Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Luisa Fernanda Betancur Montoya

Astrid Catalina Quevedo Rincon

Corporación Universitaria Minuto De Dios - UNIMINUTO

Rectoría Bogotá

Escuela de Ciencias Empresariales

Programa de Especialización en Gerencia Logística

agosto de 2026

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud

Luisa Fernanda Betancur Montoya

Astrid Catalina Quevedo Rincon

Trabajo de Grado Presentado como requisito para optar al título Especialista en Gerencia Logística

Asesor

Ph.D. Campo Elías López-Rodríguez

Docente Investigador de la Facultad de Ciencias Empresariales

Corporación Universitaria Minuto De Dios - UNIMINUTO

Rectoría Bogotá

Escuela de Ciencias Empresariales

Programa de Especialización en Gerencia Logística

agosto de 2026

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por acompañarnos en cada etapa de este proceso, darnos fortaleza en los momentos de dificultad y permitirnos culminar una meta que representa un importante logro personal y profesional.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su comprensión y la confianza que siempre depositaron en nosotras. Su compañía, sus palabras de aliento y los sacrificios compartidos fueron fundamentales para mantener la motivación y la constancia durante este camino.

A todas las personas que, de una u otra manera, hicieron parte de este proceso académico y contribuyeron a nuestro crecimiento, brindándonos enseñanzas, oportunidades y apoyo para seguir avanzando. De manera especial, a nuestros profesores y compañeros de especialización, por compartir sus conocimientos, experiencias y aprendizajes a lo largo de este camino. Su acompañamiento, el intercambio de ideas y el trabajo colaborativo enriquecieron significativamente este proceso académico y contribuyeron a nuestro crecimiento tanto profesional como personal.

Finalmente, dedicamos este logro a nosotras mismas, por la perseverancia, la disciplina y el compromiso con los que afrontamos cada desafío, demostrando que el esfuerzo constante, la dedicación y la confianza en nuestras capacidades hicieron posible alcanzar esta meta.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, por brindarnos una formación académica de calidad y los espacios necesarios para fortalecer nuestras competencias profesionales durante el desarrollo de la Especialización en Gerencia Logística. De manera especial, agradecemos a los docentes del programa, quienes, a través de sus conocimientos, experiencia y orientación, contribuyeron significativamente al fortalecimiento de nuestra visión sobre los retos actuales del sector logístico. Expresamos un reconocimiento especial al profesor Campo Elías López, cuya orientación, acompañamiento y valiosos aportes académicos fueron fundamentales durante el desarrollo de esta investigación, permitiéndonos consolidar un trabajo con rigor metodológico y aplicabilidad en un contexto organizacional real.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a DHL Supply Chain por facilitar el acceso al contexto organizacional y a la información necesaria para el desarrollo del estudio de caso, haciendo posible la aplicación de los conocimientos adquiridos durante nuestra formación. De igual manera, agradecemos a nuestras familias, compañeros de especialización y a todas las personas que, con su apoyo, colaboración e intercambio de experiencias, contribuyeron al desarrollo de este proyecto. Cada aprendizaje compartido, cada aporte recibido y cada desafío superado durante este proceso representaron una valiosa oportunidad de crecimiento académico, profesional y personal, permitiéndonos culminar satisfactoriamente esta importante etapa de formación.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Contenido

Resumen 12
Introducción 14
1. Problema 17
1.1 Descripción del problema 17
1.2. Pregunta de investigación 20
2. Justificación 21
3. Objetivos 26
3.1. Objetivo general 26
3.2 Objetivos específicos 26
4. Marco de Referencia 27
4.1. Marco teórico 27
4.2. Marco legal 30
5. Metodología 32
5.1. Alcance de la investigación 32
5.2. Enfoque metodológico 33
5.3. Población 34
5.4. Instrumentos 35
5.5. Procedimientos. 36
5.6. Consideraciones éticas 39
6. Resultados 40
6.1 Caracterización del sistema de distribución logística de DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca 40
6.1.1 Descripción general de la operación logística de DHL para Cencosud 40
6.1.2 Estructura de la red de distribución en Cundinamarca 45

6.1.3 Tipología de rutas y cobertura geográfica de distribución 47
6.1.4 Recursos logísticos utilizados en la operación de transporte 48
6.2 Diagnóstico del sistema actual de rutas de distribución 49
6.2.1 Caracterización de las rutas de distribución actuales 50
6.2.2 Análisis de tiempos de recorrido y entrega 52
6.2.3 Evaluación del consumo de combustible en las operaciones logísticas 54
6.2.4 Identificación de ineficiencias en la planeación de rutas 59
6.3 Evaluación del impacto ambiental de las operaciones de distribución 61
6.3.1 Identificación de fuentes de emisión de CO_2 en la distribución logística 62
6.3.2 Estimación de la huella de carbono generada por las rutas actuales 62
6.3.3 Relación entre consumo de combustible y emisiones contaminantes 67
6.3.4 Impacto ambiental de las operaciones de transporte en Cundinamarca 67
6.4 Evaluación del desempeño operativo y logístico de las rutas de distribución 71
6.4.1 Indicadores de eficiencia en las operaciones de transporte 71
6.4.2 Niveles de cumplimiento en tiempos de entrega 73
6.4.3 Costos operativos asociados a la distribución logística 74
6.4.4 Utilización de la capacidad vehicular en las rutas de distribución 76
6.5 Identificación de problemáticas en la optimización de rutas de distribución 83
6.5.1 Ineficiencias en la asignación de rutas logísticas 83
6.5.2 Factores operacionales que incrementan el consumo de combustible 84
6.5.3 Limitaciones en la planeación y monitoreo de rutas 85
6.5.4 La huella de carbono como indicador del desempeño logístico. 87
6.6 Identificación de oportunidades de mejora para la optimización logística 88
6.6.1 Análisis de causas de las problemáticas identificadas 88
6.6.2 Priorización de variables criticas para optimizar rutas 91

6.6.3 Estrategias para reducir recorridos y tiempos de distribución 93

6.7 Propuesta de optimización de rutas de distribución para la reducción de la huella de carbono. 96

6.7.1 Diseño de estrategias de optimización de rutas logísticas 97

6.7.2 Implementación de indicadores KPI para el control de la distribución. 99

6.7.3 Evaluación financiera y operativa de la propuesta logística 102

6.7.4 Beneficios esperados en eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental. 103

7 Conclusiones 107

8 Recomendaciones 110

Referencias bibliográficas 112

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Lista de tablas

Tabla 1. Concentración de material particulado anual en Bogotá. 24

Tabla 2. Caracterización general de la operación logística DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud..... 43

Tabla 3. Componentes del sistema de distribución logística analizados en el estudio 45

Tabla 4. Estructura general de la red de distribución..... 46

Tabla 5. Tipología de rutas identificadas en la operación..... 47

Tabla 6. Recursos logísticos utilizados en la operación..... 48

Tabla 7. Comportamiento actual rutas de distribución. 51

Tabla 8. Tiempo de tránsito VS Kilómetros recorridos 52

Tabla 9. Tipo de vehículo según cantidad de viajes realizados. 54

Tabla 10 Consumo de combustible por trayectos realizado..... 56

Tabla 11. Ocupación real transporte de mercancías ene-jun 2026..... 60

Tabla 12. Estimación de la huella de carbono generada por las rutas actuales..... 63

Tabla 13. Comparación de emisiones de CO_2 en trayectos representativos de la operación logística DHL cuenta Cencosud Cundinamarca. 70

Tabla 14 Costos eficientes para el transporte automotor de carga (SICE-TAC) 75

Tabla 15. Costo referencial 76

Tabla 16. Porcentaje de ocupación real de la flota de transporte en pallets y cajas..... 78

Tabla 17. Matriz de problemáticas operativas, causas e impacto ambiental de la operación logística. 89

Tabla 18. Variables estratégicas para la propuesta de optimización..... 91

Tabla 19. Variables estratégicas para la propuesta de optimización..... 93

Tabla 20 Estrategias de optimización logística para la reducción de la huella de carbono en la operación de distribución de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud. 94

Tabla 21 Indicadores KPI propuestos para el control de la operación logística y la reducción de la huella de carbono..... 100

Tabla 22. Clasificación de las estrategias según tipo de inversión requerida 103

Tabla 23. Beneficios de la implementación de la propuesta de optimización logística.. 105

Lista de figuras

Figura 1 Funcionamiento de un algoritmo para mejorar la distribución en el proceso de última milla. 23

Figura 2 Técnicas de Investigación 38

Figura 3 Indicador de cumplimiento entregas a tiempo ONTIME 72

Figura 4 Ilustración del ecosistema de las emisiones de GHG de los vehículos de carga en el sistema productivo nacional y de los factores que inciden en el consumo de combustible..... 85

Figura 5 Modelo propuesto para la optimización de rutas y la reducción de la huella de carbono en la operación de distribución de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud. 99

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Lista de anexos

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Resumen

La optimización de las rutas de distribución constituye una estrategia clave para mejorar la eficiencia logística y reducir el impacto ambiental generado por las operaciones de transporte, especialmente en los procesos de distribución de última milla. De acuerdo con esto, el presente estudio tuvo como objetivo proponer estrategias de optimización de las rutas de distribución que contribuyeran a la reducción de la huella de carbono en la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud en el departamento de Cundinamarca. Desde el punto de vista metodológico, se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando el análisis documental con el estudio de caso para analizar la operación logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud y formular estrategias orientadas a la optimización de las rutas de distribución. Simultáneamente, se analizaron registros operativos, indicadores logísticos y documentación técnica de la operación, contrastando la información obtenida con referentes especializados y con parámetros del Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (SICE-TAC). Estos resultados permitieron identificar oportunidades de mejora relacionadas con la planeación de rutas, la consolidación de carga, la programación de despachos, el monitoreo operativo y el aprovechamiento de la capacidad vehicular, dando lugar a una propuesta integral de optimización logística que incorpora estrategias operativas, indicadores de seguimiento, prácticas de eco-conducción y la proyección de una transición gradual hacia vehículos híbridos y eléctricos. En conjunto, la propuesta demuestra que la optimización de los procesos logísticos constituye una alternativa viable para fortalecer la eficiencia operativa

Palabras claves: Rutas de distribución, huella de carbono, estudio de caso

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Abstract

Optimizing distribution routes is a key strategy for improving logistics efficiency and reducing the environmental impact of transportation operations, especially in last-mile distribution processes. Accordingly, the objective of this study was to propose strategies for optimizing distribution routes that would contribute to reducing the carbon footprint of the operation carried out by DHL Supply Chain for the Cencosud account in the department of Cundinamarca. From a methodological standpoint, the study was conducted using a mixed-methods approach, integrating literature review with a case study to analyze DHL Supply Chain's logistics operation for the Cencosud account and formulate strategies aimed at optimizing distribution routes. At the same time, operational records, logistics indicators, and technical documentation related to the operation were analyzed, cross-referencing the information obtained with specialized benchmarks and parameters from the Information System for Efficient Costs in Motorized Freight Transport (SICE-TAC). These results made it possible to identify opportunities for improvement related to route planning, cargo consolidation, dispatch scheduling, operational monitoring, and vehicle capacity utilization, leading to a comprehensive proposal for logistics optimization that incorporates operational strategies, monitoring indicators, eco-driving practices, and a plan for a gradual transition to hybrid and electric vehicles. Overall, the proposal demonstrates that optimizing logistics processes is a viable alternative for enhancing operational efficiency.

Keywords: Distribution routes, carbon footprint, case study

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Introducción

La logística de distribución de última milla desempeña un papel fundamental dentro de la cadena de suministro, ya que garantiza que los productos lleguen al cliente en las condiciones, tiempos y cantidades requeridas. Sin embargo, el crecimiento de las operaciones de transporte y las exigencias de la distribución urbana han incrementado los desafíos relacionados con la planeación de rutas, el aprovechamiento de la capacidad vehicular y el consumo de combustible, generando efectos directos sobre la eficiencia operativa y el impacto en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2). En la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud en el departamento de Cundinamarca, el diagnóstico evidenció oportunidades de mejora en estos procesos, lo que permitió delimitar el estudio hacia el análisis de las rutas de distribución y la formulación de estrategias orientadas a optimizar la operación. A partir de este diagnóstico, el estudio se enfocó en diseñar una propuesta de optimización logística que fortaleciera el desempeño del sistema de distribución y contribuyera a la reducción de la huella de carbono, alineado con el objetivo general y los objetivos específicos establecido.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de responder a los desafíos actuales de la logística sostenible mediante estrategias que permitan mejorar el desempeño y eficiencia operativo sin afectar los niveles de servicio ofrecidos al cliente. Desde la perspectiva empresarial, la optimización de las rutas representa una alternativa para reducir recorridos improductivos, aprovechar la capacidad vehicular, optimizar el consumo de combustible y fortalecer la planeación de las operaciones de transporte. A nivel ambiental, la propuesta promueve la incorporación de criterios de sostenibilidad dentro de la gestión logística,

favoreciendo la disminución progresiva de la huella de carbono asociada a las actividades de distribución. Asimismo, el estudio aporta una propuesta metodológica basado en un caso aplicado que integra conceptos de eficiencia logística y sostenibilidad, evidenciando la importancia de orientar la toma de decisiones hacia modelos de distribución cada vez más responsables con el entorno.

La investigación se sustentó en referentes teóricos relacionados con la gestión logística, la distribución física de mercancías, la optimización de rutas, la logística de última milla y la sostenibilidad aplicada al transporte de carga. De igual manera, se abordaron conceptos asociados a la eficiencia operativa, la consolidación de carga, el aprovechamiento de la capacidad vehicular, la medición del desempeño mediante indicadores logísticos y la evaluación de la huella de carbono como indicador del impacto ambiental generado por las operaciones de transporte. Estos fundamentos permitieron comprender la relación existente entre la gestión de la distribución y la sostenibilidad, proporcionando el soporte conceptual necesario para interpretar los resultados obtenidos y fundamentar la propuesta desarrollada en el estudio de caso.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando el análisis documental y el estudio de caso para comprender la operación logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud y así formular una propuesta de optimización de rutas ajustada a las condiciones de la compañía. La información recopilada mediante el análisis documental de registros operativos, indicadores de gestión, datos asociados a las rutas de distribución, capacidad de la flota, tiempos de entrega y consumo de combustible. Continuando con el diagnóstico de la operación, identificando las principales oportunidades de mejora y evaluando su relación con la eficiencia logística y la generación de gases de efecto invernadero llevando a la construcción de una propuesta de optimización soportada en el análisis

de la información recopilada y en parámetros referenciales del Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (SICE-TAC), con el propósito de valorar la viabilidad operativa y económica de las estrategias planteadas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que las principales oportunidades de mejora se concentran en la planeación de las rutas, la consolidación de carga, la programación de despachos, el monitoreo operativo y el aprovechamiento de la capacidad vehicular. El diagnóstico permitió establecer que la operación presenta un uso promedio de la flota, reflejando la existencia de capacidad disponible susceptible de optimización mediante una mejor organización de los recorridos y una mayor articulación entre los procesos logísticos. A partir de estos hallazgos se formuló una propuesta integral que incorpora estrategias de optimización dinámica de rutas, fortalecimiento del monitoreo en tiempo real, implementación de indicadores clave de desempeño (KPI), prácticas de eco-conducción y la evaluación de una transición gradual hacia vehículos híbridos y eléctricos como alternativa de mediano plazo para fortalecer la sostenibilidad de la operación.

El estudio demuestra que la optimización de las rutas de distribución constituye una estrategia viable para fortalecer la eficiencia operativa y avanzar hacia una gestión logística más sostenible, al intervenir variables internas sobre las cuales la organización tiene capacidad de actuación. Los resultados evidenciaron que una adecuada planeación de las rutas, una mayor consolidación de la carga, el fortalecimiento del monitoreo operativo y la implementación de prácticas de eco-conducción generan beneficios operativos y ambientales, favoreciendo la reducción del consumo de combustible y, en consecuencia, de las emisiones de CO_2, sin requerir inversiones significativas durante la fase inicial de implementación.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

1. Problema

1.1 Descripción del problema

La logística urbana se refiere a la planificación, implementación y control eficiente del flujo de mercancías dentro de las ciudades, considerando factores como la movilidad, la infraestructura, la sostenibilidad y el impacto ambiental generado por las actividades de transporte. Según Ragàs (2024) la logística urbana busca optimizar las operaciones de distribución en entornos urbanos con el fin de mejorar el nivel de servicio, reducir los costos logísticos y disminuir los impactos negativos asociados al transporte de carga. Se puede entender que la ciudad es un eslabón fundamental dentro de la cadena de suministro, en el que convergen distintos actores, cimientos y procesos logísticos necesarios para garantizar el abastecimiento de bienes en los entornos urbanos. Dentro de este sistema se encuentra la logística de última milla, considerada una de las etapas más complejas del proceso de distribución debido a factores como la congestión del tráfico, la dispersión de los puntos de entrega y las restricciones propias de los entornos urbanos (Boysen et al., 2021), para la cuenta Cencosud operada por DHL en Cundinamarca, representa un desafío significativo, ya que las condiciones propias del entorno urbano afectan la eficiencia de las rutas de distribución.

El crecimiento de las ciudades y el aumento de la población han generado una mayor demanda de bienes y servicios, lo que ha intensificado la actividad logística en los entornos urbanos y ha incrementado la complejidad de los procesos de distribución. Esta etapa se ha convertido en un componente crítico dentro de la cadena de suministro, ya que su adecuada

gestión incide directamente en la eficiencia de las rutas de distribución y en el desempeño operativo de las entregas (Maxner et al., 2022).

Según Fernández (2024) la logística de última milla es importante en la cadena de suministro ya que ha sido influenciada por el auge del comercio electrónico y se crea un valor añadido frente al cliente final. Con forme se implementa la distribución de última milla se ha requerido una transición hacia la implementación de vehículos eléctricos reemplazando la flota vehicular de combustión, surge como una alternativa para mitigar los impactos en la reducción directa de las emisiones de CO2, menor contaminación acústica y alinearse con políticas de movilidad sostenible con el fin de reducir la huella de carbono (Laguna, 2021).

El caso de estudio se llevará a cabo en Bogotá incluyéndose en el departamento de Cundinamarca que son las ciudades con mayor contaminación. Conforme a las proyecciones del DANE (2025) la ciudad cuenta con más de 8 millones de habitantes y a su vez esta divida en veinte (20) localidades según el observatorio del espacio público de Bogotá. Cuenta con diversas rutas principales como lo son la Autopista Norte, Autopista Sur, Avenida Boyacá, Avenida Calle 13, Avenida Calle 80, Avenida de las Américas, Avenida Carrera 68 y Carrera 30 (González, 2024).

Gonzáles (2024) indica que Bogotá enfrenta una alta demanda de desplazamientos debido a su infraestructura y medios de transporte. Trayectos que deberían tomar entre 20 a 30 minutos pueden extenderse a 1 o 2 horas debido a la congestión. Además, la infraestructura vial es deficiente y carece de conectividad, lo que provoca el colapso de vías principales. Conforme a esto y debido a la alta demanda en la distribución activa de los diferentes sectores económicos, surge la necesidad de implementar sistemas enfocados en la optimización de la última milla, apoyados en datos de densidad de tráfico y mapas críticos de congestión.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Como señalan Loiseau et al (2020), las cadenas cortas de suministro no siempre son más sostenibles, aunque reducen las distancias de transporte, las ineficiencias operativas derivadas de la congestión vehicular aumentan las emisiones por unidad transportada. Como se menciona en el informe técnico de Farrow et al. (2021) donde indica que los niveles de contaminación del aire en la ciudad superan los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), afectando directamente la calidad de vida de la población y generando impactos negativos en la salud pública.

En 2025 se llevó a cabo la segunda conferencia mundial sobre contaminación del aire y la salud en la ciudad de Cartagena, con el fin de evaluar los avances del proceso global y compartir evidencia reciente sobre las consecuencias de la contaminación del aire en la salud pública, de acuerdo a lo anterior 18 países acordaron reducir en un 50% el impacto de las emisiones por la contaminación del aire, sin embargo, se deben robustecer las políticas en transporte limpio y la regulación a las entidades de transporte (OMS 2025). Según Rodríguez (2025) respirar aire limpio es un derecho humano a un ambiente sano, para conseguirlo implica que todos los actores sociales, entidades gubernamentales y el gremio académico intervengan las problemáticas y planteen soluciones sostenibles y aplicables a través del tiempo.

En el año 2020 la ciudad de Bogotá ocupó el primer lugar entre las ciudades más congestionadas del mundo, de acuerdo con lo anterior, es imperativo optimizar las rutas de distribución actual para atender la problemática ambiental (Gonzáles, 2024). Como mencionan Meneses y Vidal (2022) una mala implementación de la última milla puede ocasionar pérdidas económicas. A la fecha el índice de calidad del aire se encuentra en óptimas condiciones, sin embargo, en diferentes momentos se evidencia la desmejora de esta. (Datos meteorológicos y de calidad del aire en tiempo real en todo el mundo, 2026).

Por lo que se plantea la necesidad de desarrollar estrategias orientadas a la optimización de rutas de distribución que permitan mejorar la eficiencia operativa y, al mismo tiempo, mitigar los impactos ambientales asociados a la logística urbana. Se destaca que la optimización de rutas en la última milla contribuye a mejorar el desempeño logístico y a reducir las emisiones contaminantes en entornos urbanos (Maxner et al., 2022). Asimismo, Dablanc y Adoue (2025) han evidenciado que la incorporación de enfoques basados en datos para la gestión del transporte de mercancías fortalece la toma de decisiones y permite avanzar hacia sistemas logísticos más sostenibles.

1.2. Pregunta de investigación

¿De qué manera la optimización de las rutas de distribución en la cuenta Cencosud DHL puede contribuir para la reducción de la huella de carbono en los procesos logísticos de Cundinamarca?

2. Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de analizar el impacto ambiental dirigido a los procesos de distribución de última milla en el entorno urbano de Bogotá, una ciudad con alta actividad económica y logística. Según Dablanc y Adoue (2025) señalan que el crecimiento de las operaciones de transporte urbano de mercancías, impulsado por el aumento del comercio electrónico y de los servicios de entrega, ha intensificado la circulación de vehículos de carga en las ciudades, lo que genera nuevos desafíos relacionados con la movilidad urbana, la planificación logística y la formulación de políticas que permitan gestionar de manera más eficiente el transporte de mercancías. De igual forma diversos estudios señalan que la logística de última milla es responsable de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el transporte urbano, contribuyendo al cambio climático y al deterioro de la calidad del aire en las ciudades (Boysen et al., 2021).

De esta manera la optimización de rutas y la mejora en la planificación de las entregas urbanas se constituyen como herramientas clave para reducir el consumo de combustible, aumentar la eficiencia del transporte y disminuir las emisiones contaminantes asociadas a las actividades logísticas (Maxner et al., 2022). Así mismo, Taniguchi et al. (2020) señalan que la implementación de modelos de optimización en la distribución urbana permite mejorar la eficiencia operativa del transporte de mercancías y contribuir a la reducción de los impactos ambientales derivados de las operaciones logísticas en las ciudades.

De acuerdo con Miranda et al. (2024) para la reducción de costos y mejorar la eficiencia en las entregas se puede implementar seis (6) métodos distintos, entre ellos están, la entrega a

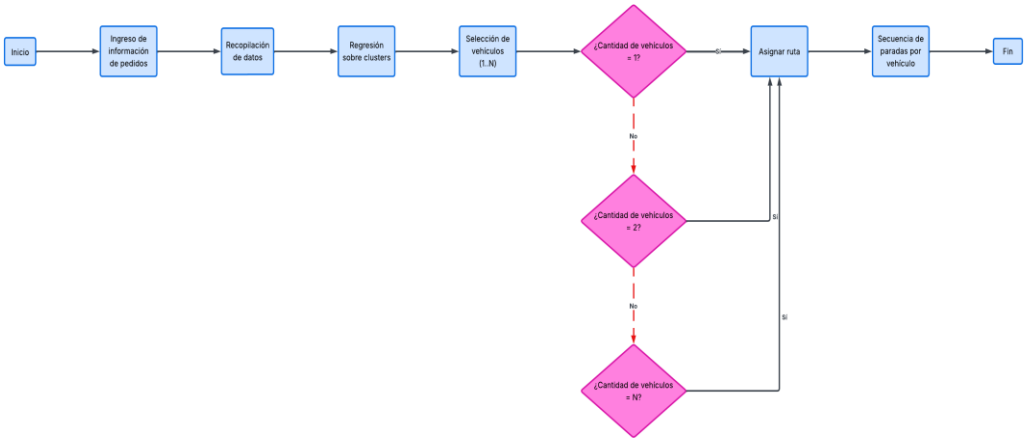
domicilio, parcel lockers, buzón de entrega, punto de recogida, crowdsourcing, cargo bike y entrega maletero, el implementar este tipo de entrega puede ser más útil dependiendo del tipo de empresa que lo implementen. El implementar diversos sistemas de entrega permite lograr que la confianza y la percepción de los usuarios sean mejores, por consecuencia las empresas que tengan un óptimo manejo de la última milla podrán tener una ventaja competitiva (Palomino y Pérez, 2025).

Según Cabify Logistics (2026) la última milla puede representar hasta un 53% del costo del envió, este costo se da por la complejidad porque existen factores como lo son la densidad de entregas, tráfico urbano, intentos fallidos e infraestructura limitada. Para disminuir este tipo de complejidades se debe implementar un algoritmo donde al utilizar diferentes registros sea capaz de trazar rutas donde se disminuyan los recorridos innecesarios y se aproveche al máximo la capacidad de cada vehículo, al usar esta combinación ayuda a que se reduzcan los tiempos de entrega, se use adecuadamente las ventas de entrega y un menor consumo de combustible (Gobertti et al. 2024).

Gobertti et al., (2024) plantean que el funcionamiento del algoritmo debe ser como se muestra en la Figura 1 en principio se encuentra el ingreso de la información el cual debe contener datos como tamaño, peso, costo, destino. Posteriormente se debe realizar una recopilación de la información ingresada para que el algoritmo pueda realizar la regresión sobre clústers, que consiste en agrupar la información por sus características de envió; para luego realizar la selección de vehículos de acuerdo con las necesidades registradas anteriormente. Ya

seleccionada la cantidad de vehículos se asigna la ruta a cada uno y la secuencia de paradas correspondiente.

Figura 1 Funcionamiento de un algoritmo para mejorar la distribución en el proceso de última milla.



Fuente: Elaboración propia en base en Gobertti et al., (2024)

Considerando los diversos factores que se atribuyen a la optimización de rutas de última milla en la gestión logística, es imperativo mencionar la sostenibilidad como un eje de análisis fundamental en Bogotá D.C, la sostenibilidad ambiental es un tema prioritario debido a los altos niveles de contaminación y la afectación en el marco económico y social, dado que la misma no solo está enfocada en reducción de emisiones, sino en garantizar la justicia social y el acceso a un entorno saludable.

El Observatorio Ambiental de Bogotá (2023) informó que la ciudad presenta problemas críticos en calidad del aire, movilidad sostenible y cambio climático, lo que exige políticas de sostenibilidad para reducir emisiones y mejorar la resiliencia urbana, como se relaciona en la

Tabla 1. Concentración de material particulado anual en Bogotá, los resultados obtenidos en el observatorio en función de las partículas en suspensión en el aire PM10 medida en microgramos/metro cubico en la ciudad de Bogotá entre los años 2023 – 2025, las mediciones deben realizarse de manera continua a partir del año 2018 y están orientadas a dar cumplimiento a las metas establecidas sobre los niveles máximos permisibles a 2030 (Resolución No. 2254, 2017, Articulo 3).

Tabla 1. Concentración de material particulado anual en Bogotá.

Periodo	Valor (µg/m³)
2023-LB	32,8
2024	35,3
2025	31,2

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá (2025)

Reyes (2025) indica que el diseño de una planificación inteligente, la optimización de rutas y la utilización de los recursos disponibles genera economías de escala que reducirán los costos y los tiempos de entrega del paqueteo de última milla, mejorando no solo la eficiencia logística sino que también se promueve la economía ecológica y los modelos logísticos de gestión responsable, posibilitando el impacto ambiental, los tiempos de entrega, los costos operativos y fomentar la logística colaborativa en entornos reales.

La optimización de rutas en la logística de última milla supone la urgencia y se presenta como una estrategia para combatir la huella de carbono y contribuir con el bienestar de los ciudadanos, estudios recientes por medio de modeladores de programación lineal y planeación

confirman que se pueden generar impactos positivos a nivel económico y ambiental; por medio del desarrollo de un modelo de ruteo con ventanas de tiempo en Bogotá. Se evidenció que la planificación de rutas minimizó los tiempos de viaje donde 6 de cada 9 vehículos con ventanas de tiempo establecidas realizaron las entregas de forma efectiva, considerando su capacidad de cargue y distribución en contextos controlados sin afectar la experiencia del cliente (Estupiñan, 2024).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Optimizar la ruta de distribución y su impacto en la huella de carbono en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el estado actual de las rutas de distribución en la operación de DHL para la cuenta Cencosud en Cundinamarca, identificando tiempos de recorrido, distancias y niveles de consumo de combustible.

- Analizar la relación entre las condiciones operativas (tráfico, zonas de entrega y restricciones urbanas) y la eficiencia de las rutas de distribución en la operación logística de DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca.

- Evaluar el impacto de la optimización de rutas en la reducción del consumo de combustible y de las emisiones de CO_2 en la operación de distribución de DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca.

4. Marco de Referencia

4.1. Marco teórico

4.1.1 Rutas de distribución

La logística de última milla en entornos urbanos se ha convertido en uno de los principales desafíos para las cadenas de suministro debido al crecimiento del comercio electrónico y al aumento de la demanda de entregas rápidas (Silva, Amaral & Fontes, 2023). Desde este punto de vista, Ragàs (2024) considera que la ciudad debe entenderse como un componente estratégico dentro de la cadena de suministro, donde convergen infraestructura, movilidad y procesos logísticos necesarios para garantizar el abastecimiento urbano. De tal forma que el problema de recolección o distribución de productos a partir de un depósito original (punto de origen) y una cantidad de clientes con una demanda por atender, juega un papel importante en empresas logísticas (López & Villagra, 2022)

Por otra parte, Liu et al. (2023) señalan que la optimización de rutas dentro de los procesos de distribución permite integrar variables operativas y ambientales para mejorar el desempeño logístico en entornos urbanos para la minimización de emisiones de carbono requiere determinar los tiempos óptimos de salida de los vehículos. De igual manera afirman que la optimización de rutas contribuye a reducir costos operativos, mejorar los tiempos de entrega y maximizar la utilización de los recursos disponibles (Blanco González et al., 2024). Por ello, Huerta et al. (2024) manifiestan que para alcanzar una optimización eficiente es importante que

cada parte de la cadena de suministro sea analizada detalladamente, ya que esto contribuye a reducir los costos de transporte, minimizar la cantidad de vehículos utilizados y optimizar los recursos de la organización.

Ahora bien, Wang et al. (2023) afirman que la adecuada planificación de rutas de distribución mejora la eficiencia del transporte y contribuye a reducir emisiones contaminantes en entornos urbanos. Asimismo, manifiestan que la mejora en los procesos logísticos y en la planificación de rutas contribuye a optimizar recursos y disminuir el impacto ambiental generado por las operaciones de transporte (Yu et al., 2022). De igual manera, Silva et al. (2023) consideran que la implementación de modelos sostenibles de distribución urbana permite fortalecer el desempeño operativo y responder de manera eficiente a las exigencias actuales de la logística de última milla (Rodríguez et al., 2022).

Del mismo modo, se considera que la optimización de rutas permite mejorar el desempeño general de la flota y fortalecer el uso eficiente de los recursos disponibles dentro de las operaciones logísticas (Checa 2025). Por ende, según Ferrer (2023) manifiesta que las organizaciones deben implementar acciones orientadas a disminuir la huella de carbono generada por el transporte, mientras que señala que el desarrollo de actividades económicas y logísticas debe realizarse bajo criterios de sostenibilidad que garanticen la protección ambiental y el bienestar de las futuras generaciones (Moreno 2023).

4.1.2 Reducción de huella de carbono

Bogotá es considerada como una de las ciudades con mayor congestión vehicular de América Latina, por esta razón los medios de transporte son responsables de un gran porcentaje de las emisiones de CO_2 (Torres & González, 2024). Es importante considerar el concepto planteado por Malagón Acevedo et al. (2023), quienes indican que la comprensión de los gases de efecto invernadero y la huella de carbono desempeña un papel fundamental en la adopción de medidas orientadas a disminuir las emisiones y contrarrestar los impactos del cambio climático. Por esta razón, diversas organizaciones gubernamentales, centros de estudio, empresas y ciudadanos han desarrollado estrategias orientadas a mitigar el cambio climático y reducir sus efectos sobre el medio ambiente y la sociedad (Herrera & Ruiz, 2024).

Así pues, Ferrer (2023) considera que las empresas deben emprender acciones orientadas a disminuir la huella de carbono generada por sus operaciones logísticas, Por ello la integración de tecnologías verdes y estrategias sostenibles dentro de la cadena de suministro contribuye a optimizar recursos y fortalecer el desempeño ambiental de las operaciones logísticas, pues la mejora en los procesos logísticos y en la planificación de rutas contribuye a optimizar recursos y disminuir el impacto ambiental generado por las operaciones de transporte (Yu et al., 2022). Por otro lado, Moreno (2023) afirma que se reconoce la necesidad de continuar el desarrollo económico, industrial y social sin devastar el planeta, garantizando la supervivencia y el bienestar de las futuras generaciones.

Por lo cual la transición hacia la utilización de vehículos eléctricos dentro de las operaciones de distribución representa una alternativa importante para reducir las emisiones de CO_2 y disminuir el impacto ambiental generado por el transporte urbano (Laguna 2022). Wang et

al. (2023) afirman que la adecuada planificación de rutas de distribución mejora la eficiencia del transporte y contribuye a reducir emisiones contaminantes en entornos urbanos; por ello, la mejora en los procesos logísticos y en la planificación de rutas contribuye a optimizar recursos y disminuir el impacto ambiental generado por las operaciones de transporte (Yu et al., 2022).

En esta misma línea, el ITF (2023) señala que las ineficiencias operativas derivadas de la congestión vehicular incrementan el consumo energético y las emisiones contaminantes generadas por las actividades de transporte Por consiguiente la implementación de modelos sostenibles de distribución urbana permite responder de manera eficiente a las exigencias actuales de la logística de última milla y fortalecer las estrategias orientadas a la reducción de la huella de carbono (Silva et al., 2023). Asimismo, Ferrer (2023) manifiesta que las organizaciones deben asumir un compromiso ambiental mediante la implementación de acciones que favorezcan la sostenibilidad y permitan disminuir el impacto ambiental generado por las operaciones logísticas en entornos urbanos.

4.2. Marco legal

- **Acuerdo de París (Ley 1844 de 2017)**

Establece compromisos internacionales para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de mitigar el cambio climático. En Colombia, su adopción impulsa la implementación de estrategias sostenibles en sectores como el transporte y la logística (Congreso de la República de Colombia, 2017).

- I**SO 14001:2015/Adm 1:2024(es)**

Es una norma internacional que orienta la implementación de sistemas de gestión ambiental en las organizaciones. Su versión más reciente incorpora el enfoque de cambio climático como un elemento clave dentro del contexto organizacional. Orientando e integrando las estrategias a la reducción de emisiones y la mitigación de impactos ambientales, causando que su aplicación en el sector logístico sea fundamental. (ISO, 2024).

- **Ley 1931 de 2018**

Define las directrices para la gestión del cambio climático en Colombia, estableciendo 0020lineamientos para la formulación de políticas y acciones de mitigación y adaptación en distintos sectores productivos (Congreso de la República de Colombia, 2018).

- **Ley 2169 de 2021**

Establece metas para, la carbono neutralidad del país hacia el año 2050, promoviendo la reducción de emisiones de GEI en sectores estratégicos como el transporte y la logística (Congreso de la República de Colombia, 2021).

- **CONPES 3934 de 2018**

Plantea la política de crecimiento verde, orientada a mejorar la competitividad económica del país mediante el uso eficiente de los recursos y la reducción de impactos ambientales (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

- **Plan de Ordenamiento Territorial (POT)**

Define la organización del territorio y establece lineamientos para el desarrollo urbano, incluyendo aspectos relacionados con la movilidad, la infraestructura y la sostenibilidad en las ciudades (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021).

5. Metodología

5.1. Alcance de la investigación

El objetivo de este estudio se centra en la optimización de las rutas de distribución de la cuenta Cencosud en la compañía DHL Supply Chain para la seccional de Cundinamarca, esto con el propósito de evaluar el impacto en la reducción de la huella de carbono resultado de su actividad económica, la investigación tendrá un alcance descriptivo con el fin evaluar las rutas de distribución identificando las practicas actuales, las oportunidades de mejora y respectivamente la disminución de emisiones de acuerdo a la aplicación de nuevas medidas en la gestión logística de transporte y operación en la compañía.

Los estudios descriptivos buscan orientar la identificación y caracterización de atributos del fenómeno en estudio, debido a su relativa sencillez metodológica se convierte en una herramienta apropiada para abordar la problemática actual (Corona et al., 2023) por esta razón, este tipo de estudio nos permitirá analizar las condiciones operativas y las mejoras que puede tener la reducción de la huella de carbono, por ello Galarza & Cruz (2024) generan una guía base para la construcción de la investigación en diferentes niveles desde el nivel descriptivo hasta llegar a un nivel explicativo, cerrando con la identificación y descripción de los elementos que enmarcaron la línea de investigación.

5.2. Enfoque metodológico

Es necesario señalar que la optimización de las rutas de distribución y su impacto en la reducción de la huella de carbono en la compañía objeto de este estudio de caso no dependen exclusivamente de una perspectiva cuantitativa. Si bien los datos permiten medir objetivamente la reducción de emisiones y la eficiencia de las rutas optimizadas, el enfoque cualitativo aporta contexto sobre las oportunidades de mejora y los factores organizacionales que pueden potenciar o limitar la efectividad de las estrategias propuestas. Por esta razón, resulta pertinente orientar la investigación hacia un enfoque mixto, con el fin de generar recomendaciones más precisas y contextualizadas, alineadas con la sostenibilidad ambiental de la compañía.

Según Faneite (2023), los enfoques de investigación constituyen un conjunto de planteamientos sistematizados y controlados que orientan la resolución de un problema. En este sentido, permiten garantizar que la planeación, creación y desarrollo del proceso investigativo se estructuren desde una perspectiva integral y objetiva, ofreciendo una comprensión global del problema y de las oportunidades identificadas a lo largo del estudio. De esta manera, el método proporciona una orientación metodológica para el abordaje del problema planteado y permite determinar, de forma lógica y coherente, los resultados, con el fin de transformar la práctica actual (Guelmes et al., 2015).

5.3. Población.

La población de esta investigación hace referencia a la operación logística de la compañía DHL Supply Chain en la cuenta Cencosud, ubicada en el parque logístico Zol en Funza Cundinamarca. DHL es una empresa líder a nivel mundial en servicios logísticos y de transporte, reconocida por su amplia red de distribución, su capacidad operativa y la implementación de soluciones integrales en la cadena de suministro. La compañía desempeña un papel clave en la gestión de operaciones logísticas para grandes empresas del sector retail, como Cencosud, a través de la planificación, almacenamiento y distribución de mercancías. Esta operación también desarrolla un entorno urbano caracterizado por una alta demanda de entregas, comprendiendo los diferentes componentes de la distribución de última milla, incluyendo las rutas asignadas, los vehículos utilizados y el personal operativo.

En relación con su delimitación, el conjunto de elementos analizados en esta investigación corresponde a una población finita, debido a que se encuentra circunscrita a una operación logística específica, en un espacio geográfico determinado y con un número definido de componentes asociados a la cuenta Cencosud en DHL. Esta condición permite abordar la totalidad de los elementos sin recurrir a estimaciones externas. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2023), una población es finita cuando el conjunto de unidades de análisis es limitado y puede ser identificado en su totalidad dentro del contexto de estudio. En una misma línea se señala que las poblaciones finitas se caracterizan por estar claramente delimitadas, lo que facilita el acceso a la información y permite un análisis más preciso en investigaciones aplicadas (Arias, 2022).

5.4. Instrumentos

En el desarrollo de la presente investigación se emplean instrumentos como el análisis documental de registros operativos y un formato de cálculo de la huella de carbono de rutas en la operación de DHL Supply Chain, en la cuenta Cencosud en Cundinamarca. Estos instrumentos contribuyen al objetivo de optimizar las rutas de distribución y analizar su impacto en la huella de carbono, a partir de variables como las distancias recorridas, los tiempos de entrega, el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este sentido, el análisis documental permite acceder a fuentes internas, tales como reportes logísticos, históricos de rutas y sistemas de monitoreo, lo cual garantiza información objetiva y contextualizada. Lo anterior posibilita desarrollar un análisis integral del caso, articulando información cuantitativa y cualitativa en el contexto de la logística urbana. Teniendo en cuenta lo anterior, desde una perspectiva conceptual, el análisis documental es considerado un instrumento fundamental en la investigación aplicada que requiere la organización y evaluación de información existente. En este sentido, Hernández et al. (2014) plantean que los instrumentos de recolección de datos permiten registrar y organizar la información de manera estructurada, con el fin de facilitar su análisis conforme a los objetivos del estudio. Asimismo, se señala que la adecuada definición y medición de variables, mediante instrumentos pertinentes, permite analizar de forma objetiva los fenómenos investigados (Cauas, 2015).

5.5. Procedimientos.

El procedimiento de esta investigación se estructura en dos bloques fundamentales: el análisis documental y el estudio de caso, tal como se relaciona en la figura 2, esto permitirá recopilar e interpretar información con la optimización de rutas de distribución y su impacto en la reducción de la huella de carbono en la operación logística de DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca. Para dar alcance al análisis documental se desarrollará en tres (3) etapas, como se describe a continuación:

- Delimitación: En esta etapa se definirá la relación entre las rutas de distribución y lo relacionado con la huella de carbono, además se realizará identificaciones de antecedentes, conceptos teóricos y estudios previos relacionados con el objeto de estudio de caso.
- Recopilación de datos: Por medio de consulta de bases de datos académicas, repositorios institucionales y Google Scholar, se recopilarán fuentes primarias y secundarias relacionadas con normatividad ambiental, logística sostenible, optimización de rutas, informes de sostenibilidad de la compañía y artículos científicos desarrollados por diferentes autores. La información recolectada será organizada mediante matrices y fichas documentales para facilitar su clasificación y posterior análisis.
- Análisis: En esta etapa se realizará el análisis documental de la información recopilada, identificando categorías, variables e indicadores relacionados con eficiencia logística, reducción de emisiones y sostenibilidad ambiental. Empleando matrices comparativas y usando herramientas informáticas, permitiendo sistematizar la información y desarrollar un análisis

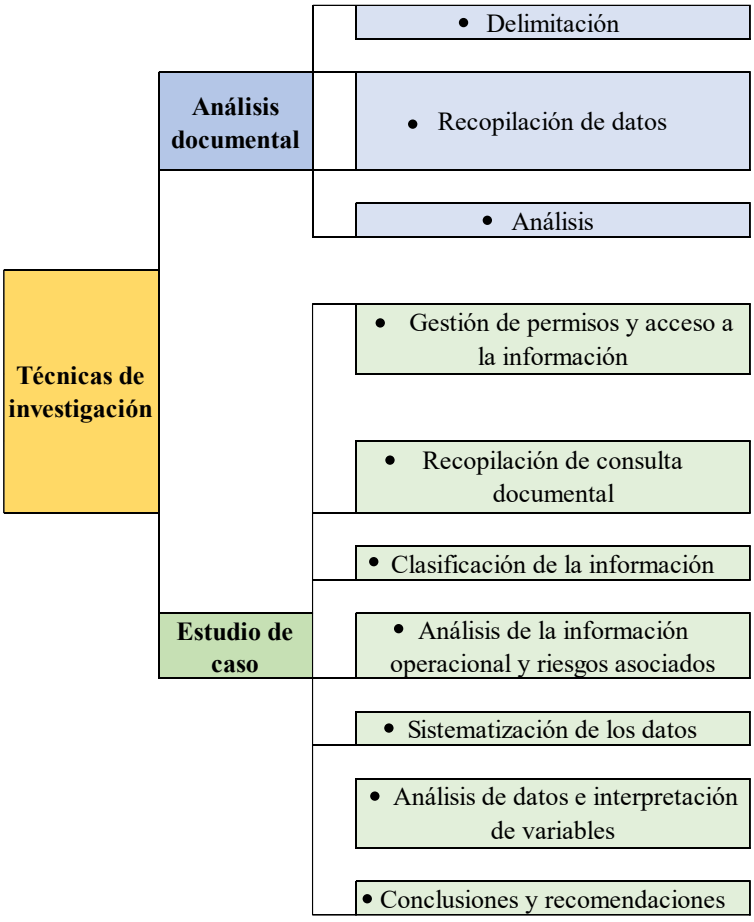
descriptivo e interpretativo de los hallazgos obtenidos.

Respecto al estudio de caso, se desarrollará en siete (7) etapas, las cuales permitirán identificar, recopilar, organizar y analizar la información, como se describe a continuación:

- Gestión de permisos y acceso a la información: En este punto se realizará la solicitud de permisos y autorizaciones necesarias para el acceso a la información operativa de la compañía DHL – Supply Chain para la cuenta Cencosud, con el fin de garantizar el uso académico y la confidencialidad de la información consultada.
- En esta Etapa se realizará la consulta especifica de la información en relación con el caso de estudio por medio de artículos científicos, tesis, normatividad ambiental, reportería de sostenibilidad y gestión logística, ahondando sobre optimización de rutas, logística de última milla, reducción de la huella de carbono y transporte sostenible.
- Clasificación: En este apartado se utilizarán matrices documentales con el fin de clasificar la información recolectada por categorías, definiendo los puntos focales en función de optimización de rutas y sostenibilidad logística.
- Análisis de la información operacional y riesgos asociados: En esta etapa se realizará el análisis documental de la información proporcionada por la compañía, con el fin de identificar y establecer las variables operacionales, logísticas y ambientales asociadas al impacto en la optimización de rutas y la reducción de la huella de carbono en la compañía objeto de estudio.
- Sistematización de los datos: La información recolectada será organizada y sistematizada por medio de las herramientas informáticas de Microsoft específicamente Excel y Word.

- Análisis de datos e interpretación de variables: En este punto se utilizarán medidas estadísticas descriptivas que nos permitirá interpretar el comportamiento de las variables seleccionadas en la etapa de análisis de la información operacional y riesgos asociados.
- Conclusiones y recomendaciones: En esta etapa se realizará la interpretación de los resultados obtenidos, las recomendaciones y conclusiones orientadas a la optimización de las rutas y la reducción de la huella de carbono en la operación logística de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud en Cundinamarca.

Figura 2 Técnicas de Investigación



Fuente: Elaboración propia.

5.6. Consideraciones éticas

En el desarrollo del presente estudio de caso se tendrán en cuenta las consideraciones éticas establecidas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, garantizando el cumplimiento de los principios de beneficencia, justicia y respeto. Esta investigación busca generar un aporte académico y organizacional orientado al fortalecimiento de los procesos de distribución de última milla en la operación de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, específicamente en la optimización de rutas y la reducción de la huella de carbono. Pretendiendo contribuir al mejoramiento de la eficiencia logística y al desarrollo de estrategias sostenibles dentro de la operación, evitando cualquier tipo de afectación negativa en la organización, los procesos operativos o el personal. Además, toda la información recopilada será utilizada exclusivamente con fines académicos e investigativos, garantizando la confidencialidad y el adecuado manejo de la información suministrada por la compañía.

Por lo tanto, el desarrollo de esta investigación se realizará bajo criterios académicos y metodológicos que permitan analizar de manera objetiva las condiciones reales de la operación logística, sin emitir juicios sobre el desempeño individual de los trabajadores. El propósito es analizar los procesos operacionales y logísticos asociados a las rutas de distribución desde una perspectiva de sostenibilidad y eficiencia operativa. En caso de requerirse acceso a información interna delicada, se garantizará el respeto por la privacidad y la confidencialidad de la información suministrada. Finalmente, el estudio contará con las autorizaciones y permisos institucionales correspondientes, los cuales serán incluidos como anexos dentro del proyecto de investigación conforme a los lineamientos éticos establecidos por UNIMINUTO.

6. Resultados

6.1 Caracterización del sistema de distribución logística de DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Para comprender el funcionamiento de la operación y establecer las condiciones sobre las cuales se desarrolla el proceso de transporte de mercancías. El análisis de la operación de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud permite identificar la estructura de la red de distribución, la configuración de la flota, las características de los recorridos y las dinámicas operativas que intervienen en la atención de los diferentes puntos de entrega en el departamento de Cundinamarca. Esta caracterización proporciona los elementos necesarios para comprender el contexto operativo y facilita la identificación de las oportunidades de mejora que posteriormente sustentan la propuesta de optimización de rutas orientada a fortalecer la eficiencia logística y contribuir a la reducción de la huella de carbono.

6.1.1 Descripción general de la operación logística de DHL para Cencosud

La operación logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud se desarrolla desde el Parque Logístico ZOL ubicado en el municipio de Funza, Cundinamarca. Desde allí, a partir de este centro de distribución se ejecutan actividades relacionadas con el almacenamiento, preparación de pedidos, consolidación de carga, planeación de despachos y distribución de mercancías hacia diferentes puntos de entrega ubicados en Bogotá y municipios de

Cundinamarca. En este contexto, la operación hace parte de los procesos de logística de última milla, donde la eficiencia en la planeación de rutas y la gestión del transporte son factores determinantes para garantizar el cumplimiento de los niveles de servicio establecidos por el cliente.

DHL Supply Chain es uno de los principales operadores logísticos del país y cuenta con una infraestructura compuesta por más de 39 almacenes y oficinas, más de 296.000 metros cuadrados de capacidad logística y alrededor de 5.000 colaboradores en Colombia, lo cual le permite ofrecer soluciones integrales de almacenamiento, transporte y distribución para diferentes sectores económicos. Adicionalmente, la compañía complementa sus operaciones mediante herramientas tecnológicas orientadas a la optimización logística, la trazabilidad de las entregas y el monitoreo de indicadores operativos, fortaleciendo la eficiencia de los procesos de distribución y la gestión de la cadena de suministro.

Además, DHL Supply cuenta con una infraestructura logística y tecnológica orientada a la gestión integral de las operaciones de transporte y distribución. Entre sus principales capacidades se encuentra la Connected Control Tower, un centro especializado que permite realizar actividades de planificación, monitoreo, seguimiento de vehículos y control de entregas en tiempo real, lo que proporciona mayor visibilidad y trazabilidad sobre los procesos logísticos. En consecuencia, esta infraestructura facilita la toma de decisiones operativas y el control de las actividades de distribución, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos disponibles. De igual manera, la operación logística desarrollada para la cuenta Cencosud se apoya en procesos de almacenamiento, alistamiento de pedidos, consolidación de carga y despacho de mercancías hacia diferentes puntos de entrega en Bogotá y Cundinamarca. La ubicación estratégica del centro de distribución en el Parque Logístico ZOL de Funza favorece la

conectividad con los principales corredores viales de la región, lo que permite atender las necesidades de abastecimiento mediante una red de distribución que requiere altos niveles de coordinación, seguimiento y control operativo.

Tabla 2. Caracterización general de la operación logística DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud

Componente	Característica	Descripción
Infraestructura logística	Centro de distribución	La operación se desarrolla desde el Parque Logístico ZOL ubicado en Funza, Cundinamarca, donde se realizan actividades de almacenamiento, alistamiento, consolidación y despacho de mercancías.
Tipo de operación	Distribución de última milla	Corresponde a la distribución de mercancías desde el centro de distribución hacia los filiales ubicados en Bogotá y municipios de Cundinamarca.
Cobertura geográfica	Alcance operativo	La operación contempla la atención de rutas urbanas y regionales para el abastecimiento de las filiales para la cuenta Cencosud.
Planeación del transporte	Gestión de rutas	Las rutas son programadas de acuerdo con la demanda, frecuencia de entrega, ubicación geográfica y condiciones de movilidad de cada zona de distribución.

Recursos tecnológicos	Monitoreo y control	La operación cuenta con herramientas tecnológicas para la trazabilidad de pedidos, seguimiento de vehículos y control de indicadores operativos.
Recursos de transporte	Flota vehicular	La distribución se realiza mediante vehículos asignados según los requerimientos de volumen, peso y cobertura de cada ruta.
Frecuencia operativa	Programación de despachos	Los despachos se ejecutan de acuerdo con la programación establecida para garantizar el abastecimiento oportuno de los puntos de entrega.
Sostenibilidad logística	Gestión ambiental	La operación incorpora prácticas orientadas a mejorar la eficiencia del transporte y contribuir a la reducción del impacto ambiental asociado a la distribución

Fuente: Elaboración propia a partir de información corporativa de DHL Supply Chain y registros operativos de la cuenta Cencosud (2026).

Tabla 3. Componentes del sistema de distribución logística analizados en el estudio

Componente de análisis	Variable evaluada	Fuente de información
Transporte	Distancia recorrida	Registros operativos
Transporte	Tiempo de recorrido	Registros operativos
Transporte	Consumo de combustible	Reportes de operación
Distribución	Cobertura geográfica	Planeación de rutas
Operación logística	Cumplimiento de entregas	Indicadores operativos
Sostenibilidad	Emisiones de CO_2	Estimación a partir del consumo de combustible
Recursos logísticos	Utilización de flota	Reportes de transporte

Fuente: Elaboración propia (2026) a partir de registros operativos de la cuenta Cencosud (2026).

6.1.2 Estructura de la red de distribución en Cundinamarca

La red de distribución de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud se encuentra estructurada a partir del centro de distribución ubicado en el Parque Logístico ZOL de Funza, desde lo cual se coordinan las actividades de almacenamiento, alistamiento de pedidos y despacho de mercancías. Así mismo la cobertura de la operación comprende Bogotá, los

municipios de la Sabana y las principales ciudades del departamento de Cundinamarca, lo que permite atender las necesidades de abastecimiento de los diferentes puntos de entrega. La distribución se desarrolla mediante una red logística centralizada que consolida la carga en un único punto de origen para posteriormente la distribuirla a través de rutas planificadas según la ubicación geográfica, demanda y frecuencia de servicio requerida. En consecuencia, esta estructura facilita el control operativo, la coordinación de los despachos y el seguimiento de las actividades de transporte dentro de la región.

Tabla 4. Estructura general de la red de distribución

Componente	Descripción
Centro de distribución	Parque Logístico ZOL Funza
Punto de origen de despachos	Funza, Cundinamarca
Cobertura principal	Bogotá y municipios de la Sabana
Cobertura complementaria	Principales ciudades del departamento de Cundinamarca
Tipo de distribución	Última milla y distribución regional
Modelo operativo	Red centralizada de distribución

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por la operación DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.1.3 Tipología de rutas y cobertura geográfica de distribución

La operación logística analizada comprende diferentes tipologías de rutas de distribución definidas de acuerdo con la ubicación de los puntos de entrega, la demanda de abastecimiento y las condiciones operativas de cada zona. En ella se identifican rutas urbanas destinadas principalmente a la distribución dentro de Bogotá, rutas regionales orientadas a los municipios de la Sabana y otras ciudades de Cundinamarca, así como rutas nacionales para atender requerimientos específicos fuera del área de influencia principal de la operación. Adicionalmente, se evidencia la coexistencia de rutas fijas y dinámicas, donde las primeras responden a programaciones recurrentes y las segundas se ajustan de acuerdo con la demanda diaria y las necesidades operativas del cliente. En conjunto, esta configuración permite mayor flexibilidad en la asignación de recursos y en la atención de los diferentes puntos de entrega.

Tabla 5. Tipología de rutas identificadas en la operación

Tipo de ruta	**Características**
Urbana	Distribución dentro de Bogotá
Regional	Distribución en municipios de la Sabana y Cundinamarca
Nacional	Distribución hacia otros departamentos según requerimientos operativos
Ruta fija	Programación recurrente con frecuencia establecida
Ruta dinámica	Programación variable según demanda y operación

Fuente: Elaboración propia a partir de registros operativos DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.1.4 Recursos logísticos utilizados en la operación de transporte

Para el desarrollo de las actividades de distribución, la operación dispone de una estructura logística compuesta por recursos físicos, tecnológicos y operativos que permiten garantizar el cumplimiento de los procesos de transporte. En este sentido, la flota utilizada corresponde a un esquema mixto conformado por vehículos propios y tercerizados, siendo esta última modalidad la de mayor participación dentro de la operación. Según la información analizada, aproximadamente el 98 % de las actividades de transporte son ejecutadas por la flota propia y el 2% mediante proveedores externos, lo que permite mantener una mayor capacidad de respuesta frente a las variaciones de la demanda. Asimismo, la operación emplea diferentes tipologías de vehículos de carga según los requerimientos de distribución y utiliza herramientas tecnológicas de monitoreo satelital, seguimiento vehicular y control operativo mediante sistemas GPS y plataformas como Satrack, lo que facilita la trazabilidad y supervisión de las rutas en tiempo real.

Tabla 6. Recursos logísticos utilizados en la operación

Recurso	Descripción
Flota vehicular	Esquema mixto (propio y tercerizado)
Participación tercerizada	Aproximadamente 2% de la operación
Tipo de vehículos	Vehículos de carga adaptados a las necesidades de distribución

Monitoreo vehicular	GPS y seguimiento satelital
Plataforma tecnológica	Satrack y herramientas similares
Función principal	Planeación, seguimiento y control de rutas

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.2 Diagnóstico del sistema actual de rutas de distribución

Una vez comprendidas las características del sistema de distribución logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, se procede a realizar un análisis del estado actual de la operación con el fin de evaluar el comportamiento de las principales variables del proceso. Esta etapa permite identificar las condiciones operativas de la planeación de las rutas, la utilización de la capacidad vehicular, el consumo de combustible y el impacto ambiental asociado a las operaciones. El análisis de estos elementos proporciona una visión integral del desempeño, permitiendo reconocer las principales oportunidades de mejora que posteriormente servirán como base para la formulación de estrategias orientadas a optimizar las rutas y contribuir a la reducción de la huella de carbono.

6.2.1 Caracterización de las rutas de distribución actuales

La red de distribución de la cuenta Cencosud administrada por el operador Logístico DHL Supply Chain en la seccional de Bogotá, se estructura mediante una red de rutas que conecta el centro de distribución con 32 puntos de entrega en Bogotá y Cundinamarca. Dicha red comprende dos tipos de ruta, identificadas como viaje 1 para las salidas generadas en una franja horaria desde las 11:00 pm y las 5:00 am, mientras que el viaje 2 se ejecuta entre las 6:00 am hasta las 2:00 pm. En ambos casos, las entregas son realizadas de punto a punto, sin múltiples destinos dentro de un mismo recorrido. A continuación, se presenta la caracterización de las rutas establecidas. Para efectos del presente estudio de caso, se realizó un análisis de los despachos ejecutados durante un periodo de 6 meses, comprendidos entre el 1 de enero y el 30 de junio del año 2.026.

Tabla 7. Comportamiento actual rutas de distribución.

Mes	No. Total de entregas	No. Promedio entregas diarias	Entregas en Viaje 1	Entregas en Viaje 2	Promedio diario de entrega V1	Promedio diario de entrega V2
Enero	1261	42	940	321	30	12
Febrero	1210	43	904	306	32	11
Marzo	1217	31	956	261	31	10
Abril	1136	37	862	274	26	11
Mayo	1240	38	922	318	25	13
Junio	1218	41	942	276	29	12

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.2.2 Análisis de tiempos de recorrido y entrega

En la tabla 8, se presenta la relación entre los tiempos promedio de recorrido desde el centro de distribución hacia cada uno de los puntos de venta según el kilometraje recorrido, de igual manera, se incluyen los tiempos promedio de tránsito estimado en hora valle, obtenidos a través de la plataforma geoespacial Google Maps. Al comprobar ambos registros, es posible identificar una diferencia considerable entre el tiempo promedio de tránsito estimado y el tiempo real de recorrido.

A partir del análisis de la evolución de los tiempos de tránsito para cada uno de los casos, se evidencia que la desviación en datos se genera por el stand by de los vehículos desde su salida de plataforma hasta el momento en que realmente inicia el proceso de entrega. Lo anterior se debe a que el registro operativo correspondiente al cargue y salida de plataforma para las rutas de viaje 1 son diferentes a los horarios establecidos para la recepción de mercancías en los puntos de venta.

Tabla 8. Tiempo de tránsito VS Kilómetros recorridos

Punto de venta	**Promedio tiempo de tránsito real**	**Promedio tiempo de tránsito estimado Google Maps (Hora valle)**	**Kms recorridos**
E-commerce Calle 13	3:27:20	0:48:00	19,2
Jumbo 20 de Julio	2:54:21	1:28:00	30,6

Jumbo Altos Country	1:31:51	0:53:00	23,9
Jumbo Atlantis	1:38:18	0:54:00	19,3
Jumbo Atrio	1:48:19	0:53:00	24,6
Jumbo Auto Sur	2:15:05	1:23:00	32,6
Jumbo Bulevar Niza	1:36:14	0:48:00	19,4
Jumbo Calle 170	2:39:16	0:34:00	19,2
Jumbo Calle 80	2:38:06	0:34:00	14,9
Jumbo Carrera 30	2:06:43	0:44:00	22,8
Jumbo Chía	2:42:42	0:36:00	22,9
Jumbo Chía Bazar	1:20:55	0:49:00	28,1
Jumbo Girardot	4:35:42	2:59:00	131
Jumbo Hayuelos	1:57:43	0:47:00	18,5
Jumbo La Mesa	3:05:35	1:32:00	60,6
Jumbo Plaza Central	1:29:48	0:52:00	22,9
Jumbo Santa Ana	2:01:24	0:40:00	21,2
Jumbo Santa Fé	2:24:57	0:50:00	23,8
Jumbo Soacha	2:21:53	1:23:00	42,9
Jumbo Suba	1:54:41	0:32:00	18,7
Jumbo Titan	1:23:21	0:31:00	14,4
Metro Alquería	1:52:15	0:57:00	26,1
Metro Banderas	1:54:16	0:49:00	22,9
Metro Bosa	3:25:17	1:14:00	30,2

Metro Facatativá	1:58:53	0:47:00	32,5
Metro Fontibón	1:48:56	0:42:00	19,9
Metro Mosquera	1:41:15	0:30:00	13,6
Metro San Cayetano	1:54:00	0:39:00	18,4
Metro Tintalito	2:13:00	1:06:00	28
Metro Zipaquirá	2:18:07	1:06:00	47,6

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.2.3 Evaluación del consumo de combustible en las operaciones logísticas

Para los efectos de caso se realizó la clasificación de los vehículos utilizados en los trayectos generados entre el 1 de enero hasta el 30 de junio de 2026 dando alcance a la normatividad vigente (Resolución No. 4100, 2004, Articulo 3) como se evidencia en la tabla 7, donde los vehículos tipo turbo – sencillo se encuentran en la clasificación C2 con una capacidad promedio de 8 – 12 estibas y los vehículos C3 mini mula – tractomula con una capacidad promedio de 21 – 26 estibas por viaje.

Tabla 9. Tipo de vehículo según cantidad de viajes realizados.

Mes / Tipo de vehículo	**C2**	**C3**	**Total**
Ene	1021	28	1049

Feb	966	35	1001
Mar	1004	34	1038
Abr	974	13	987
May	1050	32	1082
Jun	1014	31	1045
Total	6029	173	6202

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

A continuación, en la tabla 10 la cantidad de viajes realizados según el tipo de vehículo y el cálculo promedio de kilómetros recorridos según los puntos de venta atendidos. Para la evaluación del consumo de combustible en la operación logística, se emplearon los datos reportados en el informe II de la Unidad de planeación Minero-energética de Colombia (UPME2025), tomando como referencia el indicador consumo especifico de combustible (SFC) para vehículos de carga en Colombia. No obstante, es importante considerar que en el informe se detalla que los valores obtenidos sobre el consumo real pueden verse afectados por diversos factores climáticos, topográficos y viales que no fueron controlados en el trabajo metrológico realizado por la unidad especial del ministerio de minas y energía, encontrando que se ha generado un consumo de 2.674.877 galones de Diesel en promedio durante el periodo evaluado de enero a junio de 2.026.

Tabla 10 Consumo de combustible por trayectos realizado

Punto de entrega	Km recorridos promedio CEDI - PDE	Vehículo C2	Vehículo C3	Total, Km recorridos Vehículo C2	Total, Km recorridos Vehículo C3	SFC (DEL / Km) C2P 15,23	SFC (DEL / Km) C3 46,31
Ecommerce Calle 13	19,2	89	1	1.709	19	26.025	889
Jumbo 20 de Julio	30,6	172	4	5.263	122	80.159	5.668
Jumbo Altos Country	23,9	218	1	5.210	24	79.351	1.107
Jumbo Atlantis	19,3	160	3	3.088	58	47.030	2.681
Jumbo Atrio	24,6	112	4	2.755	98	41.962	4.557
Jumbo AutoSur	32,6	176		5.738	0	87.384	0
Jumbo Bulevar Niza	19,4	319		6.189	0	94.252	0

Jumbo Calle 170	19,2	323	25	6.202	480	94.450	22.229
Jumbo Calle 80	14,9	281	24	4.187	358	63.766	16.560
Jumbo Carrera 30	22,8	281	13	6.407	296	97.576	13.726
Jumbo Chía	22,9	327	3	7.488	69	114.047	3.181
Jumbo Chía Bazar	28,1	224		6.294	0	95.864	0
Jumbo Girardot	131,0	51	43	6.681	5.633	101.752	260.864
Jumbo Hayuelos	18,5	326	22	6.031	407	91.852	18.848
Jumbo La Mesa	60,6	34	2	2.060	121	31.380	5.613
Jumbo Plaza Central	22,9	113		2.588	0	39.411	0
Jumbo Santa Ana	21,2	472		10.006	0	152.397	0

Jumbo Santa Fé	23,8	264		6.283	0	95.693	0
Jumbo Soacha	42,9	264	1	11.326	43	172.489	1.987
Jumbo Suba	18,7	275	17	5.143	318	78.320	14.722
Jumbo Titan	14,4	109	1	1.570	14	23.905	667
Metro Alquería	26,1	153		3.993	0	60.818	0
Metro Banderas	22,9	180		4.122	0	62.778	0
Metro Bosa	30,2	203	9	6.131	272	93.369	12.587
Metro Facatativá	32,5	128		4.160	0	63.357	0
Metro Fontibón	19,9	145		2.886	0	43.946	0
Metro Mosquera	13,6	134		1.822	0	27.755	0
Metro San Cayetano	18,4	137		2.521	0	38.392	0

Metro Tintalito	28,0	237		6.636	0	101.066	0
Metro Zipaquirá	47,6	122		5.807	0	88.444	0
Total, general	**871**	**4.251**	**173**	150.295	8.333	2.288.990	385.887

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.2.4 Identificación de ineficiencias en la planeación de rutas

Con el fin de identificar las ineficiencias en la planeación de rutas se identificó una subocupación importante en los despachos realizados en los diferentes meses, evidenciando una ocupación real de la flota del 71% con un 29% de ineficiencia en función a la capacidad real de transporte. Lo anterior se debe a la planeación de rutas para el cumplimiento con los indicadores de entrega contractuales del cliente o con el tipo de mercancía a movilizar a cada punto de venta, asimismo, se debe tener en cuenta que la meta promedio es de 50 cajas por estiba; sin embargo, algunos productos sobredimensionados pueden tener una ocupación de 6 cajas por estiba, afectando considerablemente la dinámica de transporte.

En la tabla 11 se podrá evidenciar el porcentaje de ocupación real del volumen entregado desde enero hasta junio de 2026 en cajas.

Tabla 11. Ocupación real transporte de mercancías ene-jun 2026.

Punto de entrega	Volumen de cajas entregadas	Capacidad real de envió en cajas	% de ocupación real
Ecommerce Calle 13	9.065	51.255	18%
Jumbo 20 de Julio	77.732	101.475	77%
Jumbo Altos Country	60.024	119.115	50%
Jumbo Atlantis	22.489	61.785	36%
Jumbo Atrio	9.825	71.730	14%
Jumbo AutoSur	75.840	98.685	77%
Jumbo Bulevar Niza	105.754	108.360	98%
Jumbo Calle 170	191.517	218.385	88%
Jumbo Calle 80	149.071	186.165	80%
Jumbo Carrera 30	117.052	177.300	66%
Jumbo Chía	103.479	147.600	70%
Jumbo Chía Bazar	60.960	100.080	61%
Jumbo Girardot	50.201	75.600	66%
Jumbo Hayuelos	182.354	212.940	86%
Jumbo La Mesa	17.153	20.565	83%
Jumbo Plaza Central	31.861	52.785	60%
Jumbo Santa Ana	249.778	252.900	99%
Jumbo Santa Fé	98.665	143.460	69%

Jumbo Soacha	125.307	154.755	81%
Jumbo Suba	119.229	170.370	70%
Jumbo Titan	43.985	61.740	71%
Metro Alquería	47.795	84.870	56%
Metro Banderas	65.804	98.505	67%
Metro Bosa	96.574	132.075	73%
Metro Facatativá	33.983	74.835	45%
Metro Fontibón	43.670	80.145	54%
Metro Mosquera	40.453	77.850	52%
Metro San Cayetano	38.891	75.780	51%
Metro Tintalito	102.035	140.355	73%
Metro Zipaquirá	42.658	68.220	63%
Total general	2.413.204	3.419.685	71%

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.3 Evaluación del impacto ambiental de las operaciones de distribución

El apartado anterior permitió conocer el comportamiento de la operación y analizar las principales variables que afectan su eficiencia. Sin embargo, comprender el desempeño operativo no es suficiente cuando el propósito del estudio de caso es avanzar hacia una distribución más sostenible. Por lo tanto, se procede a realizar el análisis ambiental orientado al estudio, que corresponde a la huella de carbono generada durante el proceso de distribución, estableciendo la

relación existente entre las decisiones operativas y el impacto ambiental durante la misma. Esto proporcionará el fundamento técnico para la formulación de estrategias orientadas a optimizar las rutas de distribución y reducir progresivamente la huella de carbono.

6.3.1 Identificación de fuentes de emisión de CO_2 en la distribución logística

Según Vanegas (2024), la huella de carbono se genera a partir del ejercicio de operaciones de valor y desarrollo libre de su actividad económica y de la misma manera clasifican en 4 tipos de emisiones, directas, indirectas, corriente arriba y corriente abajo, para los efectos de caso se aplica la emisión indirecta al ser un contaminante generado por el transporte de mercancías de la cadena logística del centro de distribución.

Los vehículos pesados de carga representan menos de 10 % de la flota, pero contribuyen hasta con un 40 % de las emisiones GEI globales del sector transporte. El sector de carga es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de partículas finas y precursores de ozono (Acevedo et al., 2023).

6.3.2 Estimación de la huella de carbono generada por las rutas actuales

El consumo de combustibles y, en consecuencia, la huella de carbono generada por los mismos esta influenciada por diversos factores como el estado de las vías, la topografía, la tecnología del vehículo en función del tipo de motor, chasis y carrocería, así como por las condiciones de tráfico y tránsito en las rutas actuales. Por lo tanto, para el caso de estudio se generará los cálculos utilizando las rutas establecidas en la operación logística, los kilómetros

recorridos en promedio y las emisiones por kilómetro recorrido relacionados en el informe II de la unidad de planeación minero energética de Colombia (2025) y generados a partir del consumo de combustible de vehículos de carga en uso en Colombia desde la observación de la operación normal de los vehículos mediante telemetría en combinación con el registro nacional de carga (UPME 2025).De esta manera, se realiza la estimación de la huella de carbono promedio según el tipo de vehículo utilizado en las entregas realizadas a los puntos de venta, tal como aparece en la tabla 12.

De acuerdo con los datos obtenidos y los cálculos realizados se estima que la operación logística ha generado una huella de carbono de 89,39 toneladas de CO2 en lo corrido del año durante 6.042 viajes o entregas efectivas generadas. Para esta estimación, los datos fueron calculados en kilómetros recorridos, excluyendo los datos de peso de los vehículos.

Tabla 12. Estimación de la huella de carbono generada por las rutas actuales

Punto de entrega	**Km recorridos promedio CEDI - PDE**	**Vehículo C2**	**Vehículo C3**	**Total, Km recorridos Vh C2**	**Total, Km recorridos Vh C3**	**EI (g CO2e /km) 509 ± 13,50**	**EI (g CO2e /km) 1.548 ± 56,40**
Ecommerce Calle 13	19,2	89	1	1.709	19	869.779	29.722
Jumbo 20 de Julio	30,6	172	4	5.263	122	2.678.969	189.475

Jumbo Altos Country	23,9	218	1	5.210	24	2.651.992	36.997
Jumbo Atlantis	19,3	160	3	3.088	58	1.571.792	89.629
Jumbo Atrio	24,6	112	4	2.755	98	1.402.397	152.323
Jumbo Auto Sur	32,6	176		5.738	0	2.920.438	0
Jumbo Bulevar Niza	19,4	319		6.189	0	3.149.997	0
Jumbo Calle 170	19,2	323	25	6.202	480	3.156.614	743.040
Jumbo Calle 80	14,9	281	24	4.187	358	2.131.132	553.565
Jumbo Carrera 30	22,8	281	13	6.407	296	3.261.061	458.827
Jumbo Chía	22,9	327	3	7.488	69	3.811.545	106.348

Jumbo Chía Bazar	28,1	224		6.294	0	3.203.850	0
Jumbo Girardot	131,0	51	43	6.681	5.633	3.400.629	8.719.884
Jumbo Hayuelos	18,5	326	22	6.031	407	3.069.779	630.036
Jumbo La Mesa	60,6	34	2	2.060	121	1.048.744	187.618
Jumbo Plaza Central	22,9	113		2.588	0	1.317.139	0
Jumbo Santa Ana	21,2	472		10.006	0	5.093.258	0
Jumbo Santa Fé	23,8	264		6.283	0	3.198.149	0
Jumbo Soacha	42,9	264	1	11.326	43	5.764.730	66.409
Jumbo Suba	18,7	275	17	5.143	318	2.617.533	492.109
Jumbo Titan	14,4	109	1	1.570	14	798.926	22.291

Metro Alquería	26,1	153		3.993	0	2.032.590	0
Metro Banderas	22,9	180		4.122	0	2.098.098	0
Metro Bosa	30,2	203	9	6.131	272	3.120.475	420.746
Metro Facatativá	32,5	128		4.160	0	2.117.440	0
Metro Fontibón	19,9	145		2.886	0	1.468.720	0
Metro Mosquera	13,6	134		1.822	0	927.602	0
Metro San Cayetano	18,4	137		2.521	0	1.283.087	0
Metro Tintalito	28,0	237		6.636	0	3.377.724	0
Metro Zipaquirá	47,6	122		5.807	0	2.955.865	0
Total, general	**871**	**4.251**	**173**	150.295	8.333	76.500.053	12.899.020

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.3.3 Relación entre consumo de combustible y emisiones contaminantes

La generación de gases efecto invernadero debido al consumo de combustible están relacionadas con diferentes factores que afectan de manera directa los indicadores de eficiencia y el consumo especifico de combustible, tales como la topografía, las condiciones de trafico de las rutas empleadas, la tecnología y tipo de motor de los vehículos y la antigüedad de estos.

Asimismo, estudios realizados indican que el consumo de combustible esta estrictamente relacionado con la huella de carbono, en este sentido, por cada litro de Diesel consumido se genera determinada cantidad de contaminantes, de acuerdo con Valdivia (2025) la aplicación de modelos de varianza y regresión lineal explican el modelo estableciendo una proporcionalidad directa entre el consumo de combustible y huella de carbono en función a las distancias recorridas, tal como se relaciona en la tabla 10 en el apartado anterior.

6.3.4 Impacto ambiental de las operaciones de transporte en Cundinamarca

Las operaciones de transporte desarrolladas por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud generan un impacto ambiental asociado principalmente al consumo de combustible requerido para la distribución de mercancías entre el centro de distribución ubicado en Funza hacia los puntos en la sabana, Bogotá y demás municipios de Cundinamarca. En este sentido, los resultados obtenidos durante el análisis evidencian que las rutas con mayores distancias recorridas, tiempos de desplazamiento prolongados y condiciones de congestión vehicular

presentan un incremento en el consumo de combustible, lo que, a su vez, repercute directamente en una generación de emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

Asimismo, se identificó que factores operativos como la variabilidad en los tiempos de recorrido, la utilización de rutas dinámicas, las reprogramaciones de despacho y las restricciones de movilidad propias del departamento de Cundinamarca influyen sobre el desempeño ambiental de la operación. Como consecuencia, estas condiciones pueden ocasionar recorridos adicionales, mayores periodos de ralentí de los vehículos y un incremento en el consumo energético durante las actividades de distribución, afectando la eficiencia logística y aumentando la huella de carbono.

De igual manera, al utilizarse una flota mixta conformada (turbos, sencillos, doble troques y tractocamiones) se presentan diferentes niveles de consumo de combustible dependiendo de su capacidad de carga, distancia recorrida y tipo de ruta asignada. Si bien esta diversidad de vehículos permite responder a las necesidades operativas de la distribución, también evidencia la importancia de implementar estrategias de planificación que optimicen la asignación de la flota y favorezcan una utilización más eficiente de los recursos disponibles.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten establecer que el impacto ambiental de la operación no depende exclusivamente del volumen de mercancía transportada, sino también de variables relacionadas con la planeación de las rutas, la utilización de la capacidad vehicular, las condiciones de movilidad y el monitoreo permanente de las operaciones. Por consiguiente, la optimización de las rutas de distribución representa una oportunidad para disminuir el consumo de combustible, reducir las emisiones de CO_2 y fortalecer el desempeño ambiental de la operación logística desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud.

Finalmente, fue posible identificar el comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) generadas durante las operaciones de distribución desarrolladas por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud. Para evidenciar la relación existente entre la distancia recorrida, el consumo de combustible y la generación de emisiones contaminantes, se seleccionaron tres trayectos representativos de la operación logística, correspondientes a un recorrido de corta distancia (Funza–Bogotá), uno de distancia media (Funza–Girardot) y uno de larga distancia (Funza–Puerto Salgar). De esta manera, esta comparación permite visualizar el comportamiento de las emisiones en diferentes escenarios operativos y constituye un referente para analizar el impacto ambiental asociado a las rutas de distribución utilizadas dentro del departamento de Cundinamarca.

Tabla 13. Comparación de emisiones de CO_2 en trayectos representativos de la operación logística DHL cuenta Cencosud Cundinamarca.

Escenario de análisis	Trayecto evaluado	Clasificación de la ruta	Distancia promedio (km)	Combustible consumido (galón)	Emisiones estimadas de CO_2 (kg)
Escenario 1	Funza – Bogotá	Ruta urbana	21	2,63	26,85
Escenario 2	Funza – Girardot	Ruta regional	119	14,88	151,92
Escenario 3	Funza – Puerto Salgar	Ruta regional	162	20,25	206,75

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis de los recorridos representativos de la operación logística de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.4 Evaluación del desempeño operativo y logístico de las rutas de distribución

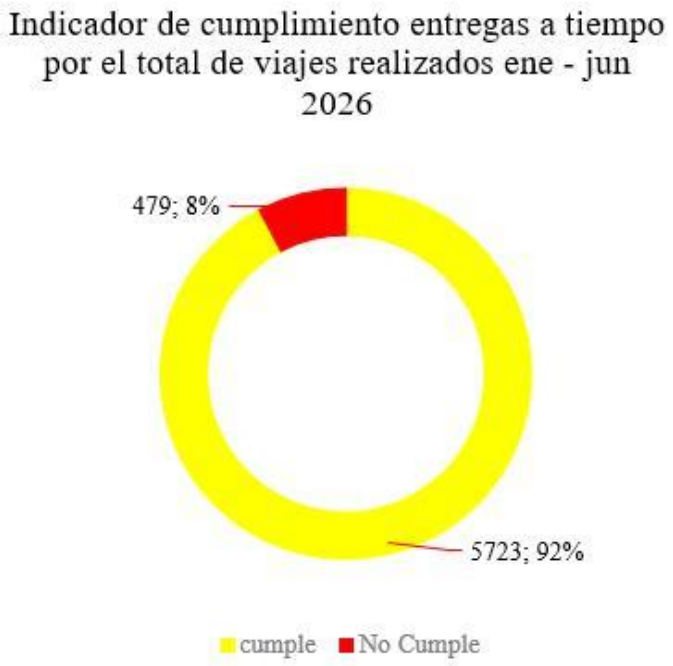
Los resultados obtenidos en el diagnóstico operativo y en el análisis ambiental permiten realizar una evaluación integral del desempeño logístico de la operación de DHL en la cuenta de Cencosud. Debido a que va más allá de medir el cumplimiento de indicadores individuales, pues se busca establecer interacción de variables como los tiempos de entrega, la utilización de la flota y el aprovechamiento de los recursos disponibles para determinar la eficiencia del sistema de distribución. De esta manera, se obtiene una visión más completa del comportamiento de la operación y se identifican los aspectos que limitan su desempeño, sirviendo como insumo para el análisis de las ineficiencias y la formulación de las estrategias de mejora.

6.4.1 Indicadores de eficiencia en las operaciones de transporte

Los principales indicadores de eficiencia en las operaciones de transporte están asociados a métricas que permiten evaluar la dinámica operativa en función de los costos, los tiempos de entrega, la calidad del servicio, la capacidad operativa de los vehículos y las emisiones generadas. En el caso de la operación de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, esta es evaluada contractualmente mediante tres indicadores principales: On Time, que mide el cumplimiento de las entregas en los tiempos establecidos; Emical, orientado a evaluar la calidad en la ejecución de las actividades del centro de distribución; así como el indicador de calidad del inventario, el cual mide la confiabilidad de los procesos de almacenamiento y control de existencias.

Para efectos del presente estudio, en la Figura 3 se presentan los resultados del indicador On Time correspondientes al periodo transcurrido del año 2026. En este sentido, se evidencia que la operación presenta un comportamiento estable en el cumplimiento de las entregas con un cumplimiento del 71%, lo cual permite explicar la ineficiencia identificada del 29 % en la ocupación de los vehículos, debido a que la prioridad operativa se orienta a garantizar el cumplimiento del indicador On Time, aun cuando ello implique una menor utilización de la capacidad de carga disponible.

Figura 3 Indicador de cumplimiento entregas a tiempo ONTIME



Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.4.2 Niveles de cumplimiento en tiempos de entrega

En el caso de estudio, el nivel de servicio de la operación logística de transporte para la cuenta Cencosud se evalúa principalmente mediante el indicador On Time, el cual mide el cumplimiento de las entregas dentro del tiempo de tránsito establecido para la operación Cross Docking, correspondiente a un ciclo de distribución de 24/7. Adicionalmente, el desempeño operativo considera el cumplimiento de las ventanas horarias definidas por cada punto de entrega, lo que permite evaluar la oportunidad del servicio prestado y el cumplimiento de los compromisos establecidos con el cliente.

De acuerdo con la información operativa recopilada para el año 2026, cuyos resultados se presentó en la figura 3, se registra un nivel de cumplimiento promedio del 92 %, superando el indicador mínimo contractual del 85 % establecido entre DHL Supply Chain y Cencosud. En este sentido, estos resultados evidencian un desempeño operativo estable en cuanto al cumplimiento de los tiempos de entrega, garantizando la continuidad del abastecimiento y el nivel de servicio requerido por la operación logística.

Asimismo, el análisis conjunto de los indicadores de desempeño permite identificar que este alto nivel de cumplimiento operativo se encuentra asociado a una utilización parcial de la capacidad instalada de la flota. Como se evidenció en los apartados anteriores, la ocupación promedio de los vehículos corresponde al 71 %, generando una capacidad ociosa del 29 %, situación que responde a la necesidad de priorizar el cumplimiento del indicador On Time sobre la consolidación de carga o la maximización de la capacidad vehicular. Si bien la estrategia operativa favorece el cumplimiento de los tiempos de entrega, también incrementa los recorridos realizados con menor nivel de ocupación, lo cual , a su vez, repercute en un mayor consumo de

combustible, mayores costos de operación y un incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), aspectos analizados en los apartados anteriores y que, en consecuencia, fundamentan la necesidad de implementar estrategias de optimización de rutas orientadas a mejorar simultáneamente la eficiencia operativa y el desempeño ambiental de la operación.

6.4.3 Costos operativos asociados a la distribución logística

Debido a las políticas de confidencialidad de DHL Supply Chain, no fue posible acceder a la información relacionada con los costos reales de operación de la flota utilizada en el caso de estudio. No obstante, para el desarrollo del análisis se construyó un escenario de simulación basado en costos operativos referenciales por kilómetro, utilizando como fundamento la metodología del Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (SICE-TAC) del Ministerio de Transporte y los parámetros vigentes durante el primer semestre de 2026.

En este sentido, los costos utilizados corresponden a valores de referencia empleados exclusivamente con fines académicos y no representan los costos reales de operación para estimar el impacto económico asociado a la optimización de rutas de distribución. Por tanto, dichos valores no representan ni reflejan los costos reales de operación de DHL Supply Chain, sino una aproximación metodológica orientada a facilitar el análisis comparativo y la evaluación de los beneficios derivados de la propuesta.

Tabla 14 Costos eficientes para el transporte automotor de carga (SICE-TAC)

Tipo de vehículo	Costo operativo referencial (COP/Km)	
NKR (3,5 - 7,5 T)	$	2.850
NPR (7,5 - 8 T)	$	3.250
NQR / FRR (8 - 10,5 T)	$	3.650
Camión sencillo (2 ejes)	$	4.650
Tractocamión (tractomula)	$	7.250

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Transporte y los parámetros vigentes durante el primer semestre de 2026.

Con el propósito de estimar el impacto económico de la optimización de rutas, se construyó un modelo de simulación de costos operativos por tipo de vehículo. Este modelo se fundamentó en la estructura de costos del transporte automotor de carga en Colombia, considerando componentes como combustible, mantenimiento, depreciación, llantas, mano de obra del conductor, seguros y demás costos asociados a la operación vehicular. Los valores obtenidos tienen carácter referencial y fueron utilizados únicamente para realizar comparaciones entre el escenario inicial y el escenario optimizado como se relaciona en la tabla 15.

Tabla 15. Costo referencial

Kilómetros promedio recorridos en total VH C2	**Kilómetros promedio recorridos en total VH C3**	**Costo operativo referencial (COP/Km) VH C2**	**Costo operativo referencial (COP/Km) VH C3**	**Costo referencial total**
173	4251	$ 15.516.150,00	$ 1.254.250,00	$ 16.770.400,00

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026) y del Ministerio de Transporte y los parámetros vigentes durante el primer semestre de 2026.

6.4.4 Utilización de la capacidad vehicular en las rutas de distribución

Durante el proceso revisión y validación, se realizó la evaluación de la capacidad vehicular en las rutas de distribución actual encontrando una subocupación o ineficiencia del 29% sobre la capacidad real de los vehículos empleados en las rutas actuales de transporte en función al volumen de cajas movilizadas y una subocupación del 33% de mercancía paletizada.

Al validar la causa raíz de los resultados obtenidos se identificó que el indicador contractual por el cual es medida la cuenta por el cliente se basa en la efectividad de las entregas sobre el tiempo de tránsito de la mercancía en la plataforma, lo que genera una ineficiencia real en la planeación de los viajes para dar cumplimiento en las entregas. Asimismo, se identificaron otras oportunidades como la mezcla de mercancías, dado que no es posible movilizar productos

alimentar y no alimentar en los vehículos debido al riesgo de contaminación cruzada. De igual manera, existen factores de cubicaje y huella de los productos que generan una ineficiencia real en la ocupación total del vehículo. Finalmente, en la tabla 16. Se puede identificar el porcentaje de ocupación y de eficiencia sobre el volumen despachado a los diferentes puntos de entrega.

Tabla 16. Porcentaje de ocupación real de la flota de transporte en pallets y cajas.

Punto de entrega	Total, estibas despachadas	Total, capacidad estibas vehículo	Total, cajas despachadas	Total, capacidad cajas vehículo	% Ocupación real pallets	% Ocupación real cajas
Ecommerce Calle 13	532	1139	9065	51255	47%	18%
Jumbo 20 de Julio	1802	2271	77732	101475	79%	77%
Jumbo Altos Country	1244	2647	60024	119115	47%	50%
Jumbo Atlantis	523	1373	22489	61785	38%	36%
Jumbo Atrio	271	1594	9825	71730	17%	14%

Jumbo Auto Sur	1651	2193	75840	98685	75%	77%
Jumbo Bulevar Niza	2106	2416	105754	108360	87%	98%
Jumbo Calle 170	3507	4853	191517	218385	72%	88%
Jumbo Calle 80	2886	4137	149071	186165	70%	80%
Jumbo Carrera 30	2550	3940	117052	177300	65%	66%
Jumbo Chía	2191	3288	103479	147600	67%	70%
Jumbo Chía Bazar	1201	2240	60960	100080	54%	61%
Jumbo Girardot	1121	1680	50201	75600	67%	66%

Jumbo Hayuelos	3428	4732	182354	212940	72%	86%
Jumbo La Mesa	387	457	17153	20565	85%	83%
Jumbo Plaza Central	651	1173	31861	52785	55%	60%
Jumbo Santa Ana	4524	5632	249778	252900	80%	99%
Jumbo Santa Fé	1964	3188	98665	143460	62%	69%
Jumbo Soacha	2820	3439	125307	154755	82%	81%
Jumbo Suba	2574	3786	119229	170370	68%	70%

Jumbo Titan	818	1372	43985	61740	60%	71%
Metro Alquería	1088	1886	47795	84870	58%	56%
Metro Banderas	1406	2189	65804	98505	64%	67%
Metro Bosa	2201	2935	96574	132075	75%	73%
Metro Facatativá	839	1663	33983	74835	50%	45%
Metro Fontibón	1105	1781	43670	80145	62%	54%
Metro Mosquera	974	1730	40453	77850	56%	52%
Metro San Cayetano	861	1684	38891	75780	51%	51%

Metro Tintalito	2253	3119	102035	140355	72%	73%
Metro Zipaquirá	1126	1516	42658	68220	74%	63%
Total, general	**50604**	**76053**	**2413204**	**3419685**	**64%**	**71%**

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.5 Identificación de problemáticas en la optimización de rutas de distribución

La evaluación del desempeño logístico permitió determinar que, si bien la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud cumple con los niveles de servicio establecidos, aún existen aspectos que pueden optimizarse para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. Aunque la operación de distribución presenta un comportamiento operativo estable, el desarrollo permitió reconocer situaciones que limitan el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles. Estas condiciones no representan fallas aisladas, sino que responden a la interacción de diferentes variables presentes durante la planeación y ejecución de las rutas, las cuales terminan influyendo en el consumo de combustible, la utilización de la capacidad vehicular y el desempeño ambiental de la operación. En este apartado se profundiza en dichas situaciones con el propósito de comprender su origen y establecer cuáles de ellas representan las mayores oportunidades de intervención para fortalecer la eficiencia logística y avanzar hacia una distribución con menor impacto ambiental.

6.5.1 Ineficiencias en la asignación de rutas logísticas

En el diagnóstico realizado se identificaron 3 categorías principales que generan una ineficiencia en la asignación de las rutas logísticas para la cuenta Cencosud, entre los cuales se encuentran la subutilización en la flota, que, como se mencionó en el apartado anterior, genera una ineficiencia entre el 29% y 33% de la capacidad real de acuerdo a los compromisos de cumplimiento de entrega; asimismo, la asignación inadecuada de los vehículos, lo cual se genera

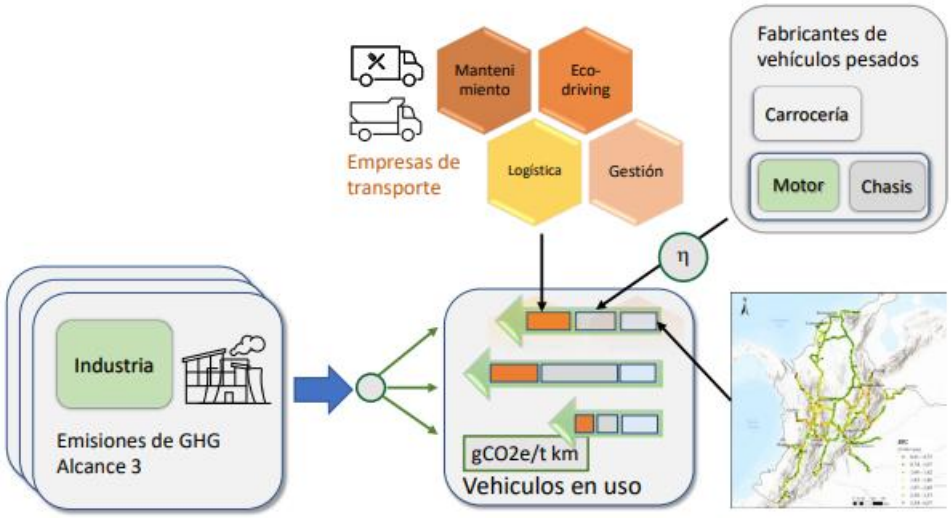
cuando se planilla un vehículo de mayor capacidad a la utilizada realmente por diferencias o variaciones en la proyección final de distribución o ventilación en el centro de distribución generando una subocupación del vehículo, mayor consumo de combustible y emisiones de contaminantes; y, por último la falta de integración de pedidos o consolidación de mercancía, esta última, puntualmente, se relaciona directamente con el indicador de cumplimiento de las entregas y al ejercicio de distribución del CEDI afectado por la planeación en la consolidación de mercancías según el tipo de producto para lograr la mayor concentración y packing de mercancía para su transporte.

6.5.2 Factores operacionales que incrementan el consumo de combustible

Para el caso de estudio los datos referenciales obtenidos se relacionan en función a las distancias recorridos, las frecuencias de entregas reales y el volumen movilizado. No obstante, debido a las políticas de confidencialidad de DHL Supply Chain no fue posible acceder al consumo real de combustible en las rutas actuales de distribución para la red de Cundinamarca.

Sin embargo, según la unidad de planeación Minero energética de Colombia (2025) el consumo de combustible esta influenciado por tres factores principales; en primer lugar, los factores externos, relacionados con el estado de las vías, la topografía y las condiciones meteorológicas; En segundo lugar, los factores tecnológicos propios del tipo de vehículo, la tecnología del motor , el tipo y peso de la carrocería y antigüedad lo cual afecta directamente la eficiencia de consumo; y, en tercer lugar, los factores logísticos que dependen estrictamente a la forma de conducción, el tipo y peso de la carga transportada, tal como se relaciona en la figura 4.

Figura 4 Ilustración del ecosistema de las emisiones de GHG de los vehículos de carga en el sistema productivo nacional y de los factores que inciden en el consumo de combustible.



Tomado de: Informe II Línea base de consumo de combustible de vehículos de carga en Colombia, Estándares de eficiencia energética y etiquetado para vehículos de carga en Colombia, Unidad de planeación minero-energética (2025).

6.5.3 Limitaciones en la planeación y monitoreo de rutas

A partir del análisis realizado a la operación logística de distribución, se identificó que una de las principales limitaciones en la planeación de rutas corresponde a la necesidad de garantizar el cumplimiento del indicador On Time, situación que condiciona la programación de los despachos y la asignación de vehículos. En este sentido, aunque esta estrategia permite mantener un nivel de cumplimiento superior al objetivo contractual, también genera una

utilización parcial de la capacidad de la flota, evidenciada en una ocupación promedio del 71 %, incrementando el número de recorridos requeridos para atender la demanda de distribución.

De igual manera, la operación presenta una alta variabilidad en las condiciones de movilidad debido a factores externos como la congestión vehicular, restricciones de circulación, condiciones climáticas y variaciones en los tiempos de atención en los puntos de entrega. Como consecuencia, estas condiciones dificultan la planeación eficiente de las rutas y generan ajustes operativos durante la ejecución de los despachos, impactando el consumo de combustible, los tiempos de recorrido y la eficiencia general del sistema de distribución.

Asimismo, se evidenció que, aunque la operación dispone de herramientas tecnológicas para el seguimiento de los vehículos, como sistemas de posicionamiento global (GPS) y plataformas de monitoreo, el proceso de planeación continúa dependiendo en gran medida de la experiencia operativa y de la toma de decisiones en tiempo real. En consecuencia, esta situación limita la incorporación de criterios orientados a optimizar la ocupación vehicular, minimizar los recorridos improductivos y reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), aspectos que constituyen oportunidades de mejora dentro del proceso logístico.

Por lo tanto, los resultados obtenidos permiten establecer que las principales limitaciones de la planeación y el monitoreo de rutas no obedecen únicamente a la disponibilidad de recursos tecnológicos, sino también a la necesidad de equilibrar el cumplimiento de los niveles de servicio con una utilización más eficiente de la capacidad instalada de la flota. En este contexto, estos hallazgos evidencian la importancia de implementar estrategias de optimización que integren variables operativas, económicas y ambientales, favoreciendo una mejor planificación de las rutas de distribución y contribuyendo a la reducción de la huella de carbono generada por las operaciones de transporte.

6.5.4 La huella de carbono como indicador del desempeño logístico.

El análisis integral de la operación permitió identificar que las ineficiencias presentes en el sistema de distribución inciden tanto en el desempeño operativo como en el comportamiento ambiental de la cadena logística. Debido a que la planeación de rutas, la asignación de vehículos, la programación de los despachos y la coordinación de las actividades de transporte conforman un conjunto de variables que influyen de manera directa en la eficiencia del proceso de distribución y en la generación de emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

Bajo esta perspectiva, el comportamiento ambiental de la operación no está determinado únicamente por la distancia recorrida o el volumen de mercancía movilizado, sino también por el nivel de eficiencia alcanzado durante la ejecución de las actividades logísticas. En este sentido, aspectos como la consolidación de carga, la secuencia de atención de los clientes, la utilización de la capacidad vehicular y las condiciones de operación de las rutas determinan el aprovechamiento de los recursos disponibles y la intensidad de las emisiones generadas durante el transporte.

Asimismo, los resultados obtenidos evidencian que la huella de carbono trasciende su función como indicador ambiental y constituye una medida del desempeño logístico de la operación, al reflejar el efecto conjunto de las decisiones adoptadas durante la planificación, programación, ejecución y seguimiento de las rutas de distribución. De igual manera, las variaciones observadas en el consumo de combustible, la utilización de la flota y los recorridos

realizados permiten identificar la estrecha relación existente entre la eficiencia operativa y el comportamiento ambiental de la red de distribución analizada.

Finalmente, la información obtenida durante el estudio muestra que las emisiones generadas en las operaciones de transporte responden al comportamiento integral del sistema logístico, donde la interacción entre los recursos disponibles, la infraestructura, las condiciones de movilidad y la planificación de las rutas incide directamente en la huella de carbono de la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud.

6.6 Identificación de oportunidades de mejora para la optimización logística

Con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico del sistema de distribución, la evaluación del desempeño operativo y el análisis del impacto ambiental, se identificaron oportunidades de mejora orientadas a fortalecer la eficiencia de las operaciones logísticas desarrolladas por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud. Estas oportunidades fueron definidas a partir de las principales limitaciones evidenciadas en la planeación de rutas, la utilización de la capacidad vehicular, el consumo de combustible y la generación de emisiones de dióxido de carbono (CO_2), permitiendo formular estrategias que contribuyan al mejoramiento continuo del proceso de distribución sin afectar el nivel de servicio establecido con el cliente.

6.6.1 Análisis de causas de las problemáticas identificadas

Se realizó un análisis de la información obtenida, considerando los resultados relacionados con la utilización de la capacidad vehicular, la planeación de rutas, el consumo de

combustible, el cumplimiento de los niveles de servicio y el desempeño ambiental de la operación con el propósito de formular estrategias orientadas a la optimización del sistema de distribución. La identificación de estas causas permitió establecer la relación existente entre las diferentes variables que intervienen en el proceso de distribución y su incidencia sobre la eficiencia logística. Por lo tanto, se presenta una tabla de análisis de causas de las problemáticas identificadas, en la cual se relacionan los principales factores que afectan el desempeño de la operación, así como las consecuencias operativas y ambientales derivadas de cada uno de ellos.

Tabla 17. Matriz de problemáticas operativas, causas e impacto ambiental de la operación logística.

Problemática	Causa identificada	Efecto operativo	Impacto ambiental
Baja ocupación vehicular	Prioridad al indicador On Time	Mayor número de viajes	Incremento de emisiones de CO_2
Planeación tradicional	Consolidación limitada de carga	Recorridos adicionales	Mayor consumo de combustible
Congestión vial	Restricciones de movilidad	Incremento de tiempos	Aumento del ralentí
Variabilidad operacional	Cambios durante la ejecución	Reprogramaciones	Menor eficiencia energética
Tercerización de la flota	Limitado control sobre programación	Variabilidad operativa	Mayor dificultad para optimizar

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

El análisis permitió establecer que las problemáticas presentes en la operación logística tienen un comportamiento sistémico, debido a que no obedecen a un único factor, sino a la interacción de variables relacionadas con la planificación, la ejecución y el control de las actividades de distribución, ya que se prioriza el cumplimiento del nivel de servicio, mientras que las condiciones propias de la movilidad en Cundinamarca y la participación de flota tercerizada generan efectos que repercuten simultáneamente sobre la utilización de los recursos, la eficiencia operativa y el desempeño ambiental de la operación.

Asimismo, el análisis permitió establecer una diferencia entre los factores externos e internos que inciden sobre el desempeño de la operación logística. Por un lado, variables como la congestión vehicular, las restricciones de circulación y las condiciones de movilidad corresponden a factores propios del entorno y presentan una capacidad limitada de intervención: por otro lado, existen factores internos sobre los cuales la compañía puede actuar mediante estrategias de mejora. Por lo tanto, las oportunidades identificadas no deben orientarse únicamente a corregir las ineficiencias operativas, sino también a intervenir aquellas variables que generan un mayor impacto sobre el desempeño integral del sistema de distribución. En consecuencia, la optimización de rutas se constituye como una alternativa para fortalecer la eficiencia logística, optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y promover una distribución más sostenible, mediante la disminución de recorridos innecesarios, una mejor utilización de la capacidad de la flota y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2). Bajo este enfoque, la priorización de estas variables constituye la base para la formulación de las estrategias de optimización que se desarrollan en los apartados siguientes.

6.6.2 Priorización de variables criticas para optimizar rutas

Con base al análisis de las problemáticas identificadas en la operación logística, se realizó la priorización de aquellas variables que presentan una mayor incidencia sobre el desempeño del sistema de distribución y, al mismo tiempo, ofrecen un mayor potencial de intervención, lo cual se presenta en la tabla 18. Permitió establecer un orden de importancia considerando criterios operativos y ambientales, con el propósito de orientar las estrategias de optimización hacia aquellos factores que contribuyen tanto al fortalecimiento de la eficiencia logística como a la reducción de la huella de carbono generada por las operaciones de transporte.

Tabla 18. Variables estratégicas para la propuesta de optimización

Variable estratégica	Justificación	Resultado esperado
Planeación dinámica de rutas	Reduce recorridos innecesarios	Menor kilometraje
Consolidación de carga	Incrementa ocupación vehicular	Menor cantidad de viajes
Programación de despachos	Optimiza secuencia de distribución	Reducción de tiempos
Monitoreo en tiempo real	Facilita decisiones operativas	Mayor control

Indicadores ambientales	Permiten seguimiento del CO_2	Mejora continua

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

Una vez identificadas las principales causas que afectan el desempeño de la operación logística, se procedió a seleccionar las variables que presentan mayor potencial para el desarrollo de la propuesta de optimización. Esta selección se realizó considerando su capacidad de generar mejoras sobre la eficiencia de las rutas, la utilización de los recursos logísticos y la reducción de la huella de carbono. En consecuencia, las variables priorizadas constituyen los ejes estratégicos sobre los cuales se estructuran las acciones de mejora planteadas en la presente investigación.

Con el propósito de priorizar las variables que harán parte de la propuesta de optimización, se realizó una valoración cualitativa considerando tres criterios de análisis: (i) la contribución potencial al fortalecimiento de la eficiencia logística, (ii) la contribución esperada a la reducción de la huella de carbono y (iii) la viabilidad de implementación dentro de la operación de DHL Supply Chain. Para cada criterio se estableció una escala de valoración de uno (1) a cinco (5), donde 1 representa una contribución o viabilidad baja y 5 una contribución o viabilidad muy alta. El nivel de prioridad corresponde a la suma de las valoraciones obtenidas en cada criterio, permitiendo identificar las estrategias con mayor potencial para fortalecer el desempeño operativo y ambiental de la operación.

Tabla 19. Variables estratégicas para la propuesta de optimización

Variable	Contribución a la eficiencia	Contribución a la reducción CO2	Viabilidad de implementación	Prioridad
Optimización de rutas	5	5	5	15
Consolidación de carga	5	5	4	14
Monitoreo en tiempo real	4	3	5	12
Eco-conducción	3	4	5	12
Transición gradual a flota híbrida/eléctrica	4	5	2	11

Fuente: a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.6.3 Estrategias para reducir recorridos y tiempos de distribución

Las estrategias orientadas a optimizar el sistema de distribución de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud y las acciones propuestas buscan fortalecer la eficiencia operativa mediante la reducción de recorridos improductivos, el mejor aprovechamiento de la capacidad vehicular y el uso de herramientas tecnológicas para la gestión de las rutas. De esta manera, las estrategias incorporan criterios de sostenibilidad encaminados a disminuir el consumo de combustible y contribuir a la reducción de la huella de carbono generada por las operaciones de transporte como se muestra relaciona en la tabla 20.

Tabla 20 Estrategias de optimización logística para la reducción de la huella de carbono en la operación de distribución de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud.

Estrategia	Acción propuesta	Impacto esperado
Optimización dinámica de rutas	Reconfigurar las secuencias de entrega utilizando información operativa y herramientas de monitoreo.	Disminución de tiempos de recorrido y consumo de combustible.
Consolidación de carga	Agrupar pedidos con destinos compatibles antes del despacho.	Reducción de viajes innecesarios y mejor utilización de la flota.
Optimización de la programación de despachos	Ajustar horarios de salida según ventanas de entrega y condiciones operativas.	Disminución de tiempos de espera y mayor productividad.
Fortalecimiento del monitoreo en tiempo real	Aprovechar la información generada por GPS y Satrack para realizar ajustes durante la operación.	Mayor capacidad de respuesta ante desviaciones de ruta.
Programa de eco-conducción	Capacitar a los conductores en prácticas de conducción eficiente.	Disminución del consumo de combustible y de las emisiones de CO_2.
Transición gradual a flota híbrida/eléctrica	Necesidad de fortalecer la sostenibilidad y	Menores emisiones directas

Complementar la reducción de la huella de carbono a mediano plazo

Fuente: Elaboración propia partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

Las estrategias propuestas responden a las oportunidades de mejora identificadas durante el diagnóstico de la operación, priorizando aquellos procesos internos sobre los cuales DHL Supply Chain posee capacidad de intervención. En este sentido, la optimización de rutas y la consolidación de carga constituyen las acciones con mayor impacto esperado, al permitir disminuir recorridos improductivos, incrementar la ocupación de la capacidad vehicular y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles. Asimismo, el fortalecimiento de la programación de despachos, el monitoreo en tiempo real y la implementación de prácticas de eco-conducción favorecen una mayor coordinación entre la planeación y la ejecución de las rutas, mejoran la toma de decisiones operativas y contribuyen a la reducción del consumo de combustible, fortaleciendo la eficiencia del sistema de distribución.

De igual manera, la propuesta formulada busca no solo optimizar el desempeño operativo de la operación logística, sino que también incorpora una visión de sostenibilidad orientada a la reducción progresiva de la huella de carbono. Además, de las acciones de implementación, se plantea como estrategia de mediano plazo la evaluación e incorporación gradual de vehículos híbridos y eléctricos en aquellas rutas urbanas donde las condiciones operativas permitan maximizar los beneficios ambientales y económicos. Finalmente, la tabla 18 presenta las estrategias derivadas de los hallazgos de la investigación, las cuales, en conjunto, constituyen una propuesta integral de optimización de rutas orientada a fortalecer la eficiencia logística,

mejorar la utilización de los recursos disponibles y contribuir al cumplimiento del objetivo general del estudio mediante la reducción de las emisiones de CO_2 generadas en la operación de transporte de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud.

6.7 Propuesta de optimización de rutas de distribución para la reducción de la huella de carbono.

El desarrollo del presente estudio permitió caracterizar el sistema de distribución logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, diagnosticar el comportamiento de las rutas de transporte, identificar las principales ineficiencias operativas y evaluar su incidencia sobre el desempeño ambiental de la operación. Con base en estos hallazgos, y una vez identificadas las variables críticas susceptibles de intervención, se formularon estrategias orientadas a optimizar la planeación y ejecución de las rutas de distribución, priorizando aquellas acciones que presentan mayor viabilidad técnica y operativa dentro del contexto de la organización. De esta manera, dichas estrategias constituyen el punto de partida para la construcción de una propuesta integral de optimización, enfocada en mejorar el aprovechamiento de los recursos logísticos, fortalecer el nivel de servicio y reducir progresivamente la huella de carbono asociada a las operaciones de transporte desarrolladas en Cundinamarca.

Por lo tanto, la propuesta presentada no se limita a plantear acciones de mejora independientes, sino que integra un conjunto de iniciativas articuladas que combinan la optimización de rutas, la consolidación de carga, el fortalecimiento de la programación de despachos, el uso estratégico de herramientas tecnológicas para el monitoreo en tiempo real, la implementación de prácticas de eco-conducción y la proyección gradual hacia tecnologías de

transporte de bajas emisiones. De esta manera, este enfoque permite abordar de manera conjunta la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental, reconociendo que la reducción de la huella de carbono depende, en primera instancia, de una operación logística más eficiente y, posteriormente, de la incorporación progresiva de soluciones tecnológicas que favorezcan la descarbonización del transporte.

Finalmente, esta propuesta se concibe como una hoja de ruta para la optimización del sistema de distribución de DHL Supply Chain en la cuenta Cencosud, al proporcionar lineamientos estratégicos que facilitan la toma de decisiones orientadas al mejoramiento continuo de la operación. Asimismo, busca fortalecer el cumplimiento de los indicadores de desempeño logístico, optimizar la utilización de la capacidad instalada de la flota, disminuir el consumo de combustible y contribuir al cumplimiento de los objetivos corporativos de sostenibilidad, consolidando un modelo de distribución más eficiente, competitivo y ambientalmente responsable.

6.7.1 Diseño de estrategias de optimización de rutas logísticas

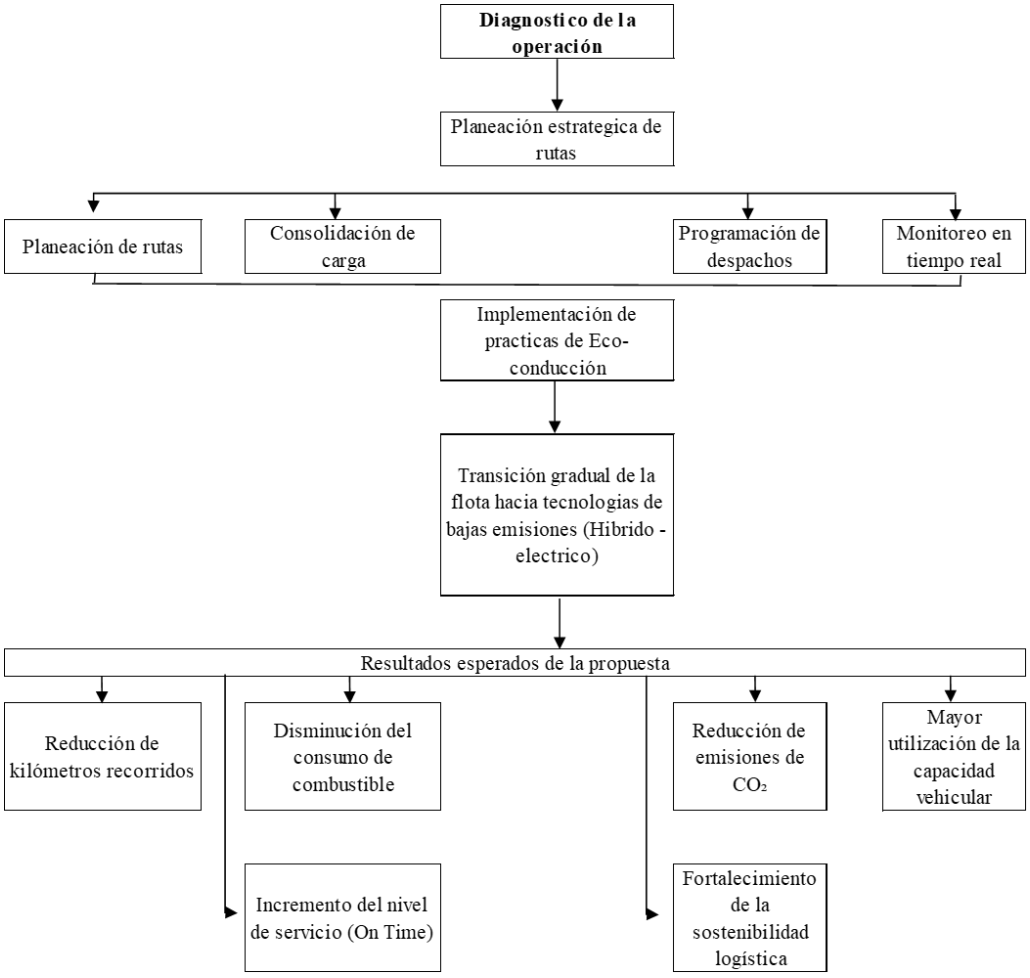
Como resultado del proceso del análisis realizado en este estudio de caso sobre la operación logística de DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, se diseñó una propuesta integral de optimización de rutas orientada a intervenir las principales oportunidades de mejora identificadas. Siendo así, la propuesta parte del principio de que la reducción de la huella de carbono no depende exclusivamente de la incorporación de nuevas tecnologías o de la renovación de la flota vehicular, sino, en primera instancia, del fortalecimiento de la eficiencia

operativa mediante una adecuada planeación de las rutas, una mayor utilización de la capacidad instalada y un mejor aprovechamiento de la información generada durante la operación.

Bajo este enfoque, el diseño de la propuesta integra estrategias operativas, tecnológicas y ambientales que actúan de manera complementaria sobre los procesos de distribución, generando beneficios tanto para el desempeño logístico como para la sostenibilidad ambiental de la operación. Asimismo, la propuesta incorpora una visión de mediano plazo orientada a la transición gradual hacia tecnologías de transporte de bajas emisiones, promoviendo la incorporación progresiva de vehículos híbridos y eléctricos en aquellas rutas urbanas donde su implementación resulte técnica y económicamente viable.

Por lo tanto, se estructura una propuesta de cinco estrategias de implementación inmediata y una estrategia de desarrollo progresivo, las cuales fueron definidas a partir de los hallazgos obtenidos durante la investigación y de las condiciones operativas propias de la cuenta Cencosud. De esta manera, se conforma un modelo de optimización logística que busca fortalecer la competitividad de la operación, mejorar el cumplimiento de los indicadores de desempeño y contribuir a la reducción progresiva de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

Figura 5 Modelo propuesto para la optimización de rutas y la reducción de la huella de carbono en la operación de distribución de DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud.



Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.7.2 Implementación de indicadores KPI para el control de la distribución.

La implementación de estrategias de optimización requiere establecer mecanismos de seguimiento que permitan evaluar de manera permanente el comportamiento de la operación y

verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos. Debido a esto, los indicadores clave de desempeño constituyen herramientas de gestión que facilitan la medición de la eficiencia logística, el control de los recursos operativos y la evaluación del impacto ambiental generado por las actividades de distribución.

La propuesta de indicadores presentada en este estudio de caso se fundamenta en los resultados obtenidos durante el diagnóstico de la operación y en las oportunidades de mejora identificadas. Por consiguiente, la tabla 21 presenta los posibles KPI seleccionados que permitan realizar un seguimiento integral al desempeño del sistema de distribución, considerando variables asociadas a la eficiencia operativa, el nivel de servicio, la utilización de la capacidad vehicular, el consumo de combustible y la reducción de la huella de carbono. Su implementación permitirá a DHL Supply Chain fortalecer el proceso de toma de decisiones, facilitar la mejora continua y evaluar el impacto de las estrategias de optimización propuestas para la cuenta Cencosud

Tabla 21 Indicadores KPI propuestos para el control de la operación logística y la reducción de la huella de carbono

Indicador (KPI)	**Fórmula o método de cálculo**	**Meta propuesta**	**Frecuencia**	**Responsable**
Cumplimiento On Time	Entregas a tiempo / Total de entregas ×100	≥85 %	Diario	Coordinador de despacho

Ocupación de la capacidad vehicular	Capacidad utilizada / Capacidad disponible ×100	≥90 %	Semanal	Coordinador de despacho
Kilómetros recorridos por ruta	Km recorridos por ruta	Reducción ≥10 %	Semanal	Planeador
Consumo promedio de combustible	Litros consumidos / Km recorridos	Reducción ≥8 %	Mensual	Coordinador de Transporte
Emisiones de CO_2	Ton CO_2 emitidas por operación	Reducción progresiva	Mensual	Coordinador de QA
Utilización del monitoreo en tiempo real	Rutas monitoreadas / Total de rutas ×100	100 %	Diario	Auxiliar de Tráfico

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

Los indicadores propuestos permiten evaluar el desempeño de la operación desde una perspectiva integral, al incorporar variables relacionadas con la eficiencia operativa, el nivel de servicio y la sostenibilidad ambiental. Los KPI asociados al cumplimiento de entregas, la ocupación vehicular y los kilómetros recorridos proporcionan información sobre la eficiencia en la planeación y ejecución de las rutas, mientras que los indicadores relacionados con el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 permiten cuantificar el impacto ambiental derivado de las operaciones de transporte.

Igualmente, la incorporación de indicadores asociados al monitoreo en tiempo real fortalece la capacidad de control sobre la ejecución de las rutas y facilita la toma de decisiones oportunas frente a desviaciones operativas. Por ende, constituye una herramienta para la gestión del desempeño logístico, permitiendo evaluar la efectividad de las estrategias propuestas, orientando acciones de mejora continua y verificando el cumplimiento de los objetivos de optimización y reducción de la huella de carbono.

6.7.3 Evaluación financiera y operativa de la propuesta logística

La implementación de la propuesta no requiere, en su fase inicial, inversiones significativas en infraestructura o adquisición de activos fijos, debido a que las estrategias formuladas se fundamentan principalmente en la optimización de procesos existentes, el fortalecimiento de la planeación logística y el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas actualmente utilizadas por DHL Supply Chain. Asimismo, la mayor parte de las acciones planteadas se asocian a costos operativos (OPEX), derivados de actividades como capacitación del personal, seguimiento de indicadores, ajustes en la programación de rutas y fortalecimiento del monitoreo operativo, lo que no genera incrementos representativos en la estructura de inversión.

Por otra parte, la incorporación gradual de vehículos híbridos o eléctricos se plantea como una estrategia de mediano plazo, cuya implementación implica inversiones de capital (CAPEX). Debido a que estas decisiones dependen de la planeación estratégica y financiera de la compañía, así como de análisis específicos de retorno de inversión. De esta manera, la Tabla 22 presenta la clasificación de las estrategias propuestas de acuerdo el tipo de inversión requerida,

diferenciando aquellas que pueden implementarse mediante recursos operativos (OPEX) o que demandan inversiones de capital (CAPEX), permitiendo visualizar la viabilidad de la propuesta en el corto y mediano plazo conforme a las capacidades operativas y financieras de la compañía

Tabla 22. Clasificación de las estrategias según tipo de inversión requerida

Estrategia propuesta	Tipo de inversión	Clasificación
Optimización de rutas	Reorganización operativa	OPEX
Consolidación de carga	Gestión operativa	OPEX
Programación de despachos	Gestión operativa	OPEX
Monitoreo mediante GPS y Satrack	Aprovechamiento de recursos existentes	OPEX
Programa de eco-conducción	Capacitación y seguimiento	OPEX
Implementación de KPI	Gestión y control	OPEX
Incorporación gradual de flota híbrida/eléctrica	Adquisición o renovación de activos	CAPEX

Fuente: Elaboración propia a partir de información operativa DHL Supply Chain – Cuenta Cencosud (2026).

6.7.4 Beneficios esperados en eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental.

La propuesta de optimización de rutas plantea beneficios que trascienden la reducción de los tiempos de distribución y el mejoramiento del desempeño operativo, al integrar criterios de

sostenibilidad dentro del proceso de planificación y ejecución de la operación. En este sentido, las estrategias formuladas durante el estudio de caso y análisis documental fueron diseñadas para mediar las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico, permitiendo fortalecer la eficiencia del sistema de distribución y avanzar hacia un modelo de transporte más competitivo y ambientalmente responsable.

Desde la perspectiva operativa, se espera que la optimización de las rutas, la consolidación de carga y el fortalecimiento de la programación de despachos contribuyan a una mejor utilización de la capacidad vehicular, la disminución de recorridos improductivos y el aprovechamiento de los recursos disponibles. Asimismo, el uso de herramientas de monitoreo en tiempo real facilitará una mayor capacidad de respuesta frente a desviaciones operativas, favoreciendo el cumplimiento de los niveles de servicio establecidos para la cuenta Cencosud.

En el ámbito económico, los beneficios esperados se concentran principalmente en la reducción progresiva de los costos variables asociados a la operación de transporte. En este contexto, la disminución de kilómetros recorridos, el incremento de la ocupación vehicular y la implementación de prácticas de eco-conducción permitirán optimizar el consumo de combustible, considerado uno de los principales componentes del costo operativo del transporte terrestre de carga. De esta manera, la propuesta favorece una mayor eficiencia en la utilización de los recursos sin requerir, en su etapa inicial, inversiones significativas en infraestructura o renovación de activos.

En el ámbito ambiental, la propuesta contribuye directamente al objetivo de reducir la huella de carbono generada por las operaciones de distribución mediante la disminución del consumo de combustible y la optimización de los recorridos logísticos. De igual manera, se proyecta como estrategia de mediano plazo la incorporación gradual de vehículos híbridos y

eléctricos en aquellas rutas donde su implementación resulte técnica y económicamente viable, fortaleciendo el proceso de transición hacia tecnologías de bajas emisiones y alineando la operación con las tendencias actuales del sector logístico y los compromisos corporativos en materia de sostenibilidad.

En términos generales, los beneficios esperados evidencian que la optimización de rutas constituye una estrategia que genera valor al integrar mejoras operativas, económicas y ambientales dentro de un mismo modelo de gestión. Bajo este enfoque, la propuesta formulada no solo contribuye al cumplimiento del objetivo general de la investigación, orientado a reducir la huella de carbono mediante la optimización de las rutas de distribución, sino que también proporciona a DHL Supply Chain una base metodológica para fortalecer sus procesos logísticos y consolidar una operación más eficiente, sostenible y preparada para afrontar los retos de la logística de última milla. La Tabla 23 resume los principales beneficios esperados de la implementación de la propuesta, organizados según su dimensión e impacto sobre la operación logística. Esta clasificación permite evidenciar cómo las estrategias planteadas generan aportes complementarios que fortalecen la eficiencia operativa, optimizan el uso de los recursos, favorecen la reducción de emisiones de CO_2 y apoyan el proceso de transición hacia un modelo logístico más sostenible.

Tabla 23. Beneficios de la implementación de la propuesta de optimización logística

Dimensión	Beneficio esperado	Impacto para la operación
Operativa	Optimización de rutas de distribución	Disminución de recorridos improductivos y mejor utilización de la flota.

Operativa	Incremento de la ocupación vehicular	Mayor aprovechamiento de la capacidad instalada y reducción de viajes innecesarios.
Operativa	Fortalecimiento del monitoreo operativo	Mayor control sobre la ejecución de las rutas y capacidad de respuesta ante desviaciones.
Económica	Reducción del consumo de combustible	Disminución de costos variables asociados a la operación de transporte.
Económica	Optimización de costos operativos	Mejor utilización de los recursos disponibles sin incrementar significativamente la inversión inicial.
Ambiental	Reducción de emisiones de CO_2	Disminución progresiva de la huella de carbono derivada del transporte.
Ambiental	Implementación de prácticas de eco-conducción	Conducción más eficiente y menor consumo energético.
Estratégica	Transición gradual hacia tecnologías de bajas emisiones	Incorporación progresiva de vehículos híbridos y eléctricos en rutas con mayor potencial de implementación.
Estratégica	Fortalecimiento de la sostenibilidad corporativa	Alineación con las políticas ambientales de DHL Supply Chain y con las tendencias del sector logístico.

Fuente: Elaboración propia a partir de información corporativa de DHL Supply Chain y registros operativos de la cuenta Cencosud (2026).

7 Conclusiones

La presente investigación permitió analizar la relación existente entre la optimización de las rutas de distribución y la reducción de la huella de carbono asociada al transporte de mercancías en la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud en Bogotá y sus filiales en Cundinamarca. Los resultados obtenidos permitieron comprender que la eficiencia en la planeación y gestión de los recursos de transporte constituye un factor determinante para fortalecer el desempeño operativo y, de manera simultánea, favorecer la sostenibilidad económica y ambiental de la operación. De acuerdo con esto, los hallazgos obtenidos guardan relación con los fundamentos teóricos abordados durante la investigación, al evidenciar que las decisiones asociadas a la planeación logística inciden directamente sobre el consumo de combustible y la generación de emisiones de CO_2.

Los resultados obtenidos permiten confirmar lo planteado por diversos autores respecto a que la logística de última milla representa una de las etapas más complejas y de mayor impacto dentro de la cadena de abastecimiento. Especialmente por las condiciones de movilidad presentes en Bogotá y Cundinamarca, caracterizadas por altos niveles de congestión vehicular y restricciones operativas, afectando los tiempos de tránsito y que aumentan el consumo de combustible, situación que coincide con lo expuesto por Boysen et al. (2021). Por ende, factores como la planeación de rutas, la consolidación de carga y el aprovechamiento de la capacidad vehicular deben considerarse oportunidades prioritarias de mejora para fortalecer el desempeño logístico y contribuir a la reducción de la huella de carbono (Rodríguez, 2025).

Asimismo, la investigación permitió evidenciar que la incorporación de indicadores ambientales fortalece la gestión logística al proporcionar información objetiva para evaluar el

desempeño de la operación y apoyar la toma de decisiones. Su análisis facilita el seguimiento de variables asociadas al transporte, permitiendo identificar oportunidades de mejora y orientar acciones encaminadas a incrementar la eficiencia operativa sin perder de vista los objetivos de sostenibilidad. Por lo cual, la medición de la huella de carbono se consolida como una herramienta de gestión que complementa los indicadores tradicionales de desempeño y favorece una visión integral de la operación logística.

Respecto al cumplimiento del primer objetivo específico, orientado a caracterizar el estado actual de las rutas de distribución, fue posible identificar que la operación se centraliza en el centro de distribución ubicado en el parque logístico ZOL en Funza, desde donde se atienden 32 puntos de venta en Bogotá y Cundinamarca. Igualmente, el análisis de la información permitió establecer un promedio cercano a 1.200 viajes mensuales y un adecuado cumplimiento del indicador On Time; sin embargo, también evidenció que el cumplimiento de este compromiso contractual genera presión sobre la disponibilidad del recurso de transporte y limita las posibilidades de consolidación de carga y optimización de la capacidad vehicular.

En relación con el segundo objetivo específico, orientado a analizar las condiciones que afectan la eficiencia de las rutas de distribución, se identificó que gran parte de las ineficiencias operativas se originan en los tiempos de espera, los retrasos durante el proceso de cargue y las oportunidades de mejora en la planeación de recursos y procesos operativos previos al despacho. Asimismo, el diagnóstico permitió identificar una subocupación aproximada del 29 % de la flota, constituyéndose en uno de los hallazgos más relevantes de la investigación, debido a que la prioridad otorgada al cumplimiento de los compromisos contractuales sobre la consolidación de carga genera un mayor número de recorridos, incrementando el consumo de combustible y la huella de carbono de la operación.

Finalmente, el tercer objetivo específico permitió establecer que existe una relación directa entre la eficiencia operativa y los resultados ambientales del proceso de distribución. Durante el primer semestre del año 2026 se estimó la generación de 89,39 toneladas de CO_2 en más de 6.000 viajes ejecutados, evidenciando que estrategias orientadas a mejorar la utilización de la capacidad vehicular, fortalecer la consolidación de carga y reducir recorridos innecesarios pueden generar efectos positivos tanto en la disminución del consumo de combustible como en la reducción progresiva de la huella de carbono. En conjunto, estos resultados permitieron dar cumplimiento al objetivo general de la investigación mediante la formulación de una propuesta de optimización de rutas orientada al fortalecimiento de la eficiencia operativa y la sostenibilidad de la operación.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio de caso permitió alcanzar los objetivos planteados mediante un enfoque mixto que integró el análisis documental con la información operacional disponible. Aun así, durante el desarrollo de la investigación se presentaron limitaciones relacionadas con las políticas de confidencialidad de la compañía, lo que hizo necesario complementar el análisis con estimaciones e información de referencia proveniente de fuentes oficiales para construir escenarios de evaluación. Por consiguiente, para futuras investigaciones podrán ampliar el alcance de estos resultados mediante el acceso a información operativa más detallada que permita profundizar en el análisis de las estrategias de optimización propuestas y su impacto sobre la eficiencia logística y la reducción de la huella de carbono.

8 Recomendaciones

Durante el desarrollo de la investigación se identificó como principal limitación el acceso a información operacional detallada debido a las políticas de confidencialidad de la compañía. En consecuencia, para futuras investigaciones se recomienda ampliar el alcance del estudio mediante el acceso a información real sobre el consumo de combustible, la especificación técnica del 100 % de la flota y la telemetría de los vehículos. Lo anterior permitirá obtener un mayor nivel de precisión en los resultados y facilitar la aplicación de modelos o algoritmos para la gestión de rutas en entornos congestionados. Asimismo, se sugiere desarrollar investigaciones similares en otras operaciones logísticas con el propósito de comparar resultados y fortalecer la construcción de planes de acción aplicables al sector.

De igual manera, se invita a la comunidad académica y a los profesionales del sector logístico a continuar investigando la relación entre la optimización de rutas y la sostenibilidad en las operaciones de distribución. La dinámica del transporte urbano y las exigencias ambientales hacen necesario seguir profundizando en estrategias que permitan fortalecer la eficiencia operativa y reducir la huella de carbono, contribuyendo al desarrollo de soluciones aplicables a diferentes contextos logísticos.

En cuanto a la operación desarrollada por DHL Supply Chain para la cuenta Cencosud, se recomienda fortalecer la articulación entre las áreas de abastecimiento y transporte con el fin de mejorar la planeación de los despachos, garantizando el cumplimiento de los compromisos con el cliente sin descuidar los costos operativos ni el impacto ambiental generado por la distribución. De igual manera, resulta pertinente implementar un plan de acción orientado a la consolidación de carga, considerando que la ocupación actual de la flota se encuentra cercana al 71 %, con una

subocupación aproximada del 29 %, condición que afecta directamente los costos de transporte y genera recorridos adicionales para completar las entregas. Esta medida permitirá incrementar el aprovechamiento de la capacidad vehicular sin afectar el nivel de servicio.

Adicionalmente, se recomienda implementar tableros de control para el seguimiento del consumo de combustible y de los indicadores ambientales en el área de transporte, con el propósito de disponer de información oportuna que facilite el monitoreo de las variables que inciden en el desempeño de la operación y apoye la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad. Finalmente, a mediano plazo, sería conveniente evaluar la viabilidad técnica y financiera de una migración gradual de la flota hacia vehículos híbridos y eléctricos en las zonas con mayores niveles de congestión, con el fin de aprovechar sus beneficios ambientales y económicos, contribuir al cumplimiento de las metas de sostenibilidad de la compañía y reducir progresivamente el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Optimización de rutas de distribución y su impacto para la reducción de la huella de carbono: un estudio de caso en la compañía DHL cuenta Cencosud en Cundinamarca

Referencias bibliográficas

Acevedo, H., Delgado, O., Pineda, L., & Pettigrew, S. (2023). Hoja De Ruta Para Descarbonizar El Transporte De Carga En América Latina Entre 2025 Y 2050. *Atmos. Environ*, *188*, 1-30.

Blanco González, J., García Jiménez, B., Sánchez Rivero, M. S., & Sánchez Carol, F. D. (2024). Optimización y trazabilidad de rutas en el proceso de distribución de la cadena logística de Correos de Cuba. Ingeniería Industrial, 45(2), 77–90

Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. European Journal of Operational Research, 294(2), 405–432. doi:10.1007/s00291-020-00607-8

Cabify logistics (2026) Última milla logística: la clave del éxito en tus entregas. https://cabifylogistics.com/co/blog/estrategias-de-distribucion/logistica-ultima-milla-que-es-retos-claves-optimizacion

Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11.

Checa Diaz, J. D. (2025). Propuesta de optimización de las rutas de transporte, en liderser-logística integral (Bachelor's thesis).

Corona Martínez, L. A., & Fonseca Hernández, M. (2023). Las hipótesis en el proyecto de investigación:¿ cuándo si, cuándo no?. MediSur, 21(1), 269-273.

Dablanc, L., & Adoue, F. (2025). New ways of collecting urban freight traffic data and applications for urban freight policies and research. Case Studies on Transport Policy, 19, 101315.

Datos meteorológicos y de calidad del aire en tiempo real en todo el mundo (2026). Bogotá. https://www.aqi.in/es/dashboard/colombia/bogota/bogota

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2026). Proyecciones de población Bogotá. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion/proyecciones-de-poblacion-bogota

Estupiñan Castaño, L. F. (2024). Optimización del ruteo de vehículos en la distribución de la última milla con ventanas de tiempo (VRPTW).

Farrow, A., Anhäuser, A., Chen, Y. J., & Cespedes, T. (2022). La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021. Laboratorio de Investigación de Greenpeace, Facultad de Ciencias de la Vida y el Medio Ambiente.

Fernández Carretero, C. (2024). Logística de última milla.

Ferrer, D. (2023). Desarrollo de un algoritmo de optimización basado en búsqueda local guiada para el problema de minimización en la huella de carbono en el ruteo de vehículos heterogéneos.

Galarza, C. R., & Cruz, P. G. (2024). Guía para realizar estudios de revisión sistemática cuantitativa. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica

Gobertti, F., Sotelo, R, & Forets, M. (2024). Algoritmos de optimización para secuenciación adaptativa de rutas reales en entregas de última milla. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, (31), 64-80. https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.06

González, C. (2024). Impacto de la congestión vehicular en las operaciones logísticas de la ciudad de Bogotá.

Guelmes Valdés, E. L., & Nieto Almeida, L. E. (2015). Algunas reflexiones sobre el enfoque mixto de la investigación pedagógica en el contexto cubano. Revista Universidad y Sociedad, 7(1), 23-29.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (Vol. 6, p. 84). México: Mcgraw-hill.

Herrera Pulido, C. Y., & Ruíz Bustos, J. A. (2025). Estrategia para el transporte sostenible de los residuos sólidos en la Corporación de Abastos de Bogotá SA-Corabastos.

Huerta, K. Y. T., Sarmiento, R. C., Herrera, A. C., Rivera, H. A., Palacios, A. C., Mazaba, G. H., & Guzmán, G. B. (2024). Programación lineal aplicada a la optimización de rutas de transporte en SXR-POLYMERS. Interconectando Saberes, (18), 55-64.

Laguna Núñez, J. (2021). Estrategia de electrificación para una flota de vehículos de transporte de dinero en efectivo.

Liu, Y., Yu, Y., Zhang, Y., Baldacci, R., Tang, J., Luo, X., & Sun, W. (2023). Branch-cut-and-price for the time-dependent green vehicle routing problem with time windows. INFORMS Journal on Computing, 35(1), 14–30.

Loiseau, E., Colin, M., Alaphilippe, A., Coste, G., & Roux, P. (2020). To what extent are short food supply chains (SFSCs) environmentally friendly? Application to French apple distribution using Life Cycle Assessment. Journal of Cleaner Production, 276, 124166.

Malagón Acevedo, L. E., & Arévalo Alfonso, C. A. (2023). Determinación de la huella de carbono en la Universidad Distrital sede Bosa Porvenir vigencia de 2022-2023.

Maxner, T., Dalla Chiara, G., & Goodchild, A. (2022). The environmental impact of last-mile delivery: A research review. Transportation Research Record.

Meneses Rodríguez, L. C., & Vidal Pérez, J. P. (2022). Impacto de un modelo de ruteo inteligente sobre los tiempos de distribución urbana de mercancías en la última milla.

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (2025). Colombia y el mundo avanzan en la lucha contra la contaminación del aire y sus efectos en la salud https://www.minambiente.gov.co/colombia-y-el-mundo-avanzan-en-la-lucha-contra-la-contaminacion-del-aire-y-sus-efectos-en-la-salud/

Miranda, A., García, A. y Reigosa A. (2024). Desarrollo de soluciones logísticas en la última milla. Identidad Bolivariana, 8(4), 169-187. https://doi.org/10.37611/IB8ol4169-187

Observatorio Ambiental de Bogotá (2023). Explora el Observatorio Ambiental de Bogotá: datos, cifras y estadísticas. https://oab.ambientebogota.gov.co/observatorio-ambiental-de-bogota-cifras/

Organización mundial de la salud (OMS) (2025). Segunda Conferencia Mundial sobre Contaminación del Aire y Salud. https://www.who.int/es/news-room/events/detail/2025/03/25/default-calendar/second-global-conference-on-air-pollution-and-health

Ortiz, A. E., & Rocha, L. A. (2023). Optimización de rutas en bases de datos espaciales para solución de problemas logísticos de transporte. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, (E57), 299-310

Palomino Salazar, L. F., & Perez Castañeda, R. G. (2025). Impact of User Experience and Trust on Satisfaction and Their Effect on Loyalty in Last-Mile Delivery Services within Electronic Commerce in Metropolitan Lima, 2025. GECONTEC, 13(2), 133-167. https://doi.org/10.5281/zenodo.17824844

Ragàs, I. (2024). Logística urbana: La ciudad en la cadena de suministro.

Resolución 2254 de 2017 [Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible] Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. 01 de noviembre de 2017.

Resolución 4104 de 2004 [Ministerio de transporte] Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. 28 de diciembre de 2004.

Reyes Villanueva, B. A. (2025). Desarrollo de un modelo de optimización para la logística de última milla.

Rodríguez, H. R., & García, S. I. (2025). Segunda Conferencia Mundial de Calidad del Aire: Respirar sin Riesgos. Revista de Salud Ambiental, 25(1), 1-3.

Rodríguez, C. E. L., De la Hoz Solano, V. M., & Rozo, C. A. B. (2022). Financial risks in the operation of special service transportation in the hotel sector in Bogota, Colombia. *ID EST-Revista Investigación, Desarrollo, Educación, Servicio y Trabájo*, *2*(1).

Rodríguez, C. E. L. (2025). Determinantes para la internacionalización de servicios outsourcing en Colombia. In *Dialógica y praxis: explorando intersecciones en ciencia, tecnología y sociedad en el siglo XXI* (pp. 283-292). Marcial Pons.

Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2020). City logistics: Network modelling and intelligent transport systems (2nd ed.). Elsevier.

Torres Pabón, A. S., & González Gutiérrez, A. M. (2024). Análisis ambiental y de salud pública asociados al uso de la bicicleta como movilidad sostenible en Bogotá.

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital Ideca: Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (2026). Observatorio de Movilidad. Bogotá. D.C. https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/observatorio-movilidad?utm

Valdivia Escuadra, O. C. (2025). Consumo de combustible y su relación con la huella de carbono en la Municipalidad Provincial de Celendín durante el año 2023.

Vanegas Munévar, W. F., Carpeta Cortes, L. F., & Quintero Acevedo, M. E. (2024). 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.