



# **Análisis de los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia**

**Lisson Edwin Camacho Jimenez**

**Donaldo David Durán Capella**

**Universidad del Magdalena**

Facultad de Ingeniería

Especialización en Logística y Transporte Internacional

Santa Marta D.T.C.H, Colombia

2021



# **Análisis de los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia**

**Lisson Edwin Camacho Jimenez**  
**Donaldo David Durán Capella**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Especialista en Logística y Transporte Internacional**

Director (a):  
**Carlos Hernán Fajardo Toro**

Línea de Investigación:  
**Logística y Transporte Férreo**

**Universidad del Magdalena**  
Facultad de Ingeniería  
Especialización en Logística y Transporte Internacional  
Santa Marta D.T.C.H, Colombia  
2021

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Evaluador 1**  
Comité de evaluación

---

**Evaluador 2**  
Comité de evaluación

---

**Evaluador *n***  
Comité de evaluación

### Declaratoria de originalidad

Yo, **Lisson Edwin Camacho Jimenez**, declaro que este trabajo de investigación para optar al título de especialista en Logística y Transporte Internacional de la Universidad del Magdalena, no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad.

Firma:



---

Yo, **Donaldo David Durán Capella**, declaro que este trabajo de investigación para optar al título de especialista en Logística y Transporte Internacional de la Universidad del Magdalena, no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad.

Firma:



---

## Dedicatoria

Doy gracias a Dios, por haberme brindado la sabiduría necesaria  
y por darme las herramientas para realizar  
de manera exitosa este trabajo de investigación,  
por mostrarme la luz y el camino y nunca dejarme desfallecer.  
Además, por llevar siempre mi vida por un camino de éxitos  
en el pasado, presente y futuro.  
La gloria para ti señor; tu tiempo es perfecto.

Dedico este proyecto a mi padre **Ramon Camacho**  
por todo el apoyo incondicional, por confiar en mí,  
por todos sus sabios consejos,  
por estar siempre cuando más lo necesito. Te Amo Padre.

Dedico este proyecto a mi madre **Denis Jiménez**  
por todo ese amor incondicional que me brinda,  
por todas esas palabras de apoyo que me motivan cada día  
para ser mejor persona, mejor profesional, para ser quien soy,  
por ser la razón de mi vida. Te Amo Madre.

A todas esas personas que de alguna manera me apoyaron  
para finalizar de manera satisfactoria este proyecto.

**Lisson Edwin Camacho Jimenez**

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto con todo mi corazón, amor y cariño a mi madre Emma Capella Yance y mi padre Donaldo Durán Velázquez por su sacrificio y esfuerzo en darme lo necesario para culminar mis planes académicos, por confiar en mis capacidades y darme las palabras de aliento que me motivan día a día a ser una mejor persona de la que fui ayer.

A todas las personas que me ayudaron de alguna forma a desarrollar de la mejor manera este proyecto.

**Donaldo David Durán Capella**

## Resumen

La utilización del modo férreo para la movilización de cargas y la articulación con otros medios de transporte, tienen un papel muy importante en el fortalecimiento de la logística y la cadena productiva de cualquier país. En Colombia la red férrea tiene actualmente una longitud total de 3.533 kilómetros; de los cuales el 51% (1804 Km) se encuentran en operación y el 49% (1729 km) están inactivos. Por el modo férreo se ha movilizado en promedio desde el año 2010 lo correspondiente al 21% de la carga total del país; lo que lo posiciona en el segundo modo de transporte de mercancías más importante, después del transporte de carga por carretera. Sin embargo, la carga predominante la cual ha sido movilizada por los corredores férreos activos, corresponde a cargas minerales; específicamente carbón, y ésta es transportada por la red férrea privada, la cual tiene una longitud de 189 km y representa únicamente el 5% de la longitud total de la red activa. El siguiente proyecto de investigación, se plantea como un medio para analizar los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia. Para ello, se recopilará información técnica de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país, seguidamente se hará la caracterización de los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia, se determinarán las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos y posteriormente se establecerá la eficiencia del modo férreo en Colombia en términos de costos, capacidad de peso y volumen.

**Palabras claves:** Modo férreo, cargas no minerales, trenes de carga, corredores férreos, transporte de cargas en Colombia, corredores activos e inactivos.

## Abstract

The use of railway mode to transport goods and the articulation with other conveyance have a very important role in the strengthening of the logistic and the production chain of any country. Railway network in Colombia has a total length of 3.533 kilometers; of which 51% (1804 km) are operative and 49% (1729 km) are inactive. By the railway mode It has been mobilized on average 21% of the total country's goods since 2010; that places it as the second most important conveyance, after road transport. However, the prevailing goods that have been transported through the operative railways correspond to mineral loads; specifically, coal and this one is transported through the private railway network, which is 189 km length and represents only 5% of the operative railway network total length. The following research project is proposed as a mode to analyze the factors that influence the underutilization of railway mode to transport goods different to minerals in Colombia. For it, technical information of the inactive and operative railways in Colombia will be collected. Immediately, characterization of freight train that are currently operative in Colombia, will be done, the possible causes of the inactivity of railway will be determined, and afterwards the efficiency of railway mode in Colombia will be established in terms of costs, volume and weight capacity.

**Keywords:** Railway mode, goods different to minerals, freight train, railway network, transport of goods in Colombia, inactive and operative railways.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	7
1. Introducción.....	13
2. Descripción del Problema de Investigación.....	14
3. Formulación del Problema.....	15
4. Objetivos.....	16
4.1 General:.....	16
4.2 Específicos:.....	16
5. Justificación.....	17
6. Marco Teórico.....	19
6.1 Antecedentes de Investigación.....	19
6.2 Bases Teóricas.....	20
6.2.1 Aspectos relacionados con la infraestructura y los elementos de una vía férrea.....	21
6.2.1.1 Superestructura.....	21
6.2.1.1.1 Los rieles o carriles.....	22
6.2.1.1.2 Traviesas o durmientes.....	25
6.2.1.1.3 Fijaciones.....	27
6.2.1.1.4 Balasto.....	27
6.2.1.2 Infraestructura.....	28
6.2.1.2.1 Obras de tierra o sub-balasto.....	28
6.2.1.2.2 Terraplén.....	28
6.2.1.2.3 Plataforma.....	29
6.2.2 Aspectos relacionados con los tipos de trenes para el transporte de carga.....	29
6.2.2.1 Tren de transporte de carga unitario.....	29
6.2.2.2 Tren de transporte de carga mixto.....	30
6.2.2.3 Tren de transporte de carga intermodal.....	30
6.2.3 Aspectos relacionados con los tipos de vehículos ferroviarios.....	30
6.2.3.1 Plataformas.....	31
6.2.3.2 Gondolas.....	31
6.2.3.3 Furgones.....	32
6.2.3.4 Tolvas.....	32
6.2.3.5 Ferro-tanques.....	33
6.3 Descripción de las Variables.....	33
6.3.1 Definición Nominal.....	33
6.3.2 Definición Conceptual.....	33
6.3.3 Definición Operacional.....	34
6.3.4 Cuadro de Operacionalización de variables.....	34
7. Metodología.....	35
7.1 Enfoque de la investigación.....	36
7.2 Tipo de investigación.....	36
7.3 Diseño de investigación.....	36
7.3.1 Periodo.....	36
7.3.2 Evolución.....	37
7.3.2.1 Método de recolección de datos.....	37
7.3.2.2 Interferencia del investigador.....	37
7.4 Población y muestra.....	38
7.5 Instrumentos y técnicas de recolección y análisis de datos.....	38

8. Cronograma .....	40
9. Presupuesto .....	41
10. Desarrollo de los objetivos.....	42
10.1 Información técnica de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país.....	42
10.1.1 Red férrea del Atlántico .....	44
10.1.2 Red férrea central .....	48
10.1.3 Red férrea del pacífico.....	50
10.1.4 Red férrea privada .....	52
10.1.5 Redes férreas inactivas a cargo del INVIAS .....	53
10.2 Caracterización de los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia, cantidad y especificaciones técnicas.....	56
10.2.1 Caracterización y configuración .....	56
10.2.2 Especificaciones técnicas.....	60
10.3 Determinación de las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos para el transporte de cargas en Colombia .....	63
10.4 Establecer la eficiencia del modo férreo para el transporte de cargas en Colombia en términos de costos, capacidad de volumen y peso.....	66
11. Conclusiones y recomendaciones.....	71
12. Lista de Referencias .....	75

## Lista de figuras

Figura 1. Elementos de una vía férrea .....	22
Figura 2. Partes de un riel o carril .....	23
Figura 3. Ancho de trocha .....	24
Figura 4. Clasificación de Traviesas o durmientes .....	26
Figura 5. Plataforma ferroviaria .....	31
Figura 6. Góndolas .....	31
Figura 7. Furgones ferroviarios .....	32
Figura 8. Tolvas ferroviarias .....	32
Figura 9. Ferro-tanques .....	33
Figura 10. Modelo de lista de chequeo red férrea nacional.....	39
Figura 11. Cronograma de actividades .....	40
Figura 12. Presupuesto .....	41
Figura 13. Red férrea nacional .....	43
Figura 14. Ancho de trocha red férrea del atlántico tramo Santa Marta - Ciénaga.....	46
Figura 15. Traviesas de concreto y fijaciones red férrea del atlántico tramo Santa Marta - Ciénaga.....	47
Figura 16. Estación Ciénaga (PK 931).....	47
Figura 17. Línea férrea Cerrejón – Puerto Bolívar.....	53
Figura 18. Locomotora que opera la red férrea del atlántico empresa Drummond. ....	56
Figura 19. Locomotora que opera la red férrea del atlántico - empresa PRODECO.....	57
Figura 20. Locomotora que opera la red férrea del atlántico - empresa CNR. ....	58
Figura 21. Locomotora que opera la red férrea del atlántico empresa FENOCO.....	59

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Anchos de trocha utilizados en las redes férreas .....	24
Cuadro 2. Operacionalización de variables.....	34
Cuadro 3. Especificaciones técnicas red férrea del atlántico .....	45
Cuadro 4. Estaciones de la red férrea en el tramo Bogotá -Belencito.....	49
Cuadro 5. Especificaciones técnicas red ferra central.....	50
Cuadro 6. Especificaciones técnicas red férrea del pacífico .....	51
Cuadro 7. Especificaciones técnicas red férrea privada.....	52
Cuadro 8. Especificaciones técnicas red férrea inactiva.....	54
Cuadro 9. Red férrea nacional.....	55
Cuadro 10. Características Drummond largo y Drummond corto.....	57
Cuadro 11. Característica locomotora PRODECO .....	58
Cuadro 12. Característica locomotora CNR.....	59
Cuadro 13. Característica locomotora FENOCO .....	60
Cuadro 14. Especificaciones técnicas General Electric U-10-B .....	61
Cuadro 15. Especificaciones tecnicas motor Diesel Caterpillar.....	62
Cuadro 16. Comparativos tipos de transporte.....	67
Cuadro 17. Toneladas por kilómetro e insumos utilizados Estados Unidos.....	68
Cuadro 18. Toneladas por kilómetro e insumos utilizados Canadá .....	69

## 1. Introducción

El modo de transporte férreo para la movilización de cargas no minerales, puede ayudar a incrementar la competitividad de Colombia, aportando una mejoría en variables tales como la reducción de los costos de transporte, ya que este medio es uno de los más económicos según las cifras que más adelante se detallarán en el documento y una disminución de tiempos entre trayectos que influenciaría de manera muy positiva a la logística y la cadena de abastecimiento.

La excesiva utilización del transporte terrestre de tipo carretero por camiones y tracto camiones, sumado al rezago de la infraestructura vial del país, el incremento del precio de la gasolina y el difícil acceso a sectores apartados de Colombia, justifican la reactivación de varios corredores férreos que se encuentran inactivos.

Actualmente el país cuenta con solo tres corredores férreos, los cuales según el DNP no son muy competitivos frente a otros tipos de transporte utilizados a lo largo de la geografía colombiana. Así mismo, el tipo de carga que se moviliza por este medio de transporte en su mayoría es de tipo mineral o carbonífera. Por ello, el tema principal tratado en el presente proyecto de investigación; es el Análisis de los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia.

De igual manera, en la investigación se presentan de manera detallada, las vías férreas que se encuentran en funcionamiento y las que ya no cumplen la función de transportar, debido bien sea a la utilización de otros medios de transporte como el carretero, al deterioro por antigüedad o al escaso uso del recaudo de impuestos para el mantenimiento y reapertura de esas vías.

Por último, este proyecto de investigación pretende exponer las razones por las cuales la reactivación de las vías férreas inactivas y la utilización de estas para el transporte de productos no minerales; puede ser el motor que impulse la competitividad del país, en temas logísticos en un futuro no muy lejano.

## 2. Descripción del Problema de Investigación

El modo férreo para el transporte de cargas es un sistema que hace parte del modo de transporte terrestre, en el que se utilizan trenes que circulan sobre rieles y que están compuestos por uno o más vagones que son arrastrados por una o varias locomotoras. La participación del modo férreo tanto para el transporte de cargas como el de pasajeros, contribuye al fortalecimiento de la economía y a la reducción de los costos logísticos, lo que deriva en menores precios de los bienes y productos transportados y aumenta los niveles de competitividad de los países (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

En Colombia el modo de transporte predominante para movilizar cargas, es el automotor por carreteras. La red de carreteras colombianas actualmente tiene unos 215.000 kilómetros de los que alrededor de 23.000 se encuentran pavimentados y poco más de 1000 kilómetros posee dobles calzadas. Por su parte, la red ferroviaria colombiana, llegó alcanzar una extensión superior a los 3.300 kilómetros hacia mediados del siglo XX, y debido al avance en el desarrollo de las carreteras del país y a una mala gestión empresarial y del gobierno nacional, los corredores ferroviarios fueron abandonados en forma progresiva, manteniéndose en servicio en forma activa, solo la mitad de la red ferroviaria original (Champin, Cortés, Kohon, & Rodríguez, 2016).

Por su parte, por el modo férreo se ha movilizado en promedio desde el año 2010 al 2018 lo correspondiente al 21% de la carga total del país; lo que lo posiciona en el segundo modo de transporte de mercancías más importante, después del transporte de carga por carretera (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020). Sin embargo, la carga predominante la cual ha sido movilizada por los corredores férreos activos, corresponde a cargas minerales específicamente carbón, y ésta es transportada por la red férrea privada.

En relación a su tamaño, la red ferroviaria de Colombia tiene actualmente una longitud total de 3.533 kilómetros de los cuales el 51% (1804 Km) se encuentran en operación y el 49% (1729 km) están inactivos, de igual forma, de la totalidad de la red férrea, el 46% (1610 km) se encuentra a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, el 49% (1734 km) es administrada por el Instituto Nacional de Vías INVIAS y un 5% (189 km) corresponden a líneas de uso privado; lo cual pone en evidencia la subutilización que tiene el modo férreo para el transporte de cargas diferentes al carbón en el país (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

La subutilización del modo férreo en Colombia para el transporte de cargas diferentes al carbón y la deficiente articulación con otros medios de transporte, generan una disminución en los índices de competitividad del país en términos de logística y transporte de mercancías y materias primas, el cual ha sido uno de los grandes impulsores del progreso económico de los países a lo largo de la historia.

Esta investigación se plantea como un medio para analizar los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales y su atribución a la apuesta del sector transporte nacional para la reactivación del modo férreo como potencial impulsor del desarrollo económico y social del país (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

### **3. Formulación del Problema**

¿Qué factores influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia?

## 4. Objetivos

### 4.1 General:

Analizar los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia.

### 4.2 Específicos:

- Recopilar información técnica de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país.
- Caracterizar los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia respecto a su cantidad y especificaciones técnicas.
- Determinar las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos para el transporte de cargas en Colombia.
- Establecer la eficiencia del modo férreo para el transporte de cargas en Colombia en términos de costos, capacidad de volumen y peso.

## 5. Justificación

Esta investigación se justifica principalmente en los siguientes aspectos: teórico, metodológico, práctico y el componente social:

En relación con el aspecto teórico, la investigación profundizará en los conceptos e información técnica de los principales componentes y la infraestructura de la vía férrea y las características de los corredores que componen la red ferroviaria del país, también ahondará en las especificaciones técnicas de los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia y la verificación de aspectos relacionados con sus capacidades de volumen y peso máximos permitidos para el movimiento de cargas. De igual forma será preciso profundizar en el conocimiento de las condiciones actuales del país en términos de logística y transporte de cargas de importación y exportación por el modo férreo y las respectivas regulaciones vigentes. Esto con el fin de tener un mayor entendimiento de las necesidades que se tienen actualmente en el país en infraestructura ferroviaria y transporte y ampliar sobre los parámetros que influyen en el precio y la calidad de los servicios ferroviarios de mercancía y la incidencia de estos en los elementos claves de los servicios de transporte; los cuales son: el precio, el tiempo y la fiabilidad. La profundización de los anteriores aspectos se constituirá en un aporte valioso al conocimiento específico del transporte de cargas en Colombia por el modo férreo; el cual servirá como antecedente para próximas investigaciones (Sanz, Peñaranda, & Carles, 2013).

Desde el punto de vista metodológico, la investigación precisará una estrategia de recopilación y análisis de información técnica de la infraestructura vial férrea del país y las especificaciones de los trenes para el transporte de cargas con las empresas operadoras que se encuentran a cargo de la totalidad de la red férrea nacional, y la posterior validación y cruce de información con los respectivos entes de control y regulación. Metodología que podría ser desarrollada en futuras investigaciones (Mintransporte, 2020).

Desde el enfoque práctico, la investigación pretende dar respuesta a la necesidad del país de avanzar en materia de logística y transporte y en la pronta reactivación de los corredores ferroviarios que se encuentran actualmente inactivos en la región, para modernizarlos y volverlos competitivos, tal como se ha hecho en el país con las carreteras nacionales, aeropuertos y puertos marítimos. Por ello la necesidad de analizar los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales; lo cual ayudará a la integración efectiva del modo férreo a la red de transporte nacional y la articulación con los otros medios de transporte existentes (Portafolio, 2018).

Desde la representación social la investigación cobra gran importancia, especialmente por la tendencia a la baja de los índices de competitividad del país en términos de logística y transporte de mercancías y materias primas por el modo férreo, lo cual da una idea de la magnitud de la problemática. La economía colombiana se ha caracterizado a través de la historia por tener una dependencia de bienes primarios como la minería y los hidrocarburos como los principales bienes que aportan al producto interno bruto; lo que ha causado un desequilibrio en la generación de otros tipos de productos. Para poder lograr que la producción nacional sea competitiva, no solo para el consumo interno, sino también para el internacional, se hace necesario que el país reactive la red ferroviaria para el transporte de carga; el cual podría convertirse en la columna multimodal que reduciría los costos del transporte de carga en el país con precios asequibles para los productores (Gómez, Hernández, Jánica, Zapata, & Avolio Alecchi, 2018).

La utilización del modo férreo para la movilización de cargas y la articulación con otros medios de transporte, tienen un papel central en el fortalecimiento de la logística y la cadena productiva de un país; lo cual ha sido uno de los grandes impulsores del progreso económico a lo largo de la historia y que contribuye a la disminución del déficit comercial de la nación.

## 6. Marco Teórico

### 6.1 Antecedentes de Investigación

El departamento nacional de planeación DPN (2020), presentó el documento público que se titula “plan maestro ferroviario: una estrategia para la reactivación y consolidación de la operación ferroviaria en el país”; como un instrumento de política pública para orientar en el esclarecimiento de un marco institucional, normativo y regulatorio para la estructuración y puesta en marcha de proyectos ferroviarios, que garanticen la competitividad y sostenibilidad del modo férreo en Colombia. Estrategia del gobierno nacional con la que se presente generar la reactivación de los corredores férreos inactivos para el transporte de cargas.

El Ministerio de Transporte de Colombia Mintransporte (2020), publicó el informe anual que lleva como título “transporte en cifras 2019” en el cual presenta las estadísticas correspondientes a la vigencia del año 2019, del movimiento de cargas y pasajeros a través de los distintos modos de transporte incluyendo el modo férreo; así como también, datos relevantes de la infraestructura vial actual de Colombia. Lo que pone en evidencia la subutilización del modo férreo en el país, para el transporte de cargas diferentes al carbón.

Gómez Díaz, L., Hernández Rondón, L., Jánica Vanegas, F., Zapata Atehortúa, J., & Avolio Alecchi, Beatrice Elcira. (2018), presentaron sus tesis de grado el cual se titula “Planeamiento Estratégico para el Sector Ferroviario de Carga para Colombia” en el que plantean que para que la producción nacional sea competitiva y no dependa de bienes primarios como la minería y los hidrocarburos, el país debe construir una red de transporte de carga con precios mas asequibles a los productores y ubican al sector ferroviario como una de las alternativas o soluciones más viables y sostenibles.

La revista Portafolio (2018), publicó un artículo denominado “El modo férreo se propone encarrilar su reactivación” en el que diferentes actores como el presidente de la Asociación de

Ingenieros Ferroviarios de Colombia (AIFC) y la directora ejecutiva de la Cámara Marítimo y Portuaria de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, exponen su preocupación en cuanto al tema de la reactivación de los corredores ferroviarios del país y la articulación del modo férreo con los otros medios de transporte, para lograr la intermodalidad y por consiguiente operaciones de transporte más eficientes en el país.

Champin, Jorge, Cortés, René, Kohon, Jorge, & Rodríguez, Manuel. (2016), publicaron el libro que se titula “Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia” el cual tiene como objetivo identificar las acciones y el desafío que tiene la actividad ferroviaria de carga en Colombia para alcanzar su reactivación y crecimiento a partir de las estrategias y recomendaciones expuestas en el libro. Concluyen en que existe una serie de condicionantes los cuales no han permitido el avance de la actividad férrea en Colombia para el transporte de cargas.

Sanz, Ignacio - Peñaranda de, Íñigo - Carles, Joan (2013), publicaron el libro que se titula “Transporte ferroviario de mercancías” el cual presenta las claves para conocer los factores de eficiencia de los servicios ferroviarios en la cadena de transporte, brinda información sobre las características de los vehículos férreos, tipos de cargas y elementos de mantenimiento de las unidades de carga. El libro tiene un enfoque particular en el que los autores, especialistas unos en logística y otros en ferrocarriles exponen sus conocimientos para plantear el tema desde diferentes perspectivas, y concluyen que el libro es una buena herramienta para mejorar la competitividad de la actividad logística de un país.

## **6.2 Bases Teóricas**

Los conceptos teóricos a tener en cuenta para el desarrollo de la investigación están basados en tres aspectos principales:

- 1) Aspectos relacionados con la infraestructura y los elementos de una vía férrea.
- 2) Aspectos relacionados con los tipos de trenes para el transporte de carga.
- 3) Aspectos relacionados con los tipos de vehículos ferroviarios.

### **6.2.1 Aspectos relacionados con la infraestructura y los elementos de una vía férrea**

Para identificar los factores que influyen en la utilización del modo férreo para el transporte de cargas, es necesario tener en cuenta aspectos relacionados con los elementos que conforman una vía férrea. La cual se divide principalmente en dos grupos de elementos: La superestructura y la infraestructura.

#### **6.2.1.1 Superestructura**

La superestructura comprende la vía propiamente dicha y el conjunto de equipos o instalaciones requeridas para que los trenes puedan circular garantizando su eficacia y seguridad. La superestructura está situada sobre la infraestructura y constituye el paquete estructural. Está conformado a su vez por dos hileras de carriles, que se apoyan sobre las traviesas y se acoplan a ellas por medio de las sujeciones. Esto lleva el nombre de emparrillado, el cual se apoya en la capa de balasto, y a su vez queda empotrado mediante el relleno de los huecos entre traviesas, también con balasto (Insa Franco, 2016).

La superestructura a su vez está conformada por cuatro elementos que se complementan entre sí y que cumplen una función específica (ver figura 1). Entre ellos se encuentran:

- Rieles o carriles
- Traviesas o durmientes
- Balasto
- Fijaciones

A continuación, se describe de forma detallada cada uno de los elementos de la superestructura:

### Figura 1.

#### *Elementos de una vía férrea*



Fuente: (Sánchez Díaz , 2021)

#### **6.2.1.1.1 Los rieles o carriles**

El carril es una barra de acero laminado que recibe directamente las cargas que transmiten los vehículos al hacer contacto directo con las ruedas de los trenes (ver figura 1). El carril establece el elemento fundamental de la estructura de la vía y opera como calzada, dispositivo de guiado y en unos casos de dispositivo conductor de la corriente eléctrica (Álvarez Stein, 2012). Tienen diferentes pesos y longitudes que van hasta los 288 metros.

Los rieles vienen designados por el número de libras de peso por cada yarda de longitud o calibre (Lb/Yd). En él se pueden diferenciar tres partes: la parte superior llamada

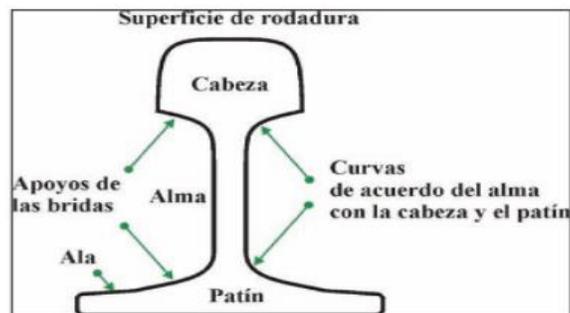
cabeza el cual se utiliza como elemento de rodadura, el patín el cual representa la base del carril y sirve para la sujeción con las traviesas y el alma que es la parte delgada que une la cabeza con el patín (Ver figura 2). Los carriles se unen unos con otros por medio de soldadura (Insa Franco, 2016).

Los carriles cumplen las siguientes funciones, entre las relevante podemos encontrar:

- Resistir y transmitir los esfuerzos de los vehículos que le llegan directamente del contacto con las ruedas.
- Guían a los vehículos con ayuda de las pestañas de las ruedas
- Adhesión suficiente para aceleración y frenado
- Conducir las corrientes de señalización y los circuitos de vía.
- Conducir corrientes de retorno en líneas con tracción eléctrica.

**Figura 2.**

*Partes de un riel o carril*



Fuente: (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen I., 2016)

- **Ancho de trocha**

Un parámetro de suma importancia relacionado con los rieles o carriles; es el ancho de trocha, que corresponde a la distancia o longitud existente entre las caras internas de los rieles, medida en Colombia a 10 milímetros por debajo del plano de rodadura, en alineación recta (ver

figura 3). El ancho de trocha tiene incidencia en la operación de los trenes, limita el tipo de mercancía que se pueda transportar por las vías en cuanto a su peso; limita el tipo de material móvil y la velocidad en la que se puede transportar por la vía y condiciona posibles conexiones con otros ferrocarriles (Camara colombiana de la infraestructura, 2016).

**Figura 3.**

*Ancho de trocha*



Fuente: (Camara colombiana de la infraestructura, 2016)

Existen tres tipos diferentes de anchos de trocha adoptados en muchos países; en Colombia la red férrea está construida en trocha angosta y las dos únicas líneas férreas construidas con trocha estándar es la del ferrocarril privado del Cerrejón y la del Metro de Medellín. En el Cuadro 1, se relacionan los diferentes tipos de anchos de trochas con sus respectivas distancias o longitudes entre carriles.

**Cuadro 1.**

*Anchos de trocha utilizados en las redes férreas*

ANCHOS DE TROCHA	
TIPO DE TROCHA	LONGITUD
Trocha Angosta	914 mm = 91.4 cm = 0.914 m = ( 1 Yarda)
Trocha Estándar	1435 mm = 143.5 cm = 1.435 m
Trocha Ancha	> 1435 mm

Fuente: Elaboración Propia

### **6.2.1.1.2      *Traviesas o durmientes***

Las traviesas o durmientes forman parte de la superestructura de la vía, son elementos transversales a la vía sobre los que se colocan los rieles; constituyen la unión entre el carril o riel y el balasto, formando lo que se conoce como emparrillado de vía (ver figura 1). Las traviesas tienen diferentes funciones relacionadas con la geometría de la vía, con la resistencia, con la transmisión de cargas y con la resistividad (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen I., 2016); entre sus funciones podemos encontrar:

- Soportar los rieles
- Transmitir los esfuerzos al balasto
- Mantener la distancia exacta entre los rieles
- Mantener la nivelación

En términos generales, la función de las traviesas es conservar el ancho de vía, transferir y repartir las cargas verticales a los carriles, y a su vez al balasto y de allí al terreno (Álvarez Stein, 2012).

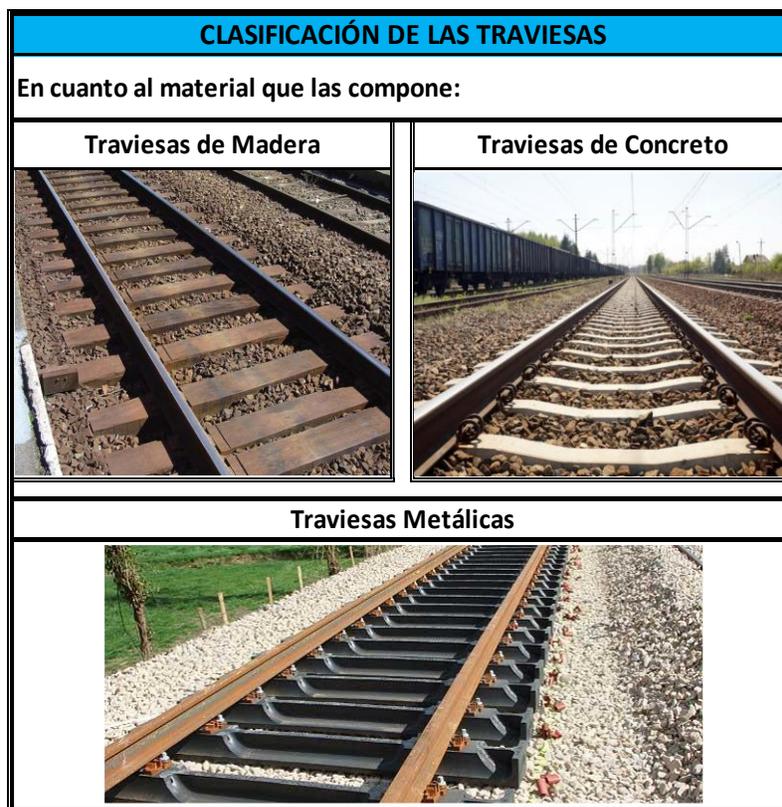
Las traviesas se clasifican en función del material que las compone (ver figura 4), entre las cuales podemos encontrar:

- **Traviesas de madera:** son fabricadas generalmente en madera de roble, madera de haya y en pocas ocasiones en madera de pino (ver figura 4). Presentan varias ventajas importantes en su utilización; entre las cuales se destaca su flexibilidad; ya que les permite deformarse de gran manera, permitiéndole absorber más energía. Y en cuanto a su desventaja; encontramos que ésta radica en la susceptibilidad con respecto a la actividad climatológica, que limita su vida útil (Reyes Tao & Estupiñan Camero, 2019).

- **Traviesas de concreto:** existen dos tipos de traviesas de este tipo; traviesas monobloque y bibloque, las primeras son de una sola pieza y tienen en su interior acero de refuerzo (ver figura 4), y las segundas constan de dos bloques de concreto en la zona donde se sitúan los rieles; los bloques se unen mediante barras de acero (Reyes Tao & Estupiñan Camero, 2019).
- **Traviesas metálicas:** el material puede ser acero o hierro, están formadas por una lámina doblada en forma de U invertida con unas pequeñas aletas en sus extremos con el fin de que se empotren en el balasto para evitar desplazamientos (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen I., 2016).  
En la figura 4 se puede observar su diseño.

**Figura 4.**

*Clasificación de Traviesas o durmientes*



Fuente: Elaboración propia

### **6.2.1.1.3 Fijaciones**

Las fijaciones corresponden a los elementos que fijan el carril a la traviesa y que aseguran que éste quede unido de manera estable (ver figura 1). Se conocen así los clavos o tornillos predestinados a fijar los carriles en las traviesas (Álvarez Stein, 2012). Se puede decir que la función principal de la sujeción es mantener la integridad del emparrillado al ser sometido a las cargas (Insa Franco, 2016). Además de la función principal las fijaciones cumplen otras funciones, en las que podemos destacar las siguientes:

- Hacen posible la continuidad estructural de la vía
- Evitan desplazamiento del riel
- Aportan capacidad de aislamiento eléctrico
- Mantener la estabilidad del emparrillado en la vía en las direcciones transversal, longitudinal y vertical.

### **6.2.1.1.4 Balasto**

Otro de los elementos de la superestructura corresponde al balasto; el cual es un elemento granular sobre el cual se asientan las traviesas (ver figura 1). El manto de material granular que se ubica bajo las traviesas cumple un papel relevante en el comportamiento de una vía con respecto a las acciones tanto verticales como transversales ejercidas por el material ferroviario (López Pita, 2006). Su naturaleza depende del tipo de subestructura o vía.

Dentro de las funciones más importante del balasto encontramos las siguientes:

- Amortigua la carga recibida y la distribuye al terreno natural
- Asegura el drenaje
- Proporciona elasticidad a la vía
- Dar estabilidad a la vía (horizontal y verticalmente).

### 6.2.1.2 Infraestructura

La infraestructura es el segundo elemento en el que se encuentra dividida una vía férrea. Esta corresponde al terreno base donde se asienta la vía, es el conjunto de obras de tierra y de fábrica que materializan la plataforma sobre la que se dispone la superestructura (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen II., 2016).

La infraestructura a su vez está conformada por tres elementos; entre ellos se encuentran:

#### 6.2.1.2.1 *Obras de tierra o sub-balasto*

Las obras de tierra o sub-balasto son las excavaciones o los depósitos de material que permiten posicionar la vía en la cota establecida en el trazado. Las obras de tierra son la sucesión de los desmontes y terraplenes que crean la infraestructura sobre la que se dispone la plataforma (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen II., 2016).

#### 6.2.1.2.2 *Terraplén*

Un terraplén es un depósito de terreno que permite posicionar el perfil longitudinal de la vía por encima del terreno natural (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen II., 2016). Un terraplén esta constituido por cuatro zonas, las cuales son:

- **Coronación:** es la parte superior del relleno cuya superficie compone la explanada sobre la que se afirman las capas intermedias de la plataforma.
- **Núcleo:** Parte del relleno compuesta por el material colocado entre el cimiento y la coronación, en la zona central del terraplén.
- **Espaldón:** Parte exterior del relleno formado por material que envuelve lateralmente el núcleo resguardándolo de los agentes externos.
- **Cimiento:** Parte inferior del terraplén en contacto con el terreno natural.

### **6.2.1.2.3      *Plataforma***

La plataforma corresponde a la estructura edificada sobre el núcleo del terraplén, sobre el terreno natural e incluso sobre una obra de fábrica en la que se colocan las capas de sub-balasto y balasto, como también todo el emparrillado de la vía (Insa Franco, Una introducción al ferrocarril. Volumen II., 2016). La plataforma está conformada por el terreno de asiento y por la llamada capa de forma, que corresponde a la capa con la que se termina la plataforma.

## **6.2.2   *Aspectos relacionados con los tipos de trenes para el transporte de carga***

Un tren es un medio de transporte que transita sobre rieles y que está compuesto por uno o más vagones que son arrastrados por una o varias locomotoras. En la actualidad existen dos tipos de trenes clasificados de acuerdo a su utilización y al bien que transporta. Entre los cuales encontramos el tipo de trenes de pasajeros, que a su vez se divide en trenes de larga y media distancia y trenes urbanos y también encontramos los trenes de carga, los cuales son objeto de estudio de esta investigación; se dividen como se describen a continuación:

### **6.2.2.1 Tren de transporte de carga unitario**

Este tipo de trenes por lo general se utiliza para el transporte de minerales, carbón, carga líquida y otras materias primas. Tienen las siguientes características:

- Todos los vagones están dedicados a un solo embarque
- Presentan un diseño específico de los vagones según el tipo de carga
- Realizan trayectos continuos entre el origen y el destino de la carga
- Generalmente existe un solo cliente / origen / destino
- Puede haber más de un tren dedicado a un solo servicio

### **6.2.2.2 Tren de transporte de carga mixto**

Son utilizados para el transporte de productos industriales intermedios, como metales refinados, productos químicos, fertilizantes, cereales; etc. Tienen las siguientes características:

- Formado por vagones que movilizan varios embarques
- Cada embarque (uno o más vagones) es tomado en el origen
- Los embarques se juntan en un patio con otros embarques hasta formar un tren
- Puede tener varios orígenes varios destinos y varios clientes

### **6.2.2.3 Tren de transporte de carga intermodal**

En este tipo de trenes se utilizan contenedores o semirremolques como unidades para carga diversa. Presentan las siguientes características:

- Las cargas son traídas en camiones desde sus lugares de origen hasta una estación de transferencia.
- El ferrocarril transporta las cargas hasta otra estación, cercana al lugar de destino.
- Las cargas son puestas nuevamente sobre un camión para finalizar su viaje.
- El tren suele tener un solo origen y un solo destino, pero varios clientes.

### **6.2.3 Aspectos relacionados con los tipos de vehículos ferroviarios**

Se conoce como vehículo ferroviario a los vehículos capaces de circular por una vía férrea y que se caracterizan por no contar con tracción propia; es decir requieren de otro equipo para entrar en movimiento. Existen diversos tipos de vehículos ferroviarios los cuales se dividen por el tipo de carga que transportan. Entre los más utilizados encontramos los siguientes:

### 6.2.3.1 Plataformas

Este tipo de vehículo es utilizado para el transporte de carga general o carga pesada de diversos tamaños, que no requiere protección contra el medio ambiente (ver figura 5). Por lo general se transporta en ellos: contenedores, repuestos, equipos y materiales de construcción.

#### Figura 5.

*Plataforma ferroviaria*



Fuente: (Portal de transporte Mexicano, 2021)

### 6.2.3.2 Góndolas

Este tipo de vehículos se caracteriza por estar descubiertos, transportan todo tipo de material que no requiere protección contra el medio ambiente (ver figura 6). Se utilizan principalmente para el transporte de madera, acero, materias primas y minerales.

#### Figura 6.

*Góndolas*



Fuente: (Sánchez Díaz , 2021)

### 6.2.3.3 Furgones

Se utilizan para el transporte de productos que requieren protección contra la intemperie. Por lo general se utilizan para el transporte de obras de arte, componentes electrónicos, carga frágil y mercancías que requiere climatización (ver figura 7).

#### Figura 7.

*Furgones ferroviarios*



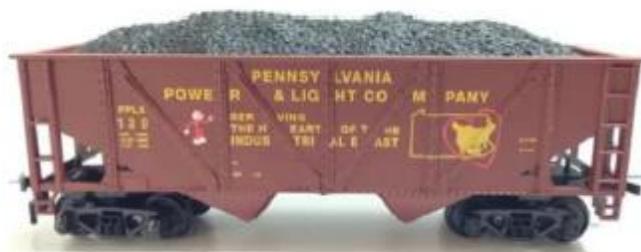
Fuente: (Shutterstock, 2021)

### 6.2.3.4 Tolvas

Se utilizan para el transporte de productos industriales, agrícolas que no requieren protección contra el medio ambiente. Se caracterizan porque poseen compuertas en la parte inferior que facilita la descarga (ver figura 8). Se utilizan principalmente para el transporte de carbón, piedras, minerales y productos agrícolas.

#### Figura 8.

*Tolvas ferroviarias*



Fuente: (Sánchez Díaz , 2021)

### 6.2.3.5 Ferro-tanques

Se utilizan para el transporte de productos líquidos o gaseosos. Se caracterizan por tener cierre hermético para evitar fugas o posibles contaminaciones (ver figura 9). En ellos se transportan productos tales como combustibles, agua, vino, hidrogeno u oxigeno líquido.

**Figura 9.**

*Ferro-tanques*



Fuente: (Sánchez Díaz , 2021)

## 6.3 Descripción de las Variables

### 6.3.1 Definición Nominal

La variable de investigación es: Factores que influyen en la subutilización del modo férreo.

### 6.3.2 Definición Conceptual

El modo férreo para el transporte de cargas es un sistema de transporte en el que se utilizan trenes que circulan sobre rieles para movilizar productos y personas (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020). Se entiende como subutilización del modo férreo, la poca utilización que se les da a los trenes para el transporte de cargas no minerales en Colombia. En

la presente investigación el modo estará enfocado específicamente en el transporte de productos y mercancía a lo largo de los corredores férreos del territorio colombiano.

### 6.3.3 Definición Operacional

Información técnica de los corredores activos e inactivos: Criterios de recopilación de la información: Confiabilidad.

Especificaciones técnicas de los trenes de carga: requerimientos técnicos de los vehículos para el transporte de carga: acto, no acto, operatividad.

Inactividad de los corredores ferreros: antigüedad de los corredores férreos: funcionalidad.

Eficiencia del modo férreo para el transporte de cargas: características de los vehículos de transporte: cumplimiento.

### 6.3.4 Cuadro de Operacionalización de variables

#### Cuadro 2.

#### Operacionalización de variables

<b>Objetivo general:</b> Analizar los factores que influyen en la subutilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia.					
Variable	Objetivos específicos	Dimensiones o Sub-variables	Indicadores (de medición)	Fuente (Autor)	Técnica/Instrumento
	Recopilar información técnica de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país.	Criterios de recopilación de información técnica	Calidad de los datos Cantidad de datos Precisión de los datos Fuentes de recolección de datos	(Álvarez Stein, 2012)	Análisis documental / Consulta de antecedentes / Elaboración de listas de chequeos / Elaboración de guías de entrevista

Factores que influyen en la subutilización del modo férreo.	Caracterizar los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia respecto a su cantidad y especificaciones técnicas.	Caracterización de los trenes	Capacidad de peso Capacidad de volumen Tipo de vehículo ferroviario usado Operatividad	(Insa Franco, 2016)	Observación, Análisis documental, análisis de datos / formatos de registros de información
	Determinar las posibles causas de la inactividad de los corredores ferreros para el transporte de cargas en Colombia.	Causa de inactividad	Estado elementos de la vía férrea Configuración de ancho de trocha Periodicidad de Mantenimientos	(Cham pin, Cortés, Kohon, & Rodríguez, 2016)	Análisis de información, verificación de antecedentes / Revisión de estadísticas
	Establecer la eficiencia del modo férreo para el transporte de cargas en Colombia en términos de costos, capacidad de volumen y peso.	Eficiencia del modo férreo	Indicadores de eficiencia (Costo, capacidad de peso y volumen)	(Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020)	Revisión de información técnica / realización de cálculos

Fuente: Elaboración Propia

## 7. Metodología

El presente trabajo de investigación busca analizar los factores que influyen en la utilización del modo férreo para el transporte de cargas no minerales en Colombia. Para ello se necesita recopilar y analizar información relacionada con la utilización del modo férreo como transporte de carga en Colombia.

## **7.1 Enfoque de la investigación**

A lo largo de la investigación se recolectarán y analizarán datos cuantitativos y cualitativos, por ende, el enfoque de esta tesis de investigación es mixto.

“Los estudios de caso, como método de investigación, involucran aspectos descriptivos y explicativos de los temas objeto de estudio, pero además utilizan información tanto cualitativa como cuantitativa” (Bernal, 2006). Se tendrán en cuenta aspectos técnicos como la capacidad y los costos de este tipo de transporte para determinar la eficiencia. Asimismo, es de suma importancia indagar las causas de la inactividad de las vías férreas del país. De esta manera se aprovechan las fortalezas de cada enfoque en la búsqueda de respuestas.

## **7.2 Tipo de investigación**

La elección o selección del tipo de investigación depende, en alto grado, del objetivo del estudio del problema de investigación y de las hipótesis que se formulen en el trabajo que se va a realizar, así como de la concepción epistemológica y filosófica de la persona o del equipo investigador (Bernal, 2006, pag 110).

El presente trabajo de investigación es de tipo analítico, ya que se pretende determinar las causas del poco o nulo uso de las vías férreas para el transporte de mercancía o materiales que no sean de tipo mineral en Colombia, mediante un análisis de las propiedades y características de todas las variables que intervienen en este tipo de transporte terrestre.

## **7.3 Diseño de investigación**

### **7.3.1 *Periodo***

En retrospectiva, se tendrán en cuenta datos recopilados de estudios en el pasado, de igual manera mediante evaluaciones en estudios de campo se registrarán datos en forma prospectiva.

### **7.3.2 Evolución**

La evolución según el periodo en el que se capta la información en el presente estudio de investigación es retrospectiva y prospectiva, debido a que en el fenómeno a estudiar se tendrán en cuenta una serie de datos obtenidos por parte de estudios científicos realizados en el pasado por otros autores y fuentes, que al mismo tiempo se interrelacionan.

De igual manera se observarán y registrarán datos obtenidos por medio de estudios de campo que se irán realizando en el futuro.

#### **7.3.2.1 Método de recolección de datos**

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación se pretende una búsqueda de información en la fuente original teniendo un contacto directo con el objeto de investigación mediante un Diseño de Campo. De igual manera por medio del Diseño Documental se buscaría información por medio de documentos técnicos.

Por medio del diseño de campo se obtendría información de fuente primaria, gracias a registros fotográficos en el lugar o entrevistas y consultas realizadas por el investigador.

De igual manera por medio de fuentes secundarias como libros y estudios se puede recolectar una gran variedad de datos que aportarían al objetivo del trabajo.

#### **7.3.2.2 Interferencia del investigador**

Teniendo en cuenta que el objeto de estudio contiene variables que no se pueden modificar, intervenir o controlar por el investigador, se entiende que es un estudio no experimental. Además, el objetivo general del trabajo es analizar factores.

## **7.4 Población y muestra**

Dentro del contexto del presente trabajo la población a estudiar es la red ferroviaria de Colombia activa e inactiva, son aproximadamente 1.750 kilómetros de red potencialmente activos, de los cuales solo 777 kilómetros presentan operaciones actualmente (Champin, Cortés, Kohon, & Rodríguez, 2016). Dentro de esta red férrea se encuentran ferrocarriles, vías y concesiones que se tomará como muestra.

Los tramos en los que se harán la recolección de las muestras de manera presencial por medio de salidas y estudios de campo, serían las vías férreas más cercanas a la ciudad de Santa Marta, para las vías con mayor lejanía se intentará recolectar información lo más actualizada posible de estudios realizados en ese sector por otros investigadores, de igual manera esta recolección se podría complementar con entrevistas a funcionarios por medio de internet.

## **7.5 Instrumentos y técnicas de recolección y análisis de datos**

Una de las técnicas que se utilizara en el presente trabajo de investigación es la observación mediante la elaboración de unas listas de chequeo en donde se evaluarán aspectos como: estados de las vías férreas, estado de locomotoras y vagones, infraestructura adyacente a las vías, entre otras.

Asimismo, la elaboración de guías de entrevista con funcionarios y personas involucradas en el proceso del transporte férreo en los distintos corredores a lo largo del país. Según Bernal, C (2006) toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir dos requisitos esenciales: confiabilidad y validez. Precisamente con ayuda de estos instrumentos de recolección que se aplicarán, se busca llegar a conclusiones sobre el transporte férreo de productos no minerales en Colombia.

Un ejemplo de esta lista de chequeo en donde se indagará a cerca del estado de las vías férreas y otros actores que intervienen en este tipo de transporte es el siguiente:

**Figura 10.**

*Modelo de lista de chequeo red férrea nacional*

LISTA DE CHEQUEO RED FERREA NACIONAL					
CONCESION: _____		Estado Inadecuado	Estado Aceptable	Estado Óptimo	Promedio Variable 1
		1 PUNTO	2 - 4PUNTOS	5 PUNTOS	
I	EVALUACION DEL ESTADO DE LAS VIAS FERREAS (SUPERESTRUCTURA)	Estado Inadecuado	Estado Aceptable	Estado Óptimo	Promedio Variable 1
1	Estado de los Rieles	0		0	0
2	Estado de las Travesas	0	0	0	0
3	Estado de las Fijaciones	0	0	0	0
4	Estado de los Balastos	0	0	0	0
5	Estado de los Cambiavias	0	0	0	0
SUBTOTAL PUNTAJE PROMEDIO		0	0	0	0.0
II	EVALUACION DEL ESTADO DE LAS VIAS FERREAS (INFRAESTRUCTURA)	Estado Inadecuado	Estado Aceptable	Estado Óptimo	Promedio Variable 2
1	Estado del Sub-balasto	0	0	0	0
2	Estado del Terraplen	0	0	0	0
3	Estado de la Plataforma	0	0	0	0
4	Estado del terreno natural	0	0	0	0
5		0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

La razón de ser de esta lista de chequeo es saber en qué estado se encuentra la red férrea y comparar con el estándar internacional.

## 8. Cronograma

El cronograma pactado para el presente trabajo de investigación es el siguiente:

**Figura 11.**

*Cronograma de actividades*

ACTIVIDAD (Descrita en la metodología)	SEMANAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Recolección de datos	■	■	■											
Análisis e interpretación				■	■	■								
Conclusión y recomendaciones							■	■	■					
Elaboración del informe										■	■	■		
Presentación del trabajo													■	■

Fuente: Elaboración Propia

## 9. Presupuesto

Se trabajará con el siguiente presupuesto sujeto a cambios:

**Figura 12.**

*Presupuesto*

Descripción	Fuentes			Total
	Recursos propios	Entidad externa	Unimagdalena	
Trabajo de Campo	\$ 150.000,00	\$ -	\$ -	\$ 150.000,00
Papelería	\$ 30.000,00	\$ -	\$ -	\$ 30.000,00
Equipos	\$ 150.000,00	\$ -	\$ -	\$ 150.000,00
Otros rubros	\$ 50.000,00	\$ -	\$ -	\$ 50.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 380.000,00</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 380.000,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

## **10. Desarrollo de los objetivos**

### **10.1 Información técnica de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país**

La información técnica recopilada en el presente proyecto de investigación, proviene de fuentes oficiales tales como: el Ministerio de Transporte de Colombia, la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, el Instituto Nacional de vías INVIAS, el Departamento Nacional de Planeación DNP y el Plan Maestro Ferroviario presentado por el gobierno de Colombia en el año 2020. Además, se recopiló información resultado de entrevistas realizadas a funcionarios de los Ferrocarriles del Norte de Colombia FENOCO S.A y de Drummond LTD e información resultado de evaluaciones mediante estudios de campo, en el recorrido del tramo Santa Marta (PK 969) - Ciénaga (PK 931); ver figuras 14, 15 y 16.

Los aspectos técnicos tenidos en cuenta para el análisis de las distintas redes férreas del país, están relacionados con su configuración vial; en cuanto a diseño estructural de los elementos de la superestructura, los cuales se complementan y cumplen una función específica. Entre ellos se analizaron el ancho de trocha, el tipo de riel, la longitud total del tramo, el tipo de traviesa y el tipo de fijaciones.

La información se recopiló teniendo en cuenta los distintos tramos que componen a la red férrea del atlántico, la red férrea central, la red férrea del pacífico, la red férrea privada y la red férrea inactiva; de acuerdo al mapa actual de la red férrea de Colombia presentado por el Departamento Nacional de Planeación DNP en el año 2020; ver figura 13.

Inicialmente se recopiló la información técnica correspondiente a la red férrea del atlántico, en el tramo Santa Marta (PK 969) y Chiriguaná (PK 723); el cual fue dada en concesión para su construcción, rehabilitación, reconstrucción, conservación, operación y

explotación a los ferrocarriles del norte de Colombia Fenoco S.A. Luego se procedió a recopilar información de la red férrea central, la red férrea del pacifico, la red férrea privada y por último información técnica de la red inactiva.

En la figura 13 se puede observar el mapa de la red férrea nacional actual; donde se pueden identificar cada uno de los tramos correspondientes a cada red.

**Figura 13.**

*Red férrea nacional*



Fuente: (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020)

### **10.1.1 Red férrea del Atlántico**

La red férrea del atlántico está conformada por el tramo correspondiente a Santa Marta – Ciénaga - La Loma - Chiriguaná, la cual cubre una longitud de 245 km; atraviesa los departamentos del Cesar y Magdalena (ver figura 13). 165 km de la red se encuentran contruidos en doble línea. En esta red férrea podemos encontrar las siguientes estaciones (Fenoco S.A., 2021):

- Talleres del Ferrocarril (PK 966,5)
- Pozos Colorados (PK 949,5)
- Puerto Drummond (PK 937,1)
- Ciénaga (PK 931,2)
- Rio Frio (PK 918,5)
- Iberia (PK 906.5)
- Sevilla (PK 901,4)
- Guamachito (PK 895,0)
- Aracataca (PK 882,3)
- Fundación (PK 871,6)
- Santa Rosa (PK 856,9)
- Lleras (PK 843,9)
- Algarrobo (PK 832,7)
- Km 815 (PK 815,8)
- Bosconia (PK 800,6)
- Loma Colorada (PK 784,4)
- El Paso (PK 768,0)
- Canoas (PK 759,7)

- La Loma (PK 746,3)
- Aguas Frías (PK 734,2)
- Chiriguaná (PK 723,4)

La red férrea del atlántico fue dada en concesión para su construcción, rehabilitación, reconstrucción, conservación, operación y explotación a los Ferrocarriles del Norte de Colombia - Fenoco S.A. El corredor Chiriguaná – Santa Marta es la principal línea del ferrocarril para el transporte de carbón.

En el cuadro No. 3 se presenta un resumen de las principales especificaciones técnicas de la red férrea del atlántico en el tramo correspondiente a Santa Marta – Ciénaga - La Loma – Chiriguaná:

### Cuadro 3.

#### *Especificaciones técnicas red férrea del atlántico*

RED FÉRREA DEL ATLÁNTICO					
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIPO DE RIEL	ANCHO DE TROCHA	TIPO DE TRAVIESA	VELOCIDAD MÁXIMA
Chiriguaná – La Loma – Ciénaga	207	75 y 95 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Concreto	85 Km/h
Ciénaga – Santa Marta	38		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Concreto	85 Km/h
<b>TOTAL</b>	<b>245</b>				

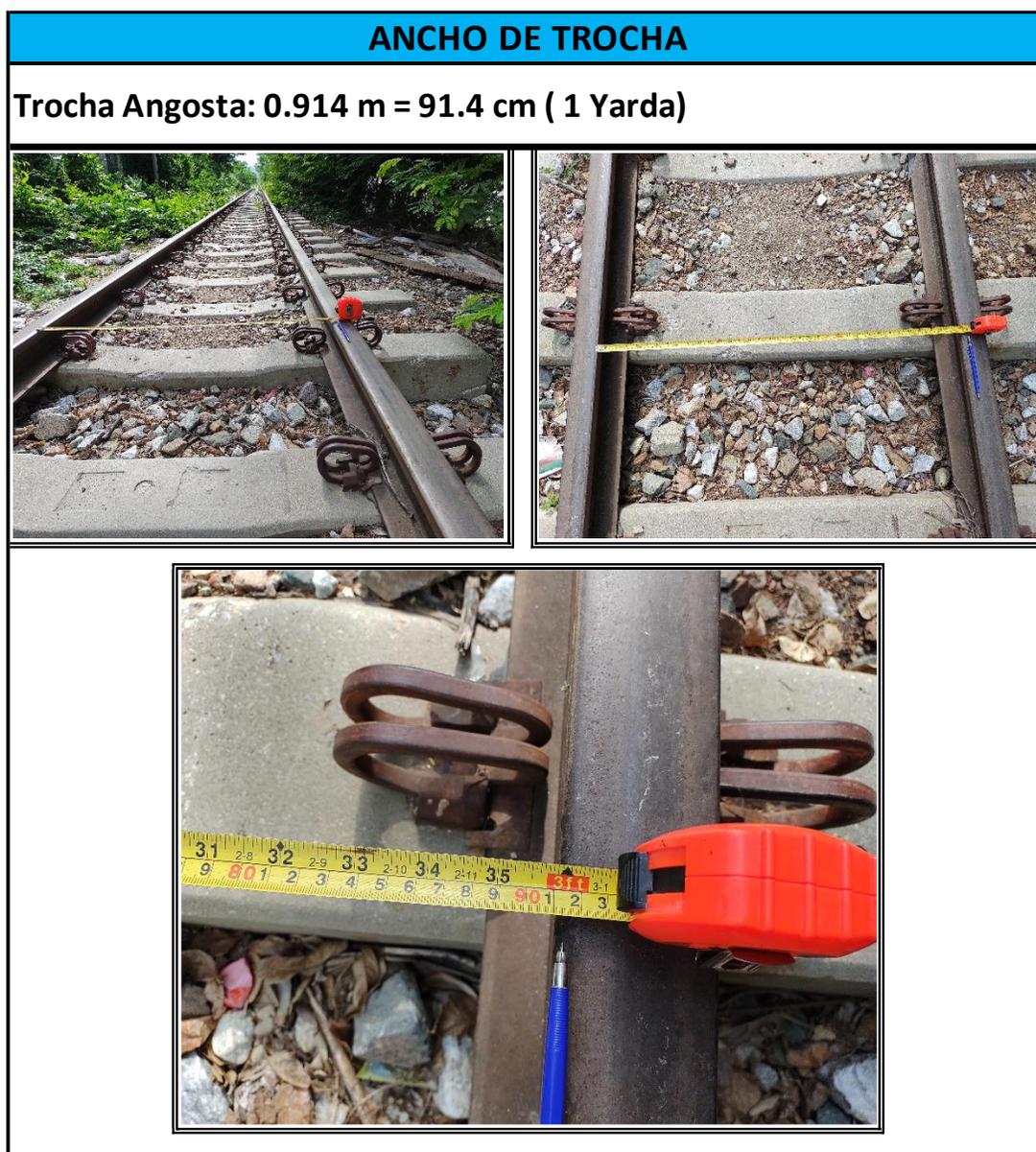
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las evaluaciones realizadas en las visitas de campo en el tramo Santa Marta - Ciénaga, se pudo corroborar las especificaciones técnicas de la red férrea del atlántico; en cuanto al ancho de trocha, tipo de traviesas utilizadas y el tipo de fijaciones. En las figuras 14 y 15 a continuación, se presenta el registro fotográfico de la visita realizada.

Para realizar la medición del ancho de trocha del tramo Santa Marta – Ciénaga, se utilizó como recurso una cinta métrica; con la que se pudo verificar que el ancho de trocha para este tramo, corresponde a la medida del ancho de trocha angosta 0.914 metros = 91.4 Centímetros = 1 Yarda, respectivamente. Ver figura 14.

**Figura 14.**

*Ancho de trocha red férrea del atlántico tramo Santa Marta - Ciénaga*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15.**

*Traviesas de concreto y fijaciones red férrea del atlántico tramo Santa Marta - Ciénaga*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.**

*Estación Ciénaga (PK 931)*



Fuente: (Fenoco S.A., 2021)

### **10.1.2 Red férrea central**

La red férrea central está conformada por el tramo correspondiente a Chiriguaná – La Dorada, y Bogotá - Belencito la cual cubre 558 km y 308 km respectivamente, para una longitud total de 866 km (ver figura 13). Se encuentran administrados por la Agencia Nacional de Infraestructura ANI bajo contrato de obra pública. La red férrea central atraviesa los departamentos del Cesar, Santander, Boyacá, Antioquia, Cundinamarca y Caldas. El tramo Chiriguaná – La Dorada corresponde a una sola línea férrea que cruza o pasa por cercanía a los municipios de: La Dorada, Puerto Triunfo, Puerto Boyacá, Puerto Nare, Puerto Berrío, Puerto Parra, Barrancabermeja, Puerto Wilches, Gamarra, Pelaya, Pailitas y Chiriguaná. (Agencia Nacional de Infraestructura ANI, 2019)

El tramo principal de este corredor férreo Chiriguaná – La Dorada, tiene actualmente 521,2 Km de línea férrea desde la estación México (PK201+502) en el municipio de la Dorada en Caldas, hasta la estación de Chiriguaná en el Cesar (PK 722+683), además cuenta con 33,1 Km desde Puerto Berrío (PK 328+100) hasta Cabañas (PK 361+199) y con 4 Km del ramal Puerto Capulco, que se ubica entre las abscisas PK 597+394,08 (cambiavías sur) y PK 598+253,54 (cambiavías norte) que finaliza en la abscisa PK 601+976,20 (ANI, 2019). Por este corredor se transportan diferentes productos como: alambión y varilla en un 24%, palanquilla en un 24%, Materia prima papel en un 24%, agregados pétreo en un 11%, materia prima cerámica 7%, cemento en un 5%, productos de consumo masivo 2%, productos alimenticios 1%, productos industria petrolera 1%, maquinaria y equipos 1%; cifras correspondientes en el periodo del 2018 al 2020.

El corredor férreo Bogotá – Belencito corresponde a la línea férrea que cruza o pasa por cercanía a los municipios de: Madrid, Mosquera, Funza, Bogotá, Chía, Cajicá, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Chocontá, Villapinzón, Ventaquemada, Tunja, Oicatá, Tuta,

Paipa, Duitama, Sogamoso y Belencito (ANI, 2019). La red ferroviaria es usada principalmente para transportar cemento y palanquilla desde Belencito a Bogotá, transportando un tren conformado por dos locomotoras acopladas y 12 plataformas hasta Villapinzón y un tren de locomotora sencilla con 12 plataformas igualmente hasta Bogotá (Márquez Díaz, Vega Báez, & Poveda D'Otero, 2011).

En el cuadro No. 4 se muestra las estaciones de la red férrea en el tramo Bogotá - Belencito, en el que se pueden indentificar 29 estaciones que pasan por los departamentos de Cundinamar y Boyacá.

#### Cuadro 4.

*Estaciones de la red férrea en el tramo Bogotá -Belencito*

BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA					BOYACÁ				
No.	Estación	Abscisa	Cota (m)	Distancia (km)	No.	Estación	Abscisa	Cota (m)	Distancia (km)
1	Bogotá	K0	2620	0	14	Ventaquemada	K136	2840	15
2	Terminal de carga	K5	2588	5	15	Tierranegra	K150	2983	14
3	Usaquén	K15	2585	10	16	Samacá	K158	2895	8
4	Ramal Samper	K18	2584	3	17	J. Páez (Alto de Moral)	K172	2977	14
5	San Antonio	K23	2584	5	18	Tunja	K184	2770	12
6	La Caro	K34	2582	11	19	Oicatá	K199	2687	15
7	Briceño	K47	2590	13	20	Tuta	K209	2626	10
8	Tocancipa	K53	2591	6	21	Sotaquirá	K213	2605	4
9	Gachancipa	K58	2590	5	22	Termopaipa	K222	2593	9
10	Suesca	K74	2551	16	23	Paipa	K225	2585	3
11	Chocontá	K93	2761	19	24	Bonza	K231	2592	6
12	Villapinzón	K106	2800	13	25	Duitama	K239	2602	8
13	Albarracín	K121	2835	15	26	Tibasosa	K248	2563	9
					27	Sogamoso	K256	2570	8
					28	Chicamocha	K261	2559	5
					29	Belencito	K262	2560	1

Fuente: (Márquez Díaz, Vega Báez, & Poveda D'Otero, 2011)

En el cuadro No. 5 se puede observar las principales especificaciones técnicas de la red férrea Central en los tramos correspondientes a Chiriguaná – La Dorada y Bogotá – Belencito.

### Cuadro 5.

#### Especificaciones técnicas red ferra central

RED FÉRREA CENTRAL					
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIPO DE RIEL	ANCHO DE TROCHA	TIPO DE TRAVIESA	VELOCIDAD MÁXIMA
<b>La Dorada - Chiriguaná</b>					
La Dorada - Puerto Berrio	126,5	75 y 90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto pretensado monobloque	Zonas urbanas: 40 km/h Zonas rurales: 60 - 85 km/h
Grecia - Cabañas	33,1		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
Puerto Berrio - San Rafael	189		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
San Rafael - Chiriguaná	205,68		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
Ramal Capulco	4,48		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
<b>TOTAL</b>	<b>558,8</b>				
<b>Bogotá - Belencito</b>					
Facatativá (PK 35+871) – Bogotá (PK 5+000)	30,87	90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto pretensado monobloque	35 Km/h
Bogotá (PK 5+000) – Belencito (PK 262+000)	257		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
La Caro (PK 32+628) - Zipaquirá (PK 53+000)	20,37		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		
<b>TOTAL</b>	<b>308,2</b>				

Fuente: Elaboración propia

#### 10.1.3 Red férrea del pacífico

La red férrea del pacífico está conformada por los tramos correspondientes a Buenaventura – Cali, Cali – Cartago, Cartago – La Felisa y Zarzal - Tebaida, la cual cubren una longitud total de 498 km y conecta los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (ver figura 13). Esta red férrea es administrada por la Agencia Nacional de Infraestructura ANI y tiene el potencial de movilizar gran parte de la carga transportada por el puerto de Buenaventura (Camara colombiana de la infraestructura, 2012).

Las cargas movilizadas por esta red férrea corresponden a laminas, cemento, maíz, maquinaria, cobre, pulpa e insumos de papel, azúcar, traviesas, productos e insumos químicos, repuestos, tubería y carga general contenerizada.

Dentro de esta red férrea podemos encontrar las siguientes estaciones:

- Estación Buenaventura
- Estación Yumbo
- Estación Cali
- Estación Palmira
- Estación Buga
- Estación Tuluá
- Estación Zarzal
- Estación la Tebaida
- Estación Cartago
- Estación la Felisa

En el cuadro No. 6 se relacionan las principales especificaciones técnicas de la red férrea del pacífico en los tramos correspondiente a Buenaventura – Cali, Cali – Cartago, Cartago – La Felisa y Zarzal – Tebaida.

### Cuadro 6.

*Especificaciones técnicas red férrea del pacífico*

RED FÉRREA DEL PACÍFICO					
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIPO DE RIEL	ANCHO DE TROCHA	TIPO DE TRAVIESA	VELOCIDAD MÁXIMA
Buenaventura - Cali	174	75 y 90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto en su mayor parte y Traviesas de madera	50 Km/h
Cali - Cartago	173		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		50 Km/h
Cartago - La Felisa	111		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		50 Km/h
Zarzal - Tebaida	40		Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)		50 Km/h
<b>TOTAL</b>	<b>498</b>				

Fuente: Elaboración propia

### 10.1.4 Red férrea privada

La red férrea privada está conformada por los tramos correspondientes a Belencito – Paz de Río en el departamento de Boyacá y Cerrejón – Puerto Bolívar en el departamento de la Guajira, los cuales cubren una longitud de 34 km y 150 km respectivamente, para un total de 184 km (ver figura 13). El tramo cerrejón – Puerto Bolívar fue construido en trocha estándar de 1.435 m (ver figura 17) para el transporte de carbón desde las minas del cerrejón hasta puerto Bolívar y su longitud es de 150 km (Mintransporte, 2020).

La red férrea privada del Cerrejón opera con trenes de 120 vagones de 100 toneladas de capacidad, remolcados por triple tracción. El ciclo completo de cargue, transporte y descargue del carbón es de 12 horas aproximadamente (Champin, Cortés, Kohon, & Rodríguez, 2016).

La red férrea privada Belencito – Paz de Río moviliza cargas generadas por la siderúrgica de Votorantim, moviliza materias primas desde las plantas de Paz del Río hasta las secciones de coquería y alto horno, en el cual se produce el acero (Navarro Ruiz & Ibarra Villegas, 2019).

En el cuadro No. 7 se relacionan las principales especificaciones técnicas de la red férrea privada de Colombia en los tramos correspondientes a Cerrejón – Puerto Bolívar y Belencito – Paz de Río.

#### Cuadro 7.

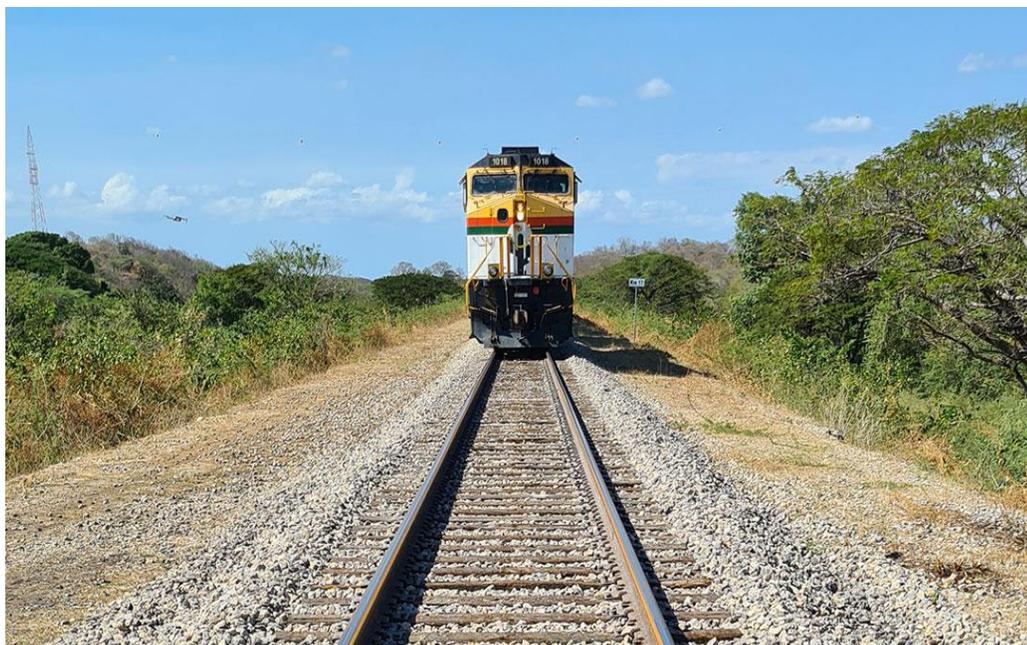
##### *Especificaciones técnicas red férrea privada*

RED FÉRREA PRIVADA					
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIPO DE RIEL	ANCHO DE TROCHA	TIPO DE TRAVIESA	VELOCIDAD MÁXIMA
Belencito - Paz de Río	39	90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto pretensado	35 Km/h
Cerrejón - Puerto Bolivar	150	141 Lb/Yd	Estándar : 1.435 m	Traviesas de Madera	62 Km/h
<b>TOTAL</b>	<b>189</b>				

Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.**

*Línea férrea Cerrejón – Puerto Bolívar*



Fuente: (Cerrejón, 2021)

### **10.1.5 Redes férreas inactivas a cargo del INVIAS**

En cuanto a las redes férreas administradas por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, el cual cubre una longitud de 1734 kilómetros, correspondiente al 49% del total de la red ferroviaria de Colombia que es de 3.533 kilómetros en total; el 99.7% se encuentra inactiva (1728 kilómetros) y un 0.3% (5 kilómetros) correspondiente al tramo Bogotá (K0+000-k5+000), se encuentra en operación.

En el cuadro No. 8 se relacionan las principales especificaciones técnicas de las redes férreas inactivas de Colombia, el cual se encuentran a cargo del Instituto Nacional de vías INVIAS.

**Cuadro 8.***Especificaciones técnicas red férrea inactiva*

RED FÉRREA INACTIVA A CARGO DEL INVIAS					
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIPO DE RIEL	ANCHO DE TROCHA	TIPO DE TRAVIESA	ESTADO ACTUAL
Bogotá (K0+000-k5+000)	5	75 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de Madera	En operación
La Felisa - Envigado	183	75 y 90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto en su mayor parte y Traviesas de madera	Inactivo
Cartago - Pereira	33				Inactivo
La Tebaida - Armenia	17				Inactivo
Armenia - Manizales	135				Inactivo
Cali - Popayán	162				Inactivo
Puerto Wilches (El cruce) - Bucaramanga	118	75 y 90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de concreto	Inactivo
Lenguazaque - Barbosa	117	90 Lb/Yd	Angosta: 0.914 m ( 1 Yarda)	Traviesas de	Inactivo
Facatativá - Espinal	150	55 y 60 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
La Dorada - Buenos Aires	177	55 y 60 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Espinal - Neiva	160	55 y 60 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Espinal - Picalaña - Ibagué	55	55 y 60 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Bogotá - El salto	32	75 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
La Dorada - Facatativá	166	55 y 60 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Envigado - Cisneros	93	75 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Cabañas - Cisnero	74	75 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
Zipaquirá - Lenguazaque	57	75 Lb/Yd		Traviesas de	Inactivo
<b>TOTAL</b>	<b>1734</b>				

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No. 9 se presenta de manera detallada y agrupada, los tramos o corredores férreos que hacen parte de la red férrea nacional, incluyendo la red activa e inactiva.

## Cuadro 9.

## Red férrea nacional

Red	Tramos	Km	Estado
	La Felisa-Envigado	183,00	Inactivo
	Cartago-Pereira	33,00	Inactivo
	La Tebaida-Armenia	17,00	Inactivo
	Armenia-Manizales	135,00	Inactivo
	Cali-Popayán	162,00	Inactivo
	Puerto Wilches (El Cruce)-Bucaramanga	118,00	Inactivo
	Lenguazaque-Barbosa	117,00	Inactivo
	Facativá-Espinal	150,00	Inactivo
	La Dorada-Buenos Aires	177,00	Inactivo
	Espinal-Neiva	160,00	Inactivo
	Espinal-Picalaña-Ibagué	55,00	Inactivo
	Bogotá-El Salto	32,00	Inactivo
	La Dorada-Facativá	166,00	Inactivo
	Envigado-Cisneros	93,00	Inactivo
	Cabañas-Cisneros	74,00	Inactivo
	Zipaquirá-Lenguazaque	57,00	Inactivo
Bogotá (K0+000-k5+000)	5,00	Activo	
<b>TOTAL RED FÉRREA INVÍAS</b>		<b>1734,00</b>	
	Bogotá - Talleres El Corzo	30,87	ANI-Administración
	Bogotá-Belencito	257,00	ANI-Administración
	La Caro-Zipaquirá	20,37	ANI-Administración
	La Dorada-Puerto Berrío	126,50	ANI-Administración
	Grecia-Cabañas	33,10	ANI-Administración
	Puerto Berrío-San Rafael	189,00	ANI-Administración
	San Rafael-Chiriguana	205,68	ANI-Administración
	Ramal Capulco	4,48	ANI-Administración
	Red Férrea del Atlántico Chiriguana-La Loma-Ciénaga	207,00	Concesionado FENOCO
	Red Férrea del Atlántico Ciénaga-Santa Marta	38,00	
Red Férrea del Pacífico La Felisa-Buenaventura	459,00	ANI-Administración	
Red Férrea del Pacífico Zarzal-La Tebaida	39,00	ANI-Administración	
<b>TOTAL RED FÉRREA ANI</b>		<b>1610,00</b>	
Red privada	Carrejón	150,00	Operación
	Paz de Río	39,00	Operación
<b>TOTAL RED FÉRREA PRIVADA</b>		<b>189,00</b>	
<b>TOTAL RED FÉRREA PRIVADA</b>		<b>3533,00</b>	

Fuente: (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020)

## 10.2 Caracterización de los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia, cantidad y especificaciones técnicas

La red férrea en Colombia opera principalmente con locomotoras de tipo Diésel – Eléctricas, por ende, en el desarrollo del presente trabajo de investigación; se hará referencia a este tipo de maquinaria.

### 10.2.1 Caracterización y configuración

Para caracterizar los trenes de carga que actualmente se encuentran en servicio en el país, se debe tener en cuenta que cada empresa tiene una configuración establecida con parámetros como longitud y cantidad de vagones, dependiendo del tipo de carga y cantidad a transportar. Se toma como ejemplo, la red férrea del atlántico, tramo que comprende Chiriguaná – Santa Marta.

#### Figura 18.

*Locomotora que opera la red férrea del atlántico empresa Drummond.*



Fuente: (Fenoco S.A., 2021)

**Cuadro 10.**

*Características Drummond largo y Drummond corto*

CARACTERÍSTICAS	DRUMMOND LARGO	DRUMMOND CORTO
Cantidad de vagones	150	70
Cantidad de Locomotoras	3	2
Toneladas carga/vagón	50	50
Longitud tren (m)	2.162	1.020
Peso tren vacío (ton)	2.283	1.123
Peso tren cargado (ton)	9.783	4.623
Peso mercancía	7.500	3.500

Fuente: Elaboración propia, (Fenoco S.A., 2021)

**Figura 19.**

*Locomotora que opera la red férrea del atlántico - empresa PRODECO.*



Fuente: (Fenoco S.A., 2021)

**Cuadro 11.**

*Característica locomotora PRODECO*

PRODECO	
Cantidad de vagones	150
Cantidad de Locomotoras	3
Toneladas carga/vagón	61
Longitud tren (m)	2.396
Peso tren vacío (ton)	3.183
Peso tren cargado (ton)	12.333
Peso mercancía	9.150

Fuente: Elaboración propia, (Fenoco S.A., 2021)

**Figura 20.**

*Locomotora que opera la red férrea del atlántico - empresa CNR.*



Fuente: (Fenoco S.A., 2021)

**Cuadro 12.***Característica locomotora CNR*

CNR	
Cantidad de vagones	150
Cantidad de Locomotoras	3
Toneladas carga/vagón	61
Longitud tren (m)	2.396
Peso tren vacío (ton)	3.183
Peso tren cargado (ton)	12.333
Peso mercancía	9.150

Fuente: Elaboración propia, (Fenoco S.A., 2021)

**Figura 21.***Locomotora que opera la red férrea del atlántico empresa FENOCO.*

Fuente: (Fenoco S.A., 2021)

**Cuadro 13.***Característica locomotora FENOCO*

FENOCO	
Cantidad de vagones	45
Cantidad de Locomotoras	2
Toneladas carga/vagón	35
Longitud tren (m)	576
Peso tren vacío (ton)	867
Peso tren cargado (ton)	2.442
Peso mercancía	1.575

Fuente: Elaboración propia, (Fenoco S.A., 2021)

**10.2.2 Especificaciones técnicas.**

Cuando se habla de especificaciones técnicas se debe mencionar el modelo más utilizado en gran parte del país, el cual es del fabricante General Electric y es la Locomotora Diésel – Eléctrica U-10-B (ver figura 14). El peso total de las locomotoras se debe ajustar a las medidas y características que ofrece el diseño de vía. En el caso local, este peso se limita por eje a 15 toneladas, es decir que las locomotoras tipo B-B de cuatro ejes son las que recorren la mayoría de la red férrea, ya que esta maquinaria al estar completamente cargada con: combustible, aceite, agua, arena, etc. Su peso es de 60 toneladas.

La superestructura de este modelo de locomotoras está compuesta por: el Bastidor, Cabezales, Cofre, Cabina, Paseos Pasamanos y Escaleras.

**Cuadro 14.***Especificaciones técnicas General Electric U-10-B*

<b>GENERAL ELECTRIC U-10-B</b>	
	
<b>Fabricante</b>	General Electric, España
<b>Año de fabricación</b>	1969 y 1973 (60 y 28 und)
<b>Modelo</b>	U-10-B
<b>Tipo</b>	B-B
<b>Número de ejes</b>	4
<b>Diametro de Rueda</b>	36"
<b>Peso Cargada</b>	60 toneladas
<b>Peso por eje</b>	15 toneladas
<b>Aprovisionamiento de agua</b>	120 galones
<b>Aprovisionamiento de ACPM</b>	625 galones
<b>Full de Aceite</b>	90 galones
<b>Aprovisionamiento de arena</b>	0,3 m3
<b>Consumo teórico de combustible</b>	1 galon/kmt
<b>Sobrealimentación del motor</b>	2 turbocargadores

Fuente: (Ramirez Palacios, 2001)

La potencia de este modelo de locomotora lo otorga un motor Diesel capaz de producir la traccion requerida de 11.000 kgf de esfuerzo tractivo continuo mientras se moviliza en los sectores con condiciones de pendiente, altura, humedad de riel, entre otras variables. Las especificaciones tecnicas de este motor se pueden observar en el cuadro numero 15.

**Cuadro 15.***Especificaciones técnicas motor Diesel Caterpillar*

<b>MOTOR DIESEL D-398B</b>	
<b>Marca</b>	Caterpillar
<b>Modelo</b>	D-398 B
<b>No. De cilindros</b>	12 en V
<b>Ciclo</b>	4 tiempos
<b>Potencia Nominal</b>	1.050 H.P
<b>Diametro de cilindros</b>	6.1/4" (159mm)
<b>Carrera de pistón</b>	8" (203mm)
<b>Cilindrada total</b>	2.944 in (48.240cm)
<b>Revoluciones del motor</b>	1.300 R.P.M
<b>Peso</b>	5.443 kg
<b>Sobrealimentacion</b>	2 turbocargadores

Fuente: (Ramirez Palacios, 2001)

La potencia de las locomotoras Diésel – Eléctricas que se encuentran en funcionamiento en Colombia varían entre los 700 y los 2.000 H.P.

### **10.3 Determinación de las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos para el transporte de cargas en Colombia**

Para la determinación de las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos que se encuentran actualmente fuera de servicio en el país; es importante primero mencionar que la red ferroviaria de Colombia fue diseñada y construida en la primera mitad del siglo pasado, con técnicas de diseño y parámetros según las necesidades de la época. En esos tiempos, la elección de la trocha angosta para un país con gran cantidad de montañas como Colombia, parecía una decisión adecuada; ya que este tipo de ancho de trocha, permite curvas de radios pequeños que se adaptaban de mejor manera a las características del terreno, y por ende los trabajos de movimientos de tierra y demás adecuaciones requerían menores inversiones.

Los trazados ferroviarios en los valles del Magdalena y del Cauca, con una topografía mas favorable, fueron construidos relativamente rectos, pero los trazados en zonas montañosas tienen gran cantidad de curvas de pequeño radio y una excesiva longitud en comparación con trazados modernos (Champin, Cortés, Kohon, & Rodríguez, 2016).

De acuerdo a la información técnica recopilada en el desarrollo del objetivo uno del presente trabajo de investigación, acerca de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria del país; se puede evidenciar que efectivamente casi la totalidad de la red, fue construida con un ancho de trocha angosta y traviesas de madera; sin embargo la red privada en el tramo Cerrejón – Puerto Bolívar es la única que se encuentra construida con un ancho de trocha estándar. Este tramo representa únicamente el 4% de la longitud total de la red férrea nacional. Por lo anterior, se puede decir que la red férrea de Colombia aun conserva el diseño original con la que fue construida hace aproximadamente 100 años, tiempo en el que fueron fundados los ferrocarriles en el país (Maldonado Godoy, 2020).

Es importante tener en cuenta, que el material rodante y locomotoras para el modo férreo depende de la infraestructura existente, particularmente definida por el ancho de trocha y la capacidad de los rieles instalados. Estos parámetros caracterizan el método de circulación de los trenes, limita el tipo de mercancía que se transporta por las vías en cuanto a su peso y condiciona las posibles conexiones con otras vías ferreas.

En la actualidad, 1729 kilómetros de la red férrea nacional se encuentran inactivos, esto corresponde al 49% del total de la longitud de la red férrea de Colombia (ver cuadro 8). Dentro del análisis para la determinación de las posibles causas de la inactividad de estos corredores ferreos, se tienen en cuenta aspectos sociales, de infraestructura vial y de inversión pública y gestión por parte del gobierno nacional y de las empresas que han estado a cargo de la administración de estas redes ferroviarias en el país (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

Una de las posibles causas de la inactividad de estos corredores férreos, está relacionada con temas sociales, ya que debido al abandono progresivo que se ha presentado durante la historia de gran parte de la red y a la falta de recursos reservados a su recuperación y control y a la mínima apropiación de esta infraestructura por parte de los municipios por donde pasa cada tramo; se han presentado invasiones por parte de la comunidad y hurto de partes de la superestructura y elementos de señalización en algunos tramos de la red nacional; además de cambios de uso del suelo para vías de tránsito vehicular, casas, alcantarillados, líneas eléctricas, extensiones de siembras, etc; el cual ha incrementado los índices de inseguridad y accidentalidad, entorpeciendo la operación de los trenes y ocasionando un aumento en el deterioro de la red inactiva (Garzón Uribe & Benavides Quintero, 2019).

Otra posible causa de la inactividad de los corredores ferreos en Colombia para el transporte de mercancías, está asociada con su infraestructura vial, específicamente con los

elementos que componen a la superestructura con los que fueron construidos; ya que como se mencionó anteriormente el 96% de la longitud total de la red férrea nacional, se contruyó con ancho de trocha angosta y traviesas o durmientes de madera.

Este ancho de trocha, así como también el tipo de traviesa y el tipo de riel instalado; limita las velocidades con las que pueden transitar los trenes y el material rodante. Además, también pone limitaciones con respecto a la cantidad de peso que puede circular por las vías ferreas; lo que hace que los tiempos para movilizar mercancías de gran peso y volumen a distancias largas por estos tramos sea poco eficiente; y por consiguiente se vuelve poco atractivo para las empresas, utilizar estos corredores para movilizar sus productos (CONPES, 1995). Esto convierte el transporte por estos corredores poco rentable debido a los bajos volúmenes de mercancías transportada por ellos, y a su vez trae como consecuencia el descuido y abandono de estos tramos por parte del gobierno y las entidades que los administran.

Con respecto a la gestión por parte del gobierno nacional y de las empresas que han estado a cargo de la administración y manejo de estas redes ferroviarias; particularmente en los tramos inactivos, se presentan complicaciones de articulación en grandes segmentos de su longitud, a causa de la falta de mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento por parte del gobierno nacional y las empresas administradoras. Trayendo como consecuencia el deterioro progresivo de estos tramos inactivos de red férrea. Estos problemas, son ocasionados por los bajos niveles de inversión y asignación presupuestal y debido a un modelo de transporte nacional enfocado en la priorización del transporte carretero (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

#### **10.4 Establecer la eficiencia del modo férreo para el transporte de cargas en Colombia en términos de costos, capacidad de volumen y peso**

La infraestructura vial es un factor muy importante para cualquier actividad económica en el país, en general en lo que tenga que ver con el transporte de carga. En Colombia se hace aún más necesaria la inversión en infraestructura de transporte debido principalmente a las características geográficas. A lo largo de los años la gran demanda de mercancía ha generado la necesidad de explotar otros medios. Es allí donde aparece el ferrocarril, basándose principalmente en la eficiencia vista en otros países.

Para determinar si es eficiente o no un modo de transporte es necesario tener en cuenta las necesidades, tales como: la urgencia de la entrega, la cantidad de mercancía a transportar, la distancia a recorrer, el tamaño y tipo de mercancía, entre otros. De igual manera es importante determinar otro tipo de variables como las son: los costos, el estado de la infraestructura vial, condiciones climatológicas, etc.

Se podría relacionar la eficiencia con ventajas sobre otros medios de transporte de carga. A continuación, se relacionan algunas:

- Capacidad alta, permite transportar gran cantidad de mercancía en distancias igual de largas.
- Los costos en este tipo de transporte por lo general son medios o bajos.
- La flexibilidad permite transportar una variedad importante de mercancías.
- La accidentabilidad en este tipo de transporte es más baja en comparación con el transporte carretero.
- La contaminación es mucho más baja que en el transporte carretero.
- Poca o nula congestión de tráfico.
- Alta posibilidad de una inter modalidad con otros medios de transporte.

Un claro ejemplo de la eficiencia de este modo de transporte lo encontramos en la empresa carbonífera Cerrejón ubicada en la Guajira, donde nos arrojan cifras indicando que el tren que hace el recorrido de la mina a puerto bolívar en la guajira puede realizar hasta nueve viajes diarios. *Para igualar esa capacidad de transporte se requieren 2880 tracto mulas al día.* (Cerrejón, 2021).

Este comparativo se puede reflejar en el siguiente cuadro No. 16 en la variable capacidad, en la que se observa que el transporte carretero tiene una clara desventaja con el férreo.

**Cuadro 16.**

*Comparativos tipos de transporte*

COMPARATIVO TIPOS DE TRANSPORTE				
TIPO	RAPIDEZ	CAPACIDAD	SEGURIDAD	COSTO
<b>CARRETERO</b>	Alta	Baja	Media	Bajo
<b>FERREO</b>	Media	Alta	Alta	Media
<b>MARITIMO</b>	Baja	Muy Alta	Alta	Bajo
<b>AEREO</b>	Muy Alta	Baja	Muy Alta	Alta

Fuente: (Sánchez Díaz , 2021)

Este tipo de transporte ha tomado gran importancia en el desarrollo no solo de la competitividad en cuanto a costos de movilidad se refiere, sino que es mucho más sostenible si se habla de medio ambiente.

Eficiencia, también se traduce en un aumento en la producción con una disminución en los insumos que se utilizan para generar esa producción, esto se debe precisamente a la automatización en las operaciones logísticas de transporte de carga, en este caso en el

transporte férreo, de hecho, se puede tomar como ejemplo lo sucedido en Canadá y Estados Unidos en las últimas tres décadas. Por ejemplo, en el cuadro No. 17 se observa una disminución de los empleados para la movilización de toneladas por kilómetro en Estados Unidos. De 1980 a 1989 se emplearon 339.739 trabajadores para movilizar 1.256.204 toneladas por kilómetro, que se traduce a 3,6 millones toneladas por kilómetro para cada empleado. Pasando a 226.000 trabajadores para movilizar 2.267.290 toneladas por kilómetro que es lo mismo a decir que cada empleado significa 10 millones de toneladas por kilómetro desde el año 2000 al 2009.

### **Cuadro 17.**

*Toneladas por kilómetro e insumos utilizados Estados Unidos*

<b>Estados Unidos</b>	<b>1980 - 1989</b>	<b>1990 - 1999</b>	<b>2000 - 2009</b>
<b>Unidades de demanda domestica t -km (millones)</b>	1,256,204	1,807,499	2,267,290
<b>Empleados</b>	339,739	214,796	226
<b>Locomotoras</b>	23,863	19,354	22,177
<b>Carros de carga</b>	865,188	579,631	1,338,139
<b>Rutas operadas (km)</b>	235,989	174,673	265,737

Fuente: (Hernandez, 2016)

Por otro lado, el número de locomotoras usadas también han sido inversamente proporcionales a la cantidad de toneladas movilizadas por kilómetros teniendo en cuenta la década de los ochentas y la primera década del siglo XXI. Esto va de la mano con el incremento de carros de carga o vagones utilizados para movilizar las 2.267.290 toneladas del

2000 al 2009, este incremento de vagones por locomotora es producto de mejoras en los equipos e inversión en la infraestructura férrea durante las tres décadas medidas.

En Canadá el panorama no dista de su vecino país, ya que según el cuadro No. 18 de 1980 a 1989 se emplearon 82.617 trabajadores para movilizar 217.314 toneladas por kilómetro, que se traduce a 2,6 millones toneladas por kilómetro para cada empleado. Pasando a 39.400 trabajadores para movilizar 224.560 toneladas por kilómetro que es lo mismo a decir que cada empleado significa 5,7 millones de toneladas por kilómetro desde el año 2000 al 2009.

### **Cuadro 18.**

*Toneladas por kilómetro e insumos utilizados Canadá*

<b>Canadá</b>	<b>1980 - 1989</b>	<b>1990 - 1999</b>	<b>2000 - 2009</b>
<b>Unidades de demanda domestica t -km (millones)</b>	217,314	263,822	224,56
<b>Empleados</b>	82,617	49,327	39,4
<b>Locomotoras</b>	3,24	3,301	2,995
<b>Carros de carga</b>	130,738	98,514	94,257
<b>Rutas operadas (km)</b>	86,733	69,867	71,905

Fuente: (Hernandez, 2016)

Así mismo, como en Estados Unidos, el número de locomotoras usadas han sido inversamente proporcionales a la cantidad de toneladas movilizadas por kilómetros teniendo en cuenta la década de los ochentas y la primera década del siglo XXI. Pero, a diferencia de Estados Unidos hubo una disminución en los carros de carga o vagones por locomotora y una disminución de las rutas operadas.

Como líder de desempeño logístico a nivel mundial, y según el ranking publicado por el Banco Mundial, se encuentra Alemania. En este ranking se toman indicadores como, la eficiencia en el despacho, la calidad de la infraestructura relacionada al comercio y transporte de mercancía, precios competitivos y la calidad del servicio logístico. La razón para que Alemania esté ubicada en el primer lugar en este ranking que evalúa a más de 150 países a nivel mundial es precisamente el aprovechamiento del modo férreo para el transporte de mercancías, acoplándose al multimodalismo, lo que permite reducción de costos y tiempos entre trayectos.

La competitividad en el transporte de carga se mide básicamente en la automatización y reducción de insumos para el funcionamiento de la maquinaria que permite aumentar las toneladas movilizadas, tal y como se vio con los ejemplos de Estados Unidos y Canadá. En Colombia, el incremento de toneladas movilizadas por kilómetro también ha tenido un incremento en el último tiempo, según informes dados por la (ANI, 2021) y el (Mintransporte, 2020). En Colombia para el año 2020 según el ministerio de transporte *por el corredor La Dorada-Chiriguaná se transportaron más de 41 mil toneladas, mientras que en el corredor Bogotá-Belencito la cifra ascendió a más de 50 mil toneladas con carga diferente al carbón.* Además, indica este mismo ente gubernamental *que El incremento en la movilización de contenedores ha sido histórico, se pasó de 567, en 2019, a transportar 3.641 en 2020, lo que representa un incremento del 542%.* Estas cifras son sumamente importantes y más teniendo en cuenta que pertenecen a cargas distintas a minerales como el carbón. Por otro lado, el transporte de mercancía no carbonífera dista precisamente al compararlas. Durante el año pasado en el tramo que comprende Santa Marta – Chiriguaná con una longitud de 246 kilómetros de los cuales 165 kilómetros cuentan con doble vía. Se movilizaron 35.5 millones de toneladas de carbón, según la Agencia Nacional de Infraestructura.

## 11. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo al análisis realizado de la información técnica recopilada, acerca de los corredores activos e inactivos de la red ferroviaria de Colombia; se puede evidenciar que en el país no se está aprovechando las ventajas competitivas que tiene el modo férreo o transporte terrestre de productos por trenes, en cuanto a la gran cantidad de carga, tanto en peso como en volumen que se puede movilizar a través de ellos, además de la posible articulación que se puede realizar con otros medios de transporte; ya que más del 49% de los corredores que hacen parte de la red férrea nacional se encuentran inactivos. Lo que nos pone en desventaja en términos logísticos y de transporte en comparación con otros países cercanos de la región y del continente americano.

Como resultado de la caracterización realizada de los trenes de carga que se encuentran actualmente en servicio en Colombia, teniendo como base sus especificaciones técnicas y cantidades; se puede concluir que las locomotoras y vehículos ferroviarios con los que se cuenta en el país, se encuentran obsoletos; al ser modelos muy antiguos y contar con especificaciones técnicas que datan de más de 40 años, tiempo aproximado en el cual se considera que un vehículo ferroviario cumple su tiempo de vida media. Adicional a lo anterior, La gran mayoría de las locomotoras y vehículos ferroviarios que se encuentran en servicio; fueron diseñados para moverse en líneas férreas con ancho de trocha angosta, a excepción de los trenes que se movilizan por la red férrea privada que va desde el Cerrejón hasta Puerto Bolívar.

En Colombia el 96% del total de la red férrea nacional fue construido con ancho de trocha angosta de 91.4 cm, manteniéndose en la actualidad esas mismas especificaciones técnicas en casi toda la red; a excepción de la línea privada que va desde el Cerrejón hasta Puerto Bolívar, que actualmente cuenta con un ancho de trocha estándar. Este ancho de trocha

angosta, así como también el tipo de traviesa y el tipo de riel instalado; limita las velocidades con las que pueden transitar los trenes y el material rodante. Además, también pone limitaciones con respecto a la cantidad de peso que puede circular por las vías ferreas; lo que hace que los tiempos para movilizar mercancías de gran peso y volumen a distancias largas por estos tramos sea poco eficiente; y por consiguiente se vuelve poco atractivo para las empresas, utilizar estos corredores para movilizar sus productos. Se recomienda que se hagan estudios de factibilidad, se evalúe y se tenga en consideración el cambio de ancho de trocha de los corredores férreos del país a trocha estándar o ancha.

Con el análisis de la información recopilada de la red férrea nacional; se evidenció que Colombia no cuenta con normas y/o leyes actualizadas que regulen de manera estricta el transporte ferroviario en el país; ya que las normas vigentes fueron establecidas mediante la ley 76 de 1920. Se recomienda que, dentro de la estrategia del gobierno nacional para la reactivación y consolidación de la operación ferroviaria del país, y la puesta en marcha del Plan Maestro Ferroviario PMF presentado por el gobierno nacional a finales del año 2020, se establezca de manera completa y detalla la nueva normativa para la regulación del transporte ferroviario y que se dé estricto cumplimiento de la misma. Con ello, lograr que este medio de transporte se vuelva más competitivo para el transporte de cargas en el país.

Con base en la determinación de las posibles causas de la inactividad de los corredores férreos para el transporte de cargas en Colombia, se puede concluir que esto se da por diferentes razones; que incluyen aspectos sociales, de infraestructura vial, de inversión pública y gestión por parte del gobierno nacional y por malos manejos de las entidades que han estado a cargo de la administración de estas redes ferroviarias en el país.

Teniendo en cuenta el estudio de la eficiencia de este medio de transporte, es evidente las ventajas en cuanto a capacidad de carga, menor consumo de combustible, menores tasas

de accidentabilidad, la posibilidad de complementarse con los demás medios de transporte mediante el multimodalismo, la flexibilidad para transportar variedad de mercancías y una menor contaminación medio ambiental, ya que descongestiona las carreteras nacionales.

Se pudo observar en términos técnicos que la baja fricción que ofrece el ferrocarril con su rueda de acero sobre el riel es mucho menor a la fricción que ejerce el neumático o las llantas de los tractocamiones en las carreteras nacionales, permitiéndole al ferrocarril tener menores costos de operación y consumo de energía.

A pesar de esas ventajas frente a otros medios de transporte ya sea de carga o de pasajeros, en Colombia ha perdido su importancia a lo largo del tiempo, disminuyendo tanto cantidad como variedad de mercancía movilizadas, concentrándose específicamente en el carbón.

Se hizo énfasis en el ranking del desempeño logístico a nivel mundial, donde Colombia ocupa el puesto 94. Los países que ocupan los primeros puestos son los que precisamente hacen uso eficiente de su red férrea y la integran de forma óptima con otros medios de transporte.

La implementación del Plan Maestro Ferroviario PMF, traería muchos beneficios para el país, ya que este pretende integrar o articular el modo de transporte ferroviario con otros medios de transporte; como el transporte terrestre por carretera, el transporte marítimo y el transporte aéreo. Lo cual representaría una multimodalidad y como consecuencia la logística y el transporte en el país mejoraría, al estar conectados diferentes medios de transporte.

Se recomienda evaluar la posibilidad de utilizar en el país locomotoras tipo eléctricas, para con ello disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, causados por la combustión de los motores de las mismas. Lo anterior con el fin de convertir a los trenes en un medio de transporte más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Se recomienda que el gobierno nacional destine los recursos necesarios para la reactivación de los corredores férreos que se encuentran actualmente inactivos, por diferentes factores. También que se establezca conexión con los diferentes puertos marítimos del país, así como también con los distintos aeropuertos. Con ello, implementar el multimodalismo, lo cual traería beneficios para el país y lo convertiría en más competitivo en términos de logística y transporte y, por ende, más atractivo para las empresas para mover sus productos a través de los ferrocarriles.

El gobierno nacional debe revisar y verificar que las empresas o entidades que tienen a cargo la administración de los corredores férreos en las diferentes zonas del país, cumplan con los planes de mantenimiento tanto de las locomotoras y los vehículos ferroviarios, así como también, de la infraestructura y superestructura que conforman el ferrocarril. Adicional a lo anterior, las entidades administradoras deben realizar campañas de sensibilización en las comunidades donde tiene influencia el ferrocarril, para concientizarlas de la importancia de no dañar o robar los elementos que componen la línea férrea; ya que esto genera paradas en la operación y sobrecostos para mantenimiento.

## 12. Lista de Referencias

- Agencia Nacional de Infraestructura ANI. (2019). *Apéndice Técnico Corredor Férreo Dorada - Chiriguanaá*. Bogotá D.C: Informe Técnico ANI.
- Álvarez Stein, A. (2012). *Técnica Ferroviaria*. Tébar Flores.
- ANI. (21 de Enero de 2021). *Corredor ferreo entre Santa Marta y Chiriguanaá movilizó 35.5 millones de toneladas de carbon en 2020*. Obtenido de ani.gov.co: <https://www.ani.gov.co/>
- ANI, A. N. (2019). *Apéndice técnico corredor férreo Dorada - Chiriguanaá, Bogotá - Belencito*. Bogotá.
- Bernal Torres , C. A. (2006). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pearson.
- Camara colombiana de la infraestructura. (2016). *Informe de seguimiento a proyectos sistema férreo nacional*. Bogotá: Camara colombiana de la infraestructura.
- Cerrejón. (1 de Octubre de 2021). *Cerrejón Minería eesponsable*. Obtenido de <https://www.cerrejon.com/>
- Champin, J., Cortés, R., Kohon, J., & Rodríguez, R. (2016). *Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia*. Bogotá DC: BID.
- Ciprecon S.A.S. (1 de Octubre de 2021). *Ingeniería y Prefabricados de Concreto Ciprecon S.A.S*. Obtenido de <https://ciprecon.com/traviesas-durmientes/>
- CONPES, C. (1995). *CONPES 2776. Estrategia para la modernización de la red férrea*. Bogotá D.C: Informe Técnico.
- Departamento Nacional de Planeación DNP, G. (2020). *Plan maestro ferroviario: una estrategia para la reactivación y consolidación de la operación ferroviaria en el país*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación DNP: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Plan-Maestro-Ferroviano.pdf>
- Fenoco S.A., F. (1 de Octubre de 2021). *Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A*. Obtenido de <https://www.fenoco.com.co/index.php/mapa-ferroviano>
- Garzón Uribe, Y. C., & Benavides Quintero, H. D. (2019). *Diagnóstico del estado actual de la vía férrea y estaciones en el tramo de Espinal a Ibagué, para rehabilitación y posible operación de trenes de carga y pasajeros*. Bogotá D.C: Trabajo de Grado.
- Gómez, L., Hernández, L. F., Jánica, F. A., Zapata, J. B., & Avolio Alecchi, B. E. (2018). *Planeamiento Estratégico para el Sector Ferroviario de Carga para Colombia*. Bogotá: ProQuest.
- Hernandez, A. T. (2016). *Productividad y eficiencia en los ferrocarriles, una estimación aplicando una técnica de productividad total de los factores*. Sanfandila, México: Instituto Mexicano del Transporte.

- Insa Franco, R. (2016). *Una introducción al ferrocarril. Volumen I*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Insa Franco, R. (2016). *Una introducción al ferrocarril. Volumen II*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- López Pita, A. (2006). *Infraestructuras ferroviarias*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Maldonado Godoy, L. S. (2020). *Transporte férreo para mejorar la competitividad en un país como Colombia*. Bogotá D.C: Proyecto de Grado.
- Márquez Díaz, L. G., Vega Báez, L. A., & Poveda D'Otero, J. C. (2011). Evaluación de la capacidad ferroviaria del corredor Bogotá – Belencito. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes*, 1 - 8.
- Mintransporte, M. (2020). *Transporte en cifras vigencia 2019*. Bogotá D.C.
- Navarro Ruiz, L. C., & Ibarra Villegas, M. Y. (2019). *Diagnostico de oportunidades para la ingeniería civil Colombiana en el desarrollo de nuevas vías férreas urbanas y nacionales en Colombia*. Bogotá D.C.: Proyecto de grado.
- Portafolio. (2018). El modo férreo se propone encarrilar su reactivación. *Portafolio*, 1.
- Portal de transporte Mexicano. (1 de Octubre de 2021). *Transporte.MX El portal del transporte Mexicano*. Obtenido de <https://www.transporte.mx/tipos-de-carros-de-carga-ferroviaria/>
- Ramirez Palacios, P. C. (2001). *Vías Férreas en Colombia*. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Reyes Tao, M. A., & Estupiñan Camero, J. A. (2019). *Modo Férreo, una alternativa de movilización de carga y pasajeros para el mejoramiento de la infraestructura y movilidad de las vías vehiculares*. Bogotá: Trabajo de grado .
- Sánchez Díaz , A. (2021). *Trasnporte Ferroviario*. Santa Marta: Material académico Universidad del Magdalena.
- Sanz, I., Peñaranda, Í., & Carles, J. (2013). *Transporte ferroviario de mercancías*. Barcelona: Marge Books.
- Shutterstock. (1 de Octubre de 2021). *Turbosquid*. Obtenido de <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-railroad-boxcar-model-1594650>