



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingenierías Industriales



TRABAJO FIN DE MASTER

Análisis del Transporte de carga en Colombia

Autor:

John Jairo Pernía Bermúdez

Tutor:

Ángel Manuel Gento Muncio

Julio de 2024



Resumen

En este Trabajo de Fin de Máster se desarrolló un análisis del transporte de carga en Colombia, el cual permite conocer un contexto más amplio de los modos de transporte que se usan actualmente en el país y la influencia de cada uno en el transporte de carga. Este estudio se centra en analizar la información de cada modo con el fin de establecer posibles alternativas de transporte en el país. Dependiendo de la infraestructura de cada uno, se establecen rutas de intermodalidad. Para ello, se abarca gran parte de la red de carreteras de Colombia y se toma como punto de concentración (centroide) la capital, Bogotá. De esta manera, se permite observar la importancia de la implementación del transporte intermodal en Colombia, conectando los modos carretero, férreo y fluvial, y destacando el impacto que tiene en términos de costo, tiempo y emisiones de efecto invernadero.



Abstract

In this Master's Thesis, an analysis of freight transportation in Colombia was developed, which provides a broader context of the modes of transportation currently used in the country and the influence of each one on freight transportation. This study focuses on analyzing the information of each mode in order to establish possible transportation alternatives in the country. Depending on the infrastructure of each one, intermodality routes are established. For this purpose, a large part of Colombia's road network is covered and the capital, Bogotá, is taken as a point of concentration (centroid). In this way, the importance of the implementation of intermodal transport in Colombia can be observed, connecting road, rail and river modes, and highlighting the impact it has in terms of cost, time and greenhouse gas emissions.



Agradecimientos

En primer lugar gracias a Dios por mostrarme el camino y darme la fortaleza para enfrentar cada reto durante este camino.

A mis padres, familia y mis amigos en Colombia por apoyarme en este proceso y darme la motivación para seguir adelante.

Al director del máster por su acompañamiento durante mi estancia en este país y a cada uno de los profesores por las experiencias y conocimiento transmitido durante el máster.

A mis amigos de España quienes me acogieron como parte de ellos y me acompañaron en este proceso.



Índice

Resumen	ii
Abstract.....	iv
Agradecimientos	vi
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Gráficas	xviii
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. <i>JUSTIFICACIÓN</i>	1
1.2. <i>OBJETIVOS</i>	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. <i>ALCANCE</i>	5
1.4. <i>ESTRUCTURA</i>	5
Capítulo 2. Colombia.....	7
2.1. <i>DESCRIPCIÓN GENERAL</i>	7
2.2. <i>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</i>	8
2.3. <i>ECONOMÍA POR SECTORES</i>	10
2.3.1. Sector Industrial.....	10
2.3.2. Sector Agricultura	11
2.3.3. Turismo	12
2.3.4. Comercio Exterior.....	12



2.4. INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA	13
2.4.1. Aeropuertos	14
2.4.2. Puertos	16
2.4.3. Carreteras.....	18
2.4.4. Ferrocarril	19
Capítulo 3. Modos de Transporte en Colombia.....	21
3.1. TRANSPORTE POR CARRETERA	22
3.1.1. Principales Carreteras	23
3.1.1.1. Ruta Nacional 25/ Carretera Panamericana	23
3.1.1.2. Ruta Nacional 45/ Troncal Magdalena.....	24
3.1.1.3. Ruta Nacional 56 / Transversal Medellín – Bogotá	26
3.1.1.4. Ruta Nacional 55 / Troncal central del Norte	27
3.1.1.5. Ruta Nacional 90 / Transversal del Caribe	28
3.1.1.6. Ruta Nacional 40 / Transversal al Llano	30
3.1.2. Tipo de vehículos transporte de carga	32
3.1.2.1. Camiones Rígidos.....	32
3.1.2.2. Camión Articulado.....	33
3.1.2.3. Camión frigorífico.....	35
3.1.3. Mercancía Transportada por Carretera	35
3.1.3.1. Carga granel solido por carretera	35
3.1.3.2. Carga granel liquido por carretera	36
3.1.3.3. Origen y Destino mercancía por carretera	37
3.2. TRANSPORTE POR FERROCARRIL.....	39
3.2.1. Principales vías Férreas	41
3.2.1.1. Red férrea del Atlántico	41
3.2.1.2. Red férrea Central	43

Índice

3.2.1.3.	Ferrocarril del Pacífico	45
3.2.1.4.	Red férrea Cerrejón	46
3.2.2.	Tipos de Trenes.....	47
3.2.2.1.	Tren de Carga.....	47
3.2.2.2.	Vagón Cubierto.....	48
3.2.2.3.	Vagón Tolva.....	48
3.2.2.4.	Vagón Abierto/Plataforma.....	49
3.2.2.5.	Vagón Cisterna	49
3.2.3.	Mercancía transportada por Ferrocarril	49
3.2.3.1.	Carga granel sólido y general Ferrocarril.....	49
3.2.3.2.	Origen y Destino mercancía por Ferrocarril	50
3.3.	<i>TRANSPORTE FLUVIAL</i>	51
3.3.1.	Principales ríos fluviales	52
3.3.1.1.	Río Magdalena.....	52
3.3.1.2.	Río Atrato.....	54
3.3.1.3.	Río Orinoco.....	56
3.3.1.4.	Río Cauca.....	57
3.3.1.5.	Río Amazonas	58
3.3.2.	Tipos de Barcos Transporte Fluvial.....	59
3.3.3.	Mercancía Transportada Red Fluvial.....	60
3.3.3.1.	Carga granel sólido transporte fluvial.....	60
3.3.3.2.	Carga granel líquido transporte fluvial	61
3.3.3.3.	Origen y Destino mercancía transporte fluvial	61
3.4.	<i>TRANSPORTE INTERMODAL</i>	63
3.4.1.	Transporte intermodal en Colombia	64
3.4.2.	Proyectos de infraestructura transporte intermodal	65
3.4.2.1.	Proyectos red de carreteras.....	65



3.4.2.2. Proyectos red férrea	65
3.4.2.3. Proyectos red fluvial.....	66
3.4.3. Normativa Nacional transporte intermodal Colombia	66
3.5. EMISIONES DE CO2 TRANSPORTE DE CARGA	67
Capítulo 4. Selección Modos de Transporte	69
4.1. SELECCIÓN DE PRODUCTOS.....	70
4.2. SECCIÓN DE CIUDADES.....	72
4.3. COSTOS Y TIEMPOS DE TRANSPORTE	74
4.4. ALTERNATIVAS RUTAS INTERMODAL.....	75
4.4.1. Ruta 1 Pasto - Neiva – Bogotá	76
4.4.2. Ruta 2 Bogotá – Barranquilla.....	79
4.4.3. Ruta 3 Bogotá – Cúcuta	81
4.4.4. Ruta 4 Buenaventura – Cali – Bogotá	83
4.4.5. Ruta 5 Medellín – Bogotá	86
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS TRANSPORTE INTERMODAL VS CARRETERA	88
4.6. IMPACTO EMISIONES DE CO2.....	91
Capítulo 5. Estudio Económico.....	94
5.1. ETAPAS DEL PROYECTO	94
5.2. COSTO DESARROLLO DEL PROYECTO	96
5.2.1. Horas programadas por etapa.....	96
5.2.2. Costo de hora por participante	97
5.2.3. Costo equipo informático.....	99
5.2.4. Costos de material.....	100
5.2.5. Costos indirectos.....	100
5.2.6. Costo del proyecto.....	101

Índice

Capítulo 6. Conclusiones y Estudios a Futuro.....	103
6.1. <i>CONCLUSIONES</i>	103
6.2. <i>ESTUDIOS A FUTURO</i>	105
Referencias	108
Anexos	115



Índice de Figuras

Figura 1 Bandera de la República de Colombia	7
Figura 2 Escudo República de Colombia	8
Figura 3 Mapa de Colombia por departamentos	9
Figura 4 Ruta Nacional 25/ Carreta Panamericana.....	23
Figura 5 Ruta Nacional 45/ Troncal Magdalena	25
Figura 6 Ruta Nacional 56 / Transversal Medellín – Bogotá	26
Figura 7 Ruta Nacional 55 / Troncal central del Norte.....	28
Figura 8 Ruta Nacional 90 / Transversal del Caribe.....	29
Figura 9 Ruta Nacional 40 / Transversal al Llano	30
Figura 10 Ruta alternativa Bogotá - Villavicencio	31
Figura 11 Camión Rígido de 2 ejes (C2).....	32
Figura 12 Camión Rígido Doble troque de 3 ejes (C3).....	33
Figura 13 Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de 2 eje (C2S2).....	34
Figura 14 Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 2 y 3 ejes	34
Figura 15 Red férrea de Colombia	40
Figura 16 Red férrea del Atlántico.....	42
Figura 17 Trayecto red férrea Chiriguana - La Dorada.....	43
Figura 18 Trayecto red férrea Bogotá - Belencito	44
Figura 19 Red férrea del Pacífico.....	46
Figura 20 Red férrea Cerrejón	47
Figura 21 Recorrido Río Magdalena	53



Figura 22 Recorrido Río Atrato	55
Figura 23 Recorrido Río Orinoco	56
Figura 24 Recorrido Río Cauca.....	57
Figura 25 Recorrido Río Amazonas	58
Figura 26 Mapa ruta 1 Intermodal vs Carretera	77
Figura 27 Recorrido ruta 2 Intermodal vs Carretera	79
Figura 28 Recorrido ruta 3 Intermodal vs Carretera	82
Figura 29 Recorrido ruta 3 Intermodal vs Carretera	84
Figura 30 Recorrido ruta 4 Intermodal vs Carretera	86
Figura 31 Rutas de transporte intermodal estudiadas vs carretera	90

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Lista aeropuertos de Colombia.	15
Tabla 2-2 Puertos Marítimos y Fluviales de Colombia.	17
Tabla 3-1 Tipo de vagones tren de carga.....	48
Tabla 3-2 Tipo de embarcaciones transporte fluvial [62].....	59
Tabla 3-3 Definición términos modos de transporte	63
Tabla 4-1 Toneladas de exportaciones e importaciones producto de estudio.....	70
Tabla 4-2 Ciudades seleccionadas	73
Tabla 4-3 Costos transporte de carga	74
Tabla 4-4 Tiempos de carga y descarga por modo.....	75
Tabla 4-5 Rutas de estudio intermodal. Fuente elaboración propia	76
Tabla 4-6 Descripción ruta 1 Intermodal Vs Carretera	78
Tabla 4-7 Comparación costo de transporte Ruta 1 modo Intermodal Vs Carretera	78
Tabla 4-8 Descripción ruta 2 Intermodal Vs Carretera	80
Tabla 4-9 Comparación costo de transporte Ruta 2 modo Intermodal Vs Carretera	80
Tabla 4-10 Descripción ruta 3 Intermodal Vs Carretera	82
Tabla 4-11 Comparación costo de transporte Ruta 3 modo Intermodal Vs Carretera	83
Tabla 4-12 Descripción ruta 4 Intermodal Vs Carretera	85
Tabla 4-13 Comparación costo de transporte Ruta 4 modo Intermodal Vs Carretera	85
Tabla 4-14 Descripción ruta 5 Ferrocarril Vs Carretera.....	87



Tabla 4-15 Comparación costo de transporte Ruta 5 modo Intermodal Vs Carretera	87
Tabla 4-16 Resultado rutas de estudio.....	88
Tabla 4-17 Resultados emisiones de CO2 Intermodal vs Carretera	92
Tabla 5-1 Horas programadas por etapa	96
Tabla 5-2 Horas por participante	97
Tabla 5-3 Cálculo horas laborales España.....	98
Tabla 5-4 Cálculo hora por integrante	98
Tabla 5-5 Cálculo salario total personal	98
Tabla 5-6 Información costo de equipos	99
Tabla 5-7 Costo amortización hora equipos.....	99
Tabla 5-8 Costo amortización total.....	100
Tabla 5-9 Costo de material	100
Tabla 5-10 Costos indirectos.....	101
Tabla 5-11 Costo total del proyecto.....	101
Tabla 6-1 Datos estimados para calcular emisiones por modo	115
Tabla 6-2 Cálculo emisiones Ruta 1 Pasto-Neiva-Bogotá.....	115
Tabla 6-3 Cálculo emisiones Ruta 2 Barranquilla-Bogotá	115
Tabla 6-4 Cálculo emisiones Ruta 3 Cúcuta-Bogotá.....	116
Tabla 6-5 Cálculo emisiones Ruta 4 Buenaventura-Cali-Bogotá	116
Tabla 6-6 Cálculo emisiones Ruta 5 Medellín Bogotá.....	116

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Carga granel solido por carretera año 2023	36
Gráfica 2 Carga granel liquido por carretera año 2023	36
Gráfica 3 Toneladas movilizadas de carga según origen.....	37
Gráfica 4 Toneladas movilizadas de carga según destino	37
Gráfica 5 Galones movilizadas de carga según origen	38
Gráfica 6 Galones movilizadas de carga según destino.....	38
Gráfica 7 Carga granel sólido y general transporte por ferrocarril 2023.....	50
Gráfica 8 Origen de carga transporte férreo 2023.....	50
Gráfica 9 Destino de carga transporte férreo 2023	50
Gráfica 10 Carga granel solido transporte fluvial 2023.....	60
Gráfica 11 Carga granel líquido transporte fluvial 2023	61
Gráfica 12 Origen de mercancía transporte fluvial 2023	62
Gráfica 13 Destino mercancía transporte fluvial 2023.....	62
Gráfica 14 Diferencia tiempo estimado intermodal vs Carretera	89



Capítulo 1. Introducción

1.1. JUSTIFICACIÓN

Durante la historia de la humanidad se asumió la condición, de plantear o establecer el método que permitiera desplazar objetos de un lugar a otro. Este problema no solo generó un reto para la sociedad, sino también el gran desarrollo de los medios de transporte que siguen evolucionando hoy en día. El transporte de carga es un factor fundamental en la dinámica industrial de cualquier país, generando flujo de los productos y cada día sigue siendo más eficiente en su proceso, se estima que el 45% de los costes logísticos se le atribuyen al transporte [1].

Un factor fundamental en el desarrollo de la economía es el transporte de carga, especialmente en países industrializados con una gran actividad en este sector. Colombia es un país en desarrollo y el sector del transporte aportó un 5.1% al PIB del país según los datos entregados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en el tercer trimestre de 2022 [2]. Independientemente de las comparaciones con otros sectores económicos el transporte de carretera aporta al crecimiento del país. En términos de desarrollo Colombia tiene retos políticos, económicos, social y ambiental, que demuestra la necesidad de evaluar las dificultades que se tienen en la actualidad en este sector [3].

El sistema de transporte de Colombia presenta un panorama complejo, en infraestructura, tecnología, vehículos y modos de transporte entre otros [4]. Colombia

es la cuarta economía más grande de América Latina con un futuro crecimiento a corto plazo según la OCDE [5].

El coste de transporte de carga en Colombia ha venido presentando una variación en sus precios por lo que está afectando directamente las operaciones en la industria, ante esta situación algunas empresas se han visto en la situación de adquirir sus propios vehículos, se estima que un 22% de las empresas cuentan con vehículo propio, lo que genera un gran desvío de capital a actividades fuera de su sector. Bogotá, como capital del país, es la ciudad que concentra la mayor carga de transporte[6].

En Bogotá aumentó el producto interno bruto en un 11.5 % en comparación con el año 2021, lo que se atribuye en gran medida a la industria del transporte [7].

Colombia tiene un gran reto en invertir en su infraestructura, ya que por su geografía y sus diferentes fallas geológicas, impide el desarrollo de carreteras más eficientes, generando que los tramos entre las diferentes ciudades sean más extensos.

El desarrollo y el uso intermodal permite una integración de redes eficaces y eficientes del transporte [8], de esta manera se permite el cambio e intercambio de modos entre carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo, permitiendo que los productos lleguen en el tiempo correcto.

En los últimos años, Colombia ha apostado ingresar en mercados internacionales, donde pueda ofrecer sus bienes y servicios con la mejor calidad, prueba de esto ha sido los tratados de libre comercio, pero los problemas de infraestructura y conexión con los puertos, no permite competir en precios en el mercado. Por ese motivo es importante apostar a proyectos que busquen potenciar la infraestructura del transporte de carga por carretera, ferrocarril y fluvial [9].

Las operaciones logísticas a nivel nacional se realizan a costes elevados no regularizados, los cuales se atribuye en cierto modo a tiempos de movilización extensos. El mayor impacto del costo es por el mal estado de las carreteras [10]. Es necesario resolver la problemática estructural, para ser más competitivos en el transporte de carga. Siendo un reto importante para Colombia implementar la conexión



Introducción

de mercancías entre carretera, ferrocarril y fluvial, ya que establecer corredores logísticos que operen de manera intermodal genera una eficiencia operativa en el proceso logístico, generando menores costos de transporte, mayor movilidad de mercancía pesada [11].

Actualmente, Colombia tiene una red ferroviaria de aproximadamente 3800 kilómetros, de los cuales en 2014 solo estaban activos 854 kilómetros, representando una pérdida del 78% de la red. Desde su implementación en Colombia, esta red no ha sido modificada en su totalidad pues gran parte de la misma conserva las especificaciones técnicas que fueron instauradas al momento de su instalación.

En cuanto a su red fluvial, el país cuenta con cuatro cuencas, siendo la del Magdalena la más importante y la única que presta servicio de navegación de mercancías. Esta se encuentra al norte del país y conecta con los puertos de la Costa Caribe.

Es importante resaltar que el transporte por ferrocarril y fluvial son los modos que emiten menos emisiones de CO₂. Este es un punto importante para las empresas que buscan a corto plazo reducir sus emisiones [12]. Diferentes países del mundo siguen trabajando por establecer normativas que permitan controlar esta problemática que se vive a nivel mundial. Durante la cumbre número 21 celebrada en París, Colombia se comprometió a reducir sus emisiones de carbono en un 20% para el año 2030 [13].

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Este proyecto fin de máster busca realizar un análisis de los diferentes modos de transporte que se usan actualmente en Colombia. El objetivo es evaluar las diferentes vías de transporte de carga del país. Comparando los modos de carretera, ferrocarril y fluvial. De esta manera determinar posibles rutas alternativas de modo intermodal. Este tipo de estudio puede brindar una visión más amplia respecto al contexto del transporte de carga en Colombia.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar una búsqueda de información literaria que permita comprender el transporte de carga en Colombia, su infraestructura y modos de transporte.
- Establecer los tramos de carretera más importantes y las diferentes ciudades que atraviesan. Posteriormente evaluar relevancia e impacto en el transporte de carga.
- Estudiar y analizar las diferentes alternativas que permiten la conexión entre los diferentes modos de transporte.



1.3. ALCANCE

El presente trabajo fin de máster tiene como alcance proporcionar un contexto general del transporte de carga en Colombia. Para posteriormente evaluar y analizar las posibles rutas de transporte en sus diferentes modos. En este estudio se analizarán las ciudades más importantes del país, las cuales tienen una relevancia en la actividad económica de Colombia.

La información recolectada y analizada provienen de fuentes oficiales como lo es el Ministerio de Transporte de Colombia. También se empleó una búsqueda de información complementaria de diferentes estudios de Universidades, Base de datos de referencias bibliográficas como Scopus. De esta manera sustentar el proyecto con información de bases verídicas y actuales. Con estos datos, se analizará el modo de transporte más adecuado según el destino, destacando la importancia de incluir el transporte intermodal.

1.4. ESTRUCTURA

El proyecto estará estructurado en una serie de capítulos, los cuales son importantes y necesarios para el desarrollo del proyecto:

En el primer capítulo se describe la justificación e importancia del proyecto, se establecen los objetivos generales y específicos los cuales nos permiten enfocar el proyecto en función de su alcance. Posteriormente se define el alcance que tendrá el proyecto.

El segundo capítulo se describe un contexto general de Colombia y su infraestructura, se investigan los diferentes sectores económicos del país. Posteriormente la infraestructura de los diferentes modos de transporte. Terrestre, férreo, marítimo y Aéreo.

En el tercer capítulo se detalló a profundidad los modos de transporte de Colombia. Se describen las principales vías de carretera, ferrocarril y red fluvial del país. Además, se investigaron los tipos de vehículos, así como mercancías movilizadas en cada y cada una de las ciudades que atraviesan cada uno de los modos. Por último, se describe el transporte intermodal, a situación actual de este modo de transporte en Colombia y el impacto ambiental actual del transporte de carga.

Luego de tener una base teórica de información del proyecto, se procede a desarrollar el capítulo cuatro, el cual consta de analizar los diferentes modos de transporte mencionados en capítulos anteriores. Se establecen posibles rutas que permitan hacer intermodalidad y se evalúa su impacto económico y ambiental. De esta manera se pretende dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente.

En el capítulo cinco se desarrolla el estudio económico del proyecto, abarcando los diferentes costos que implicaron desarrollar este trabajo fin de máster en términos de tiempo.

Para concluir se desarrolla el capítulo seis, donde se plasma de forma sintetizada la investigación realizada durante el proyecto en cada uno de los capítulos que permitirá realizar estudios a futuro para los autores interesados.



Capítulo 2. Colombia

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Colombia está situada al noroccidente del continente sur americano, se caracteriza por ser un país con una gran biodiversidad, y una amplia amalgama de culturas étnicas regionales, muchas de estas se encuentran protegidas por la constitución de 1991. Su idioma oficial es el castellano, aunque la constitución protege y reconoce las lenguas indígenas oficiales de su territorio [14].



Figura 1 Bandera de la República de Colombia
Fuente: Ministerio de Colombia

La bandera de Colombia está representada por tres colores el amarillo, azul y rojo. “*El amarillo representa la abundancia y la riqueza de nuestro suelo, pero también la soberanía, la armonía y la justicia; el azul simboliza el mar, los dos océanos sobre los que Colombia tiene costas y que nos une a otros pueblos para el intercambio de productos; y el rojo representa la sangre que significa amor, poder, fuerza y progreso*” [15].



Figura 2 Escudo República de Colombia

Fuente: Ministerio de Colombia

Por otro parte, se encuentra su escudo el cual está representado por diferentes figuras históricas del país, en primer lugar, se encuentra el ave de los andes, que simboliza la libertad y orden, en el primer nivel se ubica una granada y dos elementos con oro haciendo alusión a la Nueva Granada, nombre de Colombia en el siglo XIX. En segundo lugar, se ubica el gorro de frigio que representa libertad, por último, el océano con dos buques [16].

Colombia cuenta con un total de 32 departamentos, 1.096 municipios, su población es de aproximadamente 45.5 millones de personas según el informe entregado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) [17]. Su moneda oficial es el peso colombiano.

2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Colombia se encuentra ubicada en el continente de américa del sur, concretamente entre los 4° 13' de latitud sur y los 16° 10' de latitud norte y de oriente a occidente, entre los 66° 50' y 84° 46' de longitud al oeste de Greenwich incluida su área marítima (IGAC, 2008) [18], gracias a su ubicación le permite tener salidas marítimas por el océano Pacífico y el Atlántico, a principios del siglo XX Colombia dejo de llamarse la gran Colombia y paso a establecerse como Colombia esto luego de la disolución de una parte de su territorio, ahora perteneciente a Panamá.



Colombia

Colombia está dividida por seis regiones, la región Caribe, Pacífica, Andina, Orinoquía, Insular y Amazónica. Es importante resaltar que la región andina es la más poblada dentro de su geografía. En esta se encuentran ubicadas las principales ciudades del país, Bogotá, Cali y Medellín.

Las delimitaciones fronterizas de Colombia se encuentran al este con Brasil y Venezuela, al sur con Perú y Ecuador, al oeste el océano Pacífico con Panamá

Colombia cuenta con una superficie de 2.070.408 kilómetros cuadrados, de los cuales 1.141.748 kilómetros cuadrados, pertenecen al territorio y 928.660 kilómetros cuadrados a su delimitación marítima (ver figura 3). Su población es de 45 millones a fecha de 2020, siendo el tercer país con mayor población en América latina. Después de México y Brasil y cuarto en extensión territorial de América del sur.



Figura 3 Mapa de Colombia por departamentos

Fuente: DANE

2.3. ECONOMÍA POR SECTORES

La economía de Colombia tiene diferentes sectores que aportan en el crecimiento del país, como lo son la industria, el agrícola, la ganadería, el turismo, minas y energía, entre otros. Colombia ha trabajado por mantener una economía sostenible a pesar de la inestabilidad de los precios del mercado internacional.

El entorno macroeconómico de Colombia, basado en políticas fiscales, se enfrenta en la actualidad a un desacelerado ritmo de crecimiento económico. Con estas políticas se busca aumentar la productividad, aumentar las exportaciones con mayor diversidad, mejorar su infraestructura y fortalecer su sistema educativo del país.

La economía del país para el año 2023 creció en un 0.6%. Diferentes políticas y reformas que estableció el gobierno para solventar el déficit fiscal y deuda externa generan gran incertidumbre en la economía de los diferentes sectores en los que se vio un impacto negativo en la inversión. Durante el periodo 2023 se pudo establecer que la mano de obra presentó mejoría en su índice de desempleo. Se espera que para el periodo 2024 la economía incremente en un 1.3% [19].

2.3.1. Sector Industrial

En el sector industrial participan diferentes sectores como lo es la producción textil, alimentos, petróleo, carbón y diferentes productos químicos, entre otros. La industria es un sector que fomenta gran empleabilidad para la sociedad colombiana, el sector del petróleo y carbón es uno de los más importantes, sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado gran crecimiento en el sector textil.

Una gran parte de los productos textiles fabricados se exporta. Esto ha permitido la evolución y el crecimiento del sector textil, posicionándolo como uno de los más competitivos e importantes en la industria. Se estima que el 40% de la producción total de estos productos se exporta [20].



Colombia

En cuanto al sector del petróleo y carbón, Colombia se ha caracterizado por tener grandes recursos minerales, como el oro, níquel y esmeraldas, sin embargo, el petróleo y el carbón son las principales fuentes de empleo dentro de este sector y con mayores ingresos económicos. Cabe resaltar que el petróleo crudo es uno de los productos de mayor exportación en la industria.

Durante la última década, este sector se ha visto forzado a diferentes cambios regulatorios. Esto debido al aumento de los precios a nivel mundial, el cual obligo a países en desarrollo a apostar por el sector minero energético. En el año 2001 Colombia estableció un código regulatorio en la minería con el propósito de convertir empresas públicas en empresas mixtas público-privada promoviendo la inversión de capital extranjero o local para los sectores de petróleo y carbón.

2.3.2. Sector Agricultura

A lo largo de la historia de Colombia este sector tiene una larga tradición y un valor significativo tanto para la economía del país como para la generación de empleo, el desarrollo rural y la producción de alimentos. Colombia por su diversidad cuenta con una gran variedad de productos en diferentes regiones del país, los productos más importantes son el café, las flores, el banano, el arroz, la caña de azúcar, el maíz, hortalizas y frutas tropicales. Todos estos productos son exportados diferentes países del mundo y son una fuente importante de ingresos para Colombia.

El crecimiento de este sector para el año 2023 fue del 1,8%. Siendo uno de los sectores más dinámicos y de mayor contribución en el Producto Interno Bruto (PIB). Según el informe del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) el último trimestre del 2023 el café tuvo un aumento del 23,7%, otros cultivos agrícolas 7,2 % y la ganadería un 3,2% [21].

2.3.3. Turismo

El turismo en Colombia es un sector que ha crecido en los últimos años. Gracias a la diversidad que se encuentra en sus diferentes regiones. El gobierno busca seguir fomentando el ecoturismo.

El principal objetivo de esa iniciativa es realizar viajes y expediciones a los turistas nacionales y extranjeros. Donde se permite observar las reservas naturales y poder generar conciencia en la conservación del medio ambiente. A su vez, busca abordar un desafío social con las comunidades que habitan estas regiones ya que sus políticas no se alinean mucho con el turismo. Para ello se ha establecido la creación de grupos para establecer sistemas y medios de acceso para visitar estas zonas [22].

Un dato importante para la economía de este sector de acuerdo con el Ministerio de Comercio y Turismo de Colombia. Fue el ingreso de divisas por turismo que aumentaron en un 22,4% y registro una cifra histórica. Una de las noticias más relevante del turismo en Colombia fue el arribo de cruceros a los puertos de Buenaventura, Cabo de la vela y Santa Marta [23].

2.3.4. Comercio Exterior

El comercio exterior juega un papel importante en la economía de Colombia, ya que cuenta con una amplia relación con diferentes países del mundo. Sus principales aliados comerciales son Estados Unidos, China, algunos países de la Unión Europea, y varios países de América Latina. En los últimos años se ha generado una tendencia en los negocios y relaciones internacionales en un contexto global [24].

Colombia cuenta con varios departamentos que tienen un gran impacto en su economía en términos de exportaciones. Los principales son Cundinamarca, Antioquia, Atlántico, Valle del Cauca y Bolívar.

Según el reporte entregado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). En febrero de 2024



Colombia

las exportaciones del sector manufacturero generaron ingresos por un valor de \$796,2 millones de dólares. De esta forma se generó un incremento del 3,5% comparado con el mismo periodo en 2023.

En términos generales Colombia sigue trabajando por mejorar su comercio exterior, y le apunta a un acondicionamiento en sus diferentes sectores, promoviendo nuevas políticas y facilitando acuerdos entre los diferentes países del mundo, esto con el fin de auspiciar el desarrollo competitivo del país y que son determinantes para el crecimiento económico.

2.4. INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Colombia ha logrado avances significativos en infraestructura en los últimos años, impulsados tanto por inversiones públicas como privadas. El país cuenta con una extensa red de carreteras de aproximadamente 205,000 kilómetros, que conectan las principales ciudades y facilitan el comercio interno y externo. Además, se están desarrollando proyectos de vías 4G y 5G, mejorando así la conectividad para el transporte de carga.

En el ámbito del transporte aéreo, Colombia dispone de 67 aeropuertos, destacándose el aeropuerto El Dorado en Bogotá como uno de los más transitados de América Latina.

En cuanto a la infraestructura marítima, Colombia cuenta con 10 puertos, entre los cuales se destacan los de Cartagena, Barranquilla y Buenaventura. Estos puertos son cruciales para las exportaciones, permitiendo la eficiente salida de productos hacia mercados internacionales.

La infraestructura ferroviaria del país, aunque presenta ciertas limitaciones en comparación con otros medios de transporte, desempeña un papel esencial en el movimiento de carga pesada, especialmente de productos minerales y agrícolas.

Colombia posee aproximadamente 3,500 kilómetros de vías férreas, concentradas principalmente en las regiones del Caribe y los Andes.

En los siguientes apartados se describe detalladamente cada una de las infraestructuras mencionadas anteriormente.

2.4.1. Aeropuertos

Para entrar en contexto de la infraestructura aérea. Es importante mencionar la entidad encargada de controlar y administrar el sistema aéreo del país. En este caso la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil-Aerocivil. Esta entidad forma parte del Ministerio de Transporte. Su función principal es ejercer las atribuciones de la Autoridad Aeronáutica en todo el territorio nacional. Aerocivil desarrolla políticas, estrategias, planes, programas y proyectos relacionados, contribuyendo al mantenimiento de la seguridad y soberanía nacional. Además, es responsable de la gestión de los aeropuertos del país, incluyendo su adecuación y construcción [25].

La geografía del sistema aéreo de Colombia ha venido presentado un gran desarrollo en cuanto a su infraestructura, esto debido a la implementación de nuevas políticas públicas, permitiendo un importante paso para la economía de esta industria, su red aeroportuaria se encuentra distribuida en diferentes regiones, como lo son. La amazonia, la región Andina, el Caribe, Orinoquia y la región Pacífica.

En cuanto a temas de inversión el gobierno se plantea invertir \$12,26 billones para la modernización, ampliación y mejoras de 5 aeropuertos del país, por medio de la Aeronáutica Civil y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) se espera que las nuevas obras e intervenciones cuenten con las respectivas plataformas acordes a las demandadas en la industria a nivel mundial [26].

A largo plazo, se espera que estas inversiones en la infraestructura aérea mejoren de manera eficiente los servicios de transporte y reduzcan costos. Esto conlleva a un incremento en la productividad de otros sectores económicos que utilizan la infraestructura de manera directa o indirecta, especialmente la industria agropecuaria, industrial y comercial [27].



Colombia

Colombia cuenta con una gran variedad de aeropuertos, enumerados de la siguiente manera: 13 internacionales, 20 nacionales, 30 regionales y 4 militares, los cuales se designan según el tipo de pasajeros, el tipo de carga, aeronaves y operaciones que se puedan realizar [28], en la siguiente tabla 2-1, se puede observar los diferentes aeropuertos con su respectiva clasificación y ciudad.

Tipo	Aeropuertos
Internacionales	El Dorado-Bogotá, Simón Bolívar-Santa Marta, Alfonso Bonilla Aragón-Cali, José María Córdova-Rionegro, Rafael Núñez-Cartagena, Ernesto Cortissoz-Barranquilla, Gustavo Rojas Pinilla-San Andrés, Palonegro-Bucaramanga, Matecaña-Pereira, Camilo Daza-Cúcuta, El Edén-Armenia, Alfredo Vásquez Cobo-Leticia, Almirante Padilla-Riohacha.
Nacionales	Antonio Roldán Betancourt Apartado, Las Brujas-Sincelejo, Santiago Pérez-Arauca, Yari guíes-Barrancabermeja, Gustavo Artunduaga- Florencia, Perales-Ibagué, La Nubia-Manizales, Santa Ana-Cartago, Olaya Herrera-Medellín, Benito Salas-Neiva, Antonio Nariño-pasto, San Luis-Ipiales, Guillermo León Valencia-Popayán, El Embrujo-providencia, Tres de Mayo-puerto asís, El Caraño- Quibdó, La Florida-Tumaco, Alfonso López Pumarejo Valledupar, Vanguardia-Villavicencio, El Alcaraván-Yopal.
Militar	Militar CATAM- Bogotá, Base Aérea Lalandia- Caquetá, Base Aérea de Tres Esquinas Caquetá, Base Aérea Marco Fidel Suárez Valle del Cauca.

Tabla 2-1 Lista aeropuertos de Colombia.

2.4.2. Puertos

Colombia cuenta con diez puertos en su geografía los cuales están ubicados dos a lo largo del océano Pacífico y ocho de ellos en el océano Atlántico. Gracias a la conexión con estos dos océanos le permiten tener una posición estratégica y competitiva en el tráfico de mercancía. El principal puerto de mercancía se ha consolidado en el Pacífico. Específicamente en el puerto de Buenaventura, esto en gran parte a las exportaciones e importaciones de productos no tradicionales. Colombia ocupa el puesto 58 en cuanto a competitividad de puertos y es el segundo en América latina, después de Panamá [29].

Su proximidad con el canal de Panamá y sus condiciones climáticas le permite ser un destino estratégico frente a otros puertos de la región que sufren por los diferentes huracanes. Algunos puertos ante alertas de posibles huracanes se ven en la obligación de cerrar, especialmente los puertos del caribe. Ante esta situación los puertos de Colombia sirven como un centro de acopio.

El transporte marítimo del país está en un constante crecimiento, con una tasa anual del 8,1%, esto debido a las diferentes inversiones que se han realizado en algunos puertos, aumentando la capacidad del tamaño de los buques [30].

A partir del año 1993, la administración de los puertos en Colombia dejó de estar a cargo del estado y pasó a ser gestionada mediante concesiones públicas y privadas. En la actualidad, estas concesiones son responsables del control y la gestión de las diversas actividades portuarias en el país [31]. Especialmente los principales puertos como lo son Buenaventura, Santa Marta, Cartagena, Barranquilla y Tumaco, con este cambio se logró incrementar la competitividad de los puertos, disminuyendo los altos costes operativos y generando operaciones eficientes.

En la infraestructura de los puertos también se encuentran el sistema fluvial de transporte, este se compone básicamente de dos elementos importantes, los cuales son el lugar de la carga y la vía por donde transita la mercancía. Los puertos fluviales en Colombia son de capital público, privado y concesionados en lugares estratégicos para la carga y descarga de mercancía y tráfico de pasajeros.



Colombia

Siendo la mayoría operados por los municipios, excepto el puerto de Leticia que es operado directamente por el Ministerio de Transporte. Los más pequeños son operados por empresas privadas que comercializan productos como carbón y cemento. Entre los puertos concesionados se encuentran el puerto de Barrancabermeja, Magangué y Puerto Salgar, entre otros.

En Colombia la red fluvial está dividida por cuatro cuencas. La cuenca del Pacífico, Atrato, Magdalena, Orinoquia y Amazonía. Siendo el río Magdalena el de mayor caudal y tráfico de mercancía. En la tabla 2-2 se puede observar cada uno de los puertos Marítimos y Fluviales del país en sus diferentes regiones.

Región geográfica	Puertos Marítimos y Fluviales
Puertos del Pacífico	Buenaventura, Tumaco
Puertos del Caribe	Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, San Andrés, La Guajira, Ciénaga, Golfo Morrosquillo, Urabá
Cuenca de Magdalena	Barranquilla, Calamar, Magangué, La Gloria, Gamarra, Capulco, Puerto Wilches, Barrancabermeja, Puerto Berrío, Puerto Salgar y La Dorada.
Cuenca del Atrato	Quibdó, Tumbo, Pizarro, Palestina e Istmina.
Cuenca Orinoquia	Puerto Carreño, Puerto Nariño, La Banqueta, Cabuyo, Puerto López, San José del Guaviare, Mitú, Yuruparí, Pucarán, Calamar y Puerto Inírida.
Cuenca Amazonas	Puerto Asís, Puerto Leguízamo, Tarapacá, La Tagua, la Pedrera y Leticia.

Tabla 2-2 Puertos Marítimos y Fluviales de Colombia.

2.4.3. Carreteras

Actualmente la infraestructura de Colombia es administrada bajo un modelo de red nacional de carreteras regulado por el Ministerio de Transporte Colombiano a través del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Este sistema es complementado por concesiones a empresas privadas establecido en las políticas del estado. De esta manera permite una gestión eficiente de las vías y el mantenimiento adecuado de las rutas más importantes. El gobierno definió un Plan Maestro Intermodal en el que incluye los proyectos estratégicos y planes a mediano y largo plazo de las diferentes carreteras del país. El objetivo es mejorar la accesibilidad y la calidad de sus carreteras, facilitando el transporte de personas y mercancías, generando un mayor crecimiento en la economía de las regiones.

Colombia tiene una red de carreteras de 206.000 kilómetros. De los cuales el 6.9%, es decir 16.983 kilómetros corresponden a la red primaria, estas se definen como calzadas divididas según el proyecto. EL 21% corresponden a la red secundaria es decir 44.400 kilómetros y son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y conectan con la red primaria. Por último, se encuentra la red terciaria con una dimensión de 142.284 kilómetros, esta se encarga de conectar las veredas con los municipios [32].

El transporte de carga por carretera en Colombia es importante para la económica del país, ya que es una herramienta esencial para movilizar la mercancía del país a nivel nacional e internacional. Por esta razón, es indispensable que el sector transporte cuente con los recursos necesarios para asumir el gran compromiso que tiene en el desarrollo económico

En cuanto al estado actual de las carreteras del país, El gobierno colombiano ha realizado esfuerzos significativos en los últimos años para mejorar la infraestructura vial, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) ha iniciado el primer proyecto 5G, en el cual se contempla, infraestructura fluvial, férrea y aeroportuaria, en una apuesta por el transporte intermodal [33]. Para los proyectos ha establecido una inversión de 11,65 billones de pesos a diciembre de 2022.



2.4.4. Ferrocarril

En Colombia, el ferrocarril ha tenido una importancia histórica y sigue siendo un componente importante de la infraestructura de transporte del país, Colombia por su geografía tiene un problema en su infraestructura, debido a que la mayoría de la población colombiana se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes al sur del país. Aunque la red ferroviaria colombiana fue alguna vez extensa, en las últimas décadas ha sufrido un declive significativo, principalmente debido a la preferencia por el transporte por carretera y la falta de inversión en infraestructura ferroviaria.

Los diferentes gobiernos que han pasado no han establecidos proyectos que reactiven el transporte por ferrocarril. Pues para el año 1991 el país contaba con 3239 kilómetros aproximadamente de los cuales el 83%, es decir 2690 kilómetros, estaban en operación[34]. En su gran proporción para el transporte de Café y Carbón.

De acuerdo con los estudios más recientes sobre la red ferroviaria Colombiana se indica que su infraestructura actual es de 3.515 kilometro, que se distribuyen de la siguiente manera; 189 kilómetro de red privada en El Cerrejón y Paz de Río; 743 kilómetro de red concesionada a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), conformada por las concesiones del Atlántico y el Pacífico; 894 kilometro por concesionar y 1.689 kilómetro de red inactiva, es decir que cerca del 73% de la red ferroviaria se encuentra fuera de operaciones [35].

En cuento a la red ferroviaria que se encuentra operativa, cuenta con tramos privados, como lo es, El Cerrejón, un corredor industrial que se encarga de transportar material de las minas de carbón de El Cerrejón, al puerto marítimo de Puerto Bolívar en el departamento de La Guajira el cual cuenta con 150 kilómetros, durante el periodo del 2019 se estima que 26,3 millones de toneladas para su respectiva exportación [36].



Capítulo 3. Modos de Transporte en Colombia

Los modos de transporte son importantes para el flujo de carga de cualquier país. Colombia no es la excepción, pues al estar en una posición de desarrollo requiere de la implementación de modos de transporte que facilite y permita la eficiencia en las operaciones del comercio. En este capítulo, se realiza una investigación de los modos de transporte de Colombia con lo cual se busca comprender el contexto de las redes de carretera, ferrocarril y fluvial, sus tipos de vías y mercancía que transportan.

Estos modos no solo buscan brindar comodidad y eficiencia al momento de movilizar la mercancía desde un origen hasta un destino, sino también es una fuente de desarrollo y crecimiento en lo económico, social, y ambiental.

Otro punto de este capítulo es mencionar la importancia del transporte intermodal, la actualidad en Colombia, ventajas y normas de este modo de transporte. Por último, se detalla el impacto de los gases de efecto invernadero (GEI) en el transporte de carga y los retos a futuro del país. Esta investigación servirá como base para desarrollar el capítulo cuatro de este trabajo fin de máster.

3.1. TRANSPORTE POR CARRETERA

El transporte por carretera en Colombia es el modo más usado para la movilización de mercancía del país, la entidad que se encarga de controlar y garantizar que este sistema sea competitivo, integral y eficiente es el Ministerio de Transporte.

Como lo establece el Decreto 087 de 2011, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país.

En la última década, el Ministerio ha desarrollado importantes proyectos de trascendencia nacional, mediante la construcción de nuevas vías, túneles y puentes, en el sector carretero [37].

Como se mencionó en el capítulo anterior las carreteras de Colombia se clasifican de tres formas: La Red Primaria que comprende las grandes autopistas, a cargo de la nación, la Red Secundaria a cargo de los departamentos y la Red Terciaria compuesta por carreteras de veredas y pueblos.

En este proyecto se contempla solo la Red Primaria ya que serán las vías de estudio, la red está constituida por Troncales y Transversales.

Las Troncales son las vías con dirección norte-sur del país, inician su recorrido en las fronteras internacionales y terminan en los puertos del Mar Caribe o en otras fronteras internacionales. Las Transversales, son aquellas vías cuyo volumen de tránsito está justificado y que comunican con los países limítrofes o con los puertos de comercio internacional [38].

Colombia prioriza los proyectos de cuarta y quinta generación en diferentes concesiones, los cuales consisten en la construcción de 8.000 kilómetros, incluyendo 1,370 kilómetros de doble calzada y 160 túneles, en más de 40 nuevas concesiones. En consecuencia, se busca mejorar variables que son importantes como el tiempo y costo de los viajes, de esta manera se beneficiaran a los productores, el turismo, la seguridad vial y promover una mayor conectividad entre las ciudades [39].



3.1.1. Principales Carreteras

3.1.1.1. Ruta Nacional 25/ Carretera Panamericana

La carretera panamericana es una de las más importante de Colombia, pues conecta y atraviesa a todo el país por el Occidente, desde el Norte hasta el Sur. Es una troncal importante para la conexión de Colombia en sus fronteras con Ecuador y Panamá, sin embargo, con Panamá aún no se tiene conexión por carretera. Pues la problemática de atravesar el tapón del Darién impide la continuidad de la carretera Panamericana con Centro América. Colombia firmo el primer acuerdo en la conferencia de la paz en 1936, donde se estableció la convención de la denominada ruta del sur que buscaba conectar a América del Norte, con América del Sur, en la figura 4 se puede observar su recorrido.



Figura 4 Ruta Nacional 25/ Carreta Panamericana

Fuente: ViaMichelin

La vía panamericana cuenta con dos tramos. El primero tramo comienza en el municipio de Ipiales en el sur del país frontera con Ecuador. Luego conecta con la ciudad de Pasto, capital del departamento de Nariño de gran importancia para la concentración de productos agrícolas, y con cercanía al puerto de Tumaco. Luego conecta con Popayán, capital del departamento del Cauca también importante por la concentración de productos agrícolas, especialmente el café. La siguiente ciudad por conectar es Cali, capital del departamento del Valle del Cauca es una de las ciudades más importantes del país, por su industria y producción de caña de azúcar. Las siguientes ciudades por conectar son Palmira, Buga, Tuluá y Cartago, que aun pertenecen al departamento del Valle del Cauca y de gran cercanía a Cali.

El segundo tramo comienza en las regiones del eje cafetero, exactamente en las ciudades de Armenia en el departamento de Quindío y Manizales en el departamento de Caldas. Ambas importantes en la producción de café del país. Estas regiones del eje cafetero conectan directamente con la ciudad de Medellín, la segunda más importante del país por su industria y conexión con diferentes ciudades, especialmente con la capital Bogotá. Por último, se conecta con el municipio de Turbo al norte del Urabá en el departamento de Antioquía.

3.1.1.2. Ruta Nacional 45/ Troncal Magdalena

Esta ruta es una de las más importantes para el transporte de carga del país y se divide en tres tramos. Esta carretera se recorre de forma paralela a la cuenca fluvial del río Magdalena. Esta vía permite la conexión del centro del país con los diferentes puertos ubicados en la costa Caribe, los más importantes son el de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta. La Troncal del Magdalena se encuentra ubicada en la llanura del Caribe y el valle del Magdalena en el norte del país.

Es importante resaltar que la troncal de Magdalena se encuentra en trabajos de remodelación luego de estar parada por problemas en las licitaciones de su proyecto, actualmente se trabaja en la construcción de carreteras 5G en el último tramo. En la figura 5 se puede observar el recorrido de esta ruta.



Modos de Transporte en Colombia



Figura 5 Ruta Nacional 45/ Troncal Magdalena

Fuente: ViaMichelin

El primer tramo inicia desde la Y de Ciénaga en el departamento de Magdalena y conecta con Santa Roque, en el departamento del Cesar, este tramo era conocido como la Ruta del Sol. Este fue el primer tramo construido para el ingreso y salida de carga entre la costa Caribe y el centro del país, su longitud es de 247 kilómetros.

El segundo tramo se comprende desde Santa Roque en el departamento del Cesar, hasta Barrancabermeja en el departamento de Santander y tiene una longitud de 332 kilómetros. El tercer tramo comienza en Barrancabermeja y conecta a Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca, tiene una longitud de 252 kilómetros. Estos tres tramos son importantes para la movilización de productos como el carbón, el petróleo,

el café, flores y bananos con destino a los puertos de la costa Caribe, también siendo importante para el tránsito de mercancía que ingresa al país.

Desde Puerto Salgar se puede conectar con la capital del país, sin embargo, este tramo no hace parte de la concesión de la troncal de Magdalena. Este es un proyecto del Ministerio de Transporte, pues la idea es llegar con esta troncal hasta el departamento del Putumayo, pasando por Bogotá para luego conectar con Huila en el departamento de Neiva, finalizando la conexión con Mocoa capital del departamento del Putumayo.

3.1.1.3. Ruta Nacional 56 / Transversal Medellín – Bogotá

Esta ruta es una de las más importante para la conexión al interior de Colombia, especialmente para la conexión de las dos ciudades más importantes del país: Medellín y Bogotá. Estas dos ciudades concentran gran parte del sector industrial, es una ruta de trayecto corto, pero de relevancia para la economía del transporte de carga. La extensión de esta autopista atraviesa la cordillera Central a través del río Magdalena. En la figura 6 se puede observar el recorrido de la ruta.



Figura 6 Ruta Nacional 56 / Transversal Medellín – Bogotá

Fuente: ViaMichelin



Modos de Transporte en Colombia

El primer tramo de esta vía se encuentra entre Medellín y Saturnino, con 58 kilómetros de carretera construida. Luego conecta a los municipios de Guarne, Marinilla y el Saturnino, este primer tramo es muy importante para el desarrollo económico de los municipios del departamento de Antioquia[39].

El segundo tramo corresponde a la conexión entre Saturnino y Puerto Triunfo a orillas del río Magdalena, con una longitud de 114 kilómetros [40]. El último tramo corresponde a la conexión de Puerto triunfo con la Dorada, en limitaciones del departamento de Caldas y Cundinamarca, donde finalmente conecta a la ciudad de Bogotá. En la actualidad esta concesión ha tiene una longitud de 420 kilómetros, generando un gran flujo de mercancía entre estos dos departamentos.

3.1.1.4. Ruta Nacional 55 / Troncal central del Norte

La troncal central del norte es una ruta que permite el flujo de carga entre la capital del país y la frontera con Venezuela. Esta es una ruta que atraviesa por los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander. Se ubica sobre la cordillera oriental. Es importantes para el flujo de mercancía que se transporta en la región del norte y centro del país.

Su trayecto comienza en la ciudad de Bogotá, donde conecta con Tunja en el departamento de Boyacá, esta ciudad es importante por la producción de productos agrícolas. Luego conecta con Duitama dentro del mismo departamento de Boyacá. Por último, conecta con Pamplona y Cúcuta, en los departamentos de Santander y norte de Santander, hasta la frontera con Venezuela [41]. En la figura 7 se puede observar el recorrido de esta ruta.



Figura 7 Ruta Nacional 55 / Troncal central del Norte

Fuente: ViaMichelin

3.1.1.5. Ruta Nacional 90 / Transversal del Caribe

Esta es una de las rutas que tiene una gran ventaja en temas de movilización de mercancía, es el corredor vial que se encarga de conectar a los puertos de la costa caribe, especialmente el puerto de Santa Marta, Barranquilla y Cartagena.

También es una ruta que permite la conexión entre Colombia y Venezuela, ingresando por el departamento de La Guajira y conectando con la ciudad de Maicao en Venezuela como se puede observar en la figura 8.



Modos de Transporte en Colombia



Figura 8 Ruta Nacional 90 / Transversal del Caribe

Fuente: ViaMichelin

El trayecto normalmente inicia desde la ciudad de Paraguachón, en el departamento de la Guajira, frontera con Venezuela, conecta con las ciudades de Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Golfo de Mosquillo, ciudades importantes por la actividad portuaria del país. Luego conecta con los municipios de Sincelejo, y Montería ciudades productoras de Maíz, Arroz y Plátano. Este tramo tiene conexión con la troncal del Magdalena y la Carretera Panamericana, las dos más importantes del país [42].

De acuerdo con los datos del Ministerio de Transporte, se estima que el 50% de la carga de mercancía del país se moviliza por esta transversal, siendo en su gran mayoría el transporte de carbón y petróleo, con una fuerte actividad en los puertos de Santa Marta y La Guajira.

3.1.1.6. Ruta Nacional 40 / Transversal al Llano

La ruta al llano, ubicada en la región de la Orinoquia al oriente de Colombia, es un corredor importante para la conexión entre la capital del país con la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta. Además, comprende departamentos importantes de los llanos orientales como Arauca, Casanare y Vichada. Limita al norte con el río Arauca y al sur con la región amazónica, este corredor hace parte de la Transversal Buenaventura-Puerto Carreño.

El trayecto habitual de esta ruta tiene extensión aproximadamente 86 kilómetros de distancia, los cuales se dividen en los tramos de Bogotá–Cáqueza, el Tablón-Guayabetal (Chirajara) y Guayabetal (Chirajara)–Villavicencio (Fundadores), alguno de los tramos de esta carretera especialmente los de la tercera calzada son proyectos de carreteras (4G) del país. Sin embargo el tramo entre Guayabetal y Villavicencio se encuentra cerrado por construcción de uno de los proyectos 4G. Obligando a realizar un trayecto nuevo hasta que se terminen las obras. En la figura 9 se detalla el trayecto habitual y que se encuentra en reconstrucción.

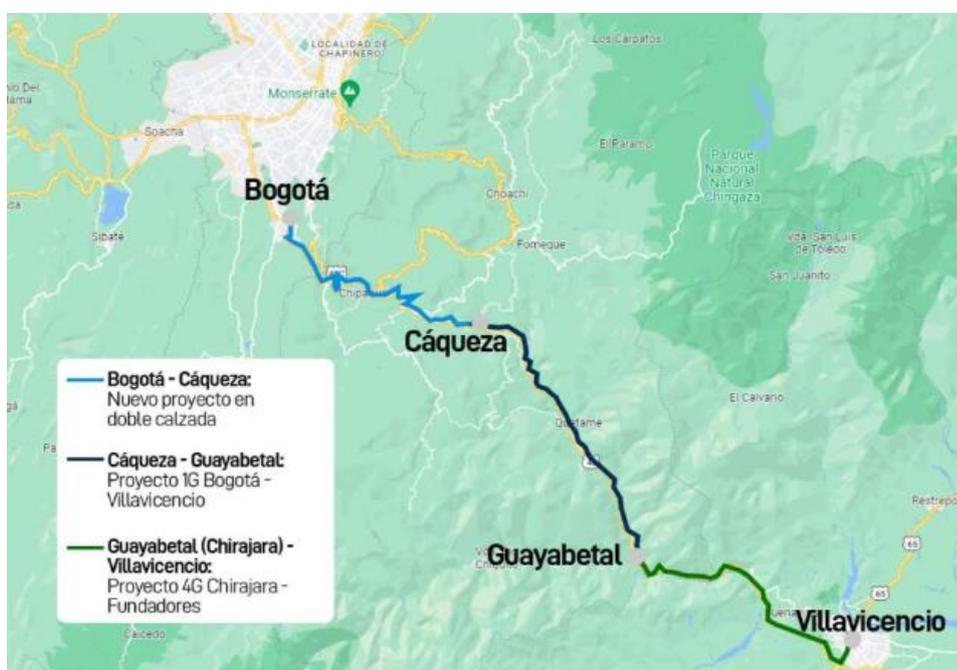


Figura 9 Ruta Nacional 40 / Transversal al Llano

Fuente: ANI



Modos de Transporte en Colombia

Esta Ruta a lo largo de la historia ha presentado diferentes problemas por su geografía, pues a pesar de los esfuerzos del estado por tener una vía en óptimas condiciones no lo ha podido conseguir. Esto sucede porque esta ruta por su topografía no puede atravesar diferentes montañas, por lo tanto, la construcción de túneles tiene un alto riesgo de estabilidad, esto debido a las variaciones litológicas del macizo rocoso [43].

Se espera que con la construcción del proyecto 4G mejore el flujo de carga, la calidad y el tiempo de tránsito entre estos departamentos del centro del país. La ruta alternativa que ha establecido el estado por el momento es Bogotá – Chingaza – Villavicencio, de esta manera se realiza un recorrido más largo de 220 kilómetros. En la figura 10 se puede observar la ruta alternativa.



Figura 10 Ruta alternativa Bogotá - Villavicencio

Fuente: ViaMichelin

3.1.2. Tipo de vehículos transporte de carga

Actualmente en Colombia existen 140.834 vehículos de transporte de carga registrados y reportados en el Ministerio de Transporte en el portal RNDC (Registro Nacional De Carga), información actualizada hasta el año 2020 [44].

Un pilar fundamental para el transporte por carreteras son los vehículos en los que se moviliza la carga. A continuación, se describen los tipos de vehículos usados en Colombia, según su configuración, para ello se tiene en cuenta las características en los que encontramos, camiones Rígidos, Articulados o Tracto camión, que de acuerdo con la norma técnica internacional se compone con las siglas (C) Carga, (R) Remolque, (S) Semi Remolque. Colombia cuenta con los siguientes camiones:

- (C2) Camión de 2 ejes.
- R3) Remolqué 3 ejes.
- (C2S1) Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de 1 eje.
- (C3S2) Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes.

3.1.2.1. Camiones Rígidos

- **(C2) Camión de 2 ejes.**

Es un camión que transporta carga general. Es común para movilizar mercancía al interior de municipios y departamento con recorridos más cortos, su capacidad es hasta 5 toneladas de peso, 15 metro cúbico de volumen para camiones tipo turbo. También se encuentra el camión Sencillo que tiene una mayor capacidad de 8 toneladas de peso y 37 metros cúbicos de volumen, en la figura 11 se puede observar las especificaciones [44].

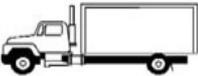
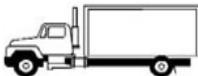
Configuración	Esquema	Máximo peso bruto vehicular PBV en Toneladas	Capacidad de Carga Aprox. En Toneladas	Dimensiones Máximas en Metros		
				Ancho	Alto	Largo
C2 Turbo		8.4	5.0	2.00	2.20	5.00
C2 Camión Sencillo		16.0	8.0	2.30	2.40	6.00

Figura 11 Camión Rígido de 2 ejes (C2)



Modos de Transporte en Colombia

Respecto a su participación en el transporte de carga durante el periodo 2023 en el país esta configuración vehicular (C2) turbo y sencillo realizaron un total de viajes de 4.180.291 y movilizaron 21 millones de toneladas aproximadamente.

- **(C3) Camión Rígido Doble troque de 3 ejes**

Es un camión de mayor capacidad y es habitual para movilizar la mercancía a nivel nacional, tiene una carrocería rígida, un eje delantero y dos ejes en la carrocería, capacidad hasta 17 toneladas de peso y 45 metros cúbicos de volumen, en la figura 12 se puede observar las especificaciones [44]

Configuración	Esquema	Máximo peso bruto vehicular PBV en Toneladas	Capacidad de Carga Aprox. En Toneladas	Dimensiones Máximas en Metros		
				Ancho	Alto	Largo
C3 Camión doble troque 3 ejes		28.0	18.0	2.35	2.40	7.50

Figura 12 Camión Rígido Doble troque de 3 ejes (C3)

En cuanto a su participación en el transporte de carga en 2023 este tipo de vehículo movilizó cerca de 158.458 viajes y 3 millones de toneladas de carga.

3.1.2.2. Camión Articulado

- **(C2S2) Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de 2 eje**

Este vehículo que se encuentra en la categoría de vehículos de grandes dimensiones se compone de una plancha. En Colombia es usado en su gran mayoría para la mercancía con origen y destino a puertos, o tráfico internacional. Su capacidad es de 20 a 25 toneladas de peso. En la figura 13 se puede observar las especificaciones de este vehículo

Configuración	Esquema	Máximo peso bruto vehicular PBV en Toneladas	Capacidad de Carga Aprox. En Toneladas	Dimensiones Máximas en Metros		
				Ancho	Alto	Largo
C2S2 Tracto camión de 2 ejes semirremolque un eje		32.0	25.0	2.40	2.50	12.00

Figura 13 Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de 2 eje (C2S2)

Su participación en el transporte de carga en Colombia en el año 2023 en el país fue de 2.351.748 viajes y movilizó 68 millones de toneladas aproximadamente.

- **(C3S2) Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 2 eje**

Este tipo de camión suele transportar contenedores, especialmente moviliza mercancía en las principales ciudades del país y los puertos, es un articulado con tres ejes delanteros y dos ejes en el tráiler. Capacidad hasta 32 toneladas de peso y 66 metros cúbicos de volumen. Por último, se tiene el tractocamión (C3S3) que es un vehículo de tres ejes delanteros y tres ejes en el tráiler. Capacidad hasta 35 toneladas de peso y 66 metros cúbicos de volumen, y no es muy común en el tráfico de mercancía en Colombia en la figura 14 se puede observar las especificaciones de ambos vehículos.

Configuración	Esquema	Máximo peso bruto vehicular PBV en Toneladas	Capacidad de Carga Aprox. En Toneladas	Dimensiones Máximas en Metros		
				Ancho	Alto	Largo
C3S2 Tractocamión 3 ejes semirremolque 2 ejes		48.0	32.0	2.40	2.50	12.20
C3S3 Tractocamión 3 ejes semirremolque 3 ejes		52.0	35.0	2.40	2.50	12.50

Figura 14 Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 2 y 3 ejes

Este tipo de vehículos de mayor capacidad de carga en el transporte de carga durante el año 2023 realizaron 2.351.748 viajes y 68 millones de toneladas movilizadas para la configuración C3S2, para la configuración C3S3 se reportaron 857.748 viajes y 25 millones de toneladas movilizadas.



3.1.2.3. Camión frigorífico

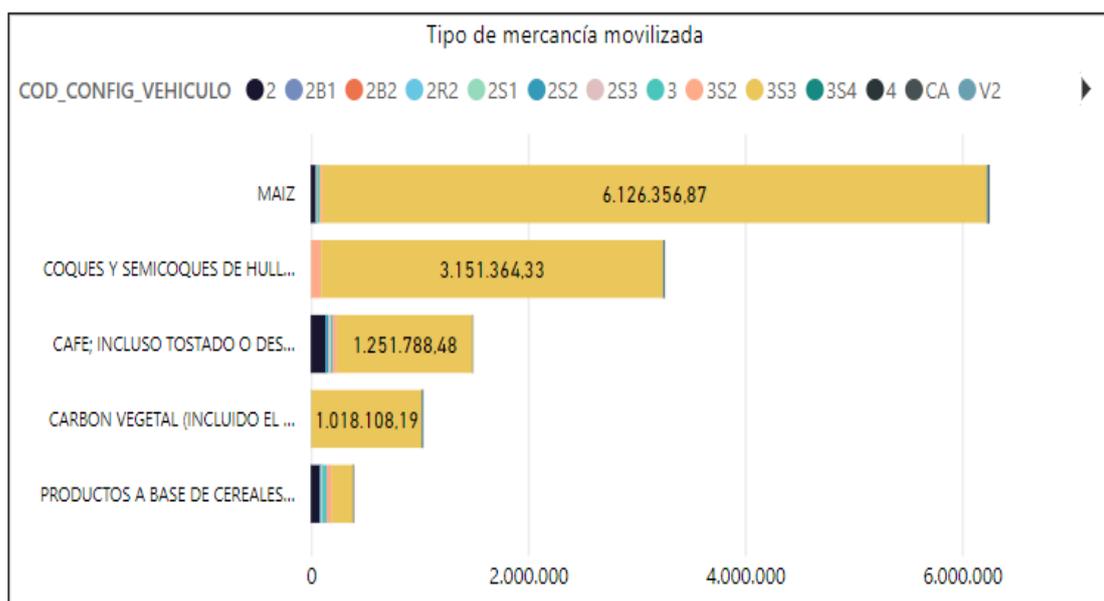
Los camiones frigoríficos son vital para el transporte de mercancía en la industria de la cadena de frío, como alimentos y sector salud, en Colombia se encuentra tanto camiones rígidos, como articulados, con el sistema de refrigeración requerido para proteger la cadena de frío de los productos, la función de estos tipos de vehículos es controlar las bajas temperaturas durante el proceso de movilización de la mercancía, en los camiones rígidos suele venir adaptado al camión, pero en los camiones articulados de mayor capacidad, suelen ser contenedores adaptados a la medida de la plancha del vehículo.

3.1.3. Mercancía Transportada por Carretera

Según el reporte entregado por el Ministerio de Transporte, Colombia movilizó un total de 135.964.213 toneladas de carga, por la red de carretera del país durante el periodo de 2023. Esta información se pudo obtener a través del Grupo de Logística del Ministerio con información del Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC). En él informa se detalla que las operaciones de carga sólida y líquida, el cual reporta un total de 10.863.876 viajes [45].

3.1.3.1. Carga granel solido por carretera

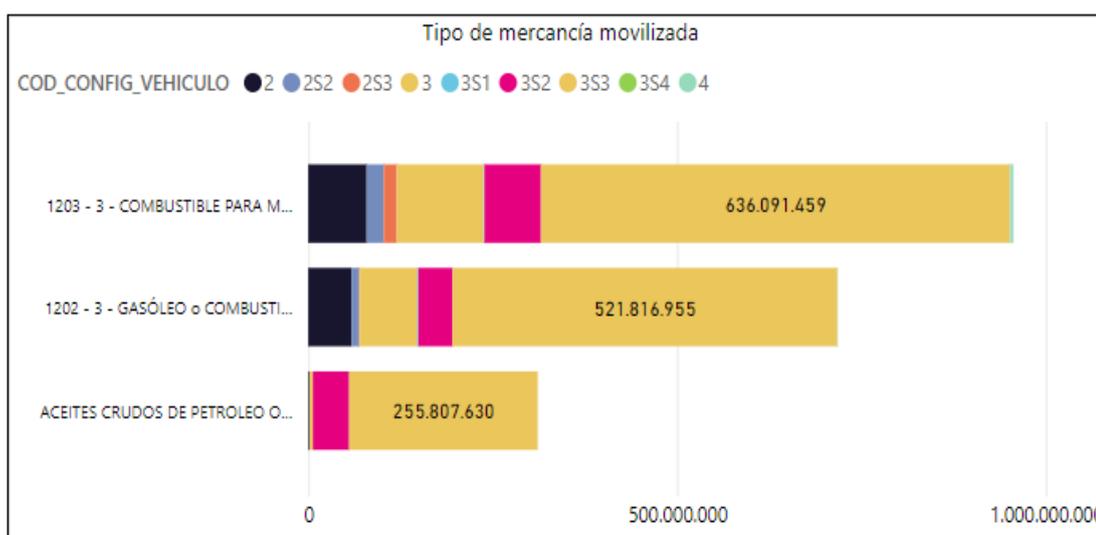
Los productos de mayor relevancia en el transporte de carga sólida por carreteras en Colombia durante el año 2023 de acuerdo con los datos del Registro Nacional de Despachos de Carga (RNCD), fueron los siguientes productos: maíz 6.126.357 toneladas; Café 1.251.789 toneladas; Carbón 1.018.108 y hullas: briquetas, ovoides y combustibles sólidos similares, obtenidos de la hulla-carbón 3.151.365 toneladas. En la gráfica 1 se puede observar los productos mencionados[45].



Gráfica 1 Carga granel sólido por carretera año 2023

3.1.3.2. Carga granel líquido por carretera

En cuanto a los graneles líquidos que se transportaron en grandes cantidades por carreteras del país se encuentra el petróleo bruto con 255.807.630 galones transportadas; combustible para motores o gasolina 636.091.459 galones transportadas; y gasóleo o combustible para motores diésel o aceite mineral para calderas, con 521.816.955 galones. Aun que se transportaron más productos estos fueron los de mayor relevancia en el transporte de carga, en la gráfica 2 se puede observar los productos mencionados anteriormente[45].



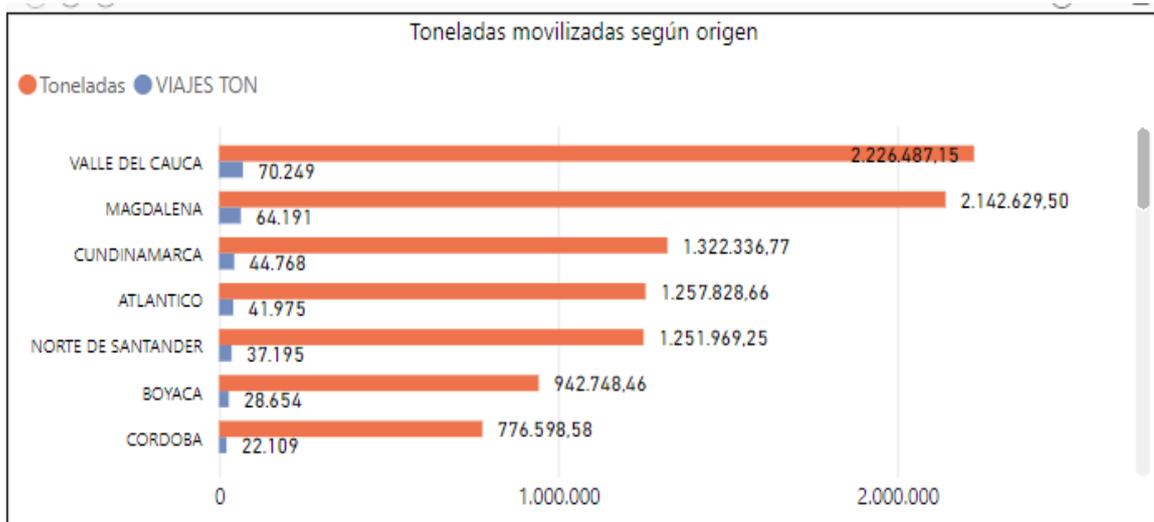
Gráfica 2 Carga granel líquido por carretera año 2023



Modos de Transporte en Colombia

3.1.3.3. Origen y Destino mercancía por carretera

De acuerdo con la información del Ministerio, el departamento con mayor relevancia para la movilización de carga sólida fue el del Valle del Cauca como se puede observar en la gráfica xxx. En este se concentró la mayoría de los viajes origen y destino. Lo cual se debe en gran medida a la ubicación del puerto de Buenaventura en la costa del océano Pacífico, los siguientes departamentos fueron Magdalena y Cundinamarca.



Gráfica 3 Toneladas movilizadas de carga según origen

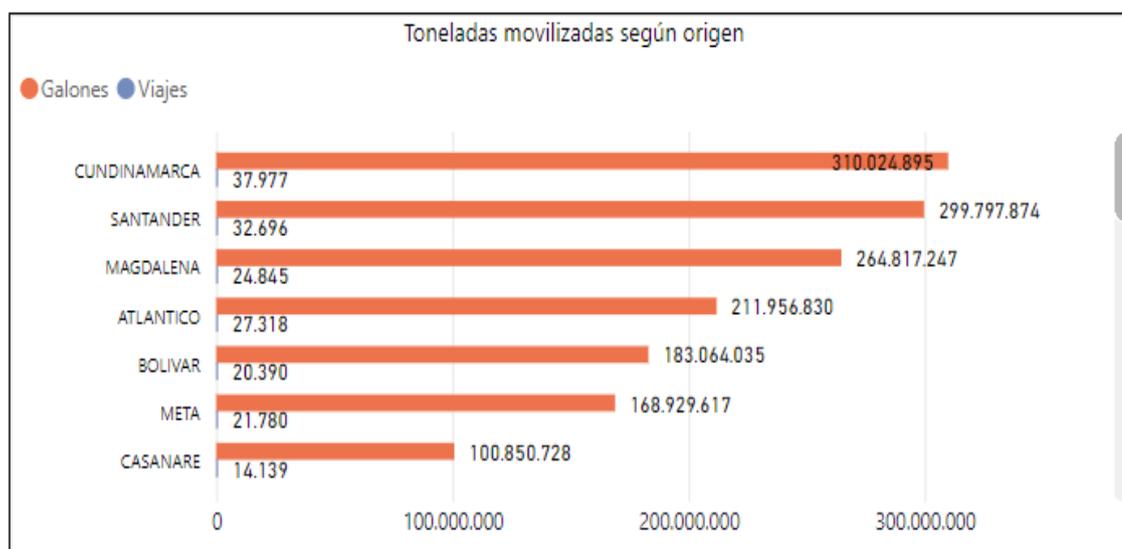
En cuanto a la carga de mayor destino se posiciona el departamento del Valle del Cauca, seguido de Antioquia por su industria, Atlántico por su puerto de marítimo y Cundinamarca por la capital del país.



Gráfica 4 Toneladas movilizadas de carga según destino

Análisis del Transporte de carga en Colombia

En cuanto a la carga a granel líquida, los departamentos de origen de mayor relevancia fueron Cundinamarca, Santander y Magdalena ubicados en la zona centro y norte del país (ver gráfica 5).



Gráfica 5 Galones movilizadas de carga según origen

En cuanto a los destinos más para la movilización de carga líquida se encuentran los departamentos de Cesar, Casanare, Cundinamarca y Meta (ver gráfica 6)



Gráfica 6 Galones movilizadas de carga según destino



3.2. TRANSPORTE POR FERROCARRIL

El sistema férreo colombiano es uno de los modos de transporte que ha experimentado cambios durante los últimos años. Luego de pasar por un proceso de privatización de las dos líneas principales del país, se empezó con un proceso de recuperación de las vías y equipos, que aún se encuentran en ejecución.

La privatización de estas dos líneas, fueron otorgadas a las líneas del ferrocarril del Atlántico y ferrocarril de Occidente. La red del Atlántico fue entregada en concesión a la compañía Feneco, se adjudicó la línea que sale del departamento de Boyacá al interior del país, conectando con la capital del país Bogotá, bajando al valle del Río Magdalena, y finalizando en el puerto de Santa Marta.

Luego de ser operada por varios años por la compañía, Feneco decidió vender parte de su participación ante el riesgo financiero que llevaba mantener esta red, el estado decide hacer una reestructuración y colocar en reventa esta parte de las acciones que es adquirida por la compañía americana Drummod, dedicada a la explotación de carbón.

Por otra parte, línea del ferrocarril de Occidente o conocida como red del Pacífico fue otorgada a Ferrocarril de Pacífico S.A, esta concesión se adjudica desde el municipio de Felisa en el departamento de Quindío cerca a la cordillera central, hace un recorrido por el valle del Río Cauca por el sur, pasa por la ciudad de Cali capital del departamento del Valle y luego cruza la cordillera Occidental, para finalmente terminar en el puerto de Buenaventura, esta concesión ha presentado problemas económicos, por lo que ha sido difícil ejecutar las acciones de reacondicionamiento, y que hoy en la actualidad tiene esta línea parada. La actualidad del transporte por ferrocarril en Colombia continúa siendo un medio de transporte importante a pesar de su poco crecimiento en los últimos años, de las cuatro líneas que son de concesión del sector Público-Privado solo tres están en actividad estas son la red del Atlántico, red Central que se divide en dos tramos (Dorada – Chiriguaná), (Bogotá – Belencito).

Análisis del Transporte de carga en Colombia

Y La red del Pacífico que se encuentra sin actividad, en la figura 15 se puede observar la extensión de las redes férreas mencionadas anteriormente. La longitud de las vías férreas en Colombia es de aproximadamente 3.500 kilómetros, pero solo 1.700 kilómetros se encuentran transitables.

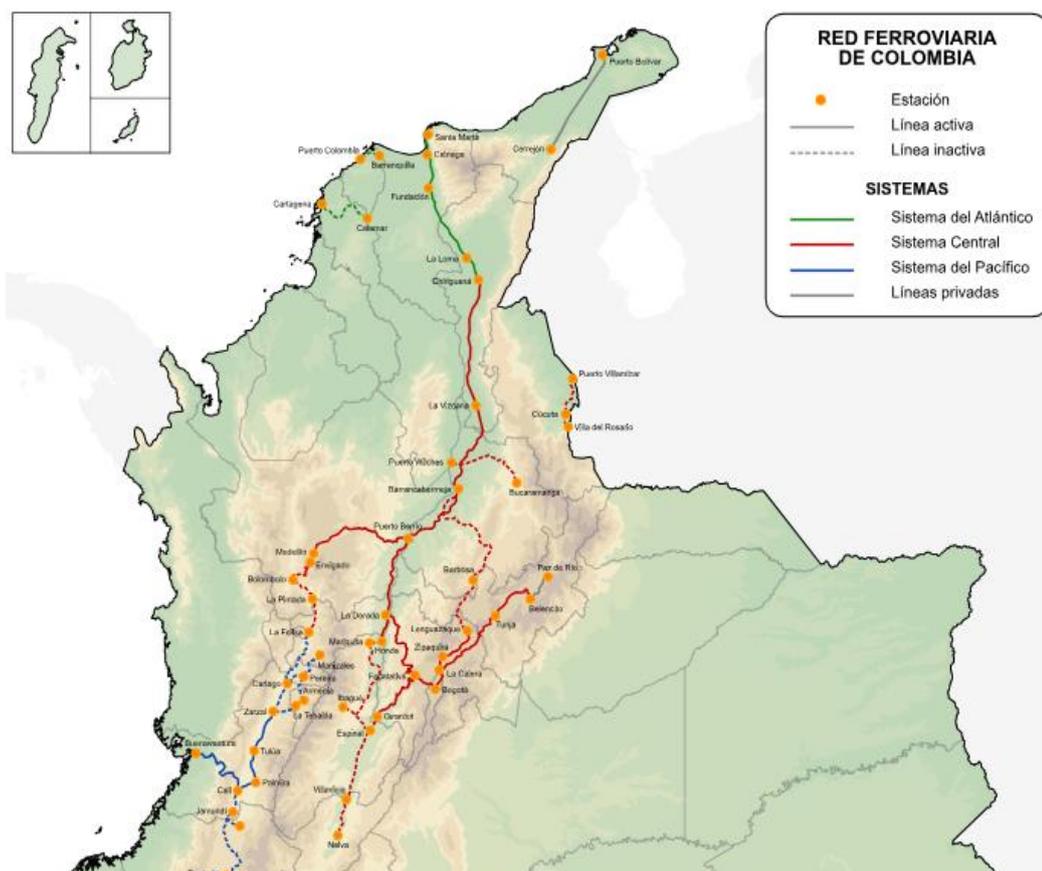


Figura 15 Red férrea de Colombia
Fuente: Ministerio de Colombia

Es importante mencionar que en la actualidad hay una línea férrea totalmente privada, y es la línea del Cerrejón, especialmente construida con el fin de transportar carbón desde el Cerrejón en el departamento de la Guajira, hasta Puerto Bolívar, exactamente en el extremo norte del país.

En cuanto al futuro de la red ferroviaria en Colombia, se encuentra en proceso de desarrollo las concesiones de la red central y la línea del Carare. Con la red central se buscan rehabilitar la estructura del sistema con un tramo de 1045 kilómetros, conectar



Modos de Transporte en Colombia

el municipio de Villa vieja, en el departamento de Caldas, con el municipio de Chiriguaná, en el departamento del Cesar.

En cuanto a la concesión del Carare se busca transportar el carbón producto de mayor producción en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander, hasta el Río Magdalena, con destino a los puertos de la costa Caribe. Además, se espera no solo sea de uso para explotación de carbón, sino también lo demanden diferentes sectores como el agrícola y manufactura.

Un tren es una estructura compuesta por 2 rieles paralelos que permiten la circulación de diferentes tipos de vehículos ferroviarios, los cuales son impulsados principalmente por motores eléctricos o diésel-eléctricos. La separación entre los rieles paralelos, conocida como ancho de trocha, ha sido objeto de intenso debate en cuanto al ferrocarril colombiano, sin llegar a una conclusión definitiva. Prácticamente todos los trenes en la red ferroviaria nacional tienen una trocha angosta de 914,4 mm, excepto el ferrocarril de El Cerrejón, que tiene una trocha estándar de 1.435 mm. Colombia optó por el ancho de trocha angosta para reducir costos de construcción [46]. ya que un menor ancho permitía curvas horizontales más pequeñas, ajuste a la topografía montañosa de los Andes, menos movimiento de tierra y menor franja de terreno necesaria como derecho de vía [47].

3.2.1. Principales vías Férreas

3.2.1.1. Red férrea del Atlántico

Para comprender este corredor es importante mencionar su historia, esta red fue una de las principales y pionera en la construcción del ferrocarril en Colombia, tuvo una concesión en el año 1950 para la construcción de 672 kilómetros de longitud que inician desde la Dorada y finaliza en Fundación. De esta forma se buscaba hacer conexión entre Buenaventura y Santa Marta, conectando con las otras redes de ferrocarril que darían acceso a los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Caldas, Quindío,

Risaralda, Valle y Cauca [48]. Hasta el año 1961 continuaron las obras de extensión de esta red que logró la movilización de mercancía desde Santa Marta hasta Bogotá.

Esta red ferroviaria sigue siendo importante para el país, pues su conexión con la Costa Caribe y el interior del país son fundamentales para la movilización de mercancía, en la actualidad se encuentran en óptimas condiciones 254 kilómetros y el producto más transportado es el carbón, su trayecto va desde Chiriguaná hasta Santa Marta, en la figura 16 se puede observar su recorrido. En promedio se transportan 50 millones de toneladas principalmente de carbón con destino a los puertos de la Ciénaga en el departamento de Magdalena.



Figura 16 Red férrea del Atlántico

La empresa encargada de la administración de esta concesión es Feneco la cual se encarga de todo el proceso de transporte de la carga, controla el tráfico, y parte del mantenimiento. En la actualidad, el gobierno apunta a la reactivación de la red férrea tanto para operaciones de mercancías, como de movilización para personas [49].



3.2.1.2. Red férrea Central

Este corredor se divide en dos líneas, en su momento el tramo Chiriguana hasta la Dorada fueron parte de la red férrea del Atlántico, pero en la actualidad esta línea está operativa para el corredor de la red férrea central y se ubica exactamente sobre el corredor de Magdalena y tiene una longitud de 554 kilómetros. La segunda línea es Bogotá a Belencito ubicada en el corredor oriental del país, con una longitud de 318 kilómetros, estos son los dos tramos que comprende la red central férrea [50].

- **Chiriguana – La Dorada**

La red férrea del Chiriguana y La Dorada actualmente es una concesión que se tiene otorgada al consorcio San Felipe, esta empresa es la encargada de administrar este corredor, su tramo cruza los departamentos de Caldas, Antioquia, Santander, Norte de Santander y Cesar [51], [52]. En la figura 17 se puede observar este tramo. Este es un corredor importante, pues conecta con la red férrea del Atlántico y permite el transporte de mercancía con destino a los puertos de la Ciénaga, y también el ingreso de mercancía importada con destino al centro del país.



Figura 17 Trayecto red férrea Chiriguana - La Dorada

En cuanto a la información actual de esta red, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) [53]. Ha publicado un informe de los indicadores del año 2020, donde nos indica que, por este corredor, transportaron más de 41 mil toneladas, alcanzado un 75% de las toneladas establecidas a transportar durante ese periodo. Un logro importante al reactivar este corredor fue transportar 3.641 contenedores durante el periodo 2020, presentado un incremento del 562% con respecto al 2019 donde solo se transportaron 567 contenedores. Se pasó de tener 7 generadores de carga en 2019, a 25 operadores en 2020, quienes apostaron por realizar un cambio en su logística de transporte.

- **Bogotá - Belencito**

El corredor Bogotá – Belencito, es un tramo que atraviesa a los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, tiene aproximadamente 297 kilómetros de longitud, su ruta es desde la ciudad de Facatativá, hasta Belencito en el departamento de Boyacá, atravesando Bogotá, desde Facatativá se puede conectar con la de la Dorada – Chiriguaná. Por otra parte, el tramo que termina en la Calera tiene un desvío de una red adicional de 20 kilómetros que comprende el tramo entre La Caro hasta Zipaquirá. En la figura 18 se puede observar su recorrido. El corredor Bogotá – Belencito es importante para el transporte de materiales de construcción y carbón.



Figura 18 Trayecto red férrea Bogotá - Belencito



Modos de Transporte en Colombia

Un dato importante entregado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) fue lograr la movilización más de 50 mil toneladas de carga en este corredor, donde la principal mercancía a transportar fue el cemento, con un 93% de participación, seguido de productos de acero. En términos de rendimiento este corredor cumplió casi con el 100% de la meta establecida para el año 2020. Desde que se reactivó este corredor entre 2019 y 2020 se ha transportado 109 mil toneladas. Este es un corredor que tiene una distancia de 308 kilometro y conecta a los departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

El servicio de transporte se ha prestado con una frecuencia de tres servicios por semana y un tiempo estimado de operación de 14 horas, desde que sale de su punto de producción hasta el centro de distribución. Con este corredor se ha logrado aumentar el volumen de carga transportando mercancías en un solo viaje.

3.2.1.3. Ferrocarril del Pacífico

El ferrocarril de la línea del pacífico empieza sus obras en 1878, en Buenaventura y solo en 1915 llega por primera vez a la ciudad de Cali el sistema férreo. El Ferrocarril del Pacífico significaba el mayor logro para la conexión eficiente entre la capital del departamento del Valle y el puerto de Buenaventura. Llegado el ferrocarril a Cali, la extensión de la línea férrea hacia Popayán, Cartago, y Armenia, era un gran reto para el país, y de gran importancia para mejorar la conexión entre estos departamentos para el flujo de mercancía [54].

La red férrea del pacífico comprende un tramo inicial de 380 kilómetros y se ubica entre Buenaventura y Zaragoza esta concesión estaba a cargo del Ferrocarril del Pacífico S.A.S. hasta el 2030. El otro tramo, cuenta con una longitud de 118 kilómetros y se ubica entre Zaragoza y La Felisa esta concesión está a cargo de la Sociedad Tren de Occidente, sin embargo, se encuentra suspendida, se observa en la figura 19 su recorrido.



Figura 19 Red férrea del Pacífico

Actualmente este tramo se encuentra suspendido por el incumplimiento de las obras por parte de la empresa encargada de la concesión, esto en gran medida ha provocado la pérdida de competitividad en la región del pacífico [55], [56]. Por su parte, el gobierno ha establecido un proyecto para reactivar este corredor, pues mejoraría en gran medida el transporte logístico en la industria y la agricultura, siendo un corredor clave para la entrada y salida de mercancía del país, ya que conecta con uno de los puertos más importante, como lo es el Puerto de Buenaventura.

3.2.1.4. Red férrea Cerrejón

La línea del corredor del Cerrejón es un tramo privado utilizado especialmente para el transporte de carbón, desde el Cerrejón hasta Puerto Bolívar cuenta con una longitud de 150 kilometro en trocha estándar y opera con una velocidad aproximada de 62 Kilometro/h, presta el servicio a las empresas ubicadas en la región de la Guajira y que tengan acuerdos con el Consorcio del Cerrejón, se estima que en este tramo se transporta alrededor de 31 millones de toneladas por año, en la figura 20 se puede



Modos de Transporte en Colombia

observar el recorrido de este corredor demarcado de color gris y de gran cercanía con el corredor del Atlántico.



Figura 20 Red férrea Cerrejón

3.2.2. Tipos de Trenes

3.2.2.1. Tren de Carga

Colombia solo cuenta con trenes de carga, los cuales son importante para el transporte de mercancía en los diferentes corredores que se encuentran operativos en el país. Este es un tren que está diseñado específicamente para el transporte de mercancía con grandes volúmenes. Un tren de carga puede tener vagones cubiertos, abiertos, planos, cisternas. Cada uno de estos tiene una medida en específico y dependerá del tipo de carga su uso.

La gran mayoría de la carga que transporta estos trenes es para productos como carbón, petróleo, cemento, y productos agrícolas. La empresa como Ferrocarriles del Norte de Colombia (Fenoco) y la Sociedad Portuaria de Santa Marta son los operadores que mayor uso le dan a estos trenes. En la tabla 3-1 se detallan el tipo de vagones de carga en ferrocarril.

Tipo de Vagón	Características	Tipo de Carga
Vagón cubierto	Capacidad de carga: 68 ton PESO TARA: 22,28 toneladas Volumen: 120 m3	General
Vagón tolva	Capacidad de carga: 67 ton PESO TARA: 18,5 toneladas Volumen: 55 m3	Cemento/Carbón
Vagón tolva	Capacidad de carga: 65 ton PESO TARA: 22 toneladas Volumen: 93 m3	Cereal
Vagón abierto	Capacidad de carga: 56 ton PESO TARA: 34 toneladas	Contenedores
Vagón cisterna	Capacidad de carga: 125 ton PESO TARA: 51 toneladas Volumen: 159 m3	Petróleo
Vagón cisterna	Capacidad de carga: 62 ton PESO TARA: 23,5 toneladas Volumen: 88,6 m3	Gasolina/ Gasóleo

Tabla 3-1 Tipo de vagones tren de carga.

3.2.2.2. Vagón Cubierto

Un vagón de carga cubierta, también conocido como vagón cerrado o furgón, es un tipo de vagón ferroviario diseñado para transportar mercancías que necesitan protección contra el clima y otros elementos externos. Estos vagones están completamente cerrados y suelen tener puertas en los laterales o en los extremos para facilitar la carga y descarga de los productos.

3.2.2.3. Vagón Tolva

Este tipo vagón se usa normalmente para transportar materiales a granel que pueden ser descargados por gravedad, como minerales, granos, carbón, grava, arena y cereales. La forma característica de la tolva facilita la carga y descarga eficiente de estos materiales.



3.2.2.4. Vagón Abierto/Plataforma

Este tipo de vagones, denominados también como plataforma o góndola, sirven para transportar estructuras industriales o productos de grandes dimensiones, por lo general en Colombia este tipo de vagones son utilizados para transportar contenedores de carga estándar. Esto permite realizar una logística intermodal, movilizandolos contenedores entre trenes, camiones y barcos sin necesidad de descargar y recargar el contenido. Tienen un impacto positivo en la logística ya que reduce costos y aumenta la eficiencia en los procesos.

3.2.2.5. Vagón Cisterna

Los vagones cisterna, son utilizados exclusivamente para el transporte de líquidos y gases a granel. Sus especificaciones técnicas pueden variar según el tipo de producto. En Colombia son utilizados por la industria del petróleo. El transporte de este producto es delicado y requiere de contar con las respectivas normas de manipulación.

3.2.3. Mercancía transportada por Ferrocarril

El tipo de mercancía que se transporta en Colombia normalmente suele ser de la explotación minera, los productos más demandados son el carbón y el petróleo, sin embargo, hay otros tipos de productos que también se transportan por este tipo de vagón, esta mercancía se divide en dos tipos granel sólido y granel líquido.

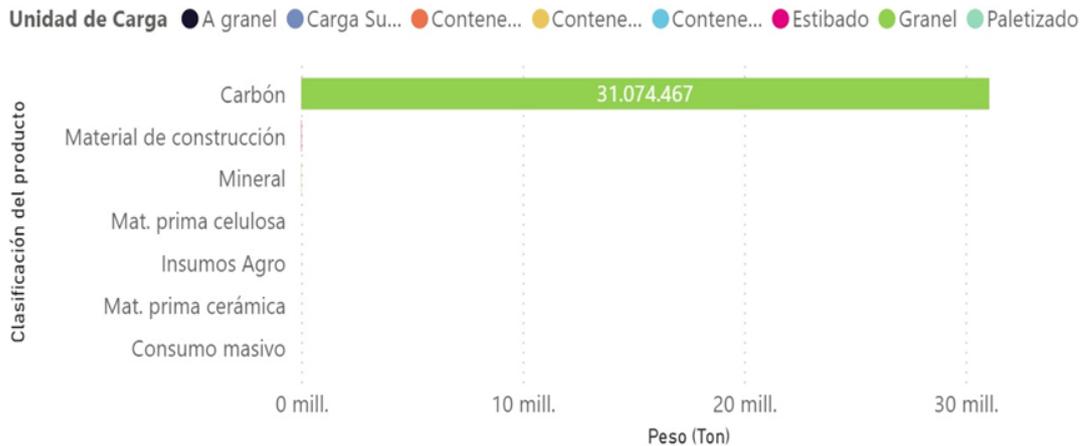
3.2.3.1. Carga granel sólido y general Ferrocarril

Existe una variedad de productos que se encuentran en la categoría de granel sólido. Algunos ejemplos comunes son el carbón, minerales, metales, cereales, productos químicos, productos alimentarios, cemento, arena, piedra y contenedores los cuales hacen parte de la carga general. Por lo general, la carga de granel sólido del carbón y cemento son de la más demanda.

Análisis del Transporte de carga en Colombia

De acuerdo con los RNCD se detalló que para el 2023 en los tres corredores activos se movilizaron 31.134.468 toneladas, en la gráfica 3-2 se puede observar los productos transportados.

Peso (Ton) por Clasificación del producto y Unidad de Carga

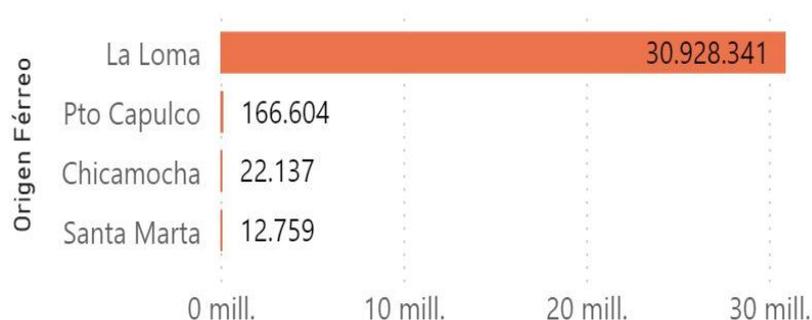


Gráfica 7 Carga granel sólido y general transporte por ferrocarril 2023

3.2.3.2. Origen y Destino mercancía por Ferrocarril

Por medio de las estadísticas compartidas en la base de datos del Ministerio de Transporte se pudo obtener clasificación del destino y origen de la mercancía transportada por los corredores. Bogotá – Belencito, Dorada – Chiriguaná y red férrea del Atlántico. Esta información hace referencia al año 2023, ver gráfica 3 y 4. Se puede detallar que la mayoría de la mercancía tiene como destino el puerto de la Ciénaga en el departamento de Magdalena.

Peso (Ton) por Origen Férreo



Gráfica 8 Origen de carga transporte férreo 2023



Modos de Transporte en Colombia

Peso (Ton) por Destino Férreo



3.3. TRANSPORTE FLUVIAL

El transporte fluvial se refiere al movimiento de mercancías a través de ríos, cuencas, lagos y desembocaduras, ya sea dentro de un país o entre diferentes países. Este método de transporte destaca por su competitividad y bajo impacto ambiental. Los costos por tonelada-kilómetro son significativamente menores en comparación con otros medios de transporte, y la emisión de carbono es reducida, lo que lo convierte en una opción más amigable con el medio ambiente. En términos generales, ofrece ventajas comparativas como el bajo consumo de energía, la capacidad para transportar cargas sobredimensionadas y los costos reducidos por tonelada movilizadas.

El sistema fluvial presenta importantes ventajas competitivas en países con una amplia variedad de corrientes hidro(gráfica)s navegables y regulares, que recorren vastas áreas habitadas y productivas, desembocando principalmente en las costas oceánicas. Para este tipo de navegación, generalmente se utilizan contenedores, buques portacontenedores, barcazas y planchones [57].

Actualmente, Colombia cuenta con cinco vertientes fluviales que suman un total de 18.225 kilometro navegables. Estas vertientes incluyen la Cuenca del Magdalena, la Cuenca del Atrato, la Cuenca del Orinoco y la Cuenca del Amazonas. Las más utilizadas para el transporte de carga son la vertiente del Caribe (Cuenca del Magdalena), con una extensión de 2.770 kilometro navegables que desembocan en el

Caribe, siendo crucial para el comercio exterior; y la Cuenca del Orinoco, esencial para la región de los Llanos Orientales, con 6.736 kilometro navegables.

La principal problemática de este medio de transporte es la escasa infraestructura disponible en el país para mantener la profundidad adecuada que permita la movilización de barcasas de gran calado. Esta situación se debe a la limitada inversión del gobierno en este tipo de proyectos, a pesar de que, entre todos los medios de transporte de mercancías, este puede ser el más económico. En promedio, los costos logísticos representan aproximadamente el 4% de toda la cadena logística, en comparación con el 12% asociado al transporte terrestre [50].

3.3.1. Principales ríos fluviales

3.3.1.1. Río Magdalena

El río Magdalena, con una longitud total de 1.550 kilometro, cuenta con 1.024 kilometro navegables, desde Puerto Salgar hasta las bocas y cenizas en Barranquilla. Esta cuenca atraviesa una parte significativa del territorio colombiano, limitando al norte con el Mar Caribe, lo que representa una ventaja competitiva al permitir la conexión por vía fluvial de los principales centros de producción del país con los puertos de Barranquilla y Cartagena. Esto conlleva a una reducción de costos, tiempos y emisiones contaminantes. La cuenca del río Magdalena abarca 19 departamentos y 728 municipios, con una extensión total de 256.000 kilómetros cuadrados, equivalente al 24% del territorio nacional. Esta región alberga a 33.6 millones de personas, lo que representa el 80% de la población total del país. Entre las capitales ubicadas en esta región se encuentran Bogotá, Tunja, Cali, Popayán, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Manizales, Pereira, Armenia, Ibagué y Neiva. En la figura 21 se puede observar el recorrido que realiza la red fluvial del río Magdalena.



Modos de Transporte en Colombia



Figura 21 Recorrido Río Magdalena

El río Magdalena se caracteriza por estar dividido en tres sectores geográficos: alto, medio y bajo. El Alto Magdalena se extiende desde su nacimiento en el Páramo de las Papas en el Macizo Colombiano hasta los rápidos de Honda, cubriendo una distancia de 565 kilometro. En este sector se encuentran ciudades importantes como Neiva, Girardot y Honda.

La cuenca media del Magdalena se extiende desde Honda, donde se restablece la navegabilidad, hasta el Banco. A lo largo de este tramo, se encuentran poblaciones como Puerto Salgar, La Dorada, Puerto Wilches, Barrancabermeja, Puerto Berrío y Gamarra. Destaca la presencia del puerto de operaciones Impala Terminals, que busca conectar la industria del interior mediante un sistema intermodal con los puertos de Barranquilla y Cartagena.

Finalmente, el Bajo Magdalena comprende el tramo desde el Banco hasta su desembocadura en Bocas de Ceniza. En esta zona se encuentran municipios como El Banco, Barranco de Loba, Pinillos, Magangué y Mompo. Este tramo se considera de mayor navegabilidad.

Entre los puertos establecidos a lo largo del río Magdalena, se incluyen La Dorada, Puerto Salgar, Puerto Berrío, Barrancabermeja, Puerto Wilches, Gamarra, El Banco y Magangué, los cuales muestran signos de deterioro. Sin embargo, gracias al impulso generado por la creación de Sociedades Portuarias y las inversiones realizadas por Cormagdalena en la recuperación y mejora de las instalaciones portuarias existentes, puertos como Puerto Berrío y Barrancabermeja han experimentado un aumento gradual en la carga en los últimos años.

Cada uno de estos puertos presenta sistemas de transporte específicos, siendo predominante el sistema vial en la mayoría de los casos. Únicamente el puerto de Barranquilla cuenta con acceso marítimo y aéreo. En otros lugares como Puerto Berrío, Gamarra y Puerto Salgar, se combina el transporte fluvial con el ferroviario, lo que establece servicios específicos y diferenciados en función de la infraestructura desarrollada en cada uno [55].

3.3.1.2. Río Atrato

Este río constituye una de las principales arterias de comunicación en el departamento de Chocó. Es uno de los ríos más caudalosos del mundo y ofrece una gran navegabilidad. Con una longitud de 750 kilómetros, aproximadamente 500 kilómetros de su curso son navegables. Se origina en el cerro Plateado, ubicado en la cordillera Occidental, y fluye en dirección sur-norte entre esta cordillera y la serranía del Baudó, atravesando un valle extremadamente húmedo que ha favorecido enormemente su uso como vía de comunicación. Finalmente, desemboca en el golfo de Urabá, en los límites entre los departamentos de Chocó y Antioquia. En la figura 22 se puede detallar su extensión.



Modos de Transporte en Colombia

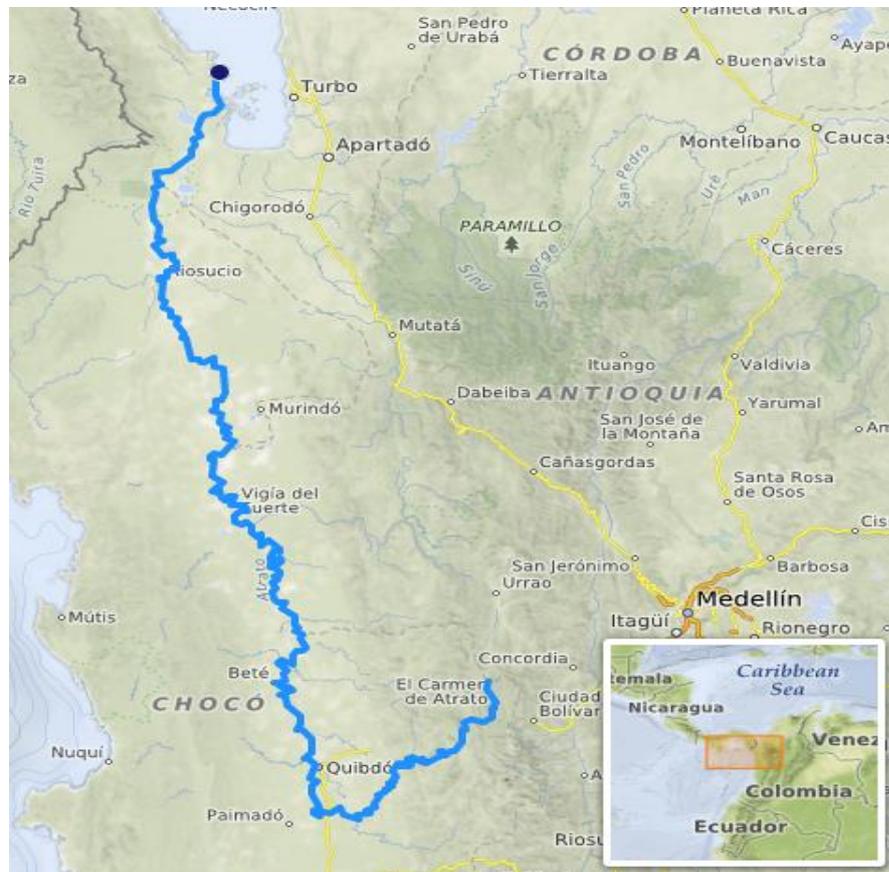


Figura 22 Recorrido Río Atrato

El principal puerto en la cuenca del río Atrato es Quibdó. Esta cuenca es abundante en oro, madera y es reconocida por su fertilidad. Debido a su caudal, el río contribuye significativamente a la economía del país, facilita la pesca y alberga una diversidad excepcional de flora y fauna.

El río Atrato atraviesa el Parque Nacional de Los Katíos y forma parte del Chocó biogeográfico, una región considerada como una de las más biodiversas y lluviosas del planeta, lo que explica su elevado caudal. Es importante destacar que gracias a la navegabilidad del río Atrato, las poblaciones cercanas obtienen buenos ingresos, principalmente a través de la pesca y del comercio a través de los puertos fluviales [58].

3.3.1.3. Río Orinoco

El área total del estudio abarca la cuenca hidrográfica del río Orinoco en Colombia, que tiene una extensión de 347.713 kilómetros cuadrado. Se encuentra en la región oriental de Colombia, representando el 30,4% del territorio nacional e incluyendo los departamentos de Arauca, Casanare, Vichada, Meta, y parcialmente los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander, Norte de Santander, Guaviare, Guainía, Vaupés, Huila, Caquetá, y Bogotá, Distrito Capital, con un total de 153 municipios.

En la figura 23 se puede observar su recorrido, este rio tiene sus límites con el río Arauca hasta la divisoria de aguas del Inírida, Atabapo y Guaviare, de norte a sur, y desde la divisoria de aguas de la vertiente oriental de la cordillera Oriental hasta el río Orinoco, de occidente a oriente.

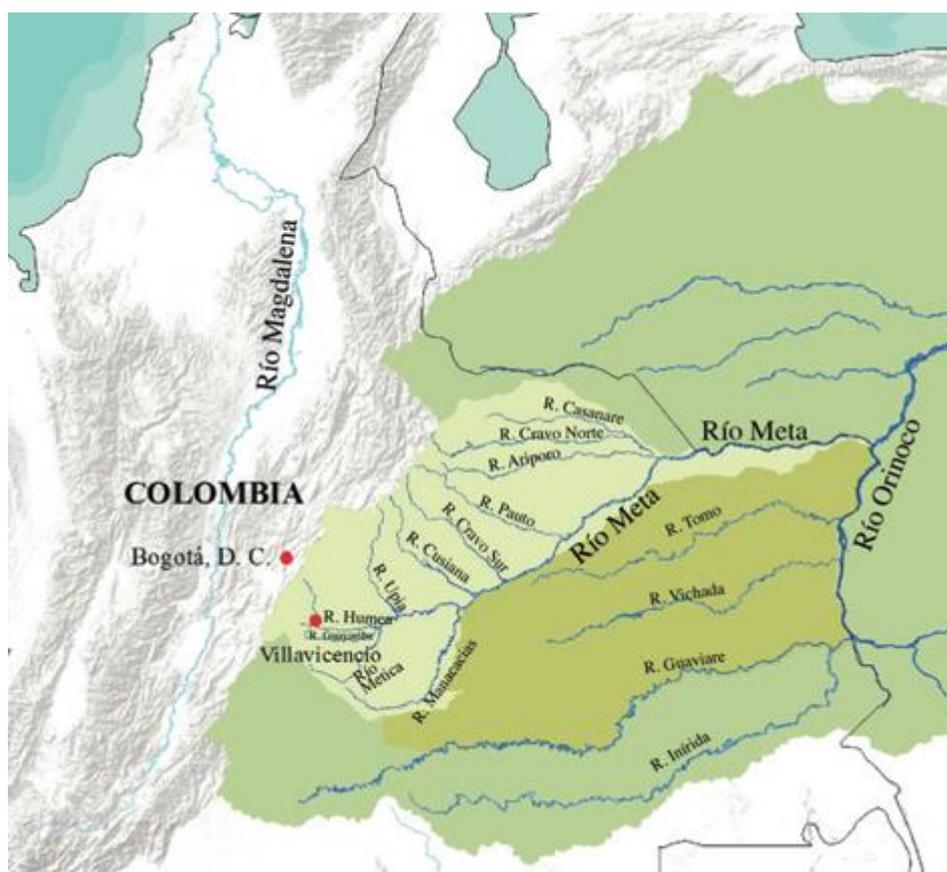


Figura 23 Recorrido Río Orinoco



3.3.1.4. Río Cauca

El río Cauca, con un caudal medio de 1500 metros cúbicos por segundo, es el principal afluente del río Magdalena y el segundo río más significativo de Colombia. Con una longitud de 1204 kilometro, que va desde el macizo colombiano hasta el Brazo de la Loba en la Depresión Momposina, atraviesa siete departamentos. Dos de ellos, Antioquia y Caldas, comparten cuenca con el Magdalena. En su trayecto, recibe afluentes como los ríos Nechí, La Vieja, Risaralda, Medellín y San Juan, que drenan una cuenca hidrográfica de 63.300 kilómetros cuadrados entre las cordilleras Central y Occidental.

Mientras que la región andina comprende el 24% del territorio nacional y es habitada por el 65% de los colombianos, la cuenca del Cauca abarca el 11% del área continental y alberga al 25% de la población en 183 municipios de Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Caldas, Antioquia, Sucre y Bolívar. En la figura 24 se puede observar su trayecto de este río fluvial. Las ciudades capitales dentro del área de influencia geo(gráfica) del río Cauca son: Cali, Manizales, Medellín, Pereira y Popayán.



Figura 24 Recorrido Río Cauca

3.3.1.5. Río Amazonas

El Amazonas colombiano abarca aproximadamente el 40% del territorio colombiano en área. Sin embargo, su población actual es relativamente baja en comparación con su extensión, principalmente debido a dos factores: la limitada conectividad con el centro del país y las condiciones propias de la selva. A lo largo de la historia, los límites del Amazonas colombiano han sido objeto de diversas discusiones y variaciones, especialmente en la zona comprendida entre Puerto Nariño y Leticia, donde convergen tres fronteras. En esta área, el municipio brasileño de Tabatinga colinda con Leticia, formando una conurbación, mientras que Perú limita con el municipio de Santa Rosa de Yavarí [59].

El tramo del río Amazonas que abarca 116 kilometro está situado en una zona elevada, cerca de la frontera con Brasil, donde se encuentran el puerto y la ciudad de Leticia. En la figura 25 se puede observar su ubicación y trayecto. Este tramo es navegable por embarcaciones de hasta 25 toneladas y atraviesa los puertos de Atacuarí, Puerto Nariño, Zaragoza, Nazaret y Leticia [60].

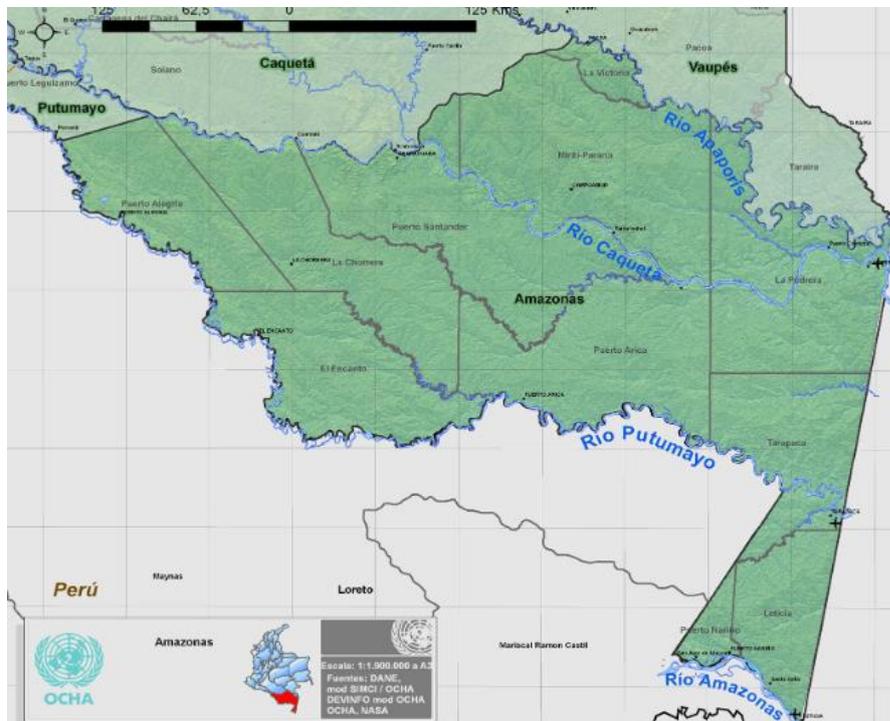


Figura 25 Recorrido Río Amazonas



Modos de Transporte en Colombia

En el sur del país, las comunidades residentes en las regiones del Putumayo y Amazonas cuentan con dos centros de importancia comercial que están comunicados entre sí. Puerto Asís, ubicado a lo largo del río Putumayo, se conecta con la red vial colombiana y se destaca como uno de los centros comerciales principales. El puerto fluvial de mayor relevancia en este río es, el puerto de Leticia, situada a lo largo del río Amazonas [61].

3.3.2. Tipos de Barcos Transporte Fluvial

Tipo de embarcación	Descripción	Capacidad	Recorrido	Tipo de carga
Remolcadores	Es un barco diseñado para empujar otras embarcaciones, planchones o carga flotante de gran volumen, estos son importantes para la movilización entre ríos y puertos.	Capacidad de tonelaje menor o mayor	Recorridos largos	Facilitan la potencia de botes y planchones
Bote	Es una embarcación pequeña que se mueve con remos, fabricada principalmente con madera o fibra de vidrio, y se utiliza a menudo para actividades de transporte de carga liviana, alimentos y pasajeros.	Capacidad de tonelaje menor	Recorridos de mediano alcance	Carga granel Alimentos Pasajeros
Lancha	Esta embarcación es de una dimensión pequeña, su sistema consta de una hélice que es impulsada por un motor de compulsión interna, lo que permite una mayor velocidad durante los recorridos.	Capacidad de tonelaje menor	Recorridos largos	Carga granel Alimentos
Planchones	Los planchones de transporte de carga fluvial son complementados por los remolcadores, pues estos no cuentan con propulsión propia, se usan para transporte de contenedores.	Capacidad de tonelaje mayor	Recorridos largos	Carga granel Alimentos Hidrocarburos Materiales

Tabla 3-2 Tipo de embarcaciones transporte fluvial [62]

3.3.3. Mercancía Transportada Red Fluvial

El transporte de carga fluvial es importante para la movilización de mercancía de grandes volúmenes a diferentes regiones del país. A pesar de Colombia contar con diferentes afluentes, solo los ríos Cauca y Magdalena tiene actividad comercial. Siendo el río Magdalena el de mayor actividad en el transporte de mercancía por este modo. La mercancía se divide en dos categorías. El granel sólido y granel líquido.

3.3.3.1. Carga granel sólido transporte fluvial

La carga en contenedores es una de las de mayor demanda, pues este modo de transporte permite movilizar grandes cantidades. El transporte fluvial tiene una gran ventaja y es la capacidad de carga y el costo del transporte. Pues el transporte por carretera requiere de altos costos de operación. En la gráfica 6 se puede observar el comportamiento de los productos de carga sólida.



Gráfica 10 Carga granel solido transporte fluvial 2023

Por otra parte, el carbón es uno de los más movilizadas por este medio, pues este producto es el segundo más exportado del país. Su crecimiento ha sido de un 15% anual en los últimos 5 años, y usar este modo de transporte optimiza sus costos de operación en su logística de transporte, por ser un producto granel cumple con los requisitos para ser transportado por barco, tren y camión.



Modos de Transporte en Colombia

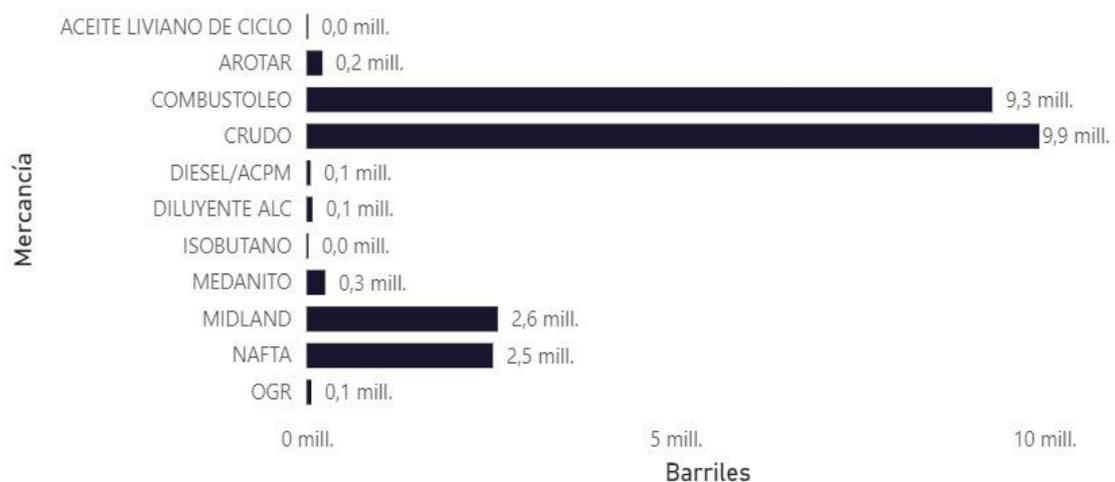
Otro sector importante son los alimentos, normalmente el tipo de productos transportado por esta red fluvial son agrícolas, el maíz, banano, azúcar de caña y café, son los más demandados. Es muy importante que para el transporte de estos productos se realice una operación logística con respuesta rápida y un flujo de entrega continuo.

3.3.3.2. Carga granel líquido transporte fluvial

El petróleo, aunque generalmente este producto se transporta por medio de tubería ya que es la forma más económica por el volumen que se mueve constantemente, pues el transporte fluvial es otro de los medios de transporte importante para productos derivados del petróleo (ver grafica 7).

Barriles por Mercancía y Tipo de Carga

Tipo de Carga ● Granel Líquido



Gráfica 11 Carga granel líquido transporte fluvial 2023

3.3.3.3. Origen y Destino mercancía transporte fluvial

Solo se tiene reporte de la mercancía transportada por el río Magdalena, ya que esta red fluvial está controlada por la corporación Cormagdalena. El Ministerio de Transporte reporto los diferentes destinos y origen del transporte de carga realizado durante el periodo 2023 ver gráfica 8. Se puede observar que Barranquilla es la ciudad de origen

Análisis del Transporte de carga en Colombia

de mayor relevancia. Esto se debe a las importaciones que llegan al puerto de Barranquilla.

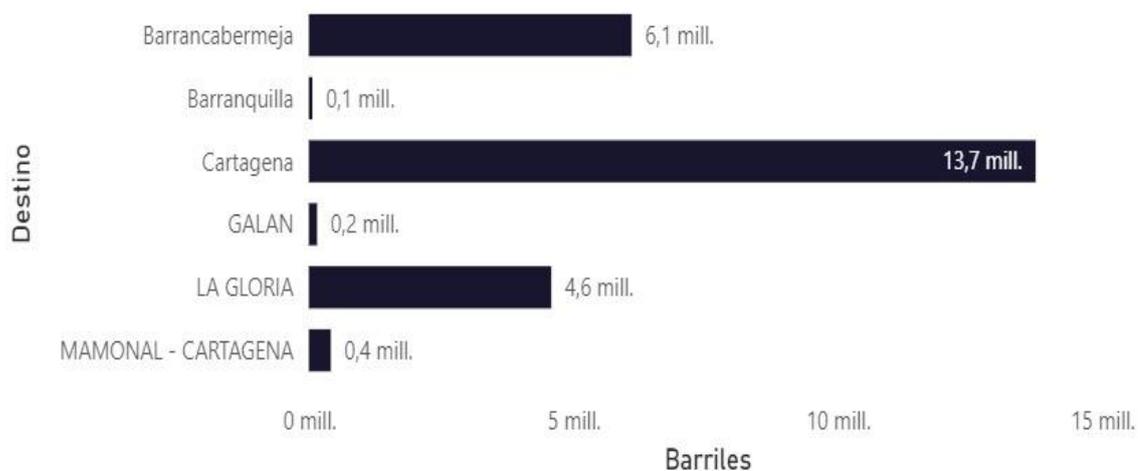
Barriles por Origen



Gráfica 12 Origen de mercancía transporte fluvial 2023

Por su parte, Cartagena y Barrancabermeja son las ciudades de mayor destino, como se puede observar en la gráfica 9. Cartagena por la mercancía que se exporta del país y que va destino a su puerto, en cuanto a Barrancabermeja su transporte de carga se debe a la mercancía que ingresa de la costa del caribe, al interior del país. Es importante resaltar que Barrancabermeja cuenta con el puerto fluvial más importante del país.

Barriles por Destino



Gráfica 13 Destino mercancía transporte fluvial 2023



3.4. TRANSPORTE INTERMODAL

El transporte intermodal se puede definir como el movimiento de mercancías, el cual puede usar dos o más modos de transporte, sin necesidad de manipular la carga durante los intercambios entre estos modos. Por otro lado, se encuentra la definición de transporte multimodal es muy similar a la del transporte intermodal, con la diferencia de que un solo operador lleva a cabo toda la operación. Este operador es conocido como operador de transporte multimodal, y la documentación se maneja con un único contrato de transporte multimodal. Cabe destacar que existen dos tipos de operadores de transporte multimodal; los que operan buques y los que no los operan [63].

En cuanto a su historia el transporte intermodal no se podía usar eficientemente en ningún lugar del mundo, hasta los años 80, había dificultades operativas, faltaban políticas que establecieran su modo de operación. Estados Unidos es el país que mayor relevancia le da al transporte en la economía, por este motivo decide crear el contenedor, presentando la primera solución a la problemática de este modelo de transporte, generando de esta manera una reducción significativa en los costos, y uso masivo del contenedor, de esta manera se inició una logística moderna y eficiente [63].

Concepto	Definición
Transporte Intermodal	Este término se define como una unidad de carga que se efectúa para el movimiento de mercancía, siendo el conector la unidad de medida, sin necesidad de manipular la mercancía.
Transporte Multimodal	Este término se establece para transportar la mercancía con un operador logístico, normalmente se establecen contrato entre cliente proveedor, en este caso no se requiere la unidad de medida ya que se puede mover en palets
Transporte Co-modal	Este concepto se centra en el uso eficiente de los recursos de uno o más modos de transporte, con un sistema de distribución de uno o varios destinatarios, tienen beneficios de flexibilidad.
Transporte Sincro modal	Este término de basa en la sincronización y coordinación entre los involucrados en la red de transporte y los servicios de operación logística, con el propósito de optimizar el tiempo de tránsito, seleccionando los modos y las rutas eficientes.

Tabla 3-3 Definición términos modos de transporte

Los términos definidos en la tabla 3-3 permiten dar un contexto más amplio de diferentes modos de transporte que se pueden practicar para la movilización de mercancía, estos se deben analizar en función del desempeño que pueda permitir para la operación logística [64]. Teniendo en cuenta variables como el costo del transporte y la calidad del servicio en términos de tiempo.

En cuanto al modo de transporte a estudiar en este proyecto (intermodal) las principales soluciones que brinda este modo es concentrar el desarrollo de la red de transporte, generando un servicio eficiente y sostenible.

3.4.1. Transporte intermodal en Colombia

El principal objetivo de este sistema intermodal es combinar de forma eficiente el uso de distintos modos de transporte, como el carretero, ferrocarril y fluvial. Para poder implementar este modo de transporte se requiere tecnología, normas de operación e infraestructuras en condiciones óptimas. Uno de los primeros pasos de Colombia en la logística de transporte fue dar inicio al uso de contenedores, el cual se presentó en el año 2004.

Esto fue una iniciativa de la empresa Sofasa, que generó un eco en el Gobierno y en busca de alternativas que permitieran reducir costos de transporte, decidió experimentar el internamiento de su carga por río el Magdalena, sin embargo. De los 180 millones de toneladas de carga que se mueven al año en Colombia, solo un millón 200 mil lo hacen por el Río Magdalena [65].

Este modo de transporte intermodal es importante para la logística de transporte del país. Colombia cuenta con las condiciones para implementar este sistema, lograr conectar estos modos tienen un gran impacto en el flujo de mercancía y en la economía. Sin embargo, se ha visto afectada por la infraestructura, pues las entidades encargadas le han dado un uso ineficiente, a pesar de crear políticas que han resultado un éxito en la infraestructura vial, sigue existiendo un gran abandono en los modos de ferrocarril y fluvial. Por este motivo, el transporte de carga en Colombia no termina de sacar provecho a este sistema moderno.



3.4.2. Proyectos de infraestructura transporte intermodal

Por medio del Plan maestro Transporte Intermodal (PMTI) se establecieron diferentes proyectos que buscan priorizar, para esto se dispuso de un presupuesto del Estado el cual tendrá una inversión anual de 2.4 millones de euros durante 10 años, para la organización de la infraestructura de los modos. Algunas de ellas serán las siguientes [66]:

3.4.2.1. Proyectos red de carreteras

- Concluir las obras de concesiones viales asociadas a las 3G y 4G, estudiadas, adjudicadas y en ejecución a lo largo del país para luego priorizar el correcto desarrollo de la primera etapa de las concesiones de 5G, principalmente las que ya se encuentran adjudicadas.
- Continuar con la pavimentación de la red nacional no concesionada, que actualmente se encuentra en afirmado, priorizando corredores de mayor impacto de acuerdo con lo establecido en el PMTI 2021-2051 y con los propósitos de consolidación territorial.
- Mantener la ejecución y financiación de programas de inversión que garanticen la gestión integral de la red vial regional secundaria y terciaria.

3.4.2.2. Proyectos red férrea

- Crear sinergias que permitan la integración de los otros modos de transporte con el ferroviario, de tal manera que se puedan optimizar procesos en las cadenas logísticas, teniendo en cuenta la participación privada.
- Planear y decidir, en conjunto con los generadores de carga, los corredores férreos como posibles modos de transporte para desarrollos futuros asociados a la agroindustria y/o minería, sectores potenciales que desde las diferentes regiones del país pueden fortalecer el modo férreo.

- Impulsar, en los entornos urbanos, los trenes de cercanías para movilizar grandes volúmenes de pasajeros, minimizando costos y tiempos de viajes, y reducir el uso del vehículo particular.

3.4.2.3. Proyectos red fluvial

- Implementar los proyectos con bases sólidas y acciones que permitan reactivar, consolidar, aumentar y priorizar las inversiones en la operación fluvial del país, la gestión del modo a nivel intermodal e intersectorial para posicionarlo competitivamente frente a las demás opciones de transporte disponibles en Colombia.
- Complementar las intervenciones en infraestructura con acciones que generen impactos positivos para posicionar competitivamente el modo fluvial frente a las demás opciones de transporte disponibles en el país, apoyados en atributos de eficiencia, seguridad y confiabilidad.
- Garantizar la operación del transporte fluvial, optimizando las condiciones de navegabilidad, infraestructura y las embarcaciones, reconociendo y actuando sobre la influencia de variables causadas por externalidades, como los cambios en el clima (régimenes de lluvia y sequías), afectación a las cuencas hidro(gráfica)s por deforestación y minería, impactos de la operación de la infraestructura hidroeléctrica, entre otros.

3.4.3. Normativa Nacional transporte intermodal Colombia

El Gobierno Nacional, mediante el decreto 736 de 2014. Se estableció que la infraestructura de transporte es una prioridad en la agenda estratégica del Estado y que debe concebirse como un sistema integral, considerando tanto la complementariedad de los diferentes modos de transporte como su importancia relativa frente a otros sectores de la economía.



Modos de Transporte en Colombia

En este contexto, el documento Conpes 3547 de 2008, titulado “Política Nacional Logística”, propone como uno de sus objetivos específicos la creación de corredores logísticos integrados y la promoción de una complementariedad modal. Esto, a su vez, busca estimular una mayor oferta de transporte, incrementar el flujo de bienes y servicios, y reducir los costos de distribución física de los productos.

El desarrollo de la intermodalidad y la multimodalidad es esencial para fortalecer redes eficientes de infraestructura de transporte, cuya gestión y articulación adecuadas facilitan la reducción de costos y tiempos, además de promover la sostenibilidad del sistema logístico nacional. Para mejorar la conectividad entre las diferentes regiones del país y con el exterior, la planificación de los proyectos debe asegurar la posibilidad de implementar tanto la intermodalidad como la multimodalidad en la infraestructura de transporte y los servicios asociados, conforme a lo dispuesto en el artículo 9° de la Ley 1682 de 2013 [67].

Con esta política del Estado, se creó el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) una apuesta permitirá a Colombia ser eficiente en la logística de transporte del país, a través de una red de infraestructura que logre conectar a las ciudades, las regiones, las fronteras y los puertos. Estableciendo proyectos que generen un impacto en la economía nacional [66].

3.5. EMISIONES DE CO2 TRANSPORTE DE CARGA

El gobierno de Colombia hizo un anuncio a finales del año 2020 donde establece su compromiso con el cuidado de medio ambiente. El gobierno se comprometió a alcanzar una reducción del 20% en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2030, de esta manera se estableció una de las metas más ambiciosas de América Latina. Con el fin de cumplir este meta se establecieron políticas para promover fuentes de energías más limpias.

Algunos estudios indican que el transporte se duplicará para el año 2050, con la expectativa de que cerca del 70% del transporte sea generado por fuentes de energía limpia. En el caso de Colombia, se espera que el 64% del transporte de carga sea generado por energía eléctrica, y resto siga operando con gas o biocombustible.

En cuanto a emisiones de CO₂ el transporte de por carreteras genero el 88% de las emisiones en el transporte de carga. El marítimo un 6%, aéreo 5% y ferrocarril un 0,5%, se presentó un aumento en los vehículos de carga de 6,3 millones en 2010 a 12 millones en 2015 [68]. Esto principalmente por la demanda de transporte privado. Es importante mencionar que Colombia es el cuarto país con el parque automotor más antiguo, lo que significa un reto en materia de inversión para adquisición de vehículos con energía eléctrica.



Capítulo 4. Selección Modos de Transporte

En este capítulo se busca realizar una selección de los posibles modos de transporte que se pueden realizar en el país según sus características y basados en una serie de criterios que servirán para la toma de decisiones. La selección del modo de transporte es importante por diferentes razones: por sus operaciones, su economía y el impacto ambiental que este pueda tener. Asegurar una logística de transporte sostenible, eficiente y segura requiere de evaluar los diferentes modos, en este caso, se revisarán las posibles conexiones que pueden tener el transporte por carretera, férreo y fluvial.

Con esta selección se busca determinar las posibles rutas de transporte intermodal que se pueden tener en las diferentes regiones del país, para esta selección se realizó una búsqueda de los flujos de transporte que tiene Colombia. Lo primero que se hizo fue establecer las principales vías de carretera, la red ferroviaria, y los ríos navegables, esta información se encuentra consignada en el capítulo anterior.

Luego se definieron una serie de productos, con los cuales se realizará un análisis para establecer posibles conexiones entre los diferentes modos de transporte que puedan ser utilizados para movilizar la mercancía. Una vez seleccionada la categoría de productos, se procede a definir las ciudades principales donde existe una mayor movilización del transporte de carga. De esta manera se podrá seleccionar el modo de transporte en función del tipo de producto.

Esta selección servirá de ayuda para que los autores involucrados en la logística de transporte de carga puedan establecer o desarrollar estrategias, que permitan la integración de diferentes modos de transporte en las actividades logísticas. De esta manera podrán conseguir que los costos de transporte sean menores, y en algunos casos los tiempos de tránsito se reduzcan.

4.1. SELECCIÓN DE PRODUCTOS

Se realiza una búsqueda de los productos de mayor exportación e importación del país, los cuales tienen un gran impacto en el transporte de carga y de mayor relevancia en la economía del país, a su vez se investigó el tipo de transporte que pueden ser utilizados para movilizar los productos. El petróleo y las flores son de los productos de mayor exportación en Colombia, pero tienen medios de movilización especial, en el caso del petróleo se transporta por oleoductos hasta los puertos, y las flores por modo aéreo al ser un producto delicado requiere de tiempos de movilización muy cortos.

Por lo tanto, crear alternativas de modos de transporte para estos productos es difícil. Los productos seleccionados se dividen en dos categorías, productos de carga sólida y productos de carga líquida. En la tabla 4-1 se puede ver la demanda de estos productos en millones de toneladas durante el año 2023.

Exportaciones 2023	
Productos	Toneladas
Café	690.000
Carbón	54.500
Banano	24.346
Importaciones 2023	
Productos	Toneladas
Gasolina	80.000
Maíz y Cereales	8.980
Aceite de Soya	2.500
Productos Químicos	7.000

Tabla 4-1 Toneladas de exportaciones e importaciones producto de estudio

En las exportaciones se concentran tres productos de carga sólida, los cuales son producidos en regiones específicas de Colombia. Esto permitirá evaluar los posibles trayectos que puede hacer estos productos para conectar con el centro del país. A continuación, se describe el origen de los productos:

- **Café:** Colombia es el tercer productor de café en el mundo, el café de Colombia se cosecha en diferentes regiones, sin embargo, las regiones de mayor producción son las del departamento de Caldas, Quindío y Risaralda, conocidas comúnmente como los departamentos del eje cafetero, se ubican en la región Andina del país.



Selección Modos de Transporte

- **Carbón:** El carbón es uno de los productos de mayor explotación en Colombia, principalmente en dos departamentos del país, La Guajira y Cesar, estos dos departamentos se les atribuye el 90% de la producción del carbón del país. Los principales países de exportación de este producto son China, Japón, Brasil y Turquía.
- **Banano:** El tercer producto agrícola de mayor exportación en Colombia es el banano, su producción se realiza principalmente en los departamentos de Antioquia, Magdalena y la Guajira, siendo Antioquia el de mayor producción con 60,5 millones de cajas. Este producto es también de consumo masivo en el territorio nacional.

En cuanto a los productos de mayor importación se encuentran tres productos en la categoría de sólido y dos en la categoría de líquidos, estos productos principalmente tienen como destino los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Valle del Cauca.

- **Gasolina:** La gasolina es el producto de mayor importación en Colombia, pues a pesar de ser un país que exporta petróleo crudo no tiene la tecnología para procesar gasolina, por este motivo se ve obligado a importar de otros países, principalmente de Estados Unidos y Ecuador. Este es un suministro importante para la movilización de vehículos del país.
- **Maíz y cereales:** Estos dos productos han tenido una tendencia a crecer en las importaciones del país, sus destinos principalmente son los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Valle del Cauca, pues son los departamentos donde se concentra la industria de alimentos.
- **Tortas de aceite de soya:** Este es un producto que lo demanda la industria de los alimentos, sus principales destinos son los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Santander. El 99% es importado de Estados Unidos.
- **Productos químicos:** Los productos químicos son de los más importados en Colombia, en este segmento se concentra una gran variedad de productos que son usados en la industria manufacturera, agrícola y de salud, estos productos tienen como destino diferentes ciudades del país.

4.2. SECCIÓN DE CIUDADES

Para establecer las ciudades que serán objeto de estudio se ha tenido en cuenta varios criterios. En primer lugar, se han tenido en cuenta las principales carreteras en Colombia. Las cuales son la modalidad de transporte más común y usado en el país. Como segundo criterio se ha tenido en cuenta la conexión intermodal con otro modo de transporte, teniendo en cuenta la variable ferroviaria y fluvial combinada con la carretera.

El tercer criterio hace referencia a las principales ciudades de los departamentos del país. Colombia se divide en 32 departamentos de los cuales se consideraron 14 departamentos por su conexión con otros núcleos económicos, relevancia e importancia en el sector del transporte de carga.

Por último, se ha establecido la capital del país Bogotá, la cual está situada en el centro del país. La capital de Colombia se encuentra en una posición geoestratégica para el transporte de mercancías. La cual permite una buena comunicación entre las zonas del interior con los departamentos de Tolima, Meta, Boyacá, Casanare, Santander y regiones del pacífico como Buenaventura relevante por su Puerto y el Atlántico con Barranquilla, Cartagena y Santamarta.

En la tabla 4-2 se encuentran las ciudades seleccionadas de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente, estas serán objeto de estudio para definir una serie de rutas de conexión teniendo como centroide la capital del país.



Selección Modos de Transporte

Ciudad	Departamento	Población	Región
Barraquilla	Atlántico	1.322.933	Caribe
Bogotá	Cundinamarca	7.875.957	Andes
Bucaramanga	Santander	605.047	Andes
Buenaventura	Valle del Cauca	318.003	Pacífico
Cali	Valle del Cauca	2.234.426	Pacífico
Cartagena	Bolívar	931.503	Caribe
Cúcuta	Norte de Santander	777.386	Andes
Manizales	Caldas	430.259	Andes
Medellín	Antioquia	2.553.621	Andes
Neiva	Huila	354.786	Andes
Pasto	Nariño	319.669	Pacífico
Santa Marta	Magdalena	496.778	Caribe
Villavicencio	Meta	531.600	Amazonía
Yopal	Casanare	164.949	Orinoquia

Tabla 4-2 Ciudades seleccionadas

Los departamentos seleccionados comprenden las 5 regiones de Colombia: la región Andina es donde se concentra la mayoría de la población del país, seguido de la región Caribe importante por la ubicación de sus diferentes puertos, la tercera región es el Pacífico, esta se extiende desde el sur del país hasta Panamá. Por último, se encuentran la región de la Orinoquia y Amazonas, siendo la región amazónica la más despoblada esto debido a su extensión selvática y difícil acceso.

4.3. COSTOS Y TIEMPOS DE TRANSPORTE

En este apartado se establecerán los costos de transporte para cada uno de los modos, esto con el fin de poder analizar las diferentes alternativas y el impacto que pueden tener a la hora de movilizar la mercancía entre un modo de transporte u otro. Los datos del costo de transporte de carretera fueron recaudados en la aplicación SCTAC del Ministerio de Transporte de Colombia, donde se puede establecer el origen y el destino, el tipo de vehículo por configuración en este caso un Tracto camión de 2 ejes de 25 toneladas, esta aplicación nos permite visualizar el costo por tonelada, kilometro, costo de tiempo de carga y descarga.

Para los costos del transporte por ferrocarril y fluvial se desconoce la información por su poca actividad en el transporte de carga en Colombia, sin embargo, se estimaron los costos por kilómetros para ambos modos de acuerdo con información de artículos de investigación e información del ministerio de transporte.

Para el costo de carga y descarga entre modo se tomó como base el costo que recabado del transporte por carretera de esta manera se estableció el costo de la hora para la dicha actividad (ver tabla 4-3).

Costo por modo	Costo
Costo kilómetro Carretera	1,80 €
Costo kilómetro Ferrocarril	1,33 €
Costo kilómetro Fluvial	1,23 €
Costo hora Carga/Descarga	7,83 €

Tabla 4-3 Costos transporte de carga

Por otra parte, se pudo consultar que las horas estimadas que puede tardar las operaciones de carga y descarga para cada modo. En la tabla 4-4 se puede observar los datos obtenidos.



Selección Modos de Transporte

Tipo de tiempo por modo	Tiempo en horas
Tiempo Carretera Carga/Descarga (Solido) (horas)*	4
Tiempo Carretera Carga/Descarga (Liquido) (horas)*	4
Tiempo Fluvial Carga/Descarga (Solido) (horas)*	8
Tiempo Fluvial Carga/Descarga (Liquido) (horas)*	12
Tiempo Ferrocarril Carga/Descarga (Solido) (horas)*	6
Tiempo Ferrocarril Carga/Descarga (Liquido) (horas)*	8

Tabla 4-4 Tiempos de carga y descarga por modo

4.4. ALTERNATIVAS RUTAS INTERMODAL

En este apartado se establece una serie de alternativa de conexión entre modos, tenido como punto estratégico la ciudad de Bogotá, se plantean diferentes escenarios para comparar el impacto que puede tener hacer transporte intermodal versus transporte por un solo modo en este caso el de carretera ya que es el medio de transporte más usado para movilizar la mercancía del país, hay que tener en cuenta que estos escenarios se plantean en función de los productos seleccionados, esto nos permitirá conocer los corredores logísticos que puede tener estos productos.

En función de plantear escenarios más reales se establece para el transporte de carretera un vehículo de configuración (C3S2) Tracto camión de dos ejes con capacidad de 25 toneladas, este es el vehículo más usado en el transporte de carga en Colombia. En la tabla 4-5 se pueden observar las 5 rutas establecidas.

Ruta	Conexión	Tipo de Carga	Producto	Zona
Ruta 1	Pasto-Cali-Bogotá	Líquida	Gasolina	Sur
Ruta 2	Bogotá-Barranquilla	Sólida-Líquida	Café-Carbón-Maíz- Productos químicos- Aceite Soya-Gasolina	Norte
Ruta 3	Manizales-Bogotá- Bucaramanga-Cúcuta	Sólida	Café	Occidente
Ruta 4	Bogotá-Cali- Buenaventura	Sólida	Café-Carbón-Maíz- Productos químicos- Aceite Soya Banano- Café	Oriente
Ruta 5	Medellín – Bogotá	Sólida	Banano-Café	Centro

Tabla 4-5 Rutas de estudio intermodal. Fuente elaboración propia

4.4.1. Ruta 1 Pasto - Neiva – Bogotá

Para esta primera ruta se estableció movilizar gasolina un producto que se encuentra en la categoría de carga líquida, este producto es suministrado por Ecuador, el trayecto se definió desde la ciudad Pasto capital del departamento de Nariño frontera con Ecuador, la ruta desde esta ciudad hasta la capital del país se realiza por la Ruta Nacional 25 / Carretera Panamericana cuando se moviliza la carga por carretera.

Para la implementación de una posible ruta intermodal en este trayecto se estableció conectar con la ciudad de Neiva en el departamento del Huila ya que esta cuenta con estructura de red férrea, en la figura 16 se puede visualizar los dos recorridos y en tabla 4-6 se describe el trayecto los modos establecidos.



Selección Modos de Transporte



Figura 26 Mapa ruta 1 Intermodal vs Carretera

Modo	Trayecto
Carretera Ferrocarril	El recorrido inicia desde la ciudad de Pasto realizando la operación por carretera, la distancia hasta la ciudad de Huila es de aproximadamente 453 kilómetros este trayecto se realiza por la Nacional 25, hasta la ciudad Popayán en el departamento del Cauca, esta ciudad no se analizará ya que se conecta a lo largo de la ruta. La siguiente ciudad por conectar es Neiva donde se realiza el cambio de modo, pasando de carretera a ferrocarril, durante el recorrido en ferrocarril pasa por la ciudad del Espinal en el departamento de Tolima, Facatativá en Cundinamarca y por último finaliza en la capital del país Bogotá, el trayecto en tren es de aproximadamente 430 kilómetros, cabe resaltar que este tramo de red se encuentra sin operación y totalmente abandonado.

Carretera	El recorrido para hacer esta ruta solo modo carretera se inicia desde la ciudad de Pasto, la carretera que se establece es la (Nacional 25/ Carretera Panamericana). Cruza 5 departamentos, el primero es Cauca que tiene como ciudad principal Popayán, luego conecta con Cali en el departamento del Valle, continua su recorrido hasta la ciudad de Armenia donde hace un desvío para conectar con la ciudad de Ibagué en el departamento del Tolima, que por último conectara con la capital del país.
------------------	--

Tabla 4-6 Descripción ruta 1 Intermodal Vs Carretera

- Ruta 1 Análisis de costo y tiempo**

Ruta 1	Tiempo Estimado en Horas	Toneladas	Km Ferrocarril	Km Carretera	Costo total carga/descarga	Costo total viaje	% Ahorro
Carretera Ferrocarril	28	25	430	453	62,672 €	1,449 €	6%
Carretera	17	25		840	31,336 €	1,543 €	

Tabla 4-7 Comparación costo de transporte Ruta 1 modo Intermodal Vs Carretera

Costo: En la tabla 4-7 se puede observar una reducción en el costo de transporte conectando los modos carretera y ferrocarril, comparado si se operara solo por modo carretera, para el cálculo de este trayecto se tuvieron en cuenta los costos establecidos por kilómetros para cada modo mencionado en el apartado anterior y se tuvo en cuenta el costo de cargar y descargar de acuerdo con el tiempo requerido para carga líquida. Con la ruta establecida Pasto, Neiva, Bogotá se puede ahorrar cerca del 5% del costo de este viaje realizando transporte intermodal. Si se lleva esto a una capacidad mayor tiene un impacto económico positivo pues el ferrocarril tiene una mayor capacidad de carga.

Tiempo: En cuanto a la variable tiempo es algo que se debe analizar de manera estratégica, pues dependerá del tipo de producto que se transporte por este corredor si es verdaderamente rentable usar el corredor, ya que el ahorro generado por el transporte intermodal requiere de un mayor tiempo de tránsito en este caso se estima



Selección Modos de Transporte

una diferencia de 11 horas más que el transporte por carretera, por lo que será importante establecer un tiempo de reaprovisionamiento previsto para no depender de la variable tiempo.

4.4.2. Ruta 2 Bogotá – Barranquilla

Se estableció este corredor ya que es uno de los más importantes para conectar las ciudades del Caribe con el centro del país, tiene un gran flujo en el transporte de carga, como se menciona en el capítulo anterior, ya que la mayoría de las exportaciones e importaciones se realizan por los diferentes puertos de la costa Caribe. Se analizará desde la ciudad de Barranquilla por su acceso a la red fluvial del río Magdalena, sin embargo, sirve como análisis para ciudades importantes por su actividad portuaria como Cartagena y Santa Marta, ya que el acceso a este corredor sería el mismo partiendo desde sus respectivos puertos. En la figura 27 se observa el recorrido intermodal de color azul y de color rojo el recorrido en carretera y en la tabla 4-8 se detalla el trayecto de la ruta.

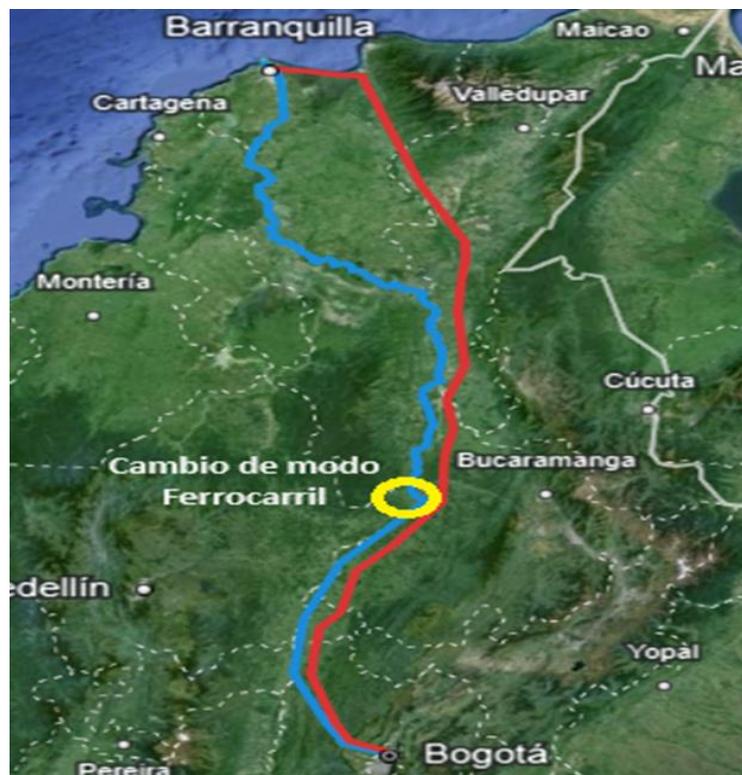


Figura 27 Recorrido ruta 2 Intermodal vs Carretera

Modo	Trayecto
Fluvial Ferrocarril	Se establece este corredor, debido a que cuenta con las condiciones para realizar transporte intermodal conectando los modos fluvial y férreo, el trayecto inicia desde el puerto de Barranquilla Y finaliza en Bogotá, de acuerdo con los productos seleccionados se puede movilizar por este tramo las importaciones de maíz, productos químicos, aceite soya y gasolina con destino a la capital del país. En cuanto a las exportaciones se tiene el carbón proveniente de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Iniciando desde el puerto de Barranquilla la operación en modo fluvial se moviliza la mercancía por el río Magdalena, hasta el puerto fluvial de Barrancabermeja en el departamento de Santander, realizando un recorrido de 640 kilómetros. Se realiza el cambio de modo a ferrocarril transitando por la red central, conectado con la Dorada y por último a Bogotá con un recorrido de 444 kilómetros.
Carretera	Esta ruta que realiza la operación en modo carretera tiene un recorrido de aproximadamente 1092 kilómetros, atraviesa 5 departamentos, la ruta que debe usar es la Troncal de Magdalena una de las vías más importante del país y el corredor de mayor tráfico de carga.

Tabla 4-8 Descripción ruta 2 Intermodal Vs Carretera

• **Ruta 2 Análisis de costo y tiempo**

Ruta 2	Tiempo Estimado en Horas	Toneladas	Km Fluvial	Km Ferrocarril	Km Carretera	Costo carga/ descarga	Costo total viaje	% Ahorro
Modo								
Fluvial Ferrocarril	88	25	631	444		62,672 €	1,426 €	29%
Carretera	18	25			1092	31,336 €	1,996 €	

Tabla 4-9 Comparación costo de transporte Ruta 2 modo Intermodal Vs Carretera



Selección Modos de Transporte

Costo: En la tabla 4-9 se puede observar el costo total del viaje de la ruta 2, donde existe una reducción en el costo de transporte realizando la operación de modo intermodal en este caso conectando la red de ferrocarril y fluvial generando una reducción del 29% del costo del viaje aproximadamente, pues usar estos dos modos es bastante rentable para transporte de carga sobre todo en este corredor, pues se estima que el 50% de la carga de Colombia transita por este tramo comparado con el transporte por carretera que tendría un costo de 1.996 euros, esto significaría 570 euros más que el transporte intermodal.

Tiempo: Respecto a la variable tiempo es algo que se debe analizar de manera estratégica, pues el recorrido por el transporte fluvial significa un tiempo de tránsito mayor al transporte por carretera, de acuerdo con el tiempo estimado el recorrido por intermodalidad en esta ruta supondría un tiempo de tránsito de 88 horas, es decir 70 horas más que el transporte por carretera o 3 días aproximadamente, por lo que transportar la mercancía de modo intermodal supone un planificación en el abastecimiento de los productos con un tiempo prudente.

4.4.3. Ruta 3 Bogotá – Cúcuta

Esta ruta se encarga de conectar el centro del país con el norte, cerca de la frontera con Venezuela, este corredor puede conectar con diferentes departamentos del centro y norte del país. Se definió transportar productos como el maíz, productos químicos, y café. Se establecieron como cambio de modo la ciudad de Belencita, ya que esta permite conectar Belencita – Yopal, Belencita – Bucaramanga o Belencita – Cúcuta, en modo carretera. También sirve para la mercancía que ingrese de estas ciudades a la capital del país realizando la operación modo férreo desde Belencita a Bogotá, por este motivo se ha establecido la ruta hasta la Ciudad de Cúcuta para abarcar gran parte de los departamentos del norte del país, de esta manera analizan las ciudades por las que atraviesa esta ruta. En la figura 28 se puede observar el recorrido intermodal de color amarillo y el de color rojo el recorrido por carretera.



Figura 28 Recorrido ruta 3 Intermodal vs Carretera

Modo	Trayecto
Ferrocarril Carretera	El trayecto Bogotá - Belencita se realiza por la red férrea central, este conecta a los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, tiene un recorrido de 257 kilómetros. El cambio de modo se realiza en Belencita descargando la mercancía y pasando a transporte por carretera, en su recorrido por carretera atraviesa el departamento de Santander pudiendo conectar con la ciudad de Bucaramanga o hacer un trayecto directo hasta Cúcuta, el recorrido por carretera es de aproximadamente 398 kilómetros en carretera.
Carretera	Para realizar el trayecto desde Bogotá hasta Cúcuta por transporte en carretera, se usa la Troncal central del Norte, es el corredor más común para movilizar la mercancía en esta región del país, este tramo tiene un recorrido de aproximadamente 568 kilómetros.

Tabla 4-10 Descripción ruta 3 Intermodal Vs Carretera



Selección Modos de Transporte

• Ruta 3 Análisis de costo y tiempo

Ruta 3	Tiempo Estimado en Horas	Toneladas	Km Ferrocarril	Km Carretera	Costo carga/descarga	Costo total viaje	% Ahorro
Carretera Ferrocarril	19	25	257	398	47,004 €	1,104 €	-5%
Carretera	14	25		568	31,336 €	1,053 €	

Tabla 4-11 Comparación costo de transporte Ruta 3 modo Intermodal Vs Carretera

Costos: El cálculo de los costos del viaje para la ruta 3 realizando transporte intermodal como se observa en la tabla 4-11 no presentaría un ahorro comparándolo con el transporte por carretera, esta conexión intermodal sería la ruta más cercana para conectar a Bogotá con la ciudad de Cúcuta, sin embargo, sigue siendo una alternativa interesante de cara al futuro si se lograra extender la red férrea central, además si se toma en cuenta que la capacidad del ferrocarril es mucho más que la de carretera. La diferencia entre el transporte intermodal y el unimodal es de tan solo un 5% respecto a sus costos de viaje.

Tiempo: Respecto a la variable del tiempo en este viaje se puede determinar que el transporte por carretera también representa una ventaja pues su tiempo de tránsito es menor que el intermodal. Para el tipo de productos que se establecieron en este corredor no afectaría la calidad del producto si el tiempo de tránsito es mayor, sin embargo, requiere de una planificación estratégica para cumplir con los tiempos de entrega.

4.4.4. Ruta 4 Buenaventura – Cali – Bogotá

Este es un corredor importante para el transporte de mercancía que ingresa desde la costa Pacífica al centro del país y de las exportaciones que se concentran en la zona centro y tienen como salida el puerto de Buenaventura, se estableció la ruta desde la ciudad de Buenaventura por su puerto marítimo. También se definió la ciudad de Cali como punto de cross docking pues esta es una ciudad que sirve como centro de acopio

Análisis del Transporte de carga en Colombia

para salida de mercancía al centro o sur del país. Se planteó una ruta con transporte intermodal y otra por el modo habitual por carretera donde transportaran productos importados como el maíz, productos químicos, tortas de aceite de soya y se exportara café y carbón proveniente del centro del país. En la figura 29 se puede observar de color azul el recorrido intermodal y de color rojo el recorrido por carretera, la tabla 4-12 describe el recorrido de este corredor.

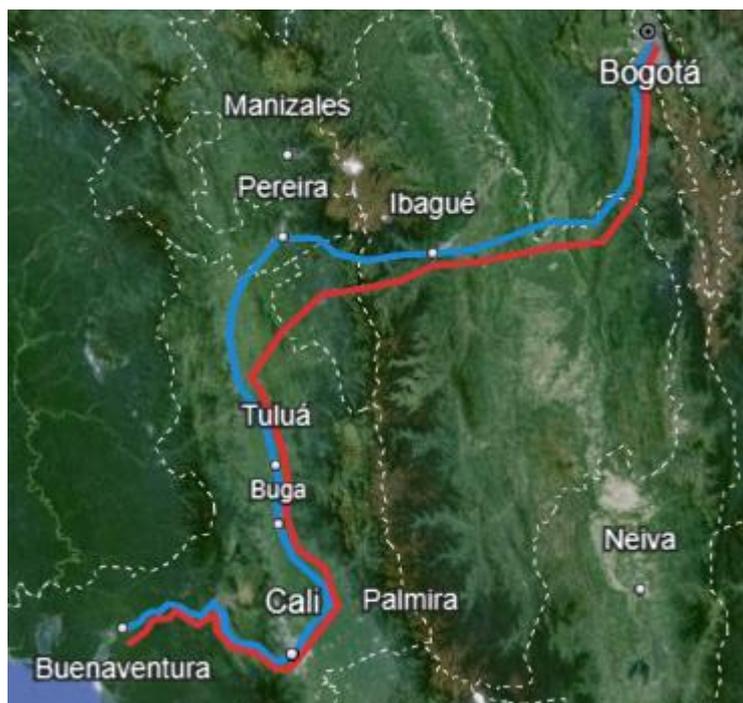


Figura 29 Recorrido ruta 3 Intermodal vs Carretera

Modo	Trayecto
Ferrocarril Carretera	El recorrido inicia desde el puerto de Buenaventura, con la operación en Ferrocarril por la red férrea del pacifico (no operativa). Conectaría con la ciudad de Cali, Tuluá, Armenia y por último Pereira en el departamento de Risaralda, en este punto se realiza la combinación o cambio de modo pasando de ferrocarril a Carretera el trayecto por ferrocarril tiene una distancia de 344 kilómetros, la ruta por modo carretera inicia en Pereira conecta con la ciudad de Ibagué en el departamento de Tolima. Donde luego se conectará con el centro del



Selección Modos de Transporte

	país este recorrido por carretera es de aproximadamente 308 kilómetros.
Carretera	Para la operación de esta ruta solo por carretera se utiliza un recorrido igual al de trayecto por tren, conecta las mismas ciudades y su trayecto es de 563 kilómetros, conectando con la Troncal 25 carretera panamericana, y desviando la ciudad de Armenia para poder conectar con la capital el país.

Tabla 4-12 Descripción ruta 4 Intermodal Vs Carretera

- **Ruta 4 Análisis de costo y tiempo**

Ruta 4	Tiempo Estimado en Horas	Toneladas	Km Ferrocarril	Km Carretera	Costo carga/descarga	Costo total viaje	% Ahorro
Modo							
Carretera Ferrocarril	19	25	344	308	47,004 €	1,058 €	-1%
Carretera	11	25		563	31,336 €	1,044 €	

Tabla 4-13 Comparación costo de transporte Ruta 4 modo Intermodal Vs Carretera

Costo: El transporte intermodal establecido en la ruta 5 no representa un ahorro significativo con respecto al transporte por carretera (ver tabla 4-13), sin embargo existe una diferencia mínima entre ambos modos el corredor intermodal establecido para conectar buenaventura con Bogotá es la ruta más cercana, pues existe la posibilidad de realizar todo el trayecto en ferrocarril pero su distancia sería mucho más extensa por lo que se ha descartado esta alternativa, la diferencia del modo por carretera con respecto al intermodal es de tan solo 1% por lo que es importante analizar otras variables como la capacidad de carga y el tiempo, ya que el transporte intermodal recorre 89 kilómetros más.

Tiempo: La variable tiempo para esta ruta tiene un impacto a la hora de tomar decisiones, pues transportar la mercancía por transporte intermodal supone recorrer 89

kilómetros y un mayor tiempo de tránsito. De acuerdo con los tiempos estimados esta diferencia supone realizar 8 horas más que el transporte por carretera.

4.4.5. Ruta 5 Medellín – Bogotá

Esta ruta representa un gran flujo de movimiento de mercancía de manera interna en el país, ya que conecta las dos ciudades más importantes de Colombia de acuerdo con la investigación realizada y mencionada en el capítulo anterior, estas dos ciudades las conecta la transversal Medellín-Bogotá es la más utilizada para el transporte de mercancía entre estas dos regiones, sin embargo, existe infraestructura férrea que puede ser una otra alternativa para la movilización de la carga.

Para este tramo solo se analizó el transporte de forma unimodal, ya que por su infraestructura no requiere de hacer combinación entre modos y existe la posibilidad de conectar a las dos ciudades por carretera o por ferrocarril, aunque este última no se encuentre operativo es una alternativa que se debe analizar de cara al futuro. El producto que se asignó a este corredor es la producción de banano y café proveniente del departamento de Antioquia. En la figura 30 se puede observar de color amarillo el recorrido por ferrocarril y de color rojo el recorrido por carretera.



Figura 30 Recorrido ruta 4 Intermodal vs Carretera



Selección Modos de Transporte

Modo	Trayecto
Ferrocarril	La ruta por ferrocarril inicia desde la ciudad de Medellín, conecta con la ciudad de Puerto Berrio en limitaciones del departamento de Antioquia y Santander, con un trayecto de 170 kilómetros (no operativos). Continúa su trayecto por la red férrea central, atravesando por la Dorada, Facatativá y finalmente Bogotá en un recorrido de 375 kilómetros.
Carretera	El trayecto por carretera se realiza por la Transversal Medellín-Bogotá, inicia desde Medellín, conecta con la Dorada en el departamento de Caldas, y por último con Bogotá, este recorrido tiene una longitud de aproximadamente 417 kilómetros

Tabla 4-14 Descripción ruta 5 Ferrocarril Vs Carretera

- Ruta 5 Análisis de costo y tiempo

Ruta 5	Tiempo Estimado en Horas	Toneladas	Km Ferrocarril	Km Carretera	Costo carga/descarga	Costo total viaje	% Ahorro
Ferrocarril	21	25	545		47,004 €	771 €	1%
Carretera	9	25		417	31,336 €	782 €	

Tabla 4-15 Comparación costo de transporte Ruta 5 modo Intermodal Vs Carretera

Costo: Para la ruta 5 se definieron solo modos de transporte unimodal, ya que por su infraestructura se presta para operar este trayecto de cualquiera de las dos formas, sin embargo, analizando los costos de viaje (ver tabla 4-15) hay una pequeña diferencia en sus costos, es un poco más rentable el viaje por ferrocarril, desde el punto de vista de capacidad también es una alternativa interesante.

Tiempo: El factor del tiempo es algo que influye en la toma de decisiones del modo a usar, pues el trayecto por ferrocarril realiza 128 kilómetros más que el transporte por carretera por lo que tendrá un tiempo de tránsito mayor. Y dependerá de la planificación

de la operación logística para que se cumpla el proceso de abastecimiento en el tiempo establecido.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS TRANSPORTE INTERMODAL VS CARRETERA

En la tabla 4-16 se detalla un resumen de los resultados obtenidos de las rutas establecidas para realizar transporte intermodal vs carretera. Este apartado reúne toda la información que fue desarrollado a lo largo de este capítulo donde primero se establecieron los productos a transportar, luego las ciudades por donde se movilizara la mercancía, después se calcularon los costos y el tiempo estimado del transporte para cada uno de los modos y por ultimo los diferentes corredores logísticos que pueden permitir la integración entre modos.

Modo de transporte	Total kilómetros	Tiempo estimado en horas	Costo total viaje	% Ahorro en costos
Ruta 1 Pasto – Neiva – Bogotá				
Carretera-Ferrocarril	883	28	1,449 €	6%
Carretera	840	15	1,543 €	
Ruta 2 Bogotá – Barranquilla				
Fluvial-Ferrocarril	1075	88	1,426 €	29%
Carretera	1092	18	1,996 €	
Ruta 3 Bogotá – Cúcuta				
Ferrocarril-Carretera	655	19	1,104 €	-5%
Carretera	568	14	1,053 €	
Ruta 4 Buenaventura – Cali – Bogotá				
Ferrocarril-Carretera	652	19	1,058 €	-1%
Carretera	563	11	1,044 €	
Ruta 5 Medellín – Bogotá				
Ferrocarril	545	21	771 €	1%
Carretera	417	9	781 €	

Tabla 4-16 Resultado rutas de estudio

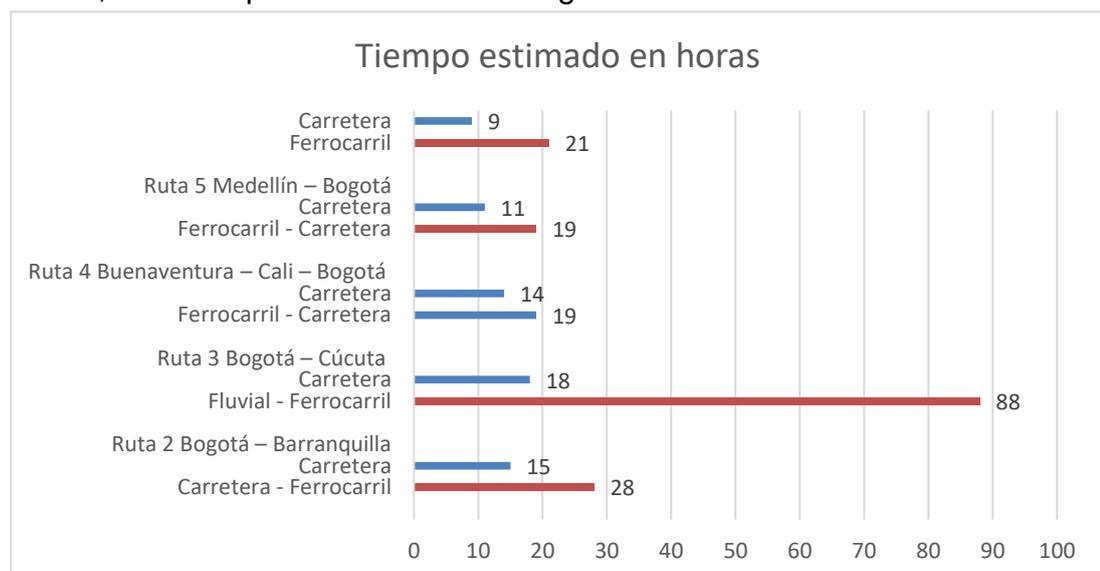


Selección Modos de Transporte

Los resultados obtenidos en las diferentes rutas definidas nos indican que la ruta 1, 2 y 5 realizando la operación de modo intermodal, tienen un ahorro en el costo de transporte comparado al de carretera. Siendo la alternativa 1 y 2 la de mayor relevancia, estas dos rutas se encargan de conectar el centro del país de sur a norte, la alternativa 5 aun que presenta un porcentaje de ahorro más pequeño sigue siendo interesante por el tráfico de mercancía que se presenta en esta zona céntrica del país lo que ayudaría en gran medida a descongestionar el tráfico de mercancía por carretera que ingresa y sale de la ciudad de Bogotá.

En cuanto a las rutas 3 y 4 el transporte intermodal no representaría un ahorro en los costos de transporte comparado con el de carretera. Esto debido a que no hay una gran extensión en la infraestructura férrea. Lo que obliga a realizar gran parte del trayecto por carretera.

Desde el punto de vista de la variable tiempo, los productos seleccionados se pueden transportar por los diferentes corredores pues no afectaría la calidad del producto, sin embargo, requiere de establecer un plan estratégico de abastecimiento para que siempre cuenten con niveles óptimos de stock. Esto debido a que el lead time del transporte intermodal siempre supone un mayor tiempo de tránsito comparado con el de carretera, como se puede observar en la gráfica 14.



Gráfica 14 Diferencia tiempo estimado intermodal vs Carretera

Análisis del Transporte de carga en Colombia

También se debe tener en cuenta algunas restricciones de productos, pues transportar mercancía precederá o de la cadena de frio requieren agilidad en su proceso logístico. Colombia por su infraestructura intermodal no podría dar respuesta a tiempos óptimos. Lo que podría generar una pérdida de la calidad de los mimos.

En conclusión, los autores interesados en el transporte de carga en Colombia pueden tener alternativas de transporte interesante si conectan los modos carretero, férreo y fluvial. Siempre teniendo en cuenta un plan estratégico que permita obtener resultados positivos como el ahorro en los costos de transporte, ya que la intermodalidad supone un ahorro en algunas rutas, pero requiere de un abastecimiento controlado para no verse afectado por la variable tiempo.

En la figura se puede observar como las rutas establecidas abracan toda la red poblacional de Colombia, de color azul el recorrido intermodal y de color rojo el recorrido por carretera.



Figura 31 Rutas de transporte intermodal estudiadas vs carretera



4.6. IMPACTO EMISIONES DE CO2

Es importante analizar el impacto ambiental del transporte de carga en Colombia, a pesar de las diferentes estrategias y alternativas que tiene el país para realizar las operaciones de movilización de mercancía. Sigue existiendo una fuerte dominancia de utilizar solo el transporte por carretera generando de esta manera un mayor impacto en las emisiones de CO2 del país.

El transporte de carga se encuentra entre las actividades que generara más emisiones de efecto invernadero. De acuerdo con la información obtenida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) el transporte por carretera viene presentado una notoria tendencia al crecimiento de emisiones, mientras los modos férreos y fluvial tienden ser constantes [69].

Debido a que la red fluvial y férrea del país, no operan completamente en su totalidad y se desconoce diferentes datos de sus operaciones. Se decidió hacer una estimación de las emisiones de CO2 de las 5 rutas definidas en este capítulo implementando el transporte intermodalidad vs carretera. Y de esta manera obtener un posible impacto ambiental que supone hacer cada una de las rutas.

Para esto se tuvieron en cuenta una serie de parámetros, ya que no se dispone con datos exactos. Primero se estableció un estándar del factor de emisión que genera el diesel, a pesar de que este puede variar para un tren y un barco, se definió el estándar de emisión de un tracto camión de dos ejes, el cual es de 2,67 kg CO2. Después se investigó el consumo por cada 100 kilómetros recorridos para cada modo. Para realizar una estimación más real se definió una capacidad de carga a transportar de 625 toneladas en unidad de medida de 25 toneladas, esta hipótesis se planteó ya que el promedio de carga de un tren de carga en Colombia es de 25 vagones de carga, por lo tanto, establecimos la misma cantidad para un remolcador fluvial. En (anexos) se puede detallar el cálculo de cada emisión.

RUTA	Modo	Capacidad Movilizada en Ton.	Total Km	Emisiones en kg CO2	% Reducción CO2
RUTA 1	Carretera Ferrocarril	625	833	16,144,16	31%
	Carretera	625	840	23,549,40	
RUTA 2	Fluvial Ferrocarril	625	1075	8,610,75	72%
	Carretera	625	1092	30,614,22	
RUTA 3	Carretera Ferrocarril	625	655	13,216,50	17%
	Carretera	625	568	15,923,88	
RUTA 4	Carretera Ferrocarril	625	652	11,390,22	28%
	Carretera	625	563	15,783,71	
RUTA 5	Ferrocarril	625	545	4,365,45	62%
	Carretera	625	417	11,690,60	

Tabla 4-17 Resultados emisiones de CO2 Intermodal vs Carretera

En la tabla 4-17 se puede observar el resumen de los resultados obtenidos del cálculo de las emisiones de CO2. Como análisis general se puede decir que siempre que se usen los modos férreo y fluvial se emitirá menos emisiones de CO2 en comparación con el transporte por carretera. Esto se debe en gran medida a la capacidad de carga de cada modo. Pues en este caso se estableció como estándar transportar 625 toneladas para cada ruta, los modos férreos y fluvial solo requieren de hacer un viaje por lo tanto generan una menor emisión, a comparación de un tractocamión de capacidad de 25 toneladas, el cual debe hacer un total de 25 desplazamientos para transportar esta capacidad establecida.

Las rutas de transporte intermodal generan un ahorro significativo en las emisiones de CO2. Siendo la ruta 2 y 5 las generar una mayor reducción de CO2. Esto debido a que en ambas rutas no se requiere de la intervención del transporte por carretera. Estas son dos de las rutas más importantes del país. La ruta 2 (Barranquilla – Bogotá) conecta a



Selección Modos de Transporte

las ciudades de la costa Caribe con el centro del país. En el caso de la ruta 5 (Medellín – Bogotá) conecta el flujo de mercancía al interior del país. Ambas rutas canalizan gran parte del movimiento de mercancía de Colombia. Las alternativas de transporte mencionadas pueden ser fundamentales para alcanzar la meta de, reducir en un 20% las emisiones de CO2 para el año 2030. Objetivo al que se comprometió el gobierno en la cumbre Paris.

Capítulo 5. Estudio Económico

En este capítulo se desarrollará el estudio económico que representa realizar este Trabajo de fin de Máster, de esta manera se podrá detallar el valor del proyecto en términos de ejecución y tiempo. Se tendrán en cuenta todos los recursos utilizados para su desarrollo desde el planteamiento hasta su etapa final. Para poder detallar de una manera más precisa los costos del proyecto se desglosará cada una de las fases realizadas. En los siguientes apartados se puede observar las consideraciones que se tuvo en cada una de estas.

5.1. ETAPAS DEL PROYECTO

En cada una de las diferentes etapas que se describen a continuación se establecieron una serie de consideraciones que fueron relevantes a la hora de ejecutar el proyecto y que permitieron estructurar el proyecto de la manera correcta para su desarrollo.

- **Lluvia de ideas**

La primera etapa del proyecto consistió de realizar un análisis de los posibles temas a estudiar, para esto se realizó una reunión con el director del proyecto donde se establecieron propuestas de posibles temas de estudio y se determinó realizar una búsqueda de información para analizar la factibilidad de las propuestas planteadas.

- **Elección del Tema**

Se estableció una segunda reunión para tomar la decisión del tema a estudiar de acuerdo con la información consultada referencias bibliográficas, estudios relacionados y base de datos. Con esta información se determinó si se cuenta con los datos suficientes para su desarrollo y establecer el tema de estudio, en este caso el análisis



de transporte de carga en Colombia, se da una estructura al proyecto para poder avanzar de manera eficiente.

- **Búsqueda de referencias y datos**

Una vez establecido el tema, se inicia con la etapa de búsqueda de información específica del tema: el transporte de carga en Colombia, su infraestructura, diferentes modos de transporte, sus operaciones y huella de carbono. Para esto se consultaron bases de datos como Scopus, Google académico, base de datos de las universidades y base de datos del Ministerio de Transporte de Colombia, una vez recolectada la información se organiza por parte del autor y se presenta al tutor del proyecto para su respectiva revisión.

- **Análisis de alternativas de transporte**

En esta etapa, se empieza con el desarrollo del tema luego de revisar la información y dejar un marco teórico establecido, se procede a analizar los posibles corredores logísticos donde se puede implementar el transporte intermodal, esto basado con la información recolectada, se crean las tablas donde se describen los corredores y se comparan con el transporte más usado en el país (carretera). Se establecen posibles costos de transporte entre los diferentes modos y el impacto en las emisiones de CO2 que puede tener cada uno.

- **Revisión y correcciones**

Se establecieron dos reuniones más con el director del proyecto con el objetivo de realizar la retroalimentación de las etapas ejecutadas para este trabajo y de esta manera ajustar o ampliar las fases de acuerdo con su experiencia de esta manera tener una estructura compacta.

- **Estructura y redacción del proyecto**

En esta última etapa, se organiza la estructura del proyecto revisando que cumpla con los diferentes parámetros establecidos por la Universidad de Valladolid, en términos de

conceptos, redacción, descripción específica del tema, ejecución de los objetivos y logro de los mismos, una vez terminado esta etapa se procede a entregar al tutor para su revisión final. Para esto se requirieron de un tiempo de 26 semanas que se ejecutaron durante el máster de logística.

5.2. COSTO DESARROLLO DEL PROYECTO

Para establecer los costos del proyecto se contemplaron cada una de las etapas mencionadas anteriormente, ya que estas representan una intensidad horaria en su desarrollo, para hacer un planteamiento más real se estableció un salario para cada participante. Teniendo como base que puede trabajar 40 horas. También se tendrá en cuenta los elementos necesarios para su desarrollo, como equipo de cómputo, materiales impresos, costos indirectos de luz, agua, gas, alojamiento, y salario del tutor del proyecto.

5.2.1. Horas programadas por etapa

Para cada una de las etapas se programaron diferentes horas efectivas para el desarrollo de las mismas, en la tabla 5-1 se puede observar las horas asignadas a cada etapa.

Etapa	Horas por semana	Numero de semanas	Total Horas
Lluvia de ideas	3	2	6
Elección del Tema	2	1	2
Búsqueda de referencias y datos	12	6	72
Análisis de alternativas de transporte	20	8	160
Revisión y correcciones	3	6	18
Estructura y redacción del proyecto	15	12	180
Total Horas Efectivas			438

Tabla 5-1 Horas programadas por etapa



Estudio Económico

En el desarrollo del proyecto se realizó una importante participación del director del proyecto por lo tanto se considera relevante en la asignación por horas en cada una de las etapas para el tutor y autor del proyecto (ver tabla 5-2).

Etapas	Director de Proyecto	Técnico de proyecto	Auxiliar Administrativo
Lluvia de ideas	3	3	0
Elección del Tema	2	2	0
Búsqueda de referencias y datos	3	72	20
Análisis de alternativas de transporte	8	138	0
Revisión y correcciones	25	10	20
Estructura y redacción del proyecto	12	45	75
Total horas por participante	53	270	115

Tabla 5-2 Horas por participante

Una vez establecidas la cantidad de horas necesarias para el desarrollo del proyecto se procede con el cálculo de las mismas de acuerdo con el salario base considerando para el tutor del proyecto y el autor.

5.2.2. Costo de hora por participante

Para calcular las horas efectivas por integrante primero se realizó una búsqueda de las horas efectivas anuales establecidas en España, para tener como punto de referencia, en la tabla 5-3 se puede observar las horas efectivas anuales promedio en España.

Total días año	N.º Días
Días año	365
Días vacaciones	30
Número de festivos	12
Numero de fines de semana	104
Número de días laborables	219
Horas promedio	8
Total horas laborables	1752

Tabla 5-3 Cálculo horas laborales España

Con base en las horas laborales se procede a realizar el cálculo de las horas por integrante del proyecto, desglosado de la siguiente manera (ver tabla 5-4)

Concepto	Director de Proyecto	Técnico de proyecto	Auxiliar Administrativo
Salario	50000,0 €	25000,0 €	16500,0 €
Seguridad Social 35%	17500,0 €	8750,0 €	5775,0 €
Total Salario Anual	67500,0 €	33750,0 €	22275,0 €
Costo Hora	38,527 €	19,264 €	12,714 €

Tabla 5-4 Cálculo hora por integrante

Con las horas calculadas de cada participante del proyecto, se procede a calcular el costo total que representaron las horas asignadas por cada persona, de esta manera tenemos el costo del personal (ver Tabla 5 5).

Concepto	Director de Proyecto	Técnico de proyecto	Auxiliar Administrativo
Costo/Hora	38,527 €	19,264 €	12,714 €
Horas efectivas trabajadas	53	270	115
Costo total por participante	2,043 €	5,202 €	1,463 €
Costo total personal	8,706 €		

Tabla 5-5 Cálculo salario total personal



5.2.3. Costo equipo informático

En este punto se calculará el costo del equipo de informático utilizado para el desarrollo del proyecto, para ello se amortizará este equipo a 3 años al igual que sus licencias, en la tabla 5-6 se puede observar la información del equipo.

Equipos	Costo
PC Notebook HP - 14-dq0002dx, 8GB RAM, 512GB SSD Intel® Core™ i5, 16GB RAM, 512GB SSD	967 €
Impresora HP DeskJet 2822e	48 €
Licencia McAfee Antivirus	60 €
Licencia Microsoft Office 365	90 €
Total	1,165 €

Tabla 5-6 Información costo de equipos

Con la información del equipo se procede a realizar la respectiva amortización (ver tabla 5-7). Para la cual se definieron 3 años. Esto con el fin de obtener una estimación más precisa del coste por hora.

Equipos	Costo	Amortización por hora
PC Notebook HP - 14-dq0002dx, 8GB RAM, 512GB SSD Intel® Core™ i5, 16GB RAM, 512GB SSD	967 €	0,36 €
Impresora HP DeskJet 2822e	48 €	0,09 €
Licencia McAfee Antivirus	60 €	0,02 €
Licencia Microsoft Office 365	90 €	0,03 €
Total	1,165 €	0,44 €

Tabla 5-7 Costo amortización hora equipos

Una vez calculado el coste de la hora del equipo se procede a calcular el costo total de las horas programadas por el costo de la hora del equipo (ver tabla 5-8).

Equipos	Amortización por hora	Horas Usadas	Coste por concepto
PC Notebook HP - 14-dq0002dx, 8GB RAM, 512GB SSD Intel® Core™ i5, 16GB RAM, 512GB SSD	0,36 €	438	16,113 €
Impresora HP DeskJet 2822e	0,09 €	438	0,80 €
Licencia McAfee Antivirus	0,02 €	438	1,0 €
Licencia Microsoft Office 365	0,03 €	438	1,50 €
Costo total			19,413 €

Tabla 5-8 Costo amortización total

5.2.4. Costos de material

A continuación, se calcula el coste de los materiales consumibles que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. Se desglosan los diferentes conceptos y se fija el valor para cada uno de ellos, de esta manera se obtiene el coste anual, el diario y el horario efectivos.

Concepto	Costo
Papeles de impresora	50,0 €
Suministros para impresora	90,0 €
Coste Total	140, 0€

Tabla 5-9 Costo de material

5.2.5. Costos indirectos

Para los costos indirectos se tuvieron en cuenta los gastos del alojamiento del autor del proyecto, en estos gastos se encuentra el costo de energía, agua, gas, internet y alquiler, en la tabla 5-10 se puede observar el costo de cada uno de los conceptos mencionados.



Estudio Económico

Concepto	Costo mensual	Costo por semana	Costo total 26 semanas
Energía	40,0 €	10,0 €	260,0 €
Agua	30,0 €	7,5 €	195,0 €
Gas	40,0 €	10,0 €	260,0 €
Internet	20,0 €	5,0 €	130,0 €
Alquiler	290,0 €	72,5 €	1,885 €
Total	420,0 €	105 €	2,730 €

Tabla 5-10 Costos indirectos

5.2.6. Costo del proyecto

En este apartado se detallarán los costos calculados realizados en los apartados anteriores, los cuales son importantes ya que apenas de que algunos costes no están directamente relacionados con el proyecto, tienen una relevancia durante su ejecución. En la tabla 5-11 se puede observar el coste total del proyecto.

Concepto	Costo	% Costo
Costo personal	8,705 €	75,90%
Costo Equipos	19,41 €	0,17%
Costo Indirecto	2,730 €	23,80%
Costo Materia	15,0 €	0,13%
Costo total del proyecto	11.469,67 €	100%

Tabla 5-11 Costo total del proyecto

Como resultado del estudio económico se obtuvo que el costo de realizar este proyecto fue de 11.469 euros durante un periodo de 26 semanas, donde los costos del personal involucrados en el proyecto y los costos indirectos generaron el mayor impacto económico, con un 75,90% y 23,80% respectivamente.



Capítulo 6. Conclusiones y Estudios a Futuro

En este capítulo se presentan las conclusiones de este Trabajo fin de Máster, para esto se desarrollan dos apartados. Uno se divide en la conclusión del proyecto en general y otro donde se describe las posibles líneas de investigación a futuro de este proyecto.

6.1. CONCLUSIONES

El transporte de carga es un factor importante para la economía de cualquier país, y determinante para su competitividad. Este proyecto nos permitió obtener un contexto más amplio del sistema de transporte en Colombia. Desde la introducción se abarcó la importancia y el interés por desarrollar este proyecto.

En primer lugar, se puede decir que Colombia cuenta con diferentes medios de transporte para movilizar la mercancía, los cuales son importantes para realizar las operaciones logísticas en todo el territorio nacional, el país tiene una posición geográfica que le permite tener acceso a dos océanos, el Atlántico y el Pacífico. Esto permite que el flujo de mercancía que sale e ingresa al país tenga conectividad con diferentes países del mundo.

De forma general, se evidencia que Colombia ha priorizado el uso del transporte por carretera esto en gran medida a que carece de infraestructura de transporte en sus diferentes modos, se pudo decir que los modos férreo y fluvial son los del panorama más complejo y que representan un reto importante para el país. Durante el estudio se

demuestra que Colombia cuenta con una red de carretera extensa que abraza en gran medida la mayoría de los departamentos del país. Siendo las más importantes la troncal de la carretera Panamericana y la troncal del Magdalena, estas dos se extiende desde el sur del país hasta el norte, generando de esta manera un gran flujo de movimiento por estos corredores.

En la red férrea del país se pudo detallar, que a pesar de contar con la infraestructura. Durante los últimos años ha sido abandonada y gran parte de sus estructuras se encuentran deterioradas lo que significa un gran desafío en términos de reconstrucción y reactivación. Las tres redes identificadas tienen una extensión importante lo que permite conectar a las ciudades principales con mayor influencia en los diferentes núcleos de la economía del país.

Otro modo que se estudió en este proyecto fue el fluvial, en el que se pudo determinar que es un modo de gran potencial para el país. Sin embargo, al igual que el férreo, este también cuenta con una infraestructura bastante deteriorada, limitando el uso de diferentes puertos fluviales. Hasta el momento el único río viable para navegar es el río Magdalena. Mejorar sus condiciones permitiría transportar carga de mayor volumen desde los puertos del Caribe al interior del país.

Durante el proyecto se evidencio el potencial que pueden tener estos modos si se logran complementar entre sí. El transporte intermodal debe ser una iniciativa y un reto importante para el país. La implementación del transporte intermodal permite conectar uno o más modos de transporte generando una movilización de la mercancía de manera más eficiente. También brinda una gran oportunidad para reducir los costos de transporte en algunos corredores logísticos, un impacto económico positivo en la reactivación los sectores el férreo y el fluvial.

Por otro lado, se generar un gran impacto en las emisiones de CO₂ que genera el transporte de carga, pues usar diferentes modos transporte como el férreo y el fluvial, ayuda en gran medida a reducir estas emisiones.

De forma general se puede concluir que este análisis de transporte en Colombia permite mostrar el gran potencial que tiene contactar estos modos de transporte, los cuales



facilitarían las operaciones de la logística de transporte de diferentes núcleos de la economía del país, como lo son la agricultura, industria y manufactura.

6.2. ESTUDIOS A FUTURO

En este proyecto se deja marcado la importancia de transporte de mercancías en un país como Colombia. Tanto es así que la implementación del transporte intermodal es un reto importante para la competitividad del país. Algunos productos o materias primas que han sido objeto de estudio en el capítulo cuatro, como el carbón o el café, conforman parte de las industrias incipientes del país.

Ambos son productos genéricos, los cuales se transportan a granel y en grandes cantidades. El bajo margen asociado a este tipo de productos, exige una gran eficiencia operativa en materias de transporte.

Una línea de investigación futura interesante, podría ser analizar los costes de transporte de este tipo de mercancía, a través de un caso objeto de estudio. Esto aportaría al trabajo una visión mucho más empírica si cabe. Una empresa podría emplear el mismo análisis empleado en el trabajo, para obtener una ventaja competitiva frente a sus competidores. Aspecto muy importante en industrias dedicadas al transporte de productos genéricos.

Otro estudio complementario podría ser la consideración en el trabajo, de otros modos de transporte. En el trabajo se han considerado el transporte fluvial, por carretera y férreo. Sin embargo, sería interesante analizar el impacto, que puede tener usar otros modos de transporte como el aéreo.

Una línea de estudio complementaria de este trabajo, sería introducir la variable tiempo en el análisis. Un posible ejemplo podría ser medir o controlar el tiempo total desde que

se carga la mercancía, hasta que se descarga en el lugar de destino. De esta manera, analizar los modos más adecuados para transportar cierto tipo de mercancía.

También se podrían realizar estimaciones a partir de la aplicación de ciertos métodos cuantitativos. Para posteriormente emplear estas estimaciones para establecer las rutas más eficientes en el traslado de cierto tipo de mercancías.

Por último, se debería realizar una investigación más profunda y amplia del transporte intermodal teniendo en cuenta más variables, como: otros países, mercancías etc. Esto serviría para obtener un análisis más completo acerca de las posibles ventajas de la aplicación del transporte intermodal en el transporte de mercancía.



Conclusiones y Estudios a Futuro

Referencias

- [1] L. Aníbal Moral, *Logística del transporte y distribución de carga*, 1st ed., vol. 1. Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda., 2014.
- [2] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, “DANE - Índice de Costos del Transporte de Carga por Carretera (ICTC),” DANE. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co>
- [3] J. N. Gonzalez, A. Camarero-Orive, N. González-Cancelas, and A. F. Guzman, “Impact of the COVID-19 pandemic on road freight transportation – A Colombian case study,” *Research in Transportation Business & Management*, vol. 43, p. 100802, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.RTBM.2022.100802.
- [4] C. J. Stokes, “The Freight Transport System of Colombia, 1959,” *Econ Geogr*, vol. 43, no. 1, p. 71, Jan. 1967, doi: 10.2307/141959.
- [5] A. Garrido, O. Quintero-Espinosa, and M. Jaller, “Obtaining the optimal origin-destination multimodal freight transportation network for the City of Bogotá,” *Research in Transportation Business & Management*, vol. 49, p. 101012, 2023, doi: 10.1016/j.rtbm.2023.101012.
- [6] L. M. C. Beltrán, “Poder adquisitivo e impacto macroeconómico: realidades en el contexto colombiano,” *Episteme. Revista de Estudios Socioterritoriales*, vol. 13, no. 2, pp. 76–84, Jul. 2021, doi: 10.15332/27113833.8362.
- [7] E. E. Rosyida, B. Santosa, and I. N. Pujawan, “A Literature Review On Multimodal Freight Transportation Planning Under Disruptions,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 337, no. 1, p. 012043, Apr. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/337/1/012043.
- [8] C. André and V. Correa, “Economic evaluation of current conditions of competition and efficiency of automotive and rail systems in Colombia,” *Energy Policy, Elsevier*, vol. 46, pp. 78–87, 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2012.03.029.
- [9] G. Alexander and B. Villamil, “Analysis In Terms Of Logistics Performance Between Colombia And Peru,” *Politécnico Gran Colombiano*, Bogotá, pp. 1–14, Nov. 15, 2021.
- [10] M. Janic, “Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 12, no. 1, pp. 33–44, 2007, doi: 10.1016/j.trd.2006.10.004.
- [11] M. Steadieseifi, N. P. Dellaert, W. Nuijten, T. Van Woensel, and R. Raoufi, “Invited Review Multimodal freight transportation planning: A literature review,” *Eur J Oper Res*, vol. 233, no. 1, pp. 1–15, 2013, doi: 10.1016/j.ejor.2013.06.055.



Referencias

- [12] J. D. P. Jaramillo and J. D. P. Jaramillo, “Diagnóstico y evaluación de transporte de mercancías por ferrocarril en Colombia,” *Ingeniería Solidaria*, vol. 12, no. 20, pp. 151–161, Oct. 2016, doi: 10.16925/in.v12i20.1480.
- [13] Ministerio de Ambiente Colombia, “Colombia reducirá en un 51% sus emisiones de gases efecto invernadero para el año 2030 -,” Ministerio de Ambiente. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.minambiente.gov.co>
- [14] “Sobre Colombia | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo.” Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.undp.org/es/colombia/sobre-colombia>
- [15] “Símbolos patrios y otros datos de interés | Cancillería.” Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.cancilleria.gov.co/colombia/nuestro-pais/simbolos>
- [16] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), “Resultado Preliminar Censo Nacional De Población Y Vivienda 2018,” Bogotá, Nov. 2018. Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co>
- [17] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, “El territorio de Colombia.” Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.dane.gov.co>
- [18] L. Márquez, V. Cantillo, and J. Arellana, “How are comfort and safety perceived by inland waterway transport passengers,” *Transp Policy (Oxf)*, vol. 36, pp. 46–52, Nov. 2014, doi: 10.1016/J.TRANPOL.2014.07.006.
- [19] “Colombia: panorama general.” Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/country/colombia/overview>
- [20] C. I. Pardo Martínez, “Energy use and energy efficiency development in the German and Colombian textile industries,” *Energy for Sustainable Development*, vol. 14, no. 2, pp. 94–103, Jun. 2010, doi: 10.1016/J.ESD.2010.02.001.
- [21] Ministerio de Agricultura de Colombia, “El sector agropecuario mantiene su tendencia de recuperación: empujó el crecimiento del PIB con un aumento del 6% en el último trimestre de 2023.” Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.minagricultura.gov.co>
- [22] H. J. G. Higuera, T. Rogelja, and L. Secco, “Policy framework as a challenge and opportunity for social innovation initiatives in eco-tourism in Colombia,” *For Policy Econ*, vol. 157, p. 103076, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.FORPOL.2023.103076.
- [23] C. y T. de C. Ministerio de Insutria, “Ingreso de divisas por turismo en Colombia registró cifra récord y creció 22,4 % | MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria

- y Turismo.” Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.mincit.gov.co>
- [24] E. José, M. Trujillo, K. Andrea, M. Solano, and J. Miguel, “Análisis de las exportaciones del sector manufacturero en los departamentos con mayor índice de desarrollo industrial en Colombia,” *Gerencia (RVG) Año*, vol. 25, no. 90, pp. 564–578, 2020.
- [25] O. Díaz Olariaga, ✉ | Andrés, and F. Carvajal, “Efectos de la liberalización en la geografía del transporte aéreo en Colombia,” *Cuadernos Geográficos*, vol. 55, no. 2, pp. 344–364, Dec. 2016, Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/3821>
- [26] Agencia Nacional de Infraestructura, “Más de \$12 billones invertirá la ANI en 5 aeropuertos del país | Portal ANI.” Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.ani.gov.co>
- [27] “Impacto macroeconómico y social de la inversión en infraestructura en Colombia, 2021-2030.” Accessed: Jun. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3960>
- [28] E. M. Causado Fonseca, “Análisis del proceso de la modernización de la infraestructura física de los aeropuertos en Colombia,” *Universidad Cooperativa de Colombia*, Santa Marta, pp. 1–10, 2019. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/15285>
- [29] C. Lacambra *et al.*, “Factsheet Resilience Solutions for the Port Sector in Colombia,” Jun. 2020, doi: 10.18235/0002403.
- [30] L. Vega, V. Cantillo, and J. Arellana, “Assessing the impact of major infrastructure projects on port choice decision: The Colombian case,” *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 120, pp. 132–148, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.TRA.2018.12.021.
- [31] A. Suárez-Alemán, T. Serebrisky, and O. Ponce De León, “Port competition in Latin America and the Caribbean: the role of concessions and competition policy,” *Maritime Policy & Management*, vol. 45, no. 5, pp. 665–683, Jul. 2018, doi: 10.1080/03088839.2017.1418538.
- [32] Logistics Cluster, “2.3 Colombia Red Carretera | Digital Logistics Capacity Assessments,” Logistics Capacity Assessment (LCA). Accessed: May 05, 2024. [Online]. Available: <https://dlca.logcluster.org/es/23-colombia-red-carretera>
- [33] “Proyectos ANI - Modo Carretero | Portal ANI,” Agencia Nacional de Infraestructura. Accessed: May 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-carretero>
- [34] F. H. Chica Bonilla, “Análisis del sistema férreo en Colombia: un potencial desaprovechado,” *Universidad de los Andes*. Universidad de los Andes, Bogotá,



Referencias

- p. 13, 2017. Accessed: May 05, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/40524>
- [35] J. Champin, R. Cortés, J. Kohon, and M. Rodríguez, “Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia,” in *Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo*, Inter-American Development Bank, 2016. doi: 10.18235/0012739.
- [36] Ministerio de Transporte de Colombia, “Plan Maestro Ferroviario una herramienta más para consolidar el transporte intermodal,” Ministerio de Transporte. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://mintransporte.gov.co>
- [37] Ministerio de Transporte Colombia, “¿Quiénes somos?,” Ministerio de Transporte. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://mintransporte.gov.co>
- [38] Logistics Cluster, “Colombia Red Carretera | Digital Logistics Capacity Assessments,” Logistics Cluster. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://dlca.logcluster.org>
- [39] S. Botero Díaz and S. Zuluaga Cardona, “Propuesta para la optimización de los recursos de monitoreo de deformaciones sobre la autopista Medellín-Bogotá mediante la técnica de interferometría ComSAR,” Universidad EIA, Envigado, 2023. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/6380>
- [40] D. A. Duque Pérez, “De cordillera a cordillera atravesando el Magdalena: la construcción de la carretera Medellín - Bogotá y el contexto regional en el Oriente Antioqueño, 1966 - 1983,” Universidad de Antioquia, Medellín, 2016. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/14848>
- [41] A. M. Torres Melo, M. A. Hernández Melo, E. en G. de Proyectos, and Virtual, “Implementación y puesta en marcha del proyecto para la ampliación del Puente de la Caro,” Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, 2018. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4620>
- [42] H. F. Vergara Castro, “Análisis del funcionamiento de la infraestructura vial del área metropolitana centro occidente compartida entre vehículos particulares, transporte público y el sistema de transporte masivo (Megabus) en el Periodo 2015 - 2022,” Escuela Superior de Administración Pública ESAP, Dosquebradas, 2023. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/27081>

- [43] G. Duque Escobar, “¿Qué hacer con la vía al Llano?,” Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2019. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77050>
- [44] A. Y. Palacios Torres, L. K. González Mosquera, and R. González Pérez, “Conociendo los principales vehículos de carga en Colombia,” UTADEO Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 2021. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/20773>
- [45] Ministerio de Transporte, “En 2023 se movilizaron más de 135 millones de toneladas de carga por las vías del país,” Ministerio de Transporte. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://mintransporte.gov.co>
- [46] F. R. Valderrama, “Comparaciones técnicas entre los anchos de trocha ferroviaria yarda y estándar, a propósito del proyecto del tren de cercanías,” *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, ISSN-e 0124-8170, Vol. 12, N^o. 1, 2002, vol. 12, no. 1, p. 3, Jul. 2002, doi: 10.18359/RCIN.1346.
- [47] L. Márquez, “El ferrocarril colombiano: 4 temas recurrentes en la literatura,” *Estudios Gerenciales*, vol. 33, no. 143, pp. 187–194, Apr. 2017, doi: 10.1016/J.ESTGER.2017.04.003.
- [48] P. Arias Amézquita and P. A. García Arango, “La línea férrea del Atlántico y su programa de rehabilitación en los tramos Facatativa (PK 40) - Villeta (PK 110) - la Dorada (PK 202) - Puerto Berrio (PK 328) - Cabañas (PK 361),” Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2005. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2768>
- [49] B. López Martín, “Estudio de mercado. El mercado de transporte ferroviario en Colombia 2023,” ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.icex.es>
- [50] D. P. Nope Zambrano, “La importancia del transporte multimodal en Colombia,” *Universidad Militar Nueva Granada*, Bogotá, Apr. 30, 2020. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10654/35284>.
- [51] S. Madroñero-Palacios and T. Guzmán-Hernández, “Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias,” *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 3, Oct. 2018, doi: 10.18845/TM. V31I3.3907.
- [52] Y. T. Arciniegas Santoro, L. E. Fandiño Guzmán, and S. Marin Yara, “Estudio de la sostenibilidad del proyecto tren Dorada Chiriguaná: un estudio basado en medios de comunicación y documentación técnica,” Universidad cooperativa de Colombia, Ibagué, 2023. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/55593>



Referencias

- [53] Agencia Nacional de Infraestructura, “8 consorcios empresariales acompañan la reactivación de la Red Férrea Central | Portal ANI,” ANI. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.ani.gov.co>
- [54] Logistics Cluster, “Colombia Red Ferroviaria | Digital Logistics Capacity Assessments,” Logistics Cluster. Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: <https://dlca.logcluster.org>
- [55] O. E. Aragón Acuña, “Transporte férreo para la movilización de mercancías, en la zona del pacífico en Colombia,” *Universidad Militar Nueva Granada*, Bogotá, May 18, 2022. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10654/42290>
- [56] L. Márquez, “The Colombian railways: 4 recurring subjects in the literature,” *Estudios Gerenciales*, vol. 33, no. 143, pp. 187–194, 2017, doi: 10.1016/J.ESTGER.2017.04.003.
- [57] C. Herrera and Y. P. A. Chávez, “El transporte fluvial como estrategia competitiva por el río magdalena y su articulación con la logística sincro-modal para generar ventajas a el comercio internacional colombiano,” *Universidad Cooperativa de Colombia*, Bogotá, 2019. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/16015>
- [58] J. F. Cantillo Ramírez, J. C. López Arboleda, and J. I. Hurtado Bonilla, “El reconocimiento del río Atrato, sus cuencas y sus afluentes como sujetos de derechos,” *Universidad Libre de Colombia*, Pereira, 2019. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10901/19919>
- [59] J. C. Cuellar Martínez, “Terminal de transporte fluvial para la región Amazónica,” *Fundación Universidad de América*, Bogotá, 2021. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8234>
- [60] D. del P. Gómez Nieto and I. A. Cantillo Medina, “Análisis del transporte fluvial de carga: una propuesta de mejora en la competitividad y eficiencia del sector. caso de estudio en el río Magdalena.,” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia*, Bogotá, Mar. 24, 2021. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/39424>
- [61] S. Villamil Rodriguez, “Análisis del estado actual que presenta el transporte fluvial de carga en los principales ríos de Colombia,” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, La Dorada, 2017. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17556>
- [62] “Tipos de buque por cargas,” Dachser. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://www.dachser.com.mx>

- [63] M. F. Bravo Mercado, "Análisis de la problemática en la implementación del transporte multimodal en Colombia," Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, 2006. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12585/1655>
- [64] A. del M. Agámez Arias, J. P. García Sabater, and J. M. Fuentes, "Modelos de optimización para el diseño estratégico-táctico de una red de transporte intermodal," Universitat Politècnica de València, Valencia (Spain), 2021. doi: 10.4995/THESIS/10251/177015.
- [65] L. Ricardo González, "Las vías fluviales, infraestructuras y puertos: la industria del contenedor, sus aportes al transporte multimodal, visión en Colombia," *RHS-Revista Humanismo y Sociedad*, vol. 1, no. 2, pp. 162–167, Dec. 2013, doi: 10.22209/RHS.V1N2A06.
- [66] "Plan Maestro Transporte Intermodal PMTI," Departamento Nacional de Planeación DNP. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <https://onl.dnp.gov.co>
- [67] M. de Transporte, *DECRETO 736 DE 2014*. 2014. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <http://web.mintransporte.gov.co/jspui/handle/001/171>
- [68] W. F. Vanegas Munevar, L. F. Carpeta Mateo, and E. Quintero Acevedo, "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," Universidad EAN, Bogotá, 2023. doi: 10.2/JQUERY.MIN.JS.
- [69] A. D. Daza García, L. I. Peñaranda Batista, and D. Pérez Esquiaqui, "Optimización multimodal con la implementación de la herramienta Port Community System (PCS)," Universidad del Norte, Barranquilla, 2018. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10584/10975>



Anexos

	Tractocamión de 2 ejes (C2S2)	Tren de Carga	Barco Remolcador
Factor de emisión kg CO2	2,67	2,67	2,67
Consumo en litros cada 100 kilómetros	42	300	300
Toneladas Movilizadas	625	625	625

Tabla 6-1 Datos estimados para calcular emisiones por modo

Ruta 1	Ton.	Km Ferrocarril	Km Carretera	Litros Diesel Ferrocarril	Litros Diesel Carretera	Emisiones kg CO2	% Reducción CO2
Modo							
Carretera Ferrocarril	625	430	453	1290	190,26	16,144,16	31%
Carretera	625		840		352,8	23,549,40	

Tabla 6-2 Cálculo emisiones Ruta 1 Pasto-Neiva-Bogotá

Ruta 2	Ton.	Km Fluvial	Km Ferrocarril	Km Carretera	Consumo Litros Diesel Fluvial	Consumo Litros Diesel Ferrocarril	Consumo Litros Diesel Carretera	Emisiones kg CO2	% Reducción CO2
Modo									
Fluvial Ferrocarril	625	631	444		1893	1332		8,610,75	72%
Carretera	625			1092			458,64	30,614,22	

Tabla 6-3 Cálculo emisiones Ruta 2 Barranquilla-Bogotá

Ruta 3	Ton.	Km Ferrocarril	Km Carretera	Consumo Litros Diesel Ferrocarril	Consumo Litros Diesel Carretera	Emisiones de CO2	% Reducción CO2
Modo							
Carretera Ferrocarril	625	257	398	771	167,16	13,216,50	17,00%
Carretera	625		568		238,56	15,923,88	

Tabla 6-4 Cálculo emisiones Ruta 3 Cúcuta-Bogotá

Ruta 4	Ton.	Km Ferrocarril	Km Carretera	Consumo Litros Diesel Ferrocarril	Consumo Litros Diesel Carretera	Emisiones de CO2	% Reducción CO2
Modo							
Carretera Ferrocarril	625	344	308	1032	129,36	11,390,22	28%
Carretera	625		563		236,46	15,783,71	

Tabla 6-5 Cálculo emisiones Ruta 4 Buenaventura-Cali-Bogotá

Ruta 5	Ton.	Km Ferrocarril	Km Carretera	Consumo Litros Diesel Ferrocarril	Consumo Litros Diesel Carretera	Emisiones de CO2	% Reducción CO2
Modo							
Ferrocarril	625	545		1635,000		4,365,45	62,66%
Carretera	625		417		175,14	11,690,60	

Tabla 6-6 Cálculo emisiones Ruta 5 Medellín Bogotá