externos e incertidumbres

Dado el horizonte temporal hasta 2050, existe incertidumbre asociada para todos los escenarios de mitigación y abatimiento. Así mismo, aún existe incertidumbre asociada con los cambios culturales, sociales y tecnológicos en el camino hacia las cero emisiones.

Si bien estudios señalan que a partir del Acuerdo de París y de la COP26 los gobiernos y compañías se comprometieron a realizar inversiones más agresivas en tecnologías limpias, aún la economía global es altamente dependiente de combustibles fósiles y sin una acción más efectiva el mundo acarreará pérdidas de entre el 4 y el 18% del PIB global a causa de diferentes impactos (FEM, 2022).

Existen también riesgos asociados a la transición hacia las cero emisiones que se pueden apreciar en la figura siguiente y que reflejan la percepción mayoritaria de que la salud del planeta es la amenaza más significativa para los próximos diez (10) años (FEM, 2022). Solo una transición justa hará que las consecuencias sean asumidas por todos los actores del sector transporte y necesitará de un gobierno que diseñe políticas que ayude a reducir los impactos a los grupos de interés más afectados en términos sociales.

Figura 19: Principales riesgos externos e incertidumbres asociadas a la reducción de emisiones



Fuente: Elaboración propia basados en (FEM, 2022).



Recomendaciones hacia cero emisiones

El país inició oficialmente su camino hacia la descarbonización con la adopción del Acuerdo de París en 2017 y junto con este compromiso se han desarrollado una serie de estrategias y políticas, las cuales han servido para lograr los primeros cambios y ser líder a nivel latinoamericano en algunas estrategias tales como matriz energética y electrificación de la movilidad sobre todo en vehículos livianos.

Por otro lado, al ser contrastados con la última ambición de reducción de emisiones planteada en la NDC 2020 y la estrategia de largo plazo a 2050 (LTS), se tiene un reto mayor que se podría lograr cambiando las metas de las políticas actuales con mayores ambiciones e implementando un nuevo conjunto de políticas enfocadas en el ascenso tecnológico. Para lograrlo, se requiere del liderazgo del

sector público ya que se tiene un corto periodo para actuar al 2030 y unas políticas muy contundentes que tendrán que ser diseñadas desde 2022 e implementadas entre 2026 y 2050.

A continuación, se relacionan las principales recomendaciones para alcanzar las cero emisiones en el sector TAC. Estas recomendaciones se explican en detalle en el documento titulado “Recomendaciones a los Sectores Público y Privado”, el cual está disponible en la página web del proyecto Giro Zero: <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>. La Tabla 16, a continuación, presenta las recomendaciones para el sector público. La Tabla 17 presenta las recomendaciones para el sector privado.

Tabla 16. Recomendaciones para sector público

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Configuración de flota	Establecer la gradualidad para salida de tecnologías que no cumplan la normativa EURO VI, Restricciones medioambientales nacionales a flota antigua	MADS Y MT	Propietarios de vehículos, gremios	Ley 1972 de 2019 modificada	C
	Armonizar los programas nacionales y locales de renovación y modernización de vehículos de carga	MT	DNP, MHCP, Gobiernos locales	Número de camiones desintegrados anualmente	C
	Realizar un estudio de factibilidad y contratar pilotos de estaciones de recarga eléctrica y de hidrógeno	UPME	MME	Recomendaciones sobre la tecnología más apropiada para el contexto colombiano. Cálculo de los costos, beneficios de establecer estaciones de recarga de hidrógeno	C

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Configuración de flota	Inversiones públicas y subsidios para la construcción de redes de distribución de energéticos renovables en corredores estratégicos	MME	MHCP	Km de redes de distribución de energéticos cero emisiones construidas	C para electricidad
	Realizar una evaluación de resultados del programa de desintegración en Colombia	DNP	MT	Impacto de los programas de desintegración vehicular	C
	Reducción de trámites para acceder a beneficios tributarios	DIAN	MT, MHCP, MADS, Congreso de la República	Número de camiones nuevos con los que se accedió a beneficios tributarios por año	C
	Aumentar los incentivos para adquisición de flota hacia cambio tecnológico de cero emisiones y establecer la regulación técnica de los vehículos	MT	DIAN, MHCP, MADS, Congreso de la República	Porcentaje de camiones de cero emisiones operando en el territorio nacional.	C
	Equilibrar los incentivos de cambio tecnológico entre tecnologías de bajas emisiones.	MT	DIAN, MHCP, MADS, Congreso de la República	Porcentaje de camiones de bajas emisiones según tecnología.	C
	Establecer un impuesto vehicular anual con tasas más altas para los camiones más antiguos.	Gobiernos locales	MT	Tasa de desintegración anual de vehículos de más de 20 años	C

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Configuración de flota	Formular estándares de validación local para tecnologías de propulsión y sus emisiones	ANSV	MT, fabricantes de vehículos y Academia	Publicar estándares y resultados de pruebas	M
	Establecer programas de Investigación y Desarrollo para implementar tecnologías cero emisiones en el TAC	MINCIENCIAS	MT	Programas de investigación y desarrollo implementados	M
	Establecer restricciones para la fabricación, ensamblaje e importación de camiones con estándares bajos de emisión diferenciación por uso y tipo de vehículo.	MT, MINCIT.	DNP, Congreso, MADS Propietarios de vehículos, gremios	Porcentaje de vehículos que ingresan al país o se producen con tecnologías de combustibles fósiles, diferenciando entre vehículos ligeros y vehículos pesados.	M
	Formular Marco Nacional de cualificaciones y programas para mantenimiento de vehículos de cero emisiones	Ministerio de Educación	SENA-MT	Programas de formación relacionados con vehículos de cero y bajas emisiones en TAC	M

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Administración de flota	Crear un programa de certificación, auditoría y etiquetado de emisiones para camiones, flotas de camiones y empresas de transporte	ICONTEC	MT, empresas de transporte	Porcentaje de la flota certificada y etiquetada	C
	Incentivar la medición de emisiones por parte de empresas y transportadores independientes	MADS	Empresas de transporte	Porcentaje de los camiones que miden sus emisiones	C
	Crear un programa de logística verde de reconocimiento al sector privado, financiado por el gobierno: Programa GIRO ZERO	MT	Empresas de transporte	Programa GIRO ZERO creado	C
	Incluir la medición de huella de carbono en la cadena logística en la ENL 2022	DNP	Empresas encuestadas	Medición o no de la huella de carbono en las empresas Estadísticas representativas y desagregadas de la huella de carbono en la cadena logística (gCO ₂ /ton-km)	C
	Medir emisiones de camiones en carretera	Policía de carreteras	MT, MADS, ANSV	Porcentaje de la flota inspeccionada	C
	Con etiquetado de vehículos, los gobiernos locales deberán establecer metas de reducción de emisiones y control de calidad del aire	Alcaldías	Empresas de transporte	Metas de reducción de emisiones en ciudades establecidas en los planes de desarrollo	M

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
	Implementar zonas de cero y bajas emisiones en ciudades y restricciones diurnas y pilotos nocturnos con programas de reconocimiento	Alcaldías	Empresas de transporte	Corredores urbanos accesibles solo a vehículos de cero y bajas emisiones	M
Conducción segura y eficiente	Hacer una medición independiente de los beneficios de los programas privados de eco-conducción que ya existen en el mercado	MT	Proveedores de programas de eco conducción	Identificación de los programas más costo-efectivos para el contexto colombiano	C
	Establecer programas de formación en Eco conducción adaptado a las necesidades de las distintas regiones del país	SENA	MT	% de los conductores del sector TAC capacitados	C
	Incentivar acceso a programas de eco conducción privados reconocidos	Academia	MT, COLFECAR	% de los conductores del sector TAC capacitados	C
	Promover ajustes en la regulación que tiene que ver con requisitos y condiciones de trabajo por parte de los conductores de transporte terrestre de carga y crear programas de profesionalización	Mintrabajo	MT, SENA	% de los conductores del sector TAC capacitados	M

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Regulación	Actualizar todas las políticas, estrategias y programas vigentes a la nueva ambición de la NDC 2020 con el enfoque de incrementar las metas cuantitativas	DNP	MADS MME MT	Políticas y regulaciones actualizadas en el sector transporte	C
	Reestructurar el programa de modernización (desintegración) del parque automotor de carga	MT	DNP	Número de vehículos desintegrados y tiempo promedio de los trámites	C
	Adoptar herramientas cuantitativas para tomar decisiones informadas en políticas y regulaciones	MT DNP	Academia	Simulador y tablero de control implementado en sistemas del Gobierno	C
	Establecer un Fondo de tecnología del H2 con capítulo para vehículos de carga.	MME	DNP	Promedio anual en Millones de pesos del fondo para tecnologías FCEV para camiones	M
	Ampliar e interoperar la información del RNDC y RUNT	MT	Academia	Sistemas de información integrados	M
	Establecer obligatoriedad de planes de reducción de emisiones a empresas con flota propia o que contraten flota tercerizada	MT	Empresas	Planes de reducción de emisiones formulados y metodología publicada	L

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Optimización logística	Autorizar la circulación de vehículos combinados de carga en corredores habilitados	INVIAS	MT	Costo y emisiones de transporte por ton-km según configuración vehicular	C
	Regular y vigilar los tiempos de espera para cargar y descargar	MT	Supertransporte, puertos, generadores de carga, empresas de transporte	Tiempo promedio de espera en puertos y plataformas	C
	Reducir y armonizar las restricciones locales y regionales a la circulación de camiones	MT	Gobiernos locales	Tiempo promedio de viaje en los principales corredores logísticos.	M
Organización sectorial	Convertir al Comité de Infraestructura, Transporte y Movilidad Sostenible en un espacio de participación amplio y efectivo que incluya a los principales actores del sector con una agenda concreta para la descarbonización del TAC y con objetivos más amplios más allá de resolver únicamente cuellos de botella del sector privado	Presidencia de la República	DNP, MT, MME, MADS, UPME	Número de políticas, programas, cuellos de botella resueltos y proyectos de transporte automotor de carga de cero o bajas emisiones implementados	M
	Flexibilizar los requisitos de habilitación de empresas de transporte creando la figura para pequeños propietarios de vehículos de transporte de carga PPVTC (CONPES 3963)	MT	Supertransporte, gremios	Cantidad de empresas de pequeños propietarios habilitadas	C

Fuente: "Recomendaciones a los Sectores Público y Privado", disponible en la página web del proyecto GIRO ZERO: <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>

Tabla 17. Recomendaciones para sector privado

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Configuración de flota	Hacer uso de instrumentos financieros para el ascenso tecnológico	Propietarios	Empresas de transporte	% parque automotor renovado	C
	Renovar la flota urbana de carga de combustible fósil a eléctrica en la primera década 2020-2030	Propietarios de vehículos	Gremios, empresas de transporte	% de flota de cero y bajas emisiones	C
	Apoyar la validación de tecnologías de propulsión en Colombia	Academia	Academia, gobierno, gremios, generadores de carga	Número de veces que se utilizan los protocolos de validación adaptados al caso colombiano	C
	Hacer pilotos con nuevas tecnologías de propulsión de camiones	Asociaciones de transportadores, empresas de transporte, generadores de carga	Academia, fabricantes de vehículos	Publicación de resultados	C para eléctrico M para hidrógeno
	Invertir en infraestructura de recarga de electricidad e hidrógeno en rutas nacionales	Proveedores de energéticos	Propietarios de vehículos, MME, MT	Cantidad de estaciones de recarga (E o H2)	M
	Convertir la flota nacional de combustible fósil a tecnología eléctrica entre 2022 y 2030 y de hidrógeno en las décadas: 2030 y-2050	Propietarios de vehículos	Gremios, empresas de transporte	% de flota de cero emisiones	M L

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Administración de flota	Medir el consumo de combustible de la flota propia de forma rigurosa y periódica	Propietarios y empresas con flota propia	Empresas de transporte	Porcentaje de la flota a la que se le midió el consumo de combustible el año anterior	C
	Establecer hojas de ruta hacia cero emisiones	Empresas de transporte y generadores de carga	Academia	Hitos de reducción de emisiones 2022-2050	C
	Medir las emisiones de la flota propia de forma rigurosa y periódica	Empresas con flota propia	Transportadores	Porcentaje de la flota a la que se le midieron las emisiones el año anterior	C
	Adoptar un programa de logística verde de reconocimiento al sector privado, financiado por el gobierno: Programa GIRO ZERO	Empresas de transporte	MT	Programa implementado	M
	Estimar las emisiones en la cadena de suministro de las industrias	Generadores de carga, ANDI	Empresas de transporte, otros gremios	Programas de medición de emisiones de los proveedores	M

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Conducción segura y eficiente	Formación en Ecoconducción de manera periódica a todos los conductores	Empresas de transporte de carga	COLFECAR, Conductores	Reducción en el consumo de combustible, por ruta, camión y conductor, medido en galones por km.	C
	Seguimiento individualizado de los conductores	Empresas de transporte de carga	Agremiaciones (COLFECAR), Conductores, empresas de transporte, Generadores de carga, Fabricantes de camiones	% de conductores evaluados Reducción de consumo de combustible en galones por kilómetro Estímulos otorgados	M
Optimización logística	Elaborar y publicar estudios en los corredores logísticos principales para elaborar una lista de vías donde se pueden usar estos vehículos combinados de carga	ANDI	Generadores de carga	Costo y emisiones de transporte por ton-km según configuración vehicular	C
	Utilizar las plataformas digitales que conectan generadores de carga, empresas de transporte y transportadores independientes	Generadores de carga, empresas de transporte y transportadores independientes	Proveedores de plataformas digitales	Tiempo promedio de espera para encontrar carga de compensación Porcentaje de viajes vacíos	C
	Coordinar viajes para consolidar carga	Generadores de carga	Empresas de transporte	Porcentaje de utilización de camión (%)	C
	Hacer pilotos para estimar los beneficios de la gestión de llantas	Empresas de transporte y transportadores independientes	Academia	% de reducción en el consumo de combustible	C

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Optimización logística	Hacer pilotos para estimar los beneficios de accesorios aerodinámicos	Empresas de transporte y transportadores independientes	Academia	% de reducción en el consumo de combustible	C
	Coordinar carga para conectar viajes de compensación	Generadores de carga	Empresas de transporte	Porcentaje de viajes vacíos (%)	C
	Reducir el tamaño de empaques y aumentar densidades	Generadores de carga	Empresas de transporte	Porcentaje de utilización de capacidad en camiones (%)	M
	Adquisición y operación de vehículos VCC	Propietarios de vehículos	Empresas de transporte / generadores de carga	Costo y emisiones de transporte por ton-km según configuración vehicular	M
Organización sectorial	Crear plataformas colaborativas para intercambiar experiencias y casos de estudio sobre métodos para reducir emisiones y consumo de combustible	Gremios y asociaciones de transportadores	Academia, MT	Contribuciones a la plataforma creada	C
	Masificar y utilizar las plataformas digitales que conectan generadores de carga, empresas de transporte y transportadores independientes	Generadores de carga, empresas de transporte y transportadores independientes	Operadores de plataformas digitales	Tiempo promedio de espera para encontrar carga de compensación Porcentaje de viajes vacíos	C

Dimensión	Se recomienda	Responsable	Actores público-privados que deben cooperar	Indicador de medición	Horizonte de implementación (Corto (C) Mediano (M) Largo (L))
Organización sectorial	Asociaciones de transportadores independientes proveen servicios a sus asociados tales como: 1. Asociación para la emisión de bonos verdes 2. Poder de negociación para comprar camiones, contratar cursos de autoconducción y adquirir plataformas de visibilidad logística. 3. Información sobre los costos y beneficios de tecnologías y prácticas que reducen consumo de combustible 4. Cooperativas financieras 5. Estudios ambientales para acceder a beneficios tributarios	Asociaciones de transportadores independientes	Propietarios, conductores	% de transportadores independientes en la asociación que han renovado flota	M

Fuente: "Recomendaciones a los Sectores Público y Privado", disponible en la página web del proyecto GIRO ZERO: <https://girozero.uniandes.edu.co/publicaciones/investigaciones>

La incertidumbre es una barrera clave para las inversiones, para lo cual se debe informar a la sociedad los planes e hitos específicos al 2050. La hoja de ruta pretende identificar las medidas de política pública necesarias para proveer un marco apropiado para los diferentes actores y tomadores de decisiones. Las distintas simulaciones sugieren que, si las inversiones son pospuestas, será más difícil y costoso llegar a la meta de cero emisiones, creando una mayor disrupción en el momento en que medidas regulatorias deban ser adoptadas en el sector. Por ello, es urgente empezar a desarrollar tareas de corto plazo pues las inversiones en el sector energético toman tiempo (usualmente décadas) para producir resultados (EU, 2012).

Siguientes pasos

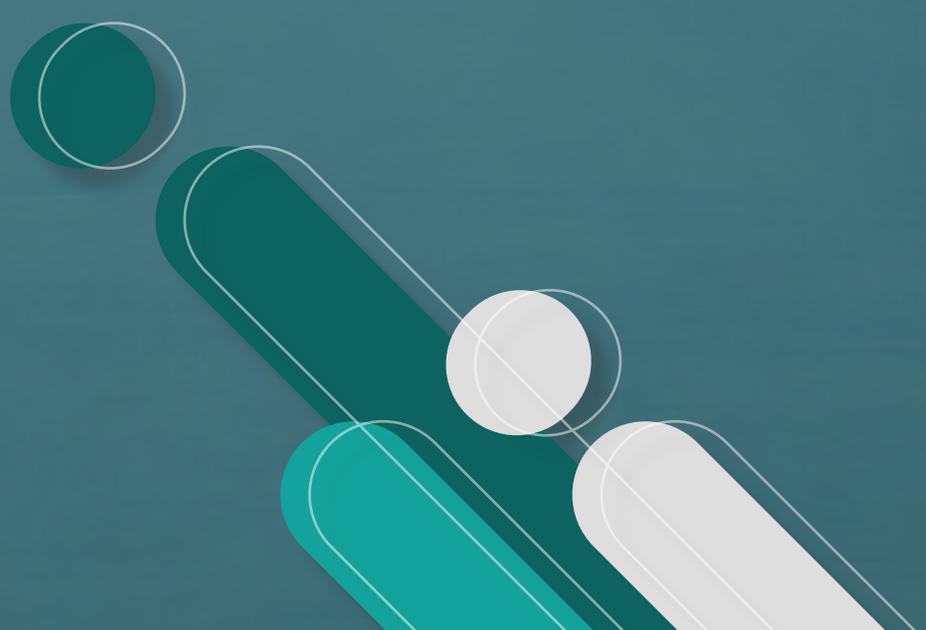
Las dos simulaciones de referencia demuestran posibles caminos hacia las cero emisiones en el TAC. Es evidente, que a través de las distintas combinaciones de medidas planteadas en la sección anterior y con las recomendaciones generadas para los sectores público y privado, el país debe avanzar en la ruta hacia las cero emisiones en el sector TAC. Sin embargo, todas las acciones deberán ser monitoreadas para garantizar su implementación ya sea en el horizonte temporal recomendado o más adelante y así poder evaluar su impacto en la reducción de emisiones de GEI. El hecho de no implementarlas en el horizonte planteado hace que las decisiones y políticas a adoptar tanto por el sector privado como por el Gobierno nacional o local deban ser más drásticas conforme se acercan las fechas de los compromisos internacionales.

Así mismo, derivado de la COP 26 y de la próxima COP 27, surgirá la posibilidad de encontrar más apoyo a nivel internacional para la transición energética y así mismo de establecer metas para el sector de transporte de carga en Colombia. Lo anterior, define también la posibilidad de incorporar estos compromisos en el próximo plan de Gobierno de Colombia para el período 2022 a 2026.





Bibliografía



ABD, A. b. (2021). 2021 recommendations on energy. Retrieved from <https://americasbd.org/en/>

AEXPRESS S.A.S. (n.d.). IDENTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN SEGURIDAD VIAL - AEXPRESS S.A.S. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co/sites/default/files/Ficha%20de%20Buenas%20Prácticas_Aexpress.pdf

Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2019). GREMIOS, FEDERACIONES Y ASOCIACIONES DEL TRANSPORTE [Dataset]. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewi12LT42uXwAhV2RDABHTzmBwwQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fansv.gov.co%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FDocumentos%2FAgencia%2Ftalento%2FDIRECTORIODEAGREMIACIONES12082019xls>

Agencia Nacional de Seguridad Vial. ANSV. (2021a). Histórico víctimas. Obtenido de <https://ansv.gov.co/es/observatorio/estad%C3%ADsticas/historico-victimas>

Agencia Nacional de Seguridad Vial. ANSV. (2021b). Matriz de Colisión. Obtenido de <https://ansv.gov.co/es/observatorio/estadísticas/matriz-de-colision>

Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competencia e innovación: una relación de U invertida. La revista trimestral de economía, 120, 701-728.

Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competencia e innovación: una relación de U invertida. La revista trimestral de economía, 120, 701-728.

Åkerman, I. (2007). European Modular System for road freight transport – experiences and possibilities (Vol. Report 2007:2 E). Sweden, Stockholm: KTH, Department of Transportation and urban economics . doi:ISBN 13: 978-91-85665-07-5

ALICE, T. E. (2019). Roadmap towards Zero Emissions Logistics 2050.

Alises et al, A. A. (2014). Road freight transport decoupling: A comparative analysis between the United Kingdom and Spain. Transport Policy, 186-193.

Allen, T., Atkin, D., Cantillo, S., & Hernandez, C. (2021). Trucks. Mimeo.

ANDI. (2016). Escenarios eficientes en la operación de transporte de carga por carretera. Retrieved from <http://www.andi.com.co/Uploads/Escenarios%20Eficientes%20en%20la%20operac%20io%CC%81n%20de%20transporte%20de%20carga%20por%20carretera.pdf>

Andrew, R. (2020, January). It's getting harder and harder to limit ourselves to 2°C. Retrieved from CICERO Center for International Climate Research: https://folk.universitetetioslo.no/roberan/t/global_mitigation_curves.shtml

ANH, A. N. (2020). Informe de recursos y reservas. Bogotá.

ARGOS. (2017). Medellín busca salvar vidas con puntos seguros para motociclistas. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de <https://saladeprensa.argos.co/Biblioteca-de-recursos/Videos/medell237n-busca-salvar-vidas-con-puntos-seguros-para-motociclistas>

Asplund, M. J. (2018). Winners and losers from an announced durable tax hike: Tesla in Denmark. Applied Economics, 1-9. doi:doi:10.1080/00036846.2018.1520963

ASSIST4. (2014). (AEB) Retrieved 08 01, 2014, from <http://www.aeb.de/de/assist4/transport-freight-management/index.php>

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). El transporte automotor de cargas en América Latina. Nota Técnica IBD-TN-1877.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). El transporte automotor de cargas en América Latina. Nota Técnica IBD-TN-1877.
- CEI. (2019). Las medidas de reducción de gases de efecto invernadero y su impacto sobre el costo de las exportaciones argentinas. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto.
- Croner-i. (5 de Julio de 2013). Camiones más aerodinámicos reducen los costos de combustible. Recuperado el 01 de Junio de 2021, de <https://app.croneri.co.uk/feature-articles/more-aerodynamic-lorries-cut-fuel-costs>
- Crooks, E. (2020). The long haul for electric heavy trucks. Retrieved from <https://www.woodmac.com/news/opinion/the-long-haul-for-electric-heavy-trucks/>
- DANE. (2022, Febrero). Retrieved from <https://www.dane.gov.co/>.
- De Jong, G. (2014). Modelling freight transport. Elsevier. Retrieved from <https://significance.nl/wp-content/uploads/2019/03/2004-GDJ-Drivers-of-freight-transport-demand-worldwide.pdf>.
- Decreto 278 de 1998 (1998).
- Decreto Supremo Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003).
- Deloitte. (2018). Arrendamiento y gestión de flotas en América del Norte: facilitador clave para el futuro de la movilidad.
- Demir E. et al. (2014). A review of recent research on green road freight transportation. European Journal of Operational Research. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.033>
- Demir, E., Van Woensel, T., Bharatheesha, S., Burgholzer, W., Burkart, C., Jammerneegg, W., . . . Ernst, A. (2013). Una revisión de las herramientas de planeación del transporte. Deliverable D5.
- Departamento de Transporte. (2006). Seguros para Furgonetas: una guía para una conducción segura y eficiente en el consumo de combustible para furgonetas. Recuperado el 5 de May de 2021, de [http://www.northeastfreightpartnership.info/bestpractice/Publications/Developing%20skills/SAFED%20For%20Vans \[1\].pdf](http://www.northeastfreightpartnership.info/bestpractice/Publications/Developing%20skills/SAFED%20For%20Vans%20[1].pdf)
- Departamento de Transporte. (2009). El manual para conductores de camiones de bajo consumo de combustible. Mejores prácticas de transporte. Recuperado el 5 de May de 2021
- Departamento de Transporte. (2009). El manual para conductores de camiones de bajo consumo de combustible. Mejores prácticas de transporte. Recuperado el 5 de May de 2021
- Departamento de Transporte. (2018). Estadísticas de transporte de mercancías por carretera nacional 2017. Reino Unido: Departamento de Transporte. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/statistics/road-freight-statistics-2017>
- Departamento de Transporte. (2019). Estadísticas de transporte de Gran Bretaña. Departamento de Transporte, Great Minister House, Londres, Reino Unido.
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). Encuesta Nacional Logística 2015. Bogotá. Retrieved from <https://colabora->

Bibliografía

cion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/Encuesta%20Nacional%20de%20Log%C3%ADstica%20Resultados%202015%20(002).pdf

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Encuesta nacional logística 2018. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/Paginas/Encuesta-Nacional-Logistica-2018.aspx>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Encuesta nacional logística 2018. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/Paginas/Encuesta-Nacional-Logistica-2018.aspx>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Política para el mejoramiento de la calidad del aire. Departamento Nacional de Planeación.

Departamento Nacional de Planeación. (2018a). Política para el mejoramiento de la calidad del aire. Departamento Nacional de Planeación.

Departamento Nacional de Planeación. (2019). Política para la modernización del transporte automotor de carga. Departamento Nacional de Planeación.

Departamento Nacional de Planeación. (2020). Encuesta nacional logística 2020. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de https://onl.dnp.gov.co/Recursos_compartidos/ENL_2020_Documento_Resultados_10-08-2021.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (2021). Encuesta nacional logística 2020 y 2018. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/Paginas/Encuesta-Nacional-Logistica-2018.aspx>

Departamento para el Transporte. (1 de Enero de 2020). Departamento para el Transporte. Obtenido de Departamento para el Transporte: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/932122/decarbonising-transport-setting-the-challenge.pdf

Departamento para los Negocios, la Energía y el Desarrollo Industrial. (2021, Marzo 25). 2020 UK greenhouse gas emissions, provisional figures . Retrieved from Departamento para los Negocios, la Energía y el Desarrollo Industrial: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/972583/2020_Provisional_emissions_statistics_report.pdf

Department for Transport. (2009). The fuel-efficient truck drivers' handbook. Freight best practices. Retrieved May 5, 2021, from https://postconflict.unep.ch/humanitarianaction/documents/02_08-04_06-04_02-22.pdf

Department for Transport. (2011). Revisión del crecimiento logístico. London. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/logistics-growth-review>

Department of Transport, D. (2009). The fuel efficient truck driver's handbook, good practices for the transport of goods.

DFT, D. f. (2021). Decarbonising transporte a better, greener britain.

DNP, D. N. (2017). Misión Logística. Bogotá.

DNP, D. N. (2019). CONPES 3963. Retrieved from documentos CONPES.

DNP, D. N. (2020). Política Nacional Logística Documento CONPES 3982 .

DNP, D. N. (2022). Documentos CONPES en seguimiento. Retrieved from SISCONPES: <https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/AccesoPublico?idFase=5>

- El centro para el Transporte de Mercancías por Carretera Sostenible. (2015, Enero 1). Optimizador. Retrieved from El centro para el Transporte de Mercancías por Carretera Sostenible: <http://www.csrf.ac.uk/output/technology/>
- Emmett, S. (2005). Transporte logístico de mercancías: nacional e internacional para gerentes y estudiantes. Cambridge académico.
- Eslava, M. (2000). La regulación de precios del transporte de carga por carretera en Colombia. Una visión de economía política. *Revista Desarrollo y Sociedad*, n.o 46, 1-41.
- Esquema de Reducción de Emisiones Logísticas. (2019, Enero 1). Revisión de Emisiones Logísticas 2018. Retrieved from Esquema de reducción de emisiones logísticas: <http://lers.org.uk/wp-content/uploads/2019/03/18166-LERS-Report-1118.pdf>
- EU, E. C. (2012). Energy roadmap 2050. Luxembourg: European Union.
- Ewing, G. O. (1998). Car fuel-type choice under travel demand management and economic incentives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(6), 429-444. doi:doi:10.1016/s1361-9209(98)00019-4
- FADEEAC. (n.d.). Presentación Rango Verde.
- Federación Internacional de Trabajadores del Transporte. (2020). Descarbonizando el Sistema de Transportes en Argentina : Trazando un Rumbo a Seguir Informe de Política Pública del Foro Internacional de Transportes. Paris: OCDE.
- FEM, F. e. (2022). Global risk report. World Economic Forum.
- Fiadone, R., Barbero, J., & Millan, M. (2020). El Transporte Automotor de Cargas en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo .
- Fleetio. (2020). 11 formas de mejorar la eficiencia de la flota. Retrieved May 5, 2021, from <https://www.fleetio.com/blog/11-ways-to-improve-fleet-efficiency>
- Fleming et al, A. F. (2021). Electrification of Medium- and Heavy-Duty Ground Transportation: status report. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 180-188.
- Futuro de la Movilidad. (2019). Un momento de cambio sin precedentes en la oficina gubernamental del sistema de transporte para la previsión científica: oficina gubernamental para la ciencia. Retrieved Mayo 5, 2021, from <https://www.gov.uk/government/publications/future-of-mobility>
- Galletas Noel S.A.S. (n.d.). Empresas en la red. Galletas Noel S.A.S. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de <https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co/?q=empresas/empresas-en-la-red/compañi-de-galletas-noel-sas>
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). Introducción a la planificación y control de sistemas logísticos. John Wiley & Sons.
- Giro Zero a, C. h. (2021). Plan estratégico de negocios. Bogotá.
- Giro Zero, C. h. (2021). Informe de revisión de la industria. Bogotá.
- GIZ German Corporation for International Cooperation; Environment, Federal Ministry of the; (BMU), Nature Conservation and Nuclear Safety - Germany; Transport, Ministry of. (2014). Unilateral NAMA: Sustainable road-based freight transport Colombia. An Overview. Retrieved May 31, 2021, from http://transferproject.org/wp-content/uploads/2014/11/Overview_COL_

Sus-Road-Freight-NAMA.pdf

Gobierno Colombiano: Contribuciones Nacionalmente Determinadas NDC. (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>

Gobierno de la República de Corea. (2020). Estrategia 2050 Carbono Neutral de la República de Corea: Hacia una sociedad verde y sostenible. Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_RKorea.pdf

Gobierno del Reino Unido. (2018, Julio 1). El Camino a Cero Emisiones. Retrieved from Gobierno del Reino Unido: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/739460/road-to-zero.pdf

Government Office for Science. (2019). Entendiendo el sistema de transporte de mercancías del Reino Unido, Transmodal. Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/777781/fom_understanding_freight_transport_system.pdf#page=37&zoom=100,93,301

Hernández, N. (2021, Abril 12). Presidente de COLFECAR. Comunicación Personal.

ICCT . (2021). The ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/sites/default/files/publications/eco-driving-latam-EN-apr2021-01.pdf>

ICCT. (2016). A technical summary of EURO 6/VI.

ICCT. (2021). TRUCK ECO-DRIVING PROGRAMS. (L. P. XIE, Ed.) Washington. Retrieved from <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/eco-driving-latam-EN-apr2021-01.pdf>

IDDR. (2014). Caminos hacia la descarbonización profunda - Informe provisional.

IDEAM . (2016). INVENTARIO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DE GASES EFECTO INVERNADERO - COLOMBIA. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>

Ideam. (2016). Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero. Obtenido de <https://unctad.org/system/files/non-official-document/Alan%20MCKINNON.pdf>

Immense. (2020). 6 pasos para ejecutar un escenario de flota exitoso con Immense. Retrieved May 5, 2021, from <https://immense.ai/2020/10/16/6-steps-to-running-a-successful-fleet-scenario-with-immense>

ITF. (2020). Descarbonizando el Sistema de Transportes en Argentina : Trazando un Rumbo a Seguir. Informe de Política Pública del Foro Internacional de Transportes, No. 76, Publicaciones de la OCDE, París.

ITF. (2020). Descarbonizando el Sistema de Transportes en Argentina : Trazando un Rumbo a Seguir Informe de Política Pública del Foro Internacional de Transportes. Paris: OCDE.

ITF, I. T. (2021). Transport Outlook. OCDE.

Keith, D. R. (2017). Driving the Future: A Management Flight Simulator of the US Automobile Market. Simulation & Gaming. MIT Sloan Business School. doi:doi:10.1177/1046878117737807

Lorduy, M. M. (2019). Ley 1964 de 2019: movilidad sostenible. Asuntos Legales. Retrieved from <https://www.asuntoslegales.com.co/consultorio/ley-1964-de-2019-movilidad-sostenible-2905412#:~:text=La%20Ley%201864%20del%2011,contribuye%20a%20la%20movilidad%20sostenible>

Losada, L. (2000). Los gremios empresariales en Colombia en los inicios del siglo XXI. Pontificia Universidad Javeriana.

McKinnon, A. (2015). Performance measurement in freight transport: Prepared for the Roundtable on Logistics Development Strategies and their Performance Measurements. Kuehne Logistics University, Hamburg, Germany. Retrieved from <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/mckinnon.pdf>

McKinnon, A. (2015). Towards an environmentally sustainable freight transport system: Setting the scene. Retrieved from <https://unctad.org/system/files/non-official-document/Alan%20MCKINNON.pdf>

McKinsey & Company, M. (2021, June 25). How hydrogen combustion engines can contribute to zero emissions. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-hydrogen-combustion-engines-can-contribute-to-zero-emissions?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=b89a3d19-0d93-4103-89d5-6c63953c-1dee&hctky=10445495&hlkid=5349e79cc3334679a1b0b50eb11>

Mejía-Palacio, O. (2016). Profesionalización del conductor de camión como factor crítico de éxito de una compañía de transporte terrestre de carga en Colombia. EAFIT.

Mendieta, M. P. (2013). Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs) en Colombia. Ministry of Environment and Sustainable Development. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Accion_nacional_Ambiental_/Documento_de_NAMAs.pdf

Mesa-Arango, R., Hernandez, C., Wilmsmeier, G., & Calatayud, A. (2021). Visibilidad del servicio de camiones en mercados emergentes: disposición a pagar, reputación y políticas públicas. Mimeo.

Mesa-Arango, R., Hernandez, C., Wilmsmeier, G., & Calatayud, A. (2021). Visibilidad del servicio de camiones en mercados emergentes: disposición a pagar, reputación y políticas públicas. Mimeo.

MHCP, M. d. (2021). Marco fiscal de mediano plazo. Bogotá.

Ministerio de Ambiente. (26 de Noviembre de 2020). Colombia reducirá en un 51% sus emisiones de gases efecto invernadero para el año 2030. Obtenido de Minambiente: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4877-colombia-reducira-en-un-51-sus-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

Ministerio de Transporte de Colombia. (1988). Decreto 2044 de 1988. Retrieved from <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=854>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2018). Cifras y estadísticas. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2019). Colombia recibe donación para promover movilidad eléctrica. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7166/colombia-recibe-donacion-para-promover-movilidad-electrica/>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2019). Colombia recibe donación para promover movilidad eléctrica. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7166/colombia-recibe-donacion-para-promover-movilidad-electrica/>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2020). Transporte en cifras 2019. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=25357>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2021). Transporte en cifras 2020. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/>

loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=25357

Ministry of Commerce, Industry and Tourism. (2016). POLITICA NACIONAL LOGISTICA: "Infraestructura, Transporte y Logística para el Desarrollo Empresarial" [Slides]. Retrieved May 31, 2021, from <https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=ae979ccb-961f-469b-89af-3600274608a2>

Ministry of environment and sustainable development. (2015). Portafolio NAMAs en curso. Retrieved May 31, 2021, from https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Accion_nacional_Ambiental_/PORTAFOLIO_NAMAS_DCC_publicar_ultima_version.pdf

Ministry of environment and sustainable development. (2017). MEDIDAS PRIORIZADAS PARA LA CONTRIBUCIÓN NACIONALMENTE DETERMINADA DE COLOMBIA EN MITIGACIÓN DE GEI. Retrieved May 31, 2021, from https://www.minambiente.gov.co/images/Medidas_NDC_25_agosto-1_Version_Comunicaciones_2.pdf

Ministry of environment and sustainable development. (2020). PORTAFOLIO DE MEDIDAS SECTORIALES DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia 2020. Retrieved May 17, 2021, from https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/NDC_Colombia/medidas_de_mitigación_NDC_de_Colombia_2020.pdf

Ministry of Transport. (2016). La visión de la movilidad sostenible desde el Ministerio de Transporte [Slides]. Retrieved May 31, 2021, from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiOvdey4OfwAhVwT-DABHTJ7AH0QFjAAegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Fmintransporte.gov.co%2Fdescargar.php%3Fid%3D5349&usg=AOv-Vaw2pE51A9a2ztb_nPSerHZfy

Ministry of Transport. (2019). Colombia recibe donación para promover movilidad eléctrica. Retrieved May 31, 2021, from <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7166/colombia-recibe-donacion-para-promover-movilidad-electrica/>

Ministry of Transport. (n.d.-a). NR-335 Integrated Improvement of Road-based Freight sector in Colombia. Retrieved May 31, 2021, from https://www4.unfccc.int/sites/PublicNAMA/_layouts/un/fccc/nama>NamaForRecognition.aspx?ID=229&viewOnly=1

Ministry of Transport. (n.d.-b). NR-119 Integrated Improvement of Road-based Freight sector in Colombia. Retrieved May 31, 2021, from https://www4.unfccc.int/sites/PublicNAMA/_layouts/un/fccc/nama>NamaForRecognition.aspx?ID=82&viewOnly=1

Mintransporte, M. d. (2021). Transporte en cifras.

Moros-Daza et al, A. C.-D.-M.-A. (2019). Using advanced information systems to improve freight efficiency: Results from a pilot program in colombia. doi:doi:10.1007/978-3-030-31140-7_2 Retrieved from www.scopus.com

Morrison, G. R. (2013). Effects of longer heavy vehicles on traffic congestion. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 228(6), 970–988. . doi:doi:10.1177/0954406213493384

NAMA Facility. (2021). About Us. Retrieved May 31, 2021, from <https://www.nama-facility.org/about-us/>

Naumov, S. (2022). Accelerating vehicle fleet turnover to achieve sustainable mobility goals. Journal of Operations Management. doi:DOI: 10.1002/joom.1173

OECD/ITF. (2010). Moving freight with better trucks: improving safety, productivity and sustainability. Paris. doi:<https://doi.org/10.1787/9789282102961-en>

Oficina Gubernamental de Ciencia. (2019). Comprensión del sistema de transporte de mercancías del Reino Unido, Transmodal. Obtenido de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/777781/fom_understanding_freight_transport_system.pdf#page=37&zoom=100,93,301

Organización de las Naciones Unidas. (2021). 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. Retrieved from <https://sdgs.un.org/goals>

Özen, M. e. (2020). Factors Affecting the Capacity Utilization of Road Freight Transport in Turkey. *Teknik Dergi/Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers* Open Access Volume 31, Issue 2, Pages 9813 - 9832. doi:<https://dx.doi.org/10.18400/tekderg.413807>

Palmer, A. e. (2018). A cost and CO2 comparison of using trains and higher capacity trucks when UK FMCG companies collaborate. Centre for Sustainable Road Freight, Heriot-Watt University, . Edinburgh, United Kingdom: Transportation Research Part D 58 (2018) 94–107. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.11.009>

Paragon Routing. (2014). (Paragon) Retrieved 08 01, 2014, from <http://www.paragonrouting.com/uk>

Paragon Routing. (2021). El software de optimización de rutas ayuda a los 3PL a ganar y mantener nuevos clientes de transporte. Retrieved Mayo 5, 2021, from <https://www.paragonrouting.com/en-us/blog/post/route-optimization-software-helps-3pls-win-and-keep-new-transport-customers/>

PLSU. (2020). Newsletter PLSU.

PRACAR3000. (2014). (Wanko) Retrieved 08 01, 2014, from <http://www.wanko.de/solutions.htm>

Programa Logística Verde. (2020). Pavimentando o Caminho para a sustentabilidade em logística. Programa Logística Verde.

Programa Transporte Inteligente. (2019, Oct). Brief Programa Transporte Inteligente. Buenos Aires: Ministerio de Transporte Ministerio de Hacienda Presidencia de la Nación.

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

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

Pulido, A., Chaparro, N., Granados, S., Ortiz, E., Rojas, A., Torres, C., & Turriago, J. (2016). Informe de Inventario Nacional de GEI de Colombia. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR_BUR2_Colombia.pdf

Red Empresarial de Seguridad Vial - Bogotá. (n.d.). SELLO DE EXCELENCIA EN SEGURIDAD VIAL. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de <https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co>

REDI, B. (2014). Estrategia Nacional para el desarrollo de infraestructura, estudio sectorial de transporte de carga. Bogotá: DNP.

Registro Único Nacional de Tránsito. (2020). Histórico Vehicular 2017-2020. Obtenido de <http://www.runt.com.co/ciudadano/consulta-historico-vehicular>

Renting Colombia. (2019). Vehículos eléctricos en Colombia: cómo ayudan a tu empresa. Obtenido de <https://renting.rentingcolombia.com/blog/vehiculos-electricos-y-movilidad-electrica>

Renting Colombia. (2019). Vehículos eléctricos en Colombia: cómo ayudan a tu empresa. Obtenido de <https://renting.rentingcolombia.com/blog/vehiculos-electricos-y-movilidad-electrica>

Resolución CNT 12 de 1998 y 68 de 1998 (1998).

Ritchie, H. (06 de Octubre de 2020). Coches, aviones, trenes: ¿de dónde proceden las emisiones de CO2 del transporte? Nuestro mundo en datos. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>

Ritchie, H., & Roser, M. (2020, Enero 1). Mezcla de electricidad. Retrieved from Ourworldindata.org: <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

RNDC. (2020). RNDC. Retrieved from <https://rncd.mintransporte.gov.co/MenuPrincipal/tabid/204/language/es-MX/Default.aspx?returnurl=%2f>

SCT. (2006). Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)-Instituto Mexicano del Transporte.

Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá. (2019). Anuario de Siniestralidad Vial de Bogotá 2018. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de https://www.simur.gov.co/portal-simur/wp-content/uploads/2019/files/datos-abiertos/documentos/anuario/Anuario_de_Siniestralidad_Vial_de_Bogota_2018.pdf

Servientrega. (n.d.). IDENTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN SEGURIDAD VIAL - SERVIENTREGA. Recuperado el 31 de Mayo de 31, de <https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co/sites/default/files/Anexo%201.%20Servientrega.pdf>

Smart Freight Centre. (2019). Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting (Vol. 2.0 framework of the Global Logistics Emissions Council (GLEC) Framework). Retrieved from <https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/what-is-glec-framework/58/>

Superintendencia de Transporte. (2020). Directorio de asociaciones y agremiaciones del sector. Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/directorio/asociaciones-y-agremiaciones-del-sector/>

Tob-Ogu, A., Kumar, N., Cullen, J., & Ballantyne, E. (2018). Mecanismos de intervención sostenible para gestionar las externalidades del transporte de carga por carretera: una revisión sistemática de la literatura. . *Sustainability*, 10(6), p.1923. doi:<https://doi.org/10.3390/su10061923>

Torregroza, N. M., Bocarejo, J. P., & Ramos, J. P. (2015). Fatiga y colisiones: el caso del transporte de mercancías en Colombia. Análisis y prevención de accidentes, 440-448. doi:<https://doi-org.ezproxy.uniandes.edu.co:8443/10.1016/j.aap.2014.08.002>

Transnova. (2021). Configuración de la flota. Retrieved May 5, 2021, from <https://www.transnova.co.za/solutions/fleet-configuration>

Transport&Environment, E. F. (2021). LNG Trucks: a dead end bridge. Emissions testing of a diesel- and a gaspowered long-haul truck. Graz.

Transporte, M. d. (2021). RUNT.

Transporte, M. d. (2021). RUNT.

Transporte, M. d. (2021). RUNT.

Unidad de Planeación Minero Energética. (2019). Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, motos, taxis, BRT. Obtenido de https://www.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Consortio_Usaene_sum

University of Oxford. (2020). The Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting. Retrieved from <https://www.smithschool.ox.ac.uk/publications/reports/Oxford-Offsetting-Principles-2020.pdf>

UPME. (2016). CONSULTORÍA TÉCNICA PARA EL FORTALECIMIENTO Y MEJORA DE LA BASE DE DATOS DE FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES COLOMBIANOS- FECOC - INFORME FINAL. (U. d. Union temporal INCOMBUSTION Universidad del Valle, Ed.) MEDELLIN.

UPME. (2019). Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, motos, taxis, BRT. Retrieved from https://www.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Consortio_Usaene_sum

UPME. (2019). PEN, Plan Energético Nacional 2020-2050. Retrieved from www.upme.gov.co.

VITO, U. (2020). Actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector. Bogotá.

Webfleet solutions. (2021). Gestión de flotas. Retrieved May 5, 2021, from https://www.webfleet.com/en_gb/webfleet/fleet-management

