

**Optimización de la Logística y Reducción de Emisiones CO2 en el Transporte
Nacional de carga
Un Análisis de los Impactos de la Economía Circular en Colombia**

Autores:

William Fernando Vanegas Munevar

Lina Fernanda Carpeta

Mateo Ernesto Quintero Acevedo

Universidad EAN

Facultad Ingeniería

Docente: Luz Amparo Acosta

Bogotá, Colombia

29 noviembre de 2023

Contenido

Planteamiento del Problema.....	6
Antecedentes del problema	7
Descripción del problema	9
Pregunta de investigación.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	10
Conveniencia de la Investigación.....	11
Justificación	11
Marco Teórico.....	13
Historia del Transporte de Carga en Colombia	14
Marco Legal del Transporte de Carga en Colombia.....	14
Impacto Ambiental: La Huella de Carbono.....	16
Economía Circular: Implementación en Colombia	17
Desafíos que enfrenta Colombia en términos de emisiones de CO2	18
Alianzas Gubernamentales para una Huella de Carbono Más Baja	19
Tecnología en la reducción de emisiones CO2 en el transporte de carga en Colombia	23
Tecnologías en logística sostenible	24
Big Data / Smart Mobility y Análisis predictivo en la Optimización de Rutas y Emisiones	26
Tendencias Futuras en el Uso de Big Data y Smart Mobility	28
Integración Total de Tecnologías	28
Automatización Avanzada	28
Mayor Énfasis en la Sostenibilidad	28
Influencia en la Logística Sostenible.....	28
Marco Institucional.....	29

Datos	29
Alternativas de Solución	30
Metodología	31
Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio.....	31
Diseño metodológico para la investigación.....	32
Alcance de Investigación	32
Definición de variables.....	32
Población y muestra	35
Instrumentos de Recolección de Información: Encuestas	36
Diseño instrumento	38
Técnicas de análisis de datos.....	43
Análisis de datos.....	45
Conclusión	50
Referencias.....	52

Lista de tablas

Tabla 1.....	33
Tabla 2.....	38

Lista de figuras

Figura 1 <i>¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos para el transporte de carga de su empresa?</i>	45
Figura 2 <i>¿con que frecuencia se realizan las labores de mantenimiento en sus vehículos de carga terrestre?</i>	45
Figura 3 <i>¿Cuál es la capacidad promedio de carga que puede soportar un vehículo de su flota de transporte de carga terrestre?</i>	46
Figura 4	46
Figura 5 <i>¿su empresa utiliza vehículos o híbridos en su flota de transporte de carga terrestre?</i>	47
Figura 6 <i>¿su empresa participa activamente en programas o asociaciones que buscan reducir la proliferación de CO2 en el sector de transporte de carga terrestre?</i>	47
Figura 7 <i>¿Su empresa recibe apoyo y gestión de recursos gubernamentales para la adquisición de nuevos vehículos o tecnologías limpias con el fin de reducir emisiones de CO2?</i>	48
Figura 8 <i>¿Qué tipo de carga transporta principalmente su empresa?</i>	48
Figura 9 <i>¿Conoce cuál es la cantidad de emisiones de CO2 generadas anualmente por su flota de transporte de carga terrestre? En caso que Sí indique cantidad</i>	49
Figura 10 <i>¿En qué medida tu empresa tiene la capacidad de realizar análisis de datos logísticos en tiempo real?</i>	50

Planteamiento del Problema

Antecedentes del problema

“La Organización de las Naciones Unidas (ONU) proyecta un aumento en la población a nivel mundial en los siguientes 30 años” (United Nations, s.f.a, párr. 1), por lo que enfatiza en modificar los hábitos de consumo de la población para aprovechar recursos de forma responsable entre ellos el sector transporte, conocido por su notable generación de emisiones de CO₂ el cual requiere de mejores prácticas sostenibles.

El sector transporte desempeña un papel fundamental en la economía de Colombia, así mismo genera un aumento de las emisiones de carbono de forma desmesurada lo cual ocasiona un deterioro ambiental e incide en el cambio climático, la exploración de nuevos yacimientos entre otros fenómenos de carácter socioambiental. “Al día de hoy el 90% de la carga que se moviliza en Colombia se hace por vía terrestre, lo que a su vez representa una participación cercana al 5% en el PIB agregado del país” (Arango, 2023, párr. 1). Colombia viene realizando pautas para llevar a cabo la transición del uso de combustibles fósiles a biocombustibles alternativos derivados de cultivos agrícolas y desechos orgánicos para el sector, sin embargo, se evidencia que esta alternativa carece de respaldos políticos que fomenten la importancia de adoptar este tipo de biocombustible de parte pública y privada.

La introducción del etanol en el mercado colombiano se remonta al año 2002, impulsado por la promulgación de la Ley 693 de 2001, que establecía la obligatoriedad de mezclar alcohol carburante con la gasolina utilizada por los vehículos en todo el país. A partir de 2005, se implementaron mezclas obligatorias de alcohol carburante en la gasolina, alcanzando actualmente el 8% (E8). En el caso del biodiesel, la Ley 939 de 2004 autorizó la inclusión de biocombustibles de origen vegetal o animal en el combustible diésel utilizado en el país. En la actualidad, la normativa exige una mezcla obligatoria del 7% o 10%.

La ausencia de incentivos fiscales, créditos para adquisición de vehículos de carga y regulaciones que impulsen el cambiar la flota de camiones que actualmente

recorren las vías de Colombia por modelos nuevos y eco amigables es el principal obstáculo a trabajar en una transición completa equilibrada a la sustentabilidad del transporte de carga. Actualmente Colombia atraviesa por un incremento en el valor del combustible lo que ha impactado de manera negativa el desarrollo de la actividad económica pero que a su vez genera actitud reacia de parte de las personas que hacen parte de este gremio por el poco apoyo gubernamental lo cual se evidencia inviabilidad en la transición de combustibles y cambio de flota.

El Ministerio de Transporte ha concebido e implementado un programa de modernización dirigido a vehículos de carga con una antigüedad igual o superior a 20 años y un peso bruto vehicular superior a 10,5 toneladas, excluyendo aquellos mencionados en el decreto 1079/15, art. 2.2.1.7.7.1. Este programa propone cuatro alternativas de modernización que, de manera integral, facilitarán mejoras sostenidas en la productividad tanto individual como colectiva del sector transportador.

(Ministerio de Transporte, s.f., p. 1)

Existe actualmente un programa del gobierno el cual “incentiva” el cambio de flota a las personas que hacen parte del gremio, donde los criterios para acceder a esta iniciativa no son asequibles debido a que personas de esta población son categorizadas de bajo recursos, otros no cuentan con el mínimo de flotas, no cumplen con los requisitos de la entidad que va a financiar y otorgar los recursos, entre otros. Es decir, el cambio está estipulado en documento mas no en trabajar para promoverlo.

Con esta investigación buscamos identificar los mecanismos que son responsables de la generación de dióxido de carbono CO₂ producto del transporte de carga de mercancías en el territorio nacional, a partir de los mayores trayectos de carga en Colombia donde más produce CO₂, guiándonos sobre el objetivo principal el cual es buscar alternativas que contribuyan a implementar mejores prácticas sostenibles de manera gradual, ya que realizar la transición de

manera definitiva es un proceso que requiere de políticas públicas sólidas y de cooperación internacional para acceder a créditos con el fin de captar financiación.

Descripción del problema

En Colombia el transporte de carga terrestre movilizó en el año 2022 más de 135 millones de toneladas correspondiente al 40.42% del total de la mercancía movilizada en el país, lo que ocasiona que este sector aporte el 53% de la producción total emisiones nacionales de contaminantes atmosféricos, si a esto le sumamos el crecimiento exponencial del costo del combustible podemos determinar lo sensible que es para Colombia este sector, su impacto en a la economía y aprovisionamiento; por lo que es prioritario implementar un modelo más eficiente para este tipo de transporte como es el caso de las economía circular que ha demostrado beneficios en temas de reducción de costo, mejora de la eficiencia, aumento de la competitividad, creación de empleo, conservación de recursos naturales, entre muchos otros que ayudan a un crecimiento no solo empresarial sino también social.

Pregunta de investigación

¿Cómo pueden las soluciones tecnológicas y los sistemas de información contribuir de manera efectiva a la medición, seguimiento y disminución de las emisiones de CO₂ en la logística de transporte Nacional carga, teniendo en cuenta el modelo de la economía circular en Colombia?

Objetivo general

Analizar y evaluar el volumen de emisiones de CO₂ producto del transporte nacional de carga, mediante el análisis de procesos integrados en la economía circular. Se buscará

identificar de manera exhaustiva a los protagonistas claves en el proceso de transporte de carga y sus entes emisores a las emisiones de CO₂.

Además, se explorarán oportunidades y alternativas de solución para integrar de manera efectiva y sostenible este tipo de transporte en esta economía verde. Esto implicará considerar la implementación de tecnologías más limpias y eficientes con el apoyo de sistemas de información, así como la promoción de la colaboración entre diferentes partes de la cadena logística y gobierno.

Objetivos específicos

- Identificar las cifras de CO₂ producidas por el transporte terrestre de carga a nivel nacional.
- Investigar los proyectos que actualmente vinculan el transporte nacional de carga con la economía circular.
- Determinar cuáles son las rutas de mayor tránsito dentro del territorio nacional que generan mayor sedimento de CO₂.
- Enunciar los procesos logísticos que puedan contribuir a disminuir las emisiones de CO₂.
- Discriminar los beneficios de la incorporación de prácticas de la economía circular en el sector de transporte.
- Identificar y evaluar soluciones tecnológicas innovadoras que puedan ser implementadas en la logística de transporte de carga nacional para reducir emisiones de CO₂.
- Evaluar las barreras y desafíos que surgen al integrar el transporte de carga en la economía circular, incluyendo aspectos logísticos, económicos y regulatorios.
- Proponer métricas y sistemas de seguimiento que permitan medir y evaluar de

manera continua el impacto de la economía circular en la reducción de emisiones de CO₂ en el transporte de carga nacional.

- Identificar los beneficios que se obtendrán para la salud poblacional nacional la disminución de emisiones de CO₂ lograda por la implementación de la economía verde.

Conveniencia de la Investigación

La investigación propuesta sobre la Optimización de la logística y reducción de Emisiones CO₂ en el Transporte Colombiano de carga, va a traer una serie de beneficios para las empresas en este sector los cuales son: mejora de la eficiencia en las operaciones logísticas, disminución de la huella de carbono, beneficios legales y tributarios, entre otros. Con esto, las empresas contarán con las herramientas para implementar estrategias que reduzcan las emisiones contaminantes, identificando oportunidades de eficiencia operativa dentro del mercado, lo que podría conducir a la optimización de rutas, el aprovechamiento eficaz de recursos mediante la incorporación de nuevas tecnologías propiciando que este sector sea más competitivo y sostenible. Adicional, también se evidenciarán beneficios para toda la sociedad mejorando la calidad del aire a nivel nacional, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático.

La metodología que usaremos para el desarrollo de la investigación combinará métodos cuantitativos y cualitativos para reconocer todo el impacto teórico que conlleva la economía verde en el sector de transporte de carga, se aplicarán técnicas de análisis de datos, modelado y revisión bibliográfica que nos permitirá obtener resultados de evidencia y aplicaciones reales ya en práctica.

Justificación

Dar a conocer el impacto ambiental producto de la actividad de Transporte de Carga en Colombia y cómo la implementación de los procesos de economía circular puede disminuir los mismos, con el propósito de dar información cualitativa que impulse y genere conciencia a las empresas de transporte sobre realizar una transición hacia una economía limpia y sostenible.

Puede ser un insumo de tipo informativo sobre la huella ambiental generada por la logística de la operación del Transporte de Carga en el país.

El valor de este tipo de investigaciones sobre las consecuencias ambientales de un sector específico tiene un impacto político, económico y social, por ello entidades como Naciones Unidas afirman que el ámbito del transporte es el principal emisor global de carbono en publicación *Su Guía Sobre el Cambio Climático: El Transporte*; asesores especializados como Crowe reconocen el impacto que traerá para Colombia no trabajar en la transición a una economía más sostenible, teniendo afirmaciones como:

“Para el año 2030, se prevé que aproximadamente el 2% de la población colombiana experimentará los impactos de los cambios ambientales, generando consecuencias económicas, desafíos en el suministro de agua, problemas de salud y escasez de alimentos” (Ministerio de Ambiente, 2021, p. 1).

Hallada en su publicación *Cambio climático ¿Podrá Colombia reducir la huella de carbono para 2050?* de Crowe (2021)

Por lo anterior es necesario dar prioridad a la búsqueda e implementación de nuevas metodologías que generen cambios observables en el corto plazo que son posibles, casos como el de TDM Transportes que en un año logró “disminución de emisiones atmosféricas, generación de vertimientos y residuos sólidos, consumos de agua, combustibles y otros insumos” (Gómez et al., 2014, p. 164).

Marco Teórico

Colombia es un país diverso geográficamente, posee tres cordilleras lo que genera que el transporte de mercancías y personas dentro del territorio sea vía terrestre. La logística y el transporte son elementos fundamentales para el progreso económico y el desarrollo nacional.

Durante el ejercicio de esta actividad de transporte en Colombia, se refleja de manera significativa con un incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), lo cual plantea impactos negativos sustanciales en términos de impactos ambientales, salud, sociales y en un largo plazo económicos.

Entendemos que:

El Dióxido de Carbono (CO₂) es Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales. (Centro UC, s.f., párr. 1)

Este gas genera un rol importante para la vida en la tierra más sin embargo también ocasiona preocupación por su excesiva presencia en el medio ambiente, contribuyendo al calentamiento global y el cambio climático lo cual desencadena en impactos de salud pública, ambiental y económica. Colombia es un país con una economía en crecimiento y una población en expansión, lo que ha llevado al aumento de movilidad en el transporte de mercancías, sin embargo, este crecimiento ha traído consigo el aumento de las emisiones de GEI provocadas por el sector del transporte. Colombia enfrenta desafíos actualmente para conseguir la transición de energías limpias, no obstante, las limitantes como la poca disponibilidad de recursos financieros y la pobre infraestructura que tiene el país actualmente han promovido el no desarrollo de buenas prácticas.

Historia del Transporte de Carga en Colombia

El transporte en cualquier lugar del mundo es la respuesta a las necesidades de una sociedad: a nivel de relacionamiento, mejoramiento de la calidad de vida y desarrollo económico.

Una mirada a lo largo de la historia del medio de transporte en Colombia nos permite conocer como éste tuvo su origen debido al requerimiento de la integración de un territorio dividido en regiones separadas por grandes distancias y con un elemento en común: la diversidad de topográfica que en más de una ocasión dificultó el proceso de transporte. En nuestro territorio el primer acercamiento al transporte asistido fue en la época prehispánica por motivos comerciales se implementó el uso de animales de alta resistencia. A mediados del siglo XX en Colombia se identifica un producto ideal para la exportación: el café, además el país cuenta con un escenario privilegiado para la comercialización: está ubicado en medio de dos mares y con tres zonas fronterizas, esto lleva a la necesidad de implementar un medio de transporte más adecuado para transportar el volumen de mercancía esperada, para la época ya se contaba con transporte animal y fluvial, pero hacía falta un elemento en tierra lo que da como resultado el acercamiento a las líneas férreas de la mano de la recién conformada empresa Ferrocarriles Nacionales en 1954 (Camargo, 2019). En medio de transporte al último que llegamos es al camión, el primero llega al país en 1917 por un grupo de comerciantes que insistían desde años atrás en la necesidad de constituir una empresa de carga para las carreteras; Salazar (2015) llamaría a este medio el de mayor despliegue: contribuyendo a la creación de empresas de transporte que atendieran las necesidades de los mercados de municipios disminuyendo costos y tiempos en el transporte.

Marco Legal del Transporte de Carga en Colombia

En Colombia, la regulación del transporte de carga terrestre está a cargo de diversas entidades y leyes. Estas normativas establecen requisitos u procedimientos para los participantes del sector, describen las características de vehículos y cargas, con el objetivo de garantizar la seguridad y proteger los derechos de los usuarios.

A continuación, se enumeran entidades y leyes principales reguladores del sector (Laiton, 2016):

- **Ministerios de Transporte:** Es la entidad que se encarga de estructuración de planes y programas correspondiente a tránsito, transporte e infraestructura, dentro de ello se incluye el Transporte de Carga Terrestre.
- **Superintendencia de Transporte:** Es la entidad encargada de guiar la formulación y cumplimiento de normas y requisitos en sector transporte.
- **Ley 769 de 2002 del Código Nacional de Tránsito Terrestre:** Establece las normas para la circulación de vehículos, incluyendo los requisitos para el Transporte de Carga Terrestre en Colombia
- **Resolución 1232 de 2016:** Establece las condiciones técnicas y de seguridad que deben cumplir los vehículos de carga que circulan por las vías públicas del país.
- **Resolución 3158 de 2016:** Establece la regulación del transporte de mercancías peligrosas por carreteras nacionales, establece requisitos y procedimientos para asegurar la calidad en el transporte de ese tipo de cargas.
- **Decreto 410 de 1971:** Se determina las características físicas (peso y dimensiones) máximas de los vehículos que pueden circular en las carreteras nacionales, en función de garantizar a seguridad vial y la protección de carreteras y estructuras viales de Colombia.

Dentro de la normativa internacional resalta:

En concordancia con la legislación, aquel que cause daño al medio ambiente o a los recursos naturales será sujeto de responsabilidad objetiva por los perjuicios que pueda ocasionar, de acuerdo con la ley y las normativas legales correspondientes. Además, estará compelido a subsanar materialmente el daño, a su costo, en la medida de lo posible, y a indemnizarlo de acuerdo con lo establecido por la ley.

Impacto Ambiental: La Huella de Carbono

La estimación del daño generado por la industria se mide a través de la huella de carbono, la cual surge para cuantificar y proporcionar un indicador del impacto de una actividad en el cambio climático. La huella está determinada por el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producto –directa o indirectamente- de la actividad de personas, organizaciones o procesos industriales en determinada zona geográfica.

La huella de carbono se puede clasificar según su alcance de la siguiente manera:

- Alcance 1, Emisiones directas:

Son aquellas generadas por la operación de una empresa, ya sea para la generación de calor, energía o vapor; combustión en calderas, hornos, transporte, entre otras.

- Alcance 2, Emisiones indirectas:

Son aquellas generadas por una empresa, aunque su generación está mediada por otra organización; es decir aquellas relacionadas a la compra de energía, electricidad, vapor de enfriamiento, entre otras.

- Alcance 3, Emisiones indirectas:

Son aquellas emisiones generadas por una empresa, aunque la fuente de la contaminación es producto de la operación de otra empresa conformando una cadena de valor para la organización. Aquí se encuentra el transporte de productos, operaciones logísticas, entre otros.

Asimismo, estas se clasifican en:

- Emisiones Corriente Arriba:

Son emisiones desencadenadas de las actividades desde el inicio del ciclo de vida del producto, es decir, desde la obtención, transporte y distribución de la materia prima.

- Emisiones Corriente Abajo:

Son emisiones producto del proceso de producción; es decir son emisiones directas.

Economía Circular: Implementación en Colombia

La propuesta de la Economía Circular busca conservar el valor de los elementos y mercancías a largo plazo, evitando devolver los desechos de su proceso de producción a la naturaleza logrando que estos se reintegren al sistema productivo. Así, se reduce la generación de residuos y se pueden aprovechar como nuevos recursos.

Colombia ha afirmado su compromiso con la economía circular con el establecimiento de la Estrategia Nacional de Economía Circular en 2018, cuyo objetivo es incentivar a los fabricantes, proveedores, usuarios y otros actores de los sistemas productivos a desarrollar e implementar nuevos modelos de negocio que incorporen la gestión de residuos, manejo eficiente de materiales y modificación del estilo de vida de los ciudadanos.

La proyección de esta implementación es incrementar la tasa de reciclaje y aprovechamiento de residuos que en 2019 se encontraba en el 8.7% y se espera que para el 2023 sea del 17,9% (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019).

Colombia actualmente se encuentra trabajando sobre una proyección lo cual busca obtener una meta de disminuir la cantidad de contaminantes que contribuyen al cambio climático en un 51% en comparación con los niveles actuales. Para lograr esta reducción de emisiones, se desea implementar una serie de acciones tales como incluir la transición hacia fuentes de energía más limpias, reducir la tasa de deforestación e implementar el proceso de transformación hacia un transporte más sostenible y limpio debido al crecimiento comercial.

Desafíos que enfrenta Colombia en términos de emisiones de CO2

“Expertos en mitigación del cambio climático y transición energética evaluaron la posibilidad de que Colombia logre reducir las emisiones en un 51% para 2030” (Universidad de los Andes, 2020, párr. 1).

A finales del año 2020, el gobierno de Colombia hizo un anuncio significativo en el ámbito medioambiental. Dado los desafíos globales de la descarbonización, el gobierno se comprometió a alcanzar una reducción del 51% en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2030, marcando así la meta más ambiciosa en comparación con otros países de América Latina y el Caribe. Para cumplir con este compromiso, el gobierno se comprometió a intensificar la transición hacia fuentes de energía más limpias y a reducir la tasa de deforestación. (Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina [CODS], 2021, p. 1)

Los expertos proyectan un crecimiento del transporte que se duplicará para el año 2050, con la expectativa de que al menos el 70% del transporte público funcione con fuentes de energía limpias en ese mismo período. Sin embargo, en el caso de Colombia, las estimaciones del estudio indican que para el año 2050, el 64% del transporte público estará impulsado por energía eléctrica, mientras que el porcentaje restante dependerá de combustibles fósiles, biocombustibles o gas. Vale la pena

destacar que la ambiciosa meta de reducir el 50% de las emisiones con respecto a la línea base implica que el país debe alcanzar el pico de emisiones antes de 2030, un desafío considerable considerando la necesidad de un crecimiento económico continuo para mantener una senda sostenible. (Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina, [CODS], 2020, p. 1)

El segmento de carreteras fue responsable del 88% de las emisiones del transporte, mientras que los segmentos de transporte marítimo, aviación y ferrocarril contribuyeron con el 6%, el 5% y el 0,5%, respectivamente. La flota de transporte aumentó de 6,3 millones de vehículos en 2010 a 12 millones en 2015 (MT, 2017a, MT, 2013), determinada principalmente por la demanda de transporte privado. A pesar del rápido crecimiento de la flota, la flota aún se caracteriza por vehículos viejos que carecen de tecnologías de control de emisiones (MT, 2016).

Excepciones notables incluyen el petróleo crudo y el carbón (ambos para exportación), que cuentan con infraestructura de transporte exclusiva: oleoductos y ferrocarriles.

Los esfuerzos existentes para mejorar este sector incluyen un programa destinado a reducir el tamaño total de la flota; Existirían incentivos financieros para retirar vehículos viejos. Además, se ha priorizado la implementación de plataformas nacionales y proyectos multimodales que actualmente se encuentran en fase de planificación Anif, 2017.

Alianzas Gubernamentales para una Huella de Carbono Más Baja

Es importante establecer alianzas cooperativas para enfrentar y trabajar de manera conjunta en alternativas que permitan la reducción de emisiones contaminantes, es por ello que Colombia ha establecido varias alianzas y colaboraciones internacionales para trabajar en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), estas alianzas son con entidades

privadas e internacionales con el fin de contribuir al cambio climático. Este tipo de alianzas permite fortalecer el conocimiento para abordar mejores prácticas en pro de reducir este tipo de emisiones, acceso a recursos financieros que permitan implementar medidas de mitigación, beneficios en política exterior con organismos internacionales.

El Ministerio de Transporte se suma a la Alianza Global Mobilise Your City en una demostración tangible del compromiso del sector y el gobierno nacional para avanzar hacia una movilidad más sostenible en el país. Esta alianza representa una oportunidad para fortalecer las políticas de transporte sostenible a nivel nacional. Asimismo, facilitará la preparación y ejecución de posibles proyectos de inversión en el sector del transporte, estableciendo conexiones con diversas agencias de financiación para respaldar su desarrollo. (Ministerio de Transporte, s.f., p. 1)

En este contexto, la meta de Mobilise Your City busca una disminución de al menos el 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el tráfico en entornos urbanos para el año 2030, con un objetivo más ambicioso del 50% para el 2050. En Colombia, esta alianza tiene la intención de desplegar esfuerzos a nivel nacional, brindando apoyo técnico para la formulación de una Política Nacional de Movilidad Urbana. Asimismo, se compromete a colaborar en las regiones, facilitando la creación e implementación de Planes de Transporte Urbano Sostenible, respaldando futuros proyectos de inversión en el sector del transporte y estableciendo vínculos con diversas agencias de financiamiento para el desarrollo. (Ministerio de Transporte, s.f., p. 1)

Entre otros acuerdos fundamentales para Colombia en términos de reducir emisiones de GEI el acuerdo de París insta a los países a reducir las emisiones de CO₂ en todos los sectores, incluido el transporte, como parte de los esfuerzos para combatir el cambio climático. La participación de Colombia dentro de este marco es tomar medidas para reducir sus

emisiones, lo que incluye la adopción de medidas en el sector del transporte.

Los países en desarrollo están instados a intensificar sus esfuerzos de mitigación y, con el tiempo, considerar la adopción de metas para la reducción o limitación de emisiones a nivel nacional, teniendo en cuenta las circunstancias particulares de cada país. Además, se subraya la importancia de proporcionar apoyo a estos países en desarrollo para implementar estas medidas, de acuerdo con lo estipulado en los artículos 9, 10 y 11, reconociendo que un aumento en el respaldo facilitará que estas naciones aumenten la ambición de sus acciones en materia de mitigación.

El Acuerdo de París establece metas a largo plazo como orientación para todas las naciones, buscando una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2 °C, con esfuerzos para lograr incluso un aumento de solo 1,5 °C. Además, plantea la revisión periódica de los compromisos de los países cada cinco años, la provisión de financiamiento a naciones en desarrollo para mitigar el cambio climático, fortalecer la resiliencia y mejorar su capacidad de adaptación. Este tratado internacional, legalmente vinculante, entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Actualmente, cuenta con 194 partes, que incluyen 193 países y la Unión Europea, todos comprometidos con reducir emisiones y colaborar para adaptarse a los impactos del cambio climático. (Naciones Unidas, s.f.b, párr. 5)

La Embajadora ante la Organización de las Naciones Unidas, María Emma Mejía, depositó el instrumento para ratificar el Acuerdo de París, con lo que “Colombia reafirma el compromiso por el cual se aportan soluciones al fenómeno del cambio climático y finaliza un proceso que llevaba varios años”, explicó Mariana Rojas, directora de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente. (Ministerio de Ambiente, s.f., párr. 1)

El Acuerdo de París fue avalado de forma unánime por el Congreso de la República, y la Corte Constitucional declaró exequible la ley que ratifica su acuerdo, ahora nuestro país se suma al grupo de 178 países que han ratificado este instrumento. (Ministerio de Ambiente, s.f., párr. 2)

Colombia ha colaborado con organizaciones multilaterales entre ellas con el Banco Mundial en proyectos de transporte sostenible y mitigación del cambio climático que incluyan la reducción de emisiones de CO₂. Estas colaboraciones posibilitan que Colombia obtenga financiamientos y experiencia para lograr sus objetivos a nivel internacional.

No emprender acciones en materia de adaptación al cambio climático implicaría mayores riesgos para el país en comparación con sus pares regionales y globales. Por ejemplo, para 2050, se pronostica que el número de personas afectadas por inundaciones en Colombia se triplicaría, la cantidad de días con temperaturas superiores a los 35°C se multiplicaría casi por seis y las interrupciones en la infraestructura causadas por el clima. (El Nuevo Siglo, 2023, párr. 2)

Según el *Informe sobre clima y desarrollo del país* (CCDR) Según el informe, Colombia puede abordar los retos del cambio climático y el crecimiento económico, si se enfoca en tres prioridades. Los sectores de transporte y energía de Colombia pueden volverse más resilientes a futuros impactos como sequías, inundaciones o deslizamientos de tierra. Estas medidas deberían ir de la mano con la conservación y restauración de los bosques, haciendo que la agricultura sea más resiliente al clima y aprovechando los ya sólidos sistemas de gestión del riesgo de desastres de Colombia. (Banco Mundial, 2023, párr. 1)

Dado que Colombia es un importante productor de combustibles fósiles, se proyecta que para 2050 el país podría enfrentar pérdidas significativas, incluyendo hasta un 10 % de sus ingresos por exportaciones, un 6 % de sus ingresos gubernamentales y un 8

% de su Producto Interno Bruto debido a la descarbonización global. Para contrarrestar estas deficiencias fiscales y financiar la acción climática, se requerirán reformas integrales. Aunque la ejecución de esta agenda tendría un costo estimado de USD 92.000 millones para 2050, estas acciones tienen el potencial de generar ganancias netas anuales de alrededor de USD 7.000 millones para la economía. (Banco Mundial, 2023, párr. 2)

Tecnología en la reducción de emisiones CO2 en el transporte de carga en Colombia

La sostenibilidad y la eficiencia en el transporte de carga se han convertido en factores imperativos ineludibles para las economías en todo el mundo.

Colombia, siendo un país con una economía en gran parte dependiente de los gases de efecto invernadero, se encuentra en una encrucijada importante. La transición hacia un modelo de transporte más sostenible y la reducción de emisiones de CO2 se presentan como desafíos ineludibles, pero también como oportunidades para el crecimiento y la resiliencia económica.

Y parte de ese desafío en la actualidad conlleva a pensar en la inclusión de nuevas tecnologías de punta. Estas tecnologías representan herramientas esenciales en el camino hacia la optimización de la logística y la reducción de emisiones de CO2, elementos fundamentales para alcanzar una economía circular en el transporte nacional de carga en Colombia. El análisis y la implementación efectiva de estas estrategias no solo tienen el potencial de mitigar el impacto ambiental del transporte de carga, sino también de impulsar la competitividad y la sostenibilidad a largo plazo en el sector logístico colombiano. Para comprender plenamente estos impactos y evaluar su viabilidad, es esencial explorar en detalle cada una de estas posibles tecnologías.

Tecnologías en logística sostenible

En el ámbito logístico, las tecnologías desempeñan un papel fundamental. Dentro del sector de logística y transporte, la adopción de las herramientas tecnológicas más recientes no solo acelera tareas y disminuye riesgos, sino que también contribuye a la preservación del medio ambiente. (Ámbito Financiero, 2022, párr. 2)

Una de las principales compañías que brinda soluciones tecnológicas para la optimización logística en la movilidad es Maplink. Según Maplink (s.f.) “una empresa líder en tecnología de geolocalización, cuentan con un equipo de especialistas certificados y han invertido en innovación durante más de 20 años, ofreciendo tecnología a diversos sectores de la economía”(párr. 1).

Según el artículo sobre nuevas tecnologías en la logística sostenible la empresa Maplink lleva 22 años incursionando en el desarrollo de nuevas tecnologías accesibles para muchas organizaciones mediante API CO2 la cual permite Con la utilización de esta API que empresas puedan calcular la cantidad de CO2 emitidas en diferentes rutas y con base en esto generar ventajas competitivas sostenibles en el transporte. (Ámbito Financiero, 2022, párr. 1)

Existen diversas tecnologías que van desde la adopción de vehículos eléctricos y sistemas de propulsión de bajas emisiones hasta la implementación de soluciones de automatización y robótica en almacenes, la industria logística está experimentando una revolución tecnológica. El Internet de las cosas (IoT) se ha convertido en un pilar esencial al proporcionar una visibilidad sin precedentes en tiempo real sobre los activos y operaciones logísticas. Asimismo, las tecnologías de optimización de rutas y la gestión inteligente de inventarios están redefiniendo la eficiencia en el transporte y almacenamiento de mercancías.

La integración de sistemas de energías renovables y la exploración de fuentes alternativas de combustible están desplazando la dependencia de los combustibles fósiles, allanando el camino hacia una logística más sostenible y eco amigable.

Estos avances tecnológicos no solo están impulsando la eficiencia, sino que también están allanando el camino hacia una logística más sostenible y eco amigable, alineada con los objetivos de la economía circular y la reducción de emisiones de CO₂.

Es importante recalcar que estas implementaciones tecnológicas en la logística sostenible conllevan infinitas de retos para la sociedad como lo son:

- **Eficiencia y Rapidez:** Según el artículo es fundamental conseguir la reducción en tiempo que se logra con soluciones integrales que permitan optimizar procesos desde el momento de la carga.
- **Seguridad:** la tecnología permite contar con información clara en tiempo real que les permite a las empresas crear rutas inteligentes e ir cambiando en el recorrido de camino para garantizar cumplir con los tiempos de entrega y mejorar la seguridad del transporte.
- **Reducción de Costos:** Según el artículo uno de los mayores retos es la reducción de costos obtenida a partir de un control adecuado de la información desde el momento del embarque, hasta la elección de la ruta más conveniente para llevar la mercancía a su destino final.
- **Satisfacción del cliente:** Es importante que el cliente esté enterado de los procesos realizados y las ventajas competitivas ofrecidas para capturar su satisfacción.
- **Sostenibilidad:** La sostenibilidad apoyada de la sinergia entre la economía circular y la tecnología como reto fundamental para la reducción de emisiones CO₂ en los transportes de carga. (Rodríguez, 2012, p. 1)

Big Data / Smart Mobility y Análisis predictivo en la Optimización de Rutas y Emisiones

Una de las tecnologías a destacar en el papel de la generación de valor para la reducción de las emisiones CO₂ en el transporte de carga, es el Big Data y la posibilidad de realizar análisis predictivos usando los datos como fuente fundamental para la disponibilización de información.

Según Sedkaoui (2018) en su libro "Data Analytics and Big Data", el término "Big Data" hace referencia a conjuntos de datos extremadamente grandes y complejos que superan la capacidad de las herramientas tradicionales de procesamiento de datos. Estos conjuntos de datos requieren tecnologías y técnicas especiales para almacenar, gestionar y analizar la información de manera efectiva. El Big Data se caracteriza por su volumen, velocidad, variedad, y su análisis el cual proporciona valiosos conocimientos y patrones que son difíciles de obtener con métodos convencionales.

Lo primero a revisar para realizar un análisis de Big Data, es contar con datos e información valiosa. Algunos de los datos más valiosos que se deben recolectar para realizar estos análisis son los datos compartidos públicos sobre diferentes rutas, vehículos, operaciones logísticas en el transporte de carga.

Según WIM HOEK la mayoría de los datos con los que son almacenadas las bases de datos Big Data son provenientes de Datos empresariales tradicionales de sistemas operativos, datos de tráfico y meteorológicos de sensores y monitores y sistemas de previsión, Diagnóstico del vehículo, patrones de conducción e información de ubicación, Previsiones de negocio financiero y redes sociales. (Hoek, 2018, párr. 2)

Según Hoek (2018), en el contexto de la planificación de rutas, la optimización inteligente mediante solución Big Data desempeña un rol esencial al determinar la selección de vehículos y las rutas potenciales, buscando optimizar el flujo a lo largo de la cadena en

términos de eficiencia de costos y tiempos. La solución verdaderamente inteligente tiene la capacidad de optimizar un gran número de paradas de ruta maestra en una sola operación de optimización.

Esta optimización se lleva a cabo de manera dinámica y en tiempo real, adaptándose segundo a segundo a las condiciones cambiantes del entorno logístico. Esta optimización de rutas podría disminuir las emisiones de CO₂ de un 5% – 25 %.

Este enfoque de optimización de rutas, que el blog destaca, se alinea perfectamente con los principios de la Smart Mobility, una estrategia innovadora para mejorar la movilidad urbana mediante la integración de tecnologías avanzadas. La optimización inteligente no solo busca

eficiencia en costos y tiempos, sino que también tiene el potencial de reducir significativamente las emisiones de CO₂ en el transporte de carga, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental en Colombia.

Según Marsden y Reardon (2018):

La movilidad inteligente trata de usar tecnología avanzada para hacer que las formas en que se realizan desplazamientos en el transporte por el país sean más eficientes y convenientes. Algunos ejemplos como el primer semáforo en 1868, que marcó el inicio de nuevas reglas y tecnologías para manejar el tráfico en las ciudades. La movilidad inteligente es una etiqueta que usamos para describir todas estas nuevas ideas que están cambiando la forma en que se realiza el transporte. Incluye cosas como aplicaciones de transporte, autos eléctricos y otras tecnologías que hacen que viajar sea más fácil y amigable con el medio ambiente. Estas innovaciones están prometiendo cambiar significativamente la forma en que nos movemos. (p.)

Tendencias Futuras en el Uso de Big Data y Smart Mobility

Basado en la información recopilada y analizada, se prevé que las futuras tendencias en el uso de Big Data y Smart Mobility incluirán:

Integración Total de Tecnologías

Se espera una mayor integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) con el Big Data y la Smart Mobility. Esto permitirá una recopilación y análisis de datos más precisos y en tiempo real, lo que conducirá a una toma de decisiones más ágil y precisa en la logística.

Automatización Avanzada

La automatización en la logística impulsada por el Big Data y la Smart Mobility, será aún más avanzada. Esto incluye la automatización en la optimización de rutas. La tecnología permitirá una coordinación más eficiente entre diferentes partes de la cadena de suministro.

Mayor Énfasis en la Sostenibilidad

La Smart Mobility jugará un papel en la búsqueda de soluciones logísticas más sostenibles.

Se esperan avances en vehículos eléctricos y tecnologías de propulsión limpia, así como en la optimización de rutas para minimizar las emisiones de carbono.

Influencia en la Logística Sostenible

La evolución de estas tendencias tendrá un impacto significativo en la logística sostenible. La capacidad de recopilar y analizar grandes cantidades de datos en tiempo real permitirá una toma de decisiones más informada y una optimización continua de procesos.

Esto, a su vez, conducirá a una reducción adicional de emisiones y al uso más eficiente de los recursos en el transporte de carga.

Marco Institucional

Actualmente el transporte de carga terrestre en Colombia es un componente esencial para la economía colombiana que a su vez está en constante crecimiento debido a la expansión del comercio. Así mismo se enfrenta a desafíos que deben ser abordados de manera efectiva para asegurar su sostenibilidad a largo plazo; entre ellos, el aumento de carga movilizada se traduce a un mayor consumo de combustibles fósiles y por ende a emisiones de CO₂, la infraestructura de los corredores viales con el fin de establecer parámetros clave para estructurar una logística competitiva.

En los últimos 10 años, Colombia ha presenciado un notable progreso en su industria logística, impulsado por el comercio en línea y un incremento en las operaciones de comercio exterior. No obstante, el país todavía se enfrenta a desafíos importantes que necesitan ser afrontados para asegurar su expansión y mantener su posición competitiva.

En Colombia el transporte terrestre de carga:

De acuerdo con el Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC) del Ministerio de Transporte, entre enero y noviembre de 2022 se movieron 123 millones de toneladas de carga, lo que representó un aumento de 9,47% frente al mismo periodo de 2021. (Informa, 2022, párr. 1)

Datos

El sector del transporte colombiano contribuye de manera importante a las emisiones globales totales. Según el Informe de Inventario Nacional de GEI de Colombia, 2016, el transporte representa el 12% de las emisiones de GEI de Colombia (CO₂, CH₄, N₂O), la mitad de las cuales, es decir, el 6% corresponde a camiones y autobuses

pesados. El Transporte Automotor de Carga (TAC) aporta aproximadamente el 3% a las emisiones.

En el panorama de las emisiones, se destaca la preponderancia de los camiones como el medio principal para transportar carga a lo largo y ancho del país, abarcando aproximadamente el 97% del total de mercancías, excluyendo carbón y petróleo. Es imperativo, por ende, establecer iniciativas colaborativas que orienten el Transporte Automotor de Carga hacia prácticas de cero emisiones, como parte de un esfuerzo conjunto para frenar el calentamiento global. (Giro Zero, s.f., párr. 1)

Alternativas de Solución

Colombia se encuentra en una etapa intermedia de desarrollo económico y social, el país ha avanzado en varios aspectos, como la industrialización, la educación y la infraestructura, pero aún enfrenta desafíos significativos en términos de pobreza, desigualdad, acceso a servicios básicos y sector transporte. El sector del transporte se encuentra ante varios desafíos debido a la falta de una política sólida que promueva la transición hacia fuentes de energía limpias y permita el seguimiento de iniciativas sostenibles. Además, la infraestructura existente resulta obsoleta para gestionar la logística, lo que nos coloca en una posición de tener costos logísticos más elevados en comparación con otros países.

Consideramos como una posible alternativa, debido a que este tipo de propuestas requieren un compromiso más profundo por parte del gobierno el cual no existe, lo que implica asignar recursos financieros significativos para llevar a cabo la renovación de flotas, la implementación y disponibilidad de biocombustibles, la mejora de la infraestructura vial, la implementación de políticas sólidas y lo más importante los costos educativos de la población que hace parte de este gremio.

El problema logístico-medioambiental requerirá de muchos años para su

transformación, el país se encuentra en un nivel de atraso significativo y mediocre lo que no permite planear nuevos mecanismos y proyectos que busque un respaldo mayor a nivel internacional. El conocimiento carece de utilidad si no se traduce en acciones.

Metodología

Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio

Las definiciones son importantes para aclarar conceptos. A continuación, unas distinciones de algunos autores. Según Niño (2019) El enfoque de una investigación es si es cuantitativa, cualitativa o mixta. En el enfoque cuantitativo se miden fenómenos, se usa estadística, experimentación y análisis de causa-efecto.

Para el enfoque cualitativo no se fundamenta en estadística. Tipo de investigaciones la modalidad: histórica, etnográfica, experimental, etcétera. El diseño es la forma de armar el proyecto de investigación previo a un anteproyecto. Para Ñaupas (2018) el diseño de la investigación es un plan porque responde a las preguntas de investigación, determina las variables de estudio y el análisis estadístico. Siendo este un modelo científico que hace parte del proyecto de investigación. Del Cid y Méndez (2011) por su parte, indica que el alcance de la investigación es donde se fijan límites de espacio, tiempo y universo para complementar la función de las preguntas y los objetivos, así se establecen guías y parámetros claros del estudio. Los cuales pueden ser estudios exploratorios, descriptivos, explicativos o correlacionales. Un estudio de investigación puede tener diferentes alcances y no exclusivamente uno en específico.

Diseño metodológico para la investigación

Perspectiva cuantitativa con diseño exploratorio y tipo de muestra a conveniencia, única recolección de datos en encuestas para Bogotá, Colombia.

Alcance de Investigación

Dando seguimiento al objetivo del proyecto, optamos el criterio de evaluación a través de la forma descriptiva bajo la estructuración de encuestas dirigidas a empresas del sector transporte de la muestra seleccionada con el fin de evaluar, analizar e identificar el volumen de emisiones y los factores que inhiben en la generación de CO₂ en las operaciones de transporte de carga.

Mediante la recolección de los datos se establece un diagnóstico sobre la transición actual de las empresas de transporte de combustibles fósiles a la economía circular y los procesos colaborativos de los que reciben apoyo para cumplir con la sostenibilidad ambiental.

Definición de variables

Antes de presentar las variables que serán estudiadas, es importante saber que es una variable: Según Nuez (2008) como se citó en Carballo y Guelmes (2016):

Las variables de investigación son las características y propiedades cuantitativas o cualitativas de un objeto o fenómeno que adquiere distintos valores, es decir, que varían respecto a las unidades de investigación. Por nombrar un ejemplo: la variable sexo puede tener dos valores: femenino o masculino. (p. 141)

Una variable, también puede ser el resultado de un proceso, por ejemplo, el aprovechamiento académico de los estudiantes en una asignatura. Lo que quiere decir que la variable constituye un concepto amplio y complejo, que, dado el caso, el investigador asume de acuerdo a los intereses investigativos y los objetivos de investigación.

Tabla 1

AGRUPACIÓN VARIABLES	VARIABLES
COMBUSTIBLE	Fuente de energía utilizadas: Diesel, gasolina, gas, electricidad
MOTOR	Tipo de motor de los vehículos
MANTENIMIENTO	Periodicidad de fechas de mantenimiento
CARGA Y CAPACIDAD	Cantidad de carga y capacidad soportada por los vehículos
FLOTA DE VEHICULOS	Tipo de vehículos utilizados: antiguos, eléctricos
TECNOLOGIAS LIMPIAS	Vehículos eléctricos, híbridos
CARGA TRANSPORTADA	Tipo de carga transportada, granel, peligrosa, perecedera.
RUTAS DE TRANSPORTE	Destinos específicos de mayor tránsito.
ALIANZAS ASOCIACIONES	Y/O Participaciones activas con programas o empresas de transporte comprometidas condisminuir la proliferación de CO2.
INCENTIVOS GUBERNAMENTALES	Apoyo y gestión de recursos gubernamentales para adquisición de nuevos vehículos o tecnologías limpias para reducir el CO2.
TIPO DE POBLACION (CONDUCTORES)	Nivel de formación educativa de los conductores para la formación de nuevas prácticas sostenibles con el medio ambiente.
CALCULO EMISIONES	Medir la cantidad de emisiones de CO2 y fijar metas para disminuir las mismas.
EXPERIENCIA EN EL SECTOR	Medir cuántos años lleva una empresa en el negocio del transporte de carga terrestre
USO DE TECNOLOGIAS DE RASTREO	Evaluar si la empresa utiliza sistemas de rastreo para monitorear la ubicación y el rendimiento de sus vehículos.

ANALISIS DE DATOS EN
TIEMPO REAL

Evaluar la capacidad de la empresa
para analizar datos logísticos en
tiempo real.

Población y muestra

Población: Empresas de servicio de transporte carga terrestre nacional en la localidad de Fontibón- Bogotá D.C

Muestra: Empresas del sector de transporte logístico de carga terrestre en Colombia. Dentro de la investigación se eligió como población la localidad de Fontibón en la Ciudad de Bogotá y tomamos como muestra empresas del sector logístico que dispongan de servicio de transporte de carga terrestre en Colombia que cuenten con por lo menos de un vehículo propio para el desarrollo de su actividad.

Esto con la finalidad de obtener los datos necesarios para el cuantificar el propósito de la investigación. Dado lo anterior, no es posible realizar un censo masivo de empresas, por lo que se hace necesario construir un muestreo a conveniencia en base a la población total. Recordemos que la población es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo específico como selee a continuación:

“El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros” (Pineda et al., 1994, p. 108).

También existe la muestra, la cual es un subconjunto de la población, en el que se llevará a cabo la investigación y es el método utilizado para seleccionar los componentes que lleva. Según Mata (1997), el muestreo es un conjunto de procedimientos, reglas y criterios donde seleccionamos solamente algunos elementos clave de la población de acuerdo a nuestro enfoque. Existen dos tipos probabilístico y no probabilístico. Teniendo en cuenta esto, aplicaremos el muestreo a conveniencia, debido a que es el método más recomendable en una investigación cuantitativa. “cada uno de los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados” (Pineda et al., 1994, p. 114).

El muestreo probabilístico se divide en varios subtipos, solo por nombrar algunos: aleatorio simple, aleatorio mediante tabla de números aleatorios, sistemático, estratificado; este último. Según Mata (1997), la ventaja del muestreo probabilístico estratificado es que se reduce posibles desbalances. El tipo de muestreo que se va a realizar será a conveniencia nuestra, de acuerdo al propósito de la investigación, mediante a las herramientas usadas (encuestas) que son de tipo cuantificable, adicionalmente, contamos con diferentes elementos que pueden variar respecto a los datos que debemos tener en cuenta, como, por ejemplo: Cantidad de kilómetros acumulados en viajes.

Dentro de los factores se determinará el nivel de contaminación generada por los diferentes tipos de vehículos, así como su modelo y los lugares de destino mayormente transitados, todo esto debido a que actualmente la infraestructura vial en Colombia se encuentra en condiciones precarias en las principales carreteras por donde se mueve el mayor tráfico de carga nacional.

Instrumentos de Recolección de Información: Encuestas

Las encuestas son una herramienta esencial en investigaciones cuantitativas, especialmente en estudios que implican grandes poblaciones. Dado el enfoque en la logística y transporte de carga terrestre, las encuestas ofrecen una forma eficaz de recopilar datos directamente de las empresas del sector.

"Este método consiste en obtener información de los sujetos de estudio, es proporcionada por ellos mismos; sobre opiniones, actitudes o sugerencias" (Dra. Espinoza, s.f., p. 17).

Para la realización del cuestionario se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Cuestionario Estructurado:** Se diseñará un cuestionario que contenga preguntas específicas relacionadas con las variables de interés. Este cuestionario estará estructurado de manera clara y lógica, lo que facilitará la recopilación de respuestas cuantitativas.
- **Escala de Medición y Opciones de Respuesta:** Para algunas variables, como la frecuencia de mantenimiento o el tipo de combustible, se utilizarán escalas de medición específicas. Por ejemplo, para la frecuencia de mantenimiento, se podría emplear una escala que va desde "Muy Frecuente" a "Nunca". Esto proporciona una forma estandarizada de recopilar datos.
- **Preguntas Abiertas y Cerradas:** Se utilizarán tanto preguntas cerradas (con opciones de respuesta predefinidas) como preguntas abiertas (donde los encuestados pueden proporcionar respuestas en sus propias palabras). Esto permite una recopilación de datos más completa y una comprensión más profunda de ciertos temas.
- **Validación y Preparación Piloto:** Antes de administrar las encuestas a la población objetivo, se realizará una fase de validación y prueba piloto. Esto garantizará que las preguntas sean claras y que los encuestados comprendan los términos utilizados.
- **Plataforma de Distribución:** Se utilizarán herramientas digitales para administrar las encuestas. Plataformas en línea permiten una recolección eficiente y organizada de los datos, además de facilitar el análisis posterior.
- **Anonimato y Confidencialidad:** Se enfatizará el anonimato y la confidencialidad de las respuestas. Esto fomenta la honestidad y la franqueza en las respuestas de los encuestados.

- **Análisis de Datos:** Una vez recopiladas las respuestas, se llevará a cabo un análisis de los datos utilizando técnicas estadísticas. Esto permitirá sacar conclusiones significativas sobre las relaciones entre las variables y los patrones observados.

Al utilizar encuestas como instrumento de recolección de datos, se podrá obtener una visión detallada y cuantificable de la logística y el transporte de carga terrestre en Colombia, lo que facilitará el análisis y la toma de decisiones basadas en evidencia.

Diseño instrumento

Tabla 2

OBJETIVO	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	TIPO DE ESCALA	PREGUNTA
Evaluar el tipo de fuente de energía utilizada por las empresas de transporte de carga terrestre.	Combustible	Cualitativa	Conocer el tipo de fuente de energía utilizada.	nominal	¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos para el transporte de carga en su empresa? Diesel Gasolina Gas Electricidad
Determinar la frecuencia de mantenimiento de los vehículos de carga.	Mantenimiento	Cuantitativa	Valoraciones que indican la Frecuencia de fechas de mantenimiento.	frecuencia	¿Con qué frecuencia se realizan las labores de mantenimiento en sus vehículos de carga terrestre? Nunca

					Semanal
					Mensual semestral anual más de un año
Determinar la capacidad de carga	Carga y capacidad	Cuantitativa	Cantidad de carga y capacidad	Ratio	¿Cuál es la capacidad promedio de carga que

de los vehículos.			soportada por los vehículos.		puede soportar un vehículo de su flota de transporte de carga terrestre?
Identificar el uso de vehículos eléctricos o híbridos en la flota de transporte.	Tecnologías limpias	cualitativa	Conocer los tipos de vehículos utilizados.	nominal	¿Su empresa utiliza vehículos eléctricos o híbridos en su flota de transporte de carga terrestre?
					Sí
					No
Clasificar los tipos de carga transportada.	Carga transportada	cualitativa	Identificar los Tipos de carga transportada.	nominal	¿Qué tipo de carga transporta principalmente su empresa?
					Granel
					Peligrosa
					Perecedera
					Otro (especificar)
Identificar los destinos específicos de mayor tránsito.	Rutas de transporte	cualitativa	Identificar los Destinos específicos de mayor tránsito.	nominal	¿Cuáles son los destinos específicos de mayor tránsito en las operaciones de transporte de carga terrestre de su empresa? (Especificar)

Determinar si la empresa participa	Alianzas y/o	cualitativa	Participaciones activas con	nominal	¿Su empresa participa activamente en programas
------------------------------------	--------------	-------------	-----------------------------	---------	------------------------------------------------

activamente en programas o asociaciones comprometidas con la reducción de emisiones de CO2.	Asociaciones		programas o empresas comprometidas con la reducción de CO2.		o asociaciones que buscan reducir la proliferación de CO2 en el sector de transporte de carga terrestre?
					Sí
					No
Evaluar si la empresa recibe apoyo y gestión gubernamental para adquirir nuevos vehículos o tecnologías limpias.	Incentivos Gubernamentales	cualitativa	Apoyo y gestión gubernamental para adquisición de vehículos o tecnologías limpias.	nominal	¿Su empresa recibe apoyo y gestión de recursos gubernamentales para la adquisición de nuevos vehículos o tecnologías limpias con el fin de reducir emisiones de CO2?
					Sí
					No
Medir la cantidad de emisiones de CO2 y fijar metas para disminuirlas.	Cálculo de emisiones	Cuantitativa	Cantidad de emisiones de CO2.	Ratio	¿conoce cuál es la cantidad estimada de emisiones de CO2 generadas anualmente por su flota de transporte de carga terrestre?
					No,
					Si, <u>cuanto</u>
evaluar la	Análisis de datos en	cualitativa	Valoración de 1 a 5	Ordinal	¿En qué medida tu

capacidad de la empresa para analizar datos logísticos en tiempo real.	tiempo real	que indica la capacidad de realización análisis de datos en las organizaciones del sector	empresa tiene la capacidad de realizar análisis de datos logísticos en tiempo real? -Muy baja -Baja -Moderada -Alta -Muy alta
------------------------------------------------------------------------	-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Técnicas de análisis de datos

Para empezar a abordar la técnica que usaremos para realizar el análisis de datos es importante recordar que el instrumento que aplicamos es mediante el formato de encuestas estructuradas y aplicadas a empresas de transporte de carga terrestre.

Las encuestas funcionan como instrumentos que requieren de estadística para poder leer los resultados.

Como menciona Ojeda (2009) “en las encuestas generalmente interesa estudiar y modelar relaciones causales, lo que hace inevitable la consideración de modelos estadísticos” (p. 1).

En el caso de este estudio cuantitativo, se emplearán técnicas basadas en la estadística descriptiva e inferencial.

La estadística descriptiva es una rama de la estadística que busca describir las características de un conjunto de datos y así poder obtener patrones a partir de estas características, esto lo realiza mediante el uso de modelos matemáticos, medidas de tendencia central (como la media, mediana y moda), medidas de dispersión (como la varianza y la desviación estándar), gráficos y tablas resumen, frecuencias y porcentajes. (Monroy, 2008, p. 1)

En cuanto a la estadística inferencial también hace parte de una rama de la estadística, pero esta nos permitan averiguar características de una población a partir de la información proporcionada por una muestra de dicha población. Este es el objetivo de la estadística inferencial.

La razón principal para observar una muestra en lugar de la población completa consiste en que la recogida de toda la información resulta exageradamente costosa en la mayoría de las ocasiones.

Llinás (2017).

Teniendo en cuenta el componente teórico. La estadística descriptiva se utilizará para resumir y presentar de manera comprensible los datos recopilados, permitiendo identificar patrones y tendencias en la logística de transporte de carga terrestre. Por otro lado, las técnicas inferenciales se aplicarán para hacer conclusiones y predicciones sobre la población objetivo a partir de la muestra recopilada. (p.)

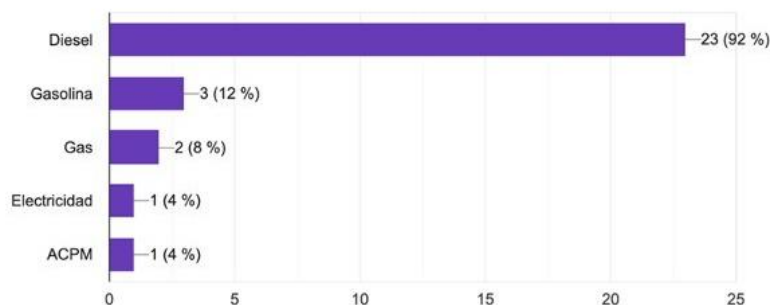
Es relevante destacar que la elección de estas técnicas se alinea con el enfoque cuantitativo de la investigación y proporcionará una base sólida para analizar y extraer conclusiones significativas sobre la logística de transporte de carga terrestre en Colombia.

Análisis de datos

Figura 1

¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos para el transporte de carga de su empresa?

25 respuestas



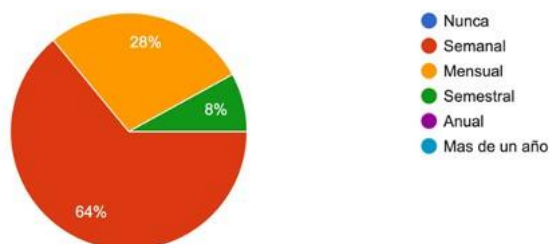
Los datos nos permiten notar que la mayor parte de los vehículos de carga utilizan como combustible con el 92% seguido de la gasolina con el 12% lo que demuestra el gran impacto ambiental que generan este tipo de vehículos debido a que

De acuerdo con una investigación realizada por el Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, titulada "Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado" y comisionada por la Fundación Gas Natural (2015), se concluye que los vehículos diésel generan hasta cuatro veces más contaminantes que sus contrapartes de gasolina.

Figura 2

¿con que frecuencia se realizan las labores de mantenimiento en sus vehículos de carga terrestre?

25 respuestas

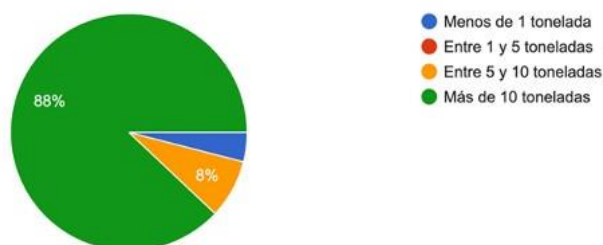


Por otra parte, es un atenuante el compromiso de las empresas por mantener el parque automotor en buen estado lo que ayuda a reducir el impacto ambiental disminuyendo gases contaminantes como Nitrógeno, CO2, Dióxido de azufre, Hollín, Hidrocarburos, Óxidos nítricos toda vez que al 64% de los vehículos se le realiza un mantenimiento semanal, llegando a 92% si incluimos los vehículos a los cuales se le hace el mantenimiento mensual.

Figura 3

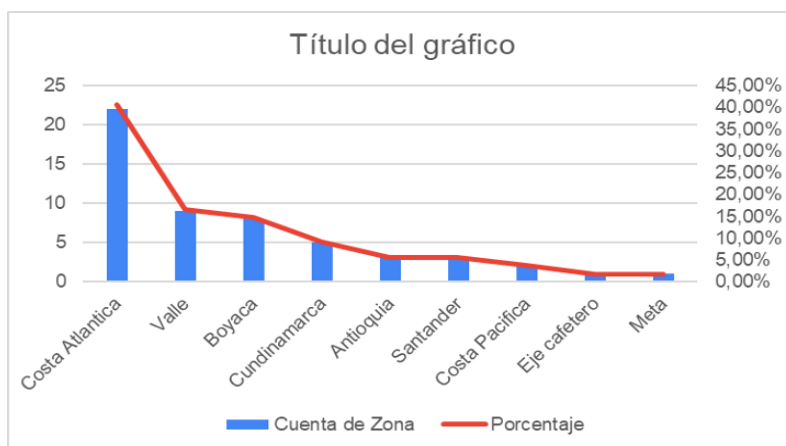
¿Cuál es la capacidad promedio de carga que puede soportar un vehículo de su flota de transporte de carga terrestre?

25 respuestas



Es evidente el gran volumen necesario de estos vehículos para movilizar las cargas esto lo notamos en que el 88% de los vehículos superan la capacidad de las 10 toneladas esto debido a la carencia de otro medio de transporte más eficiente que permita realizar esta tarea, recordemos que en Colombia el 40.42% de la carga es movilizadada en este tipo de transporte.

Figura 4

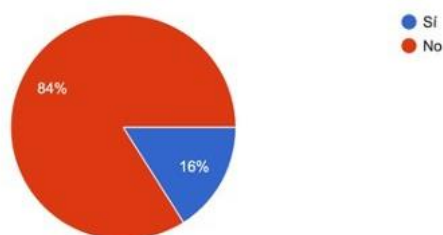


Otro factor relevante es el hecho que la mayor zona de tránsito es hacia la zona atlánticas para lugares como Barranquilla, Cartagena y la guajira con el 40.47% seguido del valle con el 16.67% y en tercer lugar Boyacá con el 14.81%. Esto demuestra que las principales zonas están ligada a los puertos.

Figura 5

¿su empresa utiliza vehículos o híbridos en su flota de transporte de carga terrestre?

25 respuestas

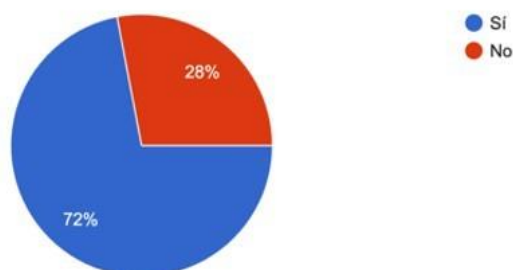


Dentro de la muestra encuestada se evidencia prevalencia sobre la flota convencional en un 84%, lo que indica una transición minoritaria con un 16% sobre el uso de tecnologías limpias en la flota de transporte de carga, todo esto debido a los altos costos de adquisición de este tipo de tecnología y las estaciones de carga rápidas que requeriría este tipo de vehículos ya que las actuales no son suficientes.

Figura 6

¿su empresa participa activamente en programas o asociaciones que buscan reducir la proliferación de CO2 en el sector de transporte de carga terrestre?

25 respuestas

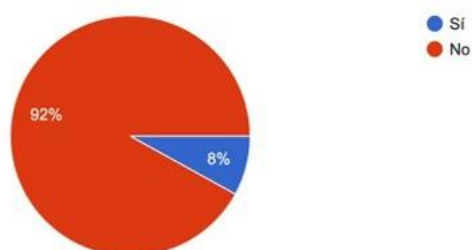


Se demuestra que existe una participación activa y mayor de las empresas en programas de reducción de EGI promovidos por asociaciones, fundaciones o empresas integrando a los conductores como un medio educativo para crear conciencia de la importancia de mitigar el CO₂ a través de diferentes herramientas mecánicas.

Figura 7

¿Su empresa recibe apoyo y gestión de recursos gubernamentales para la adquisición de nuevos vehículos o tecnologías limpias con el fin de reducir emisiones de CO₂?

25 respuestas

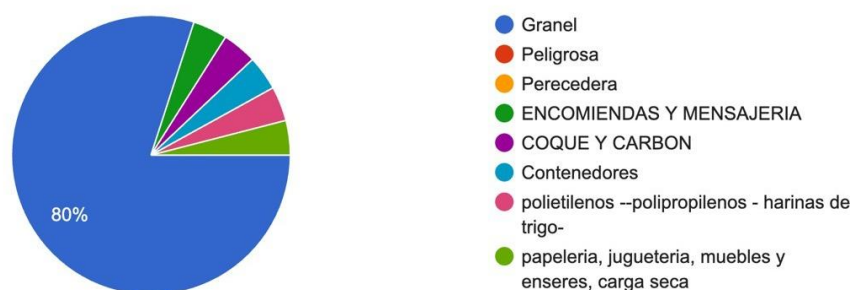


Evidenciamos un vacío significativo en la gestión de programas de financiamiento innovadores y de solución completa para las pequeñas empresas o para conductores individuales de vehículos de transporte de carga por parte de las entidades gubernamentales correspondientes donde el 92% de los participantes refieren no obtener apoyo financiero.

Figura 8

¿Qué tipo de carga transporta principalmente su empresa?

25 respuestas

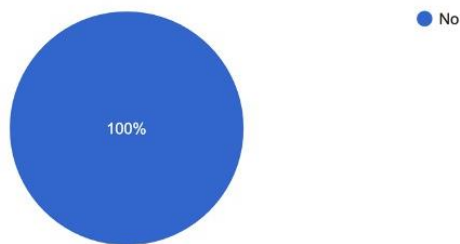


Teniendo en cuenta los resultados dada la encuesta evidenciamos que la principal carga que transportan usualmente las empresas es el Granel con un 80% esto evidencia que posiblemente se da la relación con las zonas de mayor tránsito.

Figura 9

¿Conoce cuál es la cantidad de emisiones de CO2 generadas anualmente por su flota de transporte de carga terrestre? En caso que Sí indique cantidad

25 respuestas

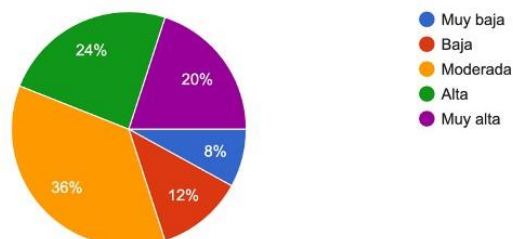


El hecho de que el 100% de los encuestados indiquen que no tienen conocimiento sobre la cantidad estimada de emisiones de CO2 generadas por su flota de transporte de carga terrestre destaca una importante oportunidad de mejora en la implementación de tecnologías y sistemas de seguimiento. Esto sugiere que existe un vacío de información crucial en cuanto a la huella ambiental de estas empresas. Al adoptar herramientas que permitan el monitoreo y cálculo de emisiones de CO2, estas organizaciones no solo pueden cuantificar su impacto ambiental, sino también establecer bases para estrategias de reducción y sostenibilidad, contribuyendo así al esfuerzo global por una logística más ecológica y eficiente.

Figura 10

¿En qué medida tu empresa tiene la capacidad de realizar análisis de datos logísticos en tiempo real?

25 respuestas



Basándonos en los resultados, un porcentaje significativo de las empresas encuestadas siente que tiene al menos una capacidad moderada para llevar a cabo análisis de datos logísticos en tiempo real. Esto indica una base estable para la implementación de tecnologías y sistemas que permitan mejorar aún más esta capacidad. Sin embargo, es alentador notar que un 44% (suma de las respuestas Alta y Muy Alta) ya percibe una capacidad relativamente alta o muy alta. Esto sugiere un potencial para una mayor eficiencia y competitividad en la gestión de datos logísticos si se implementan soluciones más avanzadas. Este hallazgo resalta la relevancia de la incorporación de tecnologías de vanguardia en el análisis de datos logísticos en tiempo real, como se sugiere en el marco teórico de la investigación.

Conclusión

El transporte de carga terrestre en Colombia, representativo por su contribución significativa al movimiento de mercancías, se enfrenta a desafíos cruciales, especialmente en términos de emisiones contaminantes y costos asociados al combustible. A través de una exhaustiva investigación que abarcó variables clave como el tipo de combustible, mantenimiento, capacidad de carga y el uso de tecnologías limpias, se revelaron oportunidades y obstáculos. La adopción de soluciones tecnológicas y sistemas de información emerge como una respuesta prometedora para medir, monitorear y reducir las

emisiones de CO₂. Sin embargo, la baja implementación actual de tecnologías limpias y la falta de apoyo gubernamental son obstáculos notables. Enfocarse en la economía circular se presenta como una estrategia integral para mejorar la eficiencia, reducir costos y fomentar la sostenibilidad. Este estudio proporciona una base sólida para la implementación de prácticas más sostenibles en el transporte de carga terrestre en Colombia, contribuyendo no solo a la optimización de procesos logísticos, sino también al bienestar ambiental y económico del país.

La problemática central radica en el impacto ambiental significativo, representado principalmente por las emisiones de CO₂, que se traducen en el 53% de las emisiones nacionales de contaminantes atmosféricos. Además, el crecimiento exponencial de los costos del combustible plantea una amenaza económica, subrayando la necesidad urgente de un modelo más eficiente y sostenible.

Las encuestas realizadas revelaron patrones significativos en cuanto al tipo de combustible utilizado, la frecuencia de mantenimiento, la capacidad de carga, entre otros. Destaca la predominancia del diésel como combustible y la falta de conocimiento sobre las emisiones de CO₂ generadas por la flota de transporte. Este último aspecto presenta una oportunidad clave para implementar tecnologías y sistemas que permitan la medición y reducción de estas emisiones.

El análisis también indicó que las empresas muestran una capacidad moderada para realizar análisis de datos logísticos en tiempo real. Este hallazgo destaca el potencial para mejorar la eficiencia mediante la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas. Sin embargo, la baja adopción de tecnologías limpias sugiere la necesidad de incentivos y apoyo gubernamental.

En cuanto a la economía circular, se vislumbra como una estrategia integral para abordar los desafíos actuales. La mejora en la eficiencia, la reducción de costos y la

sostenibilidad ambiental son beneficios clave que podrían derivarse de la implementación de este enfoque.

La integración de soluciones tecnológicas, la promoción de tecnologías limpias y la adopción de principios de economía circular se perfilan como acciones fundamentales para un cambio significativo. Este estudio no solo ofrece un análisis detallado del estado actual del transporte de carga terrestre en Colombia, sino que también sienta las bases para la implementación de prácticas más sostenibles y eficientes en este sector crucial.

Referencias

- Ámbito Financiero. (2022). *Las nuevas tecnologías: el camino hacia una logística sostenible*. <https://n9.cl/38bjw>
- Arango, J. (2023, 13 de junio). *Situación del transporte terrestre de carga en Colombia 2023*. Roldán Logística: <https://www.roldanlogistics.com/post/situacion-del-transporte-terrestre-de-mcarga-en-colombia-2023>
- Banco Mundial. (2023). *Colombia puede alcanzar sus ambiciosas metas climáticas y aumentar su crecimiento económico*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/07/24/colombia-puede-alcanzar-sus-ambiciosas-metas-climaticas-y-aumentar-su-crecimiento-economico>
- Calderón L., & García, H. (2012). *Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia*. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2018/03/21/5ab14052ca474150158b4634.html>
- Camargo, Y. (2019). Historicidad del transporte en Colombia, un proceso de transición y rupturas. Tzintzun. *Revista De Estudios Históricos*, (69). <http://tzintzun.umich.mx/index.php/TZN/article/view/742>
- Carballo, M., & Guelmes, E. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, (1), <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n1/rus20116.pdf>.

- Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina [CODS]. (2020). *Los retos para alcanzar las metas de descarbonización en Colombia*. <https://cods.uniandes.edu.co/los-retos-para-alcantar-las-metas-de-descarbonizacion-en-colombia/>
- Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina [CODS]. (2021). *Lo que necesita Colombia para reducir sus emisiones en un 51% para el año 2030*. <https://cods.uniandes.edu.co/lo-que-necesita-colombia-para-reducir-sus-emisiones-en-un-51-para-el-ano-2030/>
- Centro UC. (s.f.). *Dióxido de carbono (CO₂)*. <https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/recursos/glosario/dioxido-de-carbono-co2>
- Crowe. (2021). *Cambio climático ¿Podrá Colombia reducir la huella de carbono para 2050?*. <https://n9.cl/tv0u6>
- DHL. (2021). *Logistics Trend Radar*. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>
- Díaz, R. (2018, 21 de marzo). *Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático “podría salvar a 153 millones de personas”*. El Mundo: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2018/03/21/5ab14052ca474150158b4634.html>
- El Nuevo Siglo. (2023). *Colombia lograría metas climáticas y desarrollo económico: BM*. <https://www.elnuevosiglo.com.co/ambiente-y-ciencia/colombia-lograria-metas-climaticas-y-desarrollo-economico-bm>
- Espinoza, E. (s.f.). *Métodos y Técnicas de recolección de la información*. <http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/SaludMental/Metodos.e.instrumentos.de.rec>
- Fundación Gas Natural. (2015). *Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*. https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2015/12/4RESUMEN-Calidad_del_aire_urbano_salud_y_trafico_rodado.pdf
- Giro Zero. (s.f.). *Frenar el calentamiento global, un desafío de todos*. <https://girozero.uniandes.edu.co/nuestro-proyecto/por-que/frenar-el-calentamiento->

global-un-desafio-de-todos

Gómez, M., Yepes, D.L., Montoya, B., & Gutiérrez, D. (2014). Vista de Indicadores

Ambientales: Un caso exitoso de sostenibilidad en el sector transportede carga en el Valle de Aburrá – Colombia. *Teuken Bidikay*, (6), 163-178.

Hoek, W. (2018). *El impacto del Big Data en la planificación de rutas* [Blog post].

AMCsgroup: <https://www.amcsgroup.com/es/blogs/el-impacto-del-big-data-en-la-planificacion-de-rutas/>

Informa. (2022). *Informe del sector Transporte Terrestre de Carga*.

<https://www.einforma.co/informes-sectoriales/sector-transporte-terrestre-carga>

Laiton, V. (2016, octubre 30). *Entidades que regulan el transporte de carga en Colombia*.

International Trade Group: <https://n9.cl/8bkpwc>

Llinás, H. (2017). *Estadística Inferencial*. Universidad del Norte.

Maplink. (s.f.). *Acerca de nosotros*. <https://maplink.global/es/>

Marsden, G., & Reardon, L. (2018). *Governance of the Smart Mobility Transition*. Emerald Publishing Limited.

Mata, M. (1997). *Cómo elaborar muestras para los sondeos de audiencias*. ALER.

Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Colombia finaliza el proceso de ratificación del Acuerdo de París frente al cambio climático*. <https://n9.cl/yxhriq>

Ministerio de Transporte (s.f.b). *Programa de Modernización de Vehículos de Carga*.

<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7311/programa-de-modernizacion-de-vehiculos-de-carga/>

Ministerio de Transporte. (s.f.a). *Mintransporte se une a la Alianza Global MobiliseYourCity por el desarrollo e implementación de la movilidad sostenible*. <https://n9.cl/1hyrp>

Monroy, S. (2008). *Estadística descriptiva*. Instituto Politécnico Nacional.

Naciones Unidas. (s.f.b). *El Acuerdo de París*. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Ojeda, M. M. (2009). *La inferencia en muestreo de poblaciones finitas y el análisis de datos*

de encuestas. Editorial Universitaria.

Pineda, B., De Alvarado, E., & De Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación, manual para el desarrollo de person al de salud*. Organización Panamericana de la Salud [OPS].

Rodríguez, L. (2012). *Los 5 desafíos del transporte y lalogística que la tecnología ayuda a enfrentar*. <https://www.virtualpro.co/noticias/los-5-desafios-del-transporte-y-la-logistica-que-la-tecnologia-ayuda-a-enfrentar>

Salazar, J. (2015). *Introducción al Estudio del Transporte*. Universidad Externado de Colombia.

Sedkaoui, S. (2018). *Data Analytics and Big Data*. John Wiley & Sons.

United Nations. (s.f.a). *Población / Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Universidad de los Andes. (2020). *Los Retos Para Alcanzar Las Metas De Descarbonización En Colombia*. <https://cods.uniandes.edu.co/los-retos-para-alcanzar-las-metas-de-descarbonizacion-en-colombia/>

Wilmsmeier, G. (2021). *Las cuatro estrategias para reducir las emisiones del Transporte Automotor de Carga colombiano*. Giro Zero: <https://girozero.uniandes.edu.co/blog/las-cuatro-estrategias-para-reducir-las-emisiones>.