RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Luisa Fernanda Sanguino Cañizares Juan Fernando Amado Arciniegas
FACULTAD	De Ingenierías
PLAN DE ESTUDIOS	Especialización Interventoría de Obras Civiles
DIRECTOR	Esp. Ing. Josenelson Montero Albor
TÍTULO DE LA TESIS	Seguimiento y control Ambiental al mantenimiento de vías férreas en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana.
TITULO EN INGLES	Environmental monitoring and control of the maintenance of railways in the Barrancabermeja - Chiriguana section.

RESUMEN
(70 palabras)

El siguiente documento relaciona el seguimiento y control de las actividades ambientales realizadas en el mantenimiento ferroviario de las vías férreas establecidas en el alcance del contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021, en donde además se relacionan los impactos ambientales que generan la administración y mantenimiento que generan las vias férreas y el material drenante, así como el marco normativo colombiano aplicable, del cual se obtiene como resultado de la investigación, una lista de parámetros para el seguimiento y control ambiental de este tipo de proyectos.

RESUMEN EN INGLES

The following document relates the follow-up and control of the environmental activities carried out in the railway maintenance of the railroad tracks established in the scope of the railway contract No. VE - 508 - 2021, where the environmental impacts generated by the administration and maintenance of the railroad tracks and the draining material are also related, as well as the applicable Colombian regulatory framework, from which a list of parameters for the follow-up and environmental control of this type of projects is obtained as a result of the research.

PALABRAS CLAVES	Control Ambiental, material rodante, vía férrea, riego químico, riel.
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Environmental control, rolling stock, railroad track, chemical irrigation, rail.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 87	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 20	CD-ROM:

Seguimiento y control Ambiental al mantenimiento de vías férreas en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana.

Luisa Fernanda Sanguino Cañizares

Juan Fernando Amado Arciniegas

Facultad de Ingeniarías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Especialización de Interventoría en Obras Civiles

Esp. Ing. Josenelson Montero Albor

11 de enero de 2024

Índice

Pág.

Capítulo 1. Seguimiento y control Ambiental al mantenimiento de vías férreas en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana 8

1.1 Planteamiento del problema 8

1.2 Objetivo de la Monografía 9

1.3 Justificación 10

1.4 Metodología 12

Capítulo 2. Generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario ... 15

2.1 Composición de una vía férrea 15

2.2 Actividades de mantenimiento ferroviario 17

2.2.1 Mantenimiento Preventivo 19

2.2.2 Mantenimiento Correctivo 21

2.2.3 Mantenimiento Predictivo 22

2.3 Clasificación de impactos ambientales en el mantenimiento ferroviario 23

2.3.1 Impacto por la variación de la Calidad Ambiental 24

2.3.2 Impacto por Intensidad o grado de destrucción 24

2.3.3 Impacto por extensión 24

2.3.4 Impacto según el momento en que se manifiesta 25

2.3.5 Impacto según la persistencia 25

2.3.6 Impacto según su capacidad de recuperación 26

2.3.7 Impacto según su relación Causa y efecto 26

2.3.8 Impacto según la interrelación de acciones y/o efectos 27

2.3.9 Impacto según su periodicidad 27

2.3.10 Impacto según por la necesidad de aplicación de medidas correctoras 27

2.4 Categorización e identificación de impacto ambiental 28

2.5 Impactos ambientales en la construcción y mantenimiento de vías ferroviarias 29

2.6 Manejo ambiental en líneas ferroviarias 30

2.7 Línea base ambiental..... 31

Capítulo 3. Marco normativo del componente Ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario 35

Capítulo 4. Análisis de los impactos ambientales generados en el mantenimiento ferroviario del tramo Barrancabermeja – Chiriguana 40

4.1 Mantenimiento rutinario y conservación del corredor..... 42

4.1.1 Rocería y deshierbe manual 43

4.1.2 Riego Químico 46

4.1.3 Control de estabilidad de taludes y sedimentos 48

4.1.4 Obras complementarias..... 55

4.1.5 Control de Calidad 63

4.2 Análisis de Impactos ambientales identificados 67

Capítulo 5. Lista de parámetros de verificación para el seguimiento y control ambiental en la ejecución de proyectos de mantenimientos ferroviarios 73

Conclusiones 77

Referencias 79

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1 Esquema composición de una línea férrea 16

Figura 2 Esquema de Clips de fijación o sujetadores para rieles 16

Figura 3 Riesgo de fallo de los componentes de la vía férrea en función del tiempo 18

Figura 4 Localización general vía férrea intervenida 40

Figura 5 Actividades de Rocería con guadañadora 44

Figura 6 Cantidad de rocería en Ha ejecutada por mes 46

Figura 7 Riego químico de la línea férrea 47

Figura 8 Retiro de sedimentos y limpieza de cunetas 49

Figura 9 Reconstrucción de alcantarillas por el método sliplining 50

Figura 10 Instalación de balastro para capa de soporte 52

Figura 11 Grafica de m3 de balastro suministrado vs mes reportado 54

Figura 12 Construcción de muro Guarda Balastro 56

Figura 13 Construcción de pilotes para mitigar hundimiento de la plataforma férrea 57

Figura 14 Construcción de muro en gaviones 58

Figura 15 Construcción de bolsacretos 59

Figura 16 Terraceado y construcción de cunetas en sacos suelo-cemento 60

Figura 17 Construcción de obra hidráulica Box coulvert 61

Figura 18 Limpieza de perfiles metálicos con Sandblasting y pintura 63

Figura 19 Prueba de Ultrasonido sobre riel 64

Figura 20 Cumplimiento del cronograma ambiental contrato ferroviario No.VE - 508 – 2021 .. 71

Lista de Tabla

Pág.

Tabla 1 Categorías de afectación de acuerdo al componente ambiental 28

Tabla 2 Principales impactos ambientales en la construcción y mantenimiento ferroviario 29

Tabla 3 Manejo Ambiental en vías férreas 30

Tabla 4 Normas aplicadas a proyectos de vías 36

Tabla 5 Normas ambientales aplicables a proyectos viales según el tema 37

Tabla 6 Información general del contrato 42

Tabla 7 Rocería del corredor vial Barrancabermeja- Chiriguaná 44

Tabla 8 Cantidad de balastro suministrado e instalado para mantenimiento rutinario 53

Tabla 9 Ensayo de granulometría I.N.V.E 123-13 método tamizado 65

Tabla 10 Canteras utilizadas para el suministro de materiales 66

Tabla 11 Franja granulométrica recomendada para el uso de balasto 67

Tabla 12 Análisis de actividades que generan un impacto ambiental 68

Tabla 13 Seguimiento y control de actividades ambientales 70

Tabla 14 Aspectos de seguimiento y control ambiental en mantenimientos ferroviarios 73

Introducción

La ejecución de contratos de mantenimiento ferroviario en Colombia, conlleva al cumplimiento de un plan de manejo ambiental, dado que las obra y el impacto ambiental que genera una vía férrea, tiene una connotación directa con la línea base ambiental de la zona donde se ubica la vía, ya que la sola operación del material rodante (locomotora), representa una contaminación auditiva, no obstante las actividades de mantenimiento periódico, también generan un impacto ambiental considerable debido a las grandes cantidades de materiales extraídos de cantera.

Por lo anterior se resalta la importancia en el manejo ambiental para un contrato de mantenimiento ferroviario, razón por la cual, el presente documento relaciona el análisis de experiencia de autores, durante el mantenimiento férreo de contrato No. VE - 508 – 2021, ejecutado por el Consorcio san Felipe, en el tramo Barrancabermeja-Chiriguana. La Investigación además contempla la recopilación de normatividad ambiental para la ejecución de mantenimientos ferroviarios, así como también las generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento ferroviario. Como resultado de la investigación, se establecen una lista de parámetros de verificación, para el seguimiento y control ambiental en mantenimiento ferroviarios.

Resumen

El siguiente documento relaciona el compendio de las diferentes generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento ferroviario, así como la documentación del marco normativo, y el análisis de experiencia de autores como participes en la ejecución del contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021, ejecutado por el Consorcio San Felipe, desde el mes de agosto de 2021 al 30 de junio de 2023, en donde se verifica que la aplicación de las diferentes acciones ambientales establecidas en el Plan de Manejo ambiental del contrato, y como resultado de la investigación, se aprecia una lista de parámetros de verificación ambiental, para las diferentes actividades y controles en este tipo de proyectos.

Capítulo 1. Seguimiento y control Ambiental al mantenimiento de vías férreas en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana

1.1 Planteamiento del problema

El tramo de vía férrea entre Barrancabermeja - Santander y Chiriguana – Cesar, recorre por una importante cantidad de naturaleza gracias a la geografía, de sus departamentos, pasando por ríos, quebradas y montañas, lo que lo hace muy susceptible a emergencias ocasionadas por la acción del medio ambiente como lo son inundaciones, fallas en obras de drenaje o fenómenos de remoción en masa (derrumbes).

Por lo anterior, como parte de la solución para mitigar el riesgo y garantizar el transporte ferroviario, el Consorcio San Felipe, ejecuta el Contrato No. VE - 508 – 2021, el cual tiene por objeto:

> Ejecutar las obras de mantenimiento, conservación y mejoramiento de la infraestructura entregada y que hace parte del corredor la dorada (caldas) - Chiriguaná (cesar) y ramales incluidos en los anexos técnicos, así como el control y mantenimiento de material rodante y atención de emergencias que alteren de alguna manera las operaciones ferroviarias en el corredor ferroviario, y demás actividades consagradas en los anexos.

Como parte del contrato ferroviario mencionado anteriormente, se ejecutan una serie de actividades que de alguna manera u otra generan un impacto ambiental perjudicial para la biodiversidad de la zona, como lo es el riego químico para impedir el crecimiento de la hierba, el

cual puede ser perjudicial si no se realizan con la precaución ambiental necesaria para el caso. Es por esto que se hace necesario, realizar una investigación sobre el análisis de experiencias con relación al impacto ambiental generado y su mitigación por parte del Consorcio San Felipe para luego obtener como resultado de la investigación los parámetros relevantes de seguimiento y control ambiental para este tipo de proyectos.

Por consiguiente, es importante resaltar que, actualmente existen diferentes formas para identificar y evaluar impactos ambientales que, en su gran mayoría, son elaborados para un proyecto en específico por lo que resulta imposible aplicarlo a otro proyecto con características similares o diferentes. Según Sanz (1991), existen más de cincuenta metodologías para determinar impactos ambientales, en donde solo se generalizan unas cuantas (León J., 2011). Para alcanzar el éxito en proyectos de construcción o mantenimiento de vías férreas, se deben abordar diferentes actividades de dimensión ambiental, teniendo en cuenta las afectaciones generadas producto del mantenimiento o construcción de este tipo de vías. (Gonzales M., 2004)

Dado a las diferentes afectaciones ambientales que puede representar la construcción y mantenimiento de una red férrea, se hace necesario el uso de planes de gestión ambiental para su supervisión, en busca de mitigar el riesgo y reducir en mayor media el deterioro ambiental que este tipo de proyectos conlleva si se realiza con bajos estándares de seguimiento y control ambiental.

1.2 Objetivo de la Monografía

Dar a conocer cuáles son los parámetros más relevantes para el seguimiento y control ambiental en mantenimientos ferroviarios mediante una lista de verificación de parámetros, basados en el análisis de experiencia de la ejecución del contrato de mantenimiento ferroviario No. VE - 508 – 2021, ejecutado por el consorcio San Felipe, en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana.

1.3 Justificación

Con este proyecto de estudio, se busca dar a conocer cuáles son los impactos ambientales que se presentan en la ejecución del proyecto de mantenimiento ferroviario Contrato No. VE - 508 – 2021, en donde se identifica el cumplimiento y la remisión de afectaciones ambientales basado en el análisis de experiencias del caso de estudio, obteniendo de esta forma una lista de verificación de parámetros ambientales para el seguimiento y control ambiental en mantenimientos ferroviarios.

De acuerdo a la realización del mantenimiento ferroviario bajo el contrato No. VE - 508 – 2021 realizado por el Consorcio San Felipe, es importante mencionar que su desarrollo enmarca la implementación de un plan ambiental determinado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - hoy Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, el cual considera los siguientes parámetros:

Control de terraplenes, fenómenos de remoción en masa, sedimentación.

Recuperación con cobertura vegetal.

Puntos de disposición de sobrantes de construcción.

Canteras de materiales con certificados ambientales vigentes.

Disposición final de residuos sólidos.

Disposición final de residuos líquidos.

Teniendo en cuenta los parámetros que son de cumplimiento contractual para el contrato de mantenimiento ferroviario No. VE - 508 – 2021, mediante la presente investigación, se realiza un análisis de su cumplimiento, como también del seguimiento ambientales determinado mediante el análisis de experiencias. Como parte del desarrollo del argumento, es importante resaltar la investigación realizada por Martelo E. (2019), en donde concluye que:

> A diferencia de otros modos de transporte, la industria ferroviaria en Colombia ha hecho grandes avances en el mejoramiento y aplicación de sus componentes ambientales, no obstante, hace falta más priorización en la aplicación de controles ambientales para que el transporte de carga en tren sea sostenible.
>
> Aunque existen organismos institucionales encargados de garantizar que el transporte ferroviario funcione correctamente, estos organismos brillan por su ausencia cuando se trata de confirmar el cumplimiento de la normativa medioambiental.

Con relación al impacto ambiental, según Coria I. (2008), A la hora de planificar y llevar a cabo proyectos de todas las dimensiones y objetivos, el medio ambiente es una consideración crucial. Teniendo en cuenta que todo proyecto provoca cambios permanentes en el medio ambiente, lo que hace necesario un estudio de impacto ambiental, y teniendo presente el

creciente uso del sistema ferroviario. Según Zapata J. (2021) para el año2030, se espera que el sector ferroviario de mercancías de Colombia transporte 120 millones de toneladas anuales, frente a los 43 millones de toneladas de 2014, y sirva como red de transporte fundamental para la integración de los mercados del Pacífico y del Atlántico latinoamericano.

Por lo anterior, el objetivo del presente documento consiste en dar a conocer cuáles son los parámetros más relevantes para el seguimiento y control ambiental en mantenimientos ferroviarios, basados en el análisis de experiencia en la ejecución del contrato de mantenimiento ferroviario No. VE - 508 – 2021, ejecutado por el consorcio San Felipe, en el tramo Barrancabermeja – Chiriguana, obteniendo como resultado una serie de parámetros y recomendaciones para el seguimiento y control ambiental en proyectos de mantenimientos ferroviarios.

1.4 Metodología

Tipo de investigación: La investigación se considera de tipo cualitativa y descriptiva, ya que se basa en el análisis de experiencias relacionada con las actividades realizadas durante el mantenimiento ferroviario realizado por el Consorcio San Felipe al tramo de vía férrea Barrancabermeja – Chiriguana, en donde se analizan los impactos ambientales y los controles realizados para su mitigación.

Población objeto de estudio: Con relación a la índole del proyecto, la población objeto de estudio en este caso, corresponde a las diferentes actividades de mantenimiento de vías férreas

realizadas por el consorcio San Felipe, en el marco del contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021, para el tramo comprendido entre Barrancabermeja y Chiriguana.

Recolección de Información: Se realiza mediate las técnicas de recolección y los instrumentos:

Técnicas de Recolección: Dado el tipo de investigación, las técnicas consideradas para su desarrollo corresponden a:

Exploración documental, para profundizar los conocimientos necesarios con relación al impacto ambiental y sus formas de mitigación durante la ejecución de mantenimientos ferroviarios se realiza la investigación sobre el tema de estudio, mediante los diferentes instrumentos de recolección de información.

Observación, como parte del análisis de experiencias se realiza una observación minuciosa de las actividades ejecutadas con el personal operativo del Consorcio San Felipe de los mantenimientos ferroviarios en el tramo Barrancabermeja - Chiriguana, para determinar parámetros importantes de impacto ambiental y su seguimiento para la mitigación.

Instrumentos de recolección de Información: En este caso se utiliza información basada en el análisis de experiencias durante la ejecución del mantenimiento ferroviario realizado por el Consorcio San Felipe al tramo férreo Barrancabermeja – Chiriguana; también se utilizará fuentes bibliográficas de información como libros, trabajos investigativos, artículos de revistas, biblioteca institucional UFPSO y bases de datos como Scielo, Redalyc, eLibro, entre otros.

Fases para el desarrollo de la monografía: Se abordan las siguientes fases:

1. Generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario.

2. Marco normativo del componente Ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario.

3. Análisis de los impactos ambientales generados en el mantenimiento ferroviario del tramo Barrancabermeja – Chiriguana.

4. Lista de parámetros de verificación para el seguimiento y control ambiental en la ejecución de proyectos de mantenimientos ferroviarios.

Capítulo 2. Generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario

La construcción de cualquier tipo de infraestructura vial conlleva a la ocupación de un área determinada que puede generar un impacto ambiental en la alteración del ecosistema de un lugar, así en el caso de las vías ferroviarias, las cuales, debido a su capacidad operacional en el transcurso del tiempo, requieren de un mantenimiento necesario para la continuidad en el uso de las vías férreas. Como parte de las generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento ferroviario, es necesario conceptualizar la composición de una vía férrea.

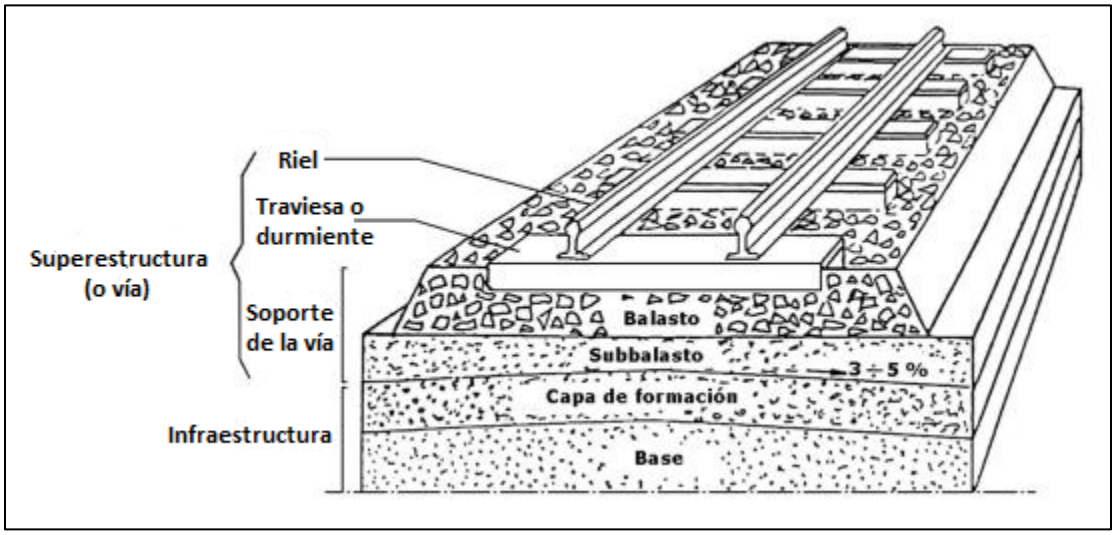
2.1 Composición de una vía férrea

Una vía férrea está formada por la superestructura y la infraestructura según la Agencia Nacional de Infraestructuras [ANI], en donde la infraestructura corresponde a las diferentes obras necesarias de obras creadas por desmontes y terraplenes para alcanzar el nivel requerido para la subrasante se conoce como tercera capa, o infraestructura.

La superestructura, corresponde a los elementos que componen la vía férrea que son, dos rieles de acero puestos en paralelo, apoyados a unos durmientes o traviesas que transmiten las cargas al balasto y posteriormente a la infraestructura y por último al suelo. Las traviesas o durmientes pueden ser fabricados de diferentes materiales entre los que se destacan la madera, concreto y acero. Y la forma en que se unen los rieles a las traviesas, es por medio de unos clips de fijación o sujetadores. Ver figura 1.

Figura 1

Esquema composición de una línea férrea



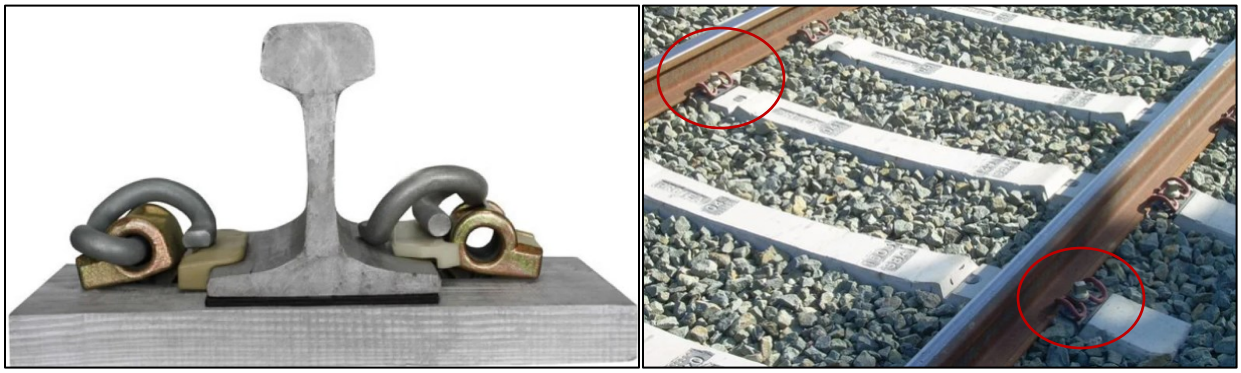
Nota: Tomado de Eadic (2015), modificado por autores.

https://eadic.com/blog/entrada/infraestructura-ferroviaria-elementos/

Según la figura 1, se aprecian todos los componentes de una vía férrea típica, excepto el esquema de los sujetadores o clips de fijación, los cuales son necesarios para garantizar que los rieles se mantengan sujetos a una misma distancia paralela. Ver figura 2.

Figura 2

Esquema de Clips de fijación o sujetadores para rieles



Nota: Obtenido de Structuralia (s.f.).

Con relación al balasto en el cual se apoyan los durmientes o traviesas, cumple una función importante ya que evitan que los durmientes presenten desplazamientos longitudinales y transversales causados por el frenado o tracción de la locomotora sirviendo de anclaje para los durmientes. El balasto también cumple la función de transferir los esfuerzos recibidos de la superestructura a la infraestructura y capa de soporte, además permite el correcto drenaje de la vía, así como la sedición de polvo y la disminución en la propagación de maleza. (Arias & García 2005)

Antes de relacionar las generalidades del componente ambiental asociado al mantenimiento ferroviario, es importante mencionar cuales son las actividades que se realizan en dicho mantenimiento

2.2 Actividades de mantenimiento ferroviario

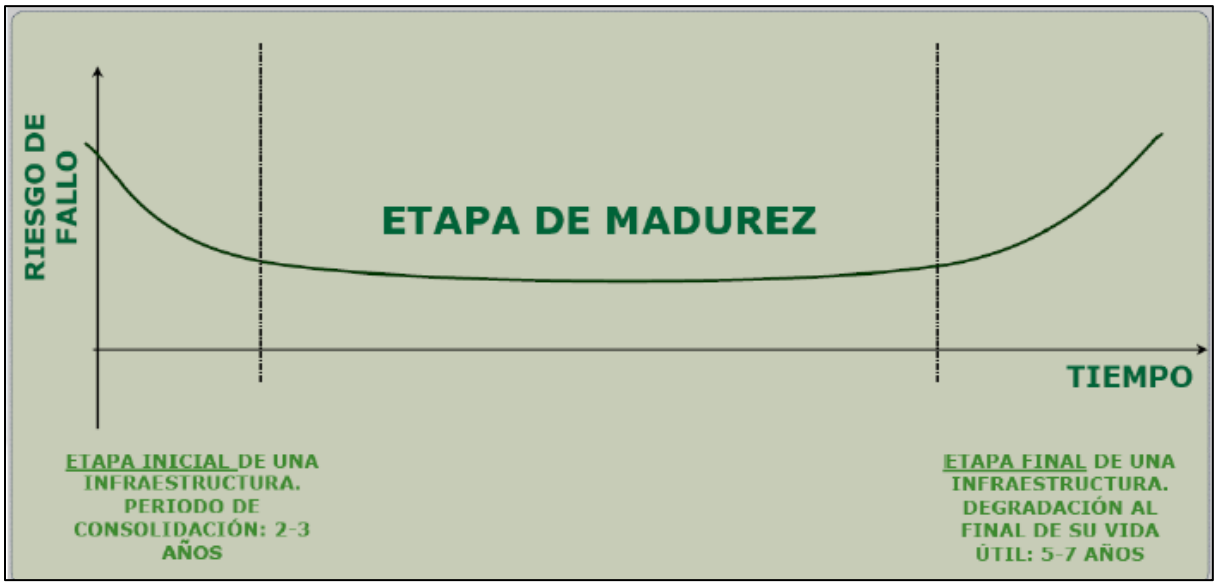
La capacidad operativa de una línea ferroviaria en el transcurso del tiempo, está sujeta a la realización de mantenimiento, a causa de las condiciones medio ambientales que pueden alterar la estabilidad de una vía férrea, como lo es un derrumbe, perdida de bancada, crecimiento desmesurado de la vegetación, entre otros. Por lo general el mantenimiento ferroviario puede ser de tipo preventivo, predictivo y correctivo.

De acuerdo con el Manual de Normatividad Ferroviaria Parte II (2013) publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia, en donde todas las operaciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento con el objetivo de mantenerlo o

devolverlo a un estado en el que pueda seguir desempeñando la función necesaria se denominan colectivamente mantenimiento ferroviario. Se puede observar en la siguiente figura 3 que las acciones de mantenimiento de una vía férrea están en general más intensas en los primeros tiempos de su vida útil y al final de la misma. Esto se debe a su mayor riesgo de fallo.

Figura 3

Riesgo de fallo de los componentes de la vía férrea en función del tiempo



Nota: Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (2013).

De acuerdo a la figura 3, teniendo en cuenta que las vías férreas requieren de un mantenimiento, se destacan otros tipos de mantenimientos aplicables que corresponde a mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Según Manual de Normatividad Férrea Parte II (2013), las operaciones mínimas de mantenimiento ferroviario que se mantienen a lo largo de su vida útil corresponden a:

- Componentes de los sistemas de drenaje, longitudinales y transversales.
- Pasos al mismo nivel o cruces de vía.

- Cobertura vegetal y taludes.
- Obras especiales (Puentes, túnel, entre otras).
- Sanidad ambiental (plagas y animales).

2.2.1 Mantenimiento Preventivo

Consiste en la realización de inspecciones habituales del estado de rieles y obras especiales como pasos elevados, así como la limpieza de maleza o desmonte de la maleza producto del impacto ambiental que se genera con la flora y fauna, reconociendo que cada componente de un mecanismo envejece de forma diferente y que es necesario un mantenimiento para que siga funcionando correctamente (Cuartas, L., 2008). El mantenimiento preventivo se realiza mediante un cronograma de actividades para garantizar el buen estado de las vías férreas teniendo en cuenta actividades como el retiro de la vegetación sobre los rieles, entre otras. (Mendoza E., 2017)

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT] (2012), la conservación preventiva de las vías férreas es un aspecto clave para garantizar su funcionamiento, en donde las principales actividades de mantenimiento preventivo se relacionan a continuación:

Limpieza de obras de drenaje: Corresponden a las obras complementarias para el control de aguas lluvias y pueden ser cunetas, bajantes, alcantarillas, descoles, entre otros. Esta actividad se realiza mediante el empleo de herramientas manuales, pico, pala, y agua a presión.

Limpieza y depuración de balasto: Hace referencia al retiro manual o mecánico del balasto contaminado o en deficiente estado, así como el retiro de material orgánico de la superficie del balasto.

Despeje y desbroce: Concierne a las actividades de limpieza manual o con equipos especializados para el retiro de la maleza y el exceso de vegetación situada en la zona de afección de la vía férrea.

Tratamiento químico: Corresponde a la aplicación de productos fitosanitarios en la superficie del balasto para evitar plagas y el crecimiento rápido de la vegetación.

Nivelación y alineación de la vía: Hace referencia a las actividades de reposición geométrica de vía, para optimizar las condiciones de seguridad de dicha vía.

Amolado y estabilizado: Corresponde a las actividades de corrección de defectos de los dos carriles, en donde se realiza un rebaje o amolado de carril para corregir los defectos mediante medios mecánicos como esmeriladora o tren de amolado, igualmente se emplea un tren de estabilizado, para corregir la estabilización dinámica de la vía.

Engrasado de aparatos de vía: Esta actividad hace referencia al engrasado manual o reposición de lubricante de los diferentes aparatos mecánicos que pueden hacer parte de una vía férrea, como lo son los desvíos, cruzamientos, entre otros.

Auscultación de la vía: Hace referencia a las actividades de inspección visual y métrica mediante equipos topográficos para comprobar la calidad en la geometría de la vía.

2.2.1.1 Impacto ambiental en el mantenimiento preventivo. Teniendo en cuenta las actividades que componen el mantenimiento preventivo en una línea férrea, es importante resaltar los factores de riesgo e impacto ambiental que se generan al momento de realizar actividades de mantenimiento preventivo. Los principales factores de riesgo ambiental corresponden a:

Contaminación del medio ambiente. Se presenta debido a la utilización de herramientas de corte de carril, los cuales generan la proliferación de partículas de metal que pueden presentar un riego ambiental especialmente para el personal de trabajo si no utiliza los implementos de seguridad adecuados. Igualmente se presenta la contaminación del medio ambiente a la hora de realizar actividades de riego químico para el control de maleza y plagas.

Contaminación auditiva. Se presenta la contaminación auditiva al momento de realizar actividades de mantenimiento de una vía férrea que este situada en un medio ambiente con flora y fauna, en donde la contaminación auditiva puede afectar el medio ambiente de la zona.

2.2.2 Mantenimiento Correctivo

Se realiza para corregir una falla o defecto que se presente en un elemento existente o instalado en un determinado momento, la cual se debe atender de forma inmediata para dar continuidad a la capacidad operativa de la vía. (Cuartas Pérez, L. 2008). Las principales actividades de mantenimiento correctivo que puede presentarse en una vía férrea según Structuralia (s.f.), corresponden a:

- Sustitución de carril por desgaste y neutralización de la vía: Consiste en actividades de cambio de carril existente, en donde se debe efectuar soldaduras aluminotérmicas, así como también efectuar la neutralización de la vía y el retiro del material sobrante.

- Sustitución de traviesas o durmientes: Corresponde a las actividades de retiro de traviesas existentes y colocación de traviesas nuevas las cuales son asentadas por el carril sobre las mismas y el carril anclado a las traviesas mediante los clips de fijación, en donde posteriormente se debe se realiza la debida nivelación y alineación de la vía.

2.2.3 Mantenimiento Predictivo

La tecnología y las capacidades humanas son igualmente necesarias para el proceso de mantenimiento predictivo. Para tomar decisiones rápidas sobre las necesidades de mantenimiento de las líneas ferroviarias, se combinarán todos los datos de diagnóstico y rendimiento disponibles con los registros de los operadores, el historial de mantenimiento y los datos de diseño. (Kobbacy, K. 2008). Según Grupo EFE (2016), el mantenimiento predictivo implica la inspección periódica de la vía férrea y sus componentes en toda su extensión tales como:

- Inspección de desviadores y enlaces.
- Inspección de entorno: Balizas de señalización, galibo, sistemas de drenaje.
- Inspección de vegetación
- Inspección de taludes, cortes y terraplenes
- Inspección de confinamiento
- Inspección de cruces vehiculares y peatonales
- Inspección de vía férrea
- Inspección de tornamesas
- Inspección de rieles con ultrasonido

La finalidad del mantenimiento predictivo en vías férreas implica el conocimiento acabado y continuo del estado de las vías mediante la vigilancia, detección y registro de defectos en los elementos, entorno y parámetros constitutivos de ella. (Grupo EFE, 2016)

2.3 Clasificación de impactos ambientales en el mantenimiento ferroviario

Las actividades de mantenimiento ferroviario conllevan a la alteración de los escenarios medio ambientales en la zona donde se sitúa la línea férrea, sea positivas o negativas, afectan directa o indirectamente, alterando la línea base ambiental, que hace referencia a la flora, fauna, cuerpos de agua, suelo, aire, clima, entre otras condiciones propias de un determinado lugar.

Según Conesa V. (1993) sugiere que los impactos ambientales se valoren considerando diversas tipologías, como la intensidad del impacto, su extensión y prolongación, y su capacidad

de recuperación para el medio ambiente. Con relación a las tipologías de afectación ambiental se mencionan las siguientes:

2.3.1 Impacto por la variación de la Calidad Ambiental

Las variaciones de la calidad ambiental pueden tener un efecto positivo o negativo en un entorno concreto. Cuando lo hacen, pueden afectar especialmente de forma negativa a la estética del entorno y a las condiciones paisajísticas, entre otras cosas.

2.3.2 Impacto por Intensidad o grado de destrucción

De acuerdo a la magnitud de daño que genera una actividad relacionada al mantenimiento ferroviario, se puede presentar un impacto ambiental el cual se puede clasificar como impacto notable o muy alto, así como medio alto, bajo o mínimo. Según Pérez J. (2017), Cuando una influencia se materializa como un cambio en el medio ambiente, los recursos naturales o sus funciones básicas y tiene el potencial de tener un impacto futuro significativo en estas áreas, se considera digna de mención. Un impacto mínimo es aquel en el que el mínimo daño del factor se expresa en su efecto. La alteración del medio ambiente o de alguno de sus componentes es indicativa de un suceso de impacto medio a alto, cuyas consecuencias se sitúan entre las de un efecto menor y significativo.

2.3.3 Impacto por extensión

De acuerdo al impacto ambiental generado cuando se habla de extensión hace referencia al sitio de ubicación o localización de la zona donde se genera dicho impacto ambiental, el cual, según Conesa V., (1993), puede clasificarse de 5 tipologías distintas que son: Impacto puntual: cuando la labor solo genera afectación a un determinado lugar específico. Impacto parcial: cuando la consecuencia se hace repetitiva. Impacto Extremo: ocurre cundo la acción generada es apreciable en gran medida del medio ambiente. Impacto total: cuando las afectaciones ambientales se presentan en todo el entorno que rodea la acción, o en este caso intervención de mantenimientos o construcción de vías férreas.

2.3.4 Impacto según el momento en que se manifiesta

De acuerdo al momento de ocurrencia de un impacto ambiental, puede distinguirse en latente (corto, medio y largo plazo), inmediato y de momento crítico. Los impactos latentes son aquellos cuyos efectos se manifiestan transcurrido un periodo desde el comienzo de la actividad que los genera. Estas afectaciones están causados por sustancias o agentes que inicialmente están por debajo de un umbral permitido, pero que, al acumularse y/o actuar conjuntamente, sugieren que se ha superado el límite. Debido a este alto índice de imprevisibilidad, los impactos latentes pueden causar graves problemas, como la contaminación del suelo por la acumulación de productos químicos agrícolas. Pérez (2017)

2.3.5 Impacto según la persistencia

En función de su duración, los impactos pueden clasificarse como transitorios o permanentes. Cuando un impacto tiene una duración temporal discernible de manifestación y sugiere un cambio no permanente en el tiempo, se clasifica como transitorio. Los impactos que duran menos de un año se consideran transitorios; los que duran entre uno y tres años se clasifican adecuadamente como temporales; y los que duran entre cuatro y diez años se clasifican como persistentes.

2.3.6 Impacto según su capacidad de recuperación

En este caso puede ser transitorio, fugaz, reducible, irreversible o recuperable. El primer escenario se distingue por el hecho de que el medio ambiente se ha alterado o perdido, y ni la actividad humana ni los procesos naturales pueden repararlo. Cualquier obra que implique el uso de cemento es irreversible. El impacto irreversible sugiere que es imposible o extremadamente difícil volver atrás en el tiempo, utilizando medios naturales, al estado existente antes de la acción que lo causó. Por lo general, los lugares se deterioran gradualmente hasta comenzar un proceso irreversible de desertificación.

2.3.7 Impacto según su relación Causa y efecto

Hace referencia al impacto que se puede generar de forma directa, ya que, se produce un efecto ambiental cuando una acción o actividad natural o artificial modifica, mejora, daña o beneficia los recursos naturales de un ecosistema debido a la causa y efecto (Universidad del Valle, S.f.)

2.3.8 Impacto según la interrelación de acciones y/o efectos

Los impactos simples, acumulativos y sinérgicos son las tres categorías en las que puede encuadrarse una acción en función de cómo interactúen sus efectos con el medio ambiente. Si un efecto sólo afecta a un aspecto del medio ambiente, se dice que tiene un impacto simple. Cuando un efecto dura más de lo previsto y produce un aumento progresivo de sus efectos a lo largo del tiempo, se considera acumulativo. Cuando varios agentes o acciones están presentes simultáneamente, su efecto combinado sobre el medio ambiente es superior al total de cada afectación independiente cuando se toman por separado. Esto se conoce como impacto sinérgico. (Estrucplan, 2000)

2.3.9 Impacto según su periodicidad

Cuando se dice que un efecto es periódico, significa que presentará patrones cíclicos o repetitivos (efecto periódico), patrones inesperados a lo largo del tiempo (efecto irregular) o patrones continuos a lo largo del tiempo (efecto continuo). (Hidroar S.A., 2015)

2.3.10 Impacto según por la necesidad de aplicación de medidas correctoras

El impacto causado por las actividades que dan lugar a la generación de un impacto ambiental puede clasificarse como crítico, grave o moderado en función de las medidas correctoras necesarias. Cuando se produce una disminución sostenida del nivel del medio ambiente circundante, existe un impacto ambiental crítico. Cuando los efectos o impactos generados exigen medidas para corregir, se habla de una afectación ambiental grave. Un impacto

ambiental moderado no requiere amplias medidas protectoras o correctoras, ni tarda mucho tiempo en devolver el medio ambiente a su estado original. (Velosa L., 2014)

2.4 Categorización e identificación de impacto ambiental

Teniendo en cuenta que cualquier alteración de un ecosistema por mínima que sea repercute de forma positiva o negativa ocasionando un impacto ambiental, es importante resaltar las principales clases de afectación ambiental, según el medio en que se desarrolla y al componente ambiental. En la siguiente tabla 1, se relacionan las principales clases de afectación ambiental de acuerdo al componente ambiental afectado.

Tabla 1

Categorías de afectación de acuerdo al componente ambiental

Componente ambiental	Componente	Categoría
Abiótico	Atmosférico	- Modificación de la calidad del aire. -Cambio de las características físicas del aire. -Cambio en la magnitud de la presión sonora. - Producción de olores desagradables.
	Geomorfológico	-Modificación de las condiciones del suelo.
	Suelo	-Cambios en la composición del suelo. -Un cambio en la calidad de los recursos hídricos superficiales.
	Hidrológico	- Cambios en la disponibilidad y el suministro de recursos hídricos superficiales. - Modificación hidro morfológica del régimen sedimentológico y de la dinámica fluvial.
Biótico	Cobertura Vegetal	- Cambios en la capa vegetal
	Fauna	- Modificación de los grupos faunísticos terrestres.
	Flora	- Modificaciones de las generalidades vegetales

Componente ambiental	Componente	Categoría
Socioeconómico.	Espacial	-Ajustes en los servicios públicos y sociales, así como en las infraestructuras físicas y sociales. -Un cambio en la conectividad local, la movilidad y la accesibilidad.
	Cultural	-Un cambio en la apariencia del paisaje. -Modificación del uso del suelo.
	Político-administrativo	-Manifestación y/o alteración de conflictos sociales

Nota: Obtenido de Vargas D. (2021).

2.5 Impactos ambientales en la construcción y mantenimiento de vías ferroviarias

La reconstrucción o sostenimiento de una vía ferroviarias, conlleva de una u otra manera a la afectación del medio ambiente en donde se sitúa o localiza la línea férrea, en donde según la investigación realizada por Escobar y Rodríguez (2017), las principales afectaciones ambientales probables en la construcción y mantenimiento de líneas ferroviarias corresponden a los contemplados en la siguiente tabla 2.

Tabla 2

Principales impactos ambientales en la construcción y mantenimiento ferroviario

Recurso	Impacto ambiental
Suelo	-La creación y/o aceleración de procesos relacionados con la erosión y la inestabilidad. -Desaparición de la capa orgánica. -Disminución del contenido en agua y de la permeabilidad. - Modificación en el uso. -Impacto en la calidad del suelo.
Agua	-Reducción de la calidad físico-química. - Modificaciones del sistema de drenaje natural. -Impacto sobre las aguas subterráneas. -Aumento del contenido de sólidos en suspensión en aguas superficiales.
Aire	- Emisiones de gases y partículas: deterioro de la calidad del aire. - Mayores niveles de decibelios de sonido.

Recurso	Impacto ambiental
Componentes Socioeconómicos Y Cultural	-El traslado de hogares o empresas. -Impacto en las zonas, actividades y fines públicos. -Deterioro del nivel del paisaje. -Pérdida de recursos históricos, religiosos y culturales. -Impacto sobre los bienes y la seguridad de los grupos susceptibles o habitantes del ámbito de afección de las obras.
Paisaje	-Desorientación y falta de puntos de referencia (agrupaciones de árboles, masas de agua). -El ecosistema y el espacio urbanos se fragmentan. -Reducción de la variedad formal, que está relacionada con la biodiversidad.
Flora y Fauna	-Disminución de la calidad del hábitat y pérdida de cubierta vegetal. -Desplazamiento o reubicación de la fauna salvaje. -Modificación de los ecosistemas actuales.

Nota: Obtenido de: Escobar y Rodríguez (2017).

2.6 Manejo ambiental en líneas ferroviarias

Con relación al plan de manejo ambiental que se debe implementar en el mantenimiento, rehabilitación o construcción de una vía férrea, es importante tener en cuenta lo establecido por Martelo E. (2019), que las principales actividades de manejo ambiental para mitigar su impacto en relación a las vías ferroviarias según el componente ambiental corresponden a lo establecido en la siguiente tabla 3.

Tabla 3

Manejo Ambiental en vías férreas

Componente Ambiental	Actividades de control y manejo ambiental
Dimensión Física	Estabilidad de terraplenes, taludes y gestión de sedimentos. crecimiento de la vegetación. Lugares para escombros de excavación. gestión de canteras. manejo de residuos sólidos. manejo de residuos líquidos.
Dimensión Biótica	Programa de Revegetalización

Componente Ambiental	Actividades de control y manejo ambiental
Dimensión Humana	Conocimiento e implicación en la comunidad. Utilización de la gestión social para controlar las intrusiones y detener el daño a otras personas. programa para el empleo. programa de sensibilización medioambiental de trabajadores y contratistas.
General	Señalización Control y gestión del medio ambiente. Preservación del corredor ferroviario.

Nota: Obtenido de: Martelo E. (2019).

Es importante mencionar que, como parte del manejo ambiental en vías ferroviarias, toda vez, que se realice una rehabilitación, construcción o mantenimiento, se debe contar con una licencia ambiental, la cual es expedida por a la autoridad ambiental en el área de ejecución del proyecto.

2.7 Línea base ambiental

El objetivo es definir el ámbito de influencia del proyecto o actividad para luego evaluar los posibles efectos sobre los elementos del medio ambiente. Considerando los efectos ambientales potenciales pertinentes sobre cada elemento impactado del medio ambiente, se define y justifica el lugar donde se realizan actividades (Gestión en Recursos Naturales, 2018).

Según Senace (2018), la línea base ambiental, corresponde al estado en que se encuentra la zona donde se ejecutará un proyecto, comprendiendo la descripción detallada de las propiedades o características socioambientales identificadas en la zona donde se localiza el

proyecto, envolviendo las afectaciones naturales que pudieran alterar las condiciones normales de un determinado lugar.

La línea base ambiental, se compone de diferentes factores que ayudan a identificar las condiciones medioambientales y de lugar que presenta un determinado lugar, los cuales corresponden a:

Delimitación del área de influencia: corresponde al área y zonas aledañas donde se ejecuta el proyecto, y su función es la de limitar e identificar los factores o impactos ambientales de un lugar determinado. Por definición, un estudio de impacto ambiental incluye una amplia gama de variables -muchas de ellas complejas- que definen con precisión las zonas de influencia particular, es decir, aquellas en las que se han producido o se prevé que se produzcan cambios como consecuencia de proyectos de construcción y otras actividades. (Bravo D., 2012).

Aspectos físicos: Corresponde al análisis de características geomorfológicas de un determinado lugar, en donde se evalúan las condiciones iniciales y el impacto que se genera con la intervención, desde la perspectiva ambiental, analizando los efectos e impactos. (Ramos A., 2007).

Según Ponce E. (s.f.). los aspectos físicos también se conocen como componente Abiótico, el cual corresponde a los factores inertes que hacen parte de un ecosistema y que determinan el espacio físico que es habitad de seres vivos. Los aspectos más importantes para analizar y evaluar el posible impacto ambiental generado por una obra de construcción en el

componente abiótico corresponden a la geología del lugar, la geomorfología, geotecnia, el paisaje, hidrología, hidrogeología, atmosfera.

Como parte de los aspectos físicos del lugar en donde se desarrolla un proyecto, cuando se analizan las características abióticas o aspectos físicos, es importante establecer los métodos de mitigación de impacto ambiental de la zona, como los llevando a cabo diferentes actividades periódicas como el reciclaje, el correcto manejo de residuos sólidos, el correcto uso y ahorro eficiente del recurso hídrico y la capacitación del personal en obra. (Trespalacios C., 2023)

Aspectos biológicos: Según Gironzini F. (2019) corresponde a la caracterización biótica de un determinado lugar, en donde se determinan las zonas de vida, el clima, la vegetación, la fauna del lugar, con el fin de identificar las afectaciones y la posible mitigación del impacto ambiental generado a la hora de comenzar con un proyecto de construcción.

Según Torres y Flores (2021), los aspectos biológicos o componente biótico, comprende la flora y fauna típico del área de influencia de un proyecto, en donde antes de iniciar con un proyecto, se deben cuantificar las especies vegetales que existen así como también las especies de animales o seres vivos predominantes (aves, mamíferos, insectos, entre otros); de esta forma se logra definir el ecosistema propio del lugar donde se intervendrá con la construcción de un proyecto midiendo el alcance del impacto ambiental que se pueda llegar a generar y las posibles alternativas para mitigarlo.

Aspectos socioeconómicos: En este componente se analizan las condiciones demográficas del lugar donde se sitúa el proyecto, de igual forma las fuentes de generación de empleo del lugar y las afectaciones o el impacto ambiental que conlleva una obra de construcción, también se identifican los servicios e infraestructura con que cuenta la comunidad en el área del proyecto y la población desempleada o disponible para implementar en un proyecto de construcción. (Azua J., 2018).

Según Mego y Saldaña (2017), el factor socioeconómico, corresponde a la identificación de la población de la zona, al igual que la construcción predominante de las edificaciones, el sistema de abastecimiento de agua y servicio de saneamiento y alumbrado eléctrico, así como también las actividades productivas.

Capítulo 3. Marco normativo del componente Ambiental asociado al mantenimiento Ferroviario

Hace un siglo, Colombia aprobó la Ley 76 de 1920, la más actual que regula el modo ferroviario. Desde entonces se han hecho directrices técnicas y decretos para permitir el funcionamiento actual, pero no han sido adecuados para hacer avanzar el modo a medio y largo plazo.

Es crucial destacar que las organizaciones que supervisan los componentes de planificación a corto, medio y largo plazo de la infraestructura, así como los servicios de transporte y logística, la estructuración y ejecución de proyectos y la conservación y mantenimiento de la red carecen actualmente de una definición clara de sus respectivas funciones dentro de la industria ferroviaria. Además, no existen organizaciones dedicadas a la investigación de accidentes ni a la regulación de los modos técnicos y financieros.

En cuanto al medio ambiente, el ferrocarril es eficiente en el uso de la energía y tiene bajas emisiones de CO2 por tonelada de carga transportada; sin embargo, factores como el ruido y las vibraciones determinan el curso de los proyectos ferroviarios y hacen necesaria su regulación. Al igual que para los parámetros económicos y técnicos, no hay una normatividad unificada sobre reglamentación ambiental. Así mismo también se presenta la regulación ambiental para las actividades de mantenimiento requeridas para el funcionamiento de una línea ferroviaria. A continuación, mediante la tabla 4, se puede apreciar el marco normativo relevante para el desarrollo de proyectos viales, el cual para el caso es ferroviario.

Tabla 4

Normas aplicadas a proyectos de vías

Norma	Relevancia para el desarrollo de proyectos viales
Constitución Política de Colombia	Establece la responsabilidad tanto del Estado como del pueblo de preservar las riquezas naturales y culturales del país. Alude asimismo a la obligación del Estado de preservar la diversidad y la integridad del medio ambiente.
Ley 2 de 1959	Se han establecido áreas Forestales Protegidas en los siguientes casos: - Reserva Forestal del Pacífico. - Reserva Forestal Central. - Reserva Forestal del Río Magdalena. - Reserva Forestal Sierra Nevada de Santa Marta. - Zona de Reserva Forestal Serranía de los Motilones - Zona de Reserva Forestal del Cocuy - Zona de Reserva Forestal de la Amazonia
Ley 23 de 1973	Confiere al gobierno federal la potestad de promulgar el Código de Recursos Naturales Renovables y establece amplias directrices para prevenir y controlar los daños medioambientales.
Ley 99 de 1993	El principio de precaución, la inclusión de los costes ambientales, las evaluaciones de impacto y la gestión ambientales integrada son sólo algunos de los amplios conceptos ambientales que establece y a los que debe ajustarse la política ambiental colombiana.
Decreto Ley 2811 de 1974 Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Regula los siguientes aspectos de la gestión de los recursos naturales renovables: 1. El espacio aéreo y la atmósfera nacionales. 2. Cualquiera de los mares de su Estado. 3. La capa superior del suelo, el subsuelo y la tierra. 4. Las plantas. 5. 5. Los animales. 6. Las principales fuentes de energía no agotables. 7. Potencial energético de las pendientes topográficas. 8. Los recursos que utilizan la energía geotérmica. 9. Las riquezas biológicas que se encuentran en los fondos marinos y en los cursos de agua. 10. Generalidades del paisaje. Señala los términos en los que se puede utilizar y explotar, así como los contaminantes y otros elementos que empeoran el medio ambiente.
Ley 1124 de 2007	Estipula que, para garantizar el cumplimiento de las normas medioambientales, las empresas industriales deben crear un departamento de gestión medioambiental.
Ley 1258 de 2008	Crea el comparador medioambiental para las infracciones de las leyes de gestión de residuos y saneamiento.

Norma	Relevancia para el desarrollo de proyectos viales
Ley 1333 de 2009	Describe el proceso, las acciones preventivas y punitivas que aplicarán las autoridades medioambientales y el sistema de sanciones medioambientales.
Ley 1523 de 2012	Ratifica la política nacional de gestión de riesgos catastróficos, implica que el análisis de riesgos es un requisito para las empresas que realizan inversiones públicas.
Ley 1682 de 2013	Aprueba políticas y directrices para proyectos de infraestructuras de transporte. Establece principios rectores para estas iniciativas, como la incorporación de criterios de sostenibilidad y el cumplimiento de normas medioambientales.
Ley 1801 de 2016	Controla, entre otras cosas, las acciones relativas a la gestión de materiales peligrosos, la salvaguarda de la propiedad, los recursos hídricos, la fauna, la vegetación y el aire, el mantenimiento de la red de áreas protegidas del país, las actividades mineras ilícitas y la eliminación de basuras. Tiene cláusulas que abordan especialmente la protección de los animales.

Nota: La tabla relaciona el desarrollo del componente ambiental en proyectos de infraestructura vial, aplicables a la infraestructura ferroviaria. Fuente: obtenido de https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1623315

En la siguiente tabla 5, se aprecia el compilado de las normas según el Decreto 1076 de 2015, que corresponde a:

Tabla 5

Normas ambientales aplicables a proyectos viales según el tema

Tema	Disposiciones que lo regulan
Flora – Recursos forestales	Reúne la reglamentación del Decreto 1791 de 1996, que crea el marco para el aprovechamiento forestal. Controla el proceso de concesión y establece la reglamentación de los permisos necesarios para llevar a cabo el aprovechamiento forestal único.
Fauna silvestre	El Código de Recursos Naturales Renovables se rige por el Decreto 1608 de 1978, que se incluye en este documento. Establece el beneficio público de las iniciativas de manejo y preservación de la fauna silvestre. Regula los esfuerzos de repoblación, así como la gestión de las acciones que puedan afectar a la fauna silvestre.

Tema	Disposiciones que lo regulan
Humedales	Incluye las denominaciones de acuerdo a lo establecido en la lista de humedales según el Convenio de Ramsar.
Áreas protegidas	Decreto 2372 de 2010, que establece los principios rectores y rige el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Define y regula ampliamente las distintas clasificaciones de áreas protegidas. En los términos del Decreto 1996 de 1999, contempla la reglamentación de las reservas de la sociedad civil, el proceso de registro y la capacidad del propietario para participar en iniciativas y programas que tengan impacto en la reserva.
Licencias ambientales	En adición a otras leyes sobre el tema que fueron expedidas por el Decreto 2041 de 2014, señala los proyectos para los cuales se requiere licencia, las competencias, el método para su otorgamiento, la sustanciación de los estudios requeridos para tal fin, el control y seguimiento de las licencias otorgadas y demás requisitos. Incluye la evolución de la ley de infraestructuras en lo relativo a las operaciones de mejora exentas de licencia y a los pequeños ajustes realizados en los proyectos objeto de licencia. También regula lo concerniente al permiso Decreto 3016 de 2013 para la recolección de especímenes para el desarrollo de investigaciones ambientales.
Participación ciudadana	Se tiene en cuenta el Decreto 330 de 2007 relativa a las audiencias públicas de permisos y licencias
Cuencas hidrográficas	Incluye los requerimientos relacionados con el POMCA del Decreto 1640 de 2012 sobre planificación, ordenación y administración de cuencas hidrográficas. Los Consejos Ambientales Regionales de las Macrocuencas (CARMAC) y la gestión del recurso hídrico fueron objeto de mayor consideración en la norma compilatoria del Decreto 50 de 2018.
Rondas hídricas	Con la evolución normativa de la Ley 1450 de 2011 sobre rondas hídricas y las bases para su delimitación, se introdujo la norma de compilación mediante el Decreto 2245 de 2017.
Uso del agua	Incluye cláusulas que se encuentran en el Decreto 1541 de 1978 que tratan de las vías navegables no marítimas y la capacidad de utilizarlas. controla el proceso de adjudicación de concesiones de agua y las responsabilidades del concesionario. Crea la posibilidad de que las vías navegables se regulen en consonancia con el Decreto 3930 de 2010, que también es un componente de la norma para la compilación. La reglamentación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua de la Ley 373 de 1997 está incluida en el Decreto 1909 de 2018.

Tema	Disposiciones que lo regulan
Intrusión de cauces	Incorpora los requisitos del Decreto 1541 de 1978 que rigen la materia y determinan si las licencias expedidas por la autoridad ambiental son exigibles. Sin afectar las que son competencia de la DIMAR.
Vertimientos	Sujeta el Decreto 1541 de 1978 y el Decreto 3930 de 2010, así como las disposiciones pertinentes que tratan de los derrames, las interdicciones sobre el tema, las normas sobre derrames, la obligatoriedad de los planes de contingencia por derrames, y lo relacionado con los permisos de derrame, sus procedimientos de otorgamiento y demás requisitos.
Aire	Contempla las leyes de amparo y vigilancia de la calidad del aire incluidas en el Decreto 948 de 1995. También proporciona el marco para determinar los requisitos de emisión atmosférica para las emisiones de ruido y las fuentes fijas y móviles. Establece los requisitos para conceder permisos de emisión atmosférica y da las normas por las que deben considerarse exigibles. Estipula que los alcaldes pueden conceder licencias para emisiones de ruido superiores a los niveles admisibles.
Manejo de residuos	Para el manejo de residuos, se contempla el Decreto 284 de 2018, el cual tiene en cuenta multas ambientales e incluye normas para los residuos de aparatos eléctricos RAEE.
Residuos peligrosos	Decreto 4741 de 2005. En donde se relacionan las directrices para el manejo de residuos peligrosos como el RESPEL y otros agentes, y sienta las bases para la creación de planes de gestión de retorno posconsumo.

Nota: La tabla relaciona las normas ambientales según el tema de afectación. Fuente: Gonzales M. (2004).

Capítulo 4. Análisis de los impactos ambientales generados en el mantenimiento ferroviario del tramo Barrancabermeja – Chiriguana

El presente capítulo trata sobre sobre el análisis de los impactos generados en contrato de mantenimiento ferroviario No. VE - 508 – 2021, el cual tiene por objeto realizar obras de mantenimiento, conservación y mejoramiento de la infraestructura que hace parte del corredor la dorada (caldas) - Chiriguaná (cesar) y ramales incluidos, junto con otras tareas previstas en el contrato, como el mantenimiento y control del material rodante, la atención de emergencias que afecten las operaciones en las vías férreas. Con el fin de poner en contexto el alcance del contrato ferroviario, en la siguiente figura 4, se puede apreciar la localización de los tramos férreos intervenidos.

Figura 4

Localización general vía férrea intervenida



Nota: Tomado del Anexo técnico contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021.

Según la figura 4, se puede observar de color verde los tramos intervenidos en el proyecto y de los cuales se deriva el análisis de los impactos ambientales generados en el transcurso de la ejecución de las acciones contempladas, en donde de acuerdo a la CLAUSULA 11. OBLIGACIONES ESPECIFICAS DEL CONTRATISTA; No. VE - 508 – 2021, el contratista se compromete a realizar las siguientes obligaciones:

CLAUSULA 11. OBLIGACIONES ESPECIFICAS DEL CONTRATISTA:

(1) Recepción y reversión de infraestructuras y material rodante.

(2) Gestión del paso.

(3) Conservación y mantenimiento de la vía.

(4) Gestión del tráfico.

(5) Actuación (6) Seguimiento

(7) Administración, conservación y mantenimiento del material rodante.

(8) Atención inmediata

(9) Iniciativas sociales y medioambientales

(10) Indicación

(11) Piezas complementarias (incluyendo, si procede, elementos cruciales).

(12) Enviar calendarios e informes.

(13) Enviar la documentación necesaria para el proyecto.

Como complemento a la información contextualizada del contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021, a continuación, en la siguiente tabla, se aprecia la información general.

Tabla 6

Información general del contrato

Contrato de ferroviario No.	VE - 508 – 2021
Tipo de Contrato	Administración, mantenimiento, vigilancia, operación, control de tráfico y otras actividades.
Objeto del Contrato	Ejecutar las obras de mantenimiento, conservación y mejoramiento de la infraestructura entregada y que hace parte del corredor la dorada (caldas) - Chiriguaná (cesar) y ramales incluidos en los anexos técnicos, así como el control y mantenimiento de material rodante y atención de emergencias que alteren de alguna manera las operaciones ferroviarias en el corredor ferroviario, y demás actividades consagradas en los anexos.
Contratista de Obra	Consorcio San Felipe - Castro Tcherassi S.A (95%). - ALCA INGENIERIA S.A.S (5%).
Valor contrato de obra	$ 96.118.496.306,00

Nota: La tabla muestra la información general del contrato de obra ferroviario.

Teniendo en cuenta las obligaciones del contratista anteriormente mencionadas, mediante los siguientes subcapítulos se abordan los aspectos más relevantes analizados en la ejecución de actividades que generan una afectación ambiental positiva y/o negativa que repercute en este tipo de proyectos según la experiencia y registro de los autores, como parte del equipo de trabajo del Consorcio San Felipe.

4.1 Mantenimiento rutinario y conservación del corredor

Corresponde a aquellas actividades que se requieren de forma periódica, las cuales tienen una incidencia en el impacto ambiental que generan, ya que, de acuerdo al área de localización de la vía férrea, el aumento de la vegetación y las condiciones medio ambientales generan dificultades para la movilidad del material rodante (tren). A continuación, mediante los siguiente literales se desglosan las acciones de mantenimiento y conservación.

4.1.1 Rocería y deshierbe manual

Es una acción que se debe realizar periodicamente y puede generar un impacto ambiental positivo o negativo, corresponde a la rocería y deshierbe manual, la cual consiste en retirar toda la maleza creciente que contamina y altera las condiciones del material granular (basalto o triturado terraplén de la línea férrea) y por ende afectando la capacidad operativa del material rodante; en este caso para las actividades de rocería llevadas a cabo por el consorcio San Felipe, desde el inicio del proyecto, se estableció contar con 20 cuadrillas de 8 ayudantes de vía cada una y debía disponer de veinte (20) caporales que hacen referencia a un jefe por cuadrilla, para realizar las actividades de mantenimiento rutinario del corredor férreo.

Debido a la disponibilidad del personal para mejorar el rendimiento de obra, en el comité técnico realizado el 16 de septiembre de 2021, se acordó conformar dieciséis (16) cuadrillas de diez (10) ayudantes de vía cada una. Mediante el otrosí No. 01 del 10 de junio de 2022, la cantidad total de ayudantes de vía se redujo a 146, por lo que las cuadrillas de rocería disminuyeron en dos (2) la cantidad de personas. Con la firma del otrosí No. 2, el 30 de diciembre de 2022, se volvió a reducir el personal de las cuadrillas a 124 ayudantes de vía, dejando las 8 cuadrillas de rocería con 7 ayudantes de vía y 6 cuadrillas de mantenimiento con 8 ayudantes de vía y manteniendo con 10 ayudantes de vía las cuadrillas de mantenimiento de Barranca y Gamarra. Ver figura 5.

Figura 5

Actividades de Rocería con guadañadora



Nota: Rocería con guadañadora del tramo de línea férrea en mantenimiento Barrancabermeja, Santander – Chiriguana, Cesar.

De acuerdo al impacto ambiental que conlleva la actividad de rocería y deshierbe manual, según el contrato de mantenimiento ferroviario No. VE - 508 – 2021, el cual comenzó mediante Acta de inicio suscrita el día 13 de agosto de 2021, a cargo del Consorcio San Felipe, se analizan las cantidades de hectáreas intervenidas con la rocería y deshierbe manual hasta el mes de junio de 2023, en comparación con los reportes de la ejecución de esta actividad desde que se firmó el acta de Inicio. Ver tabla 3.

Tabla 7

Rocería del corredor vial Barrancabermeja- Chiriguaná

Mes	Unidad	Cantidad
ago-21	Ha	110,4
sep-21	Ha	226,76
oct-21	Ha	107,4

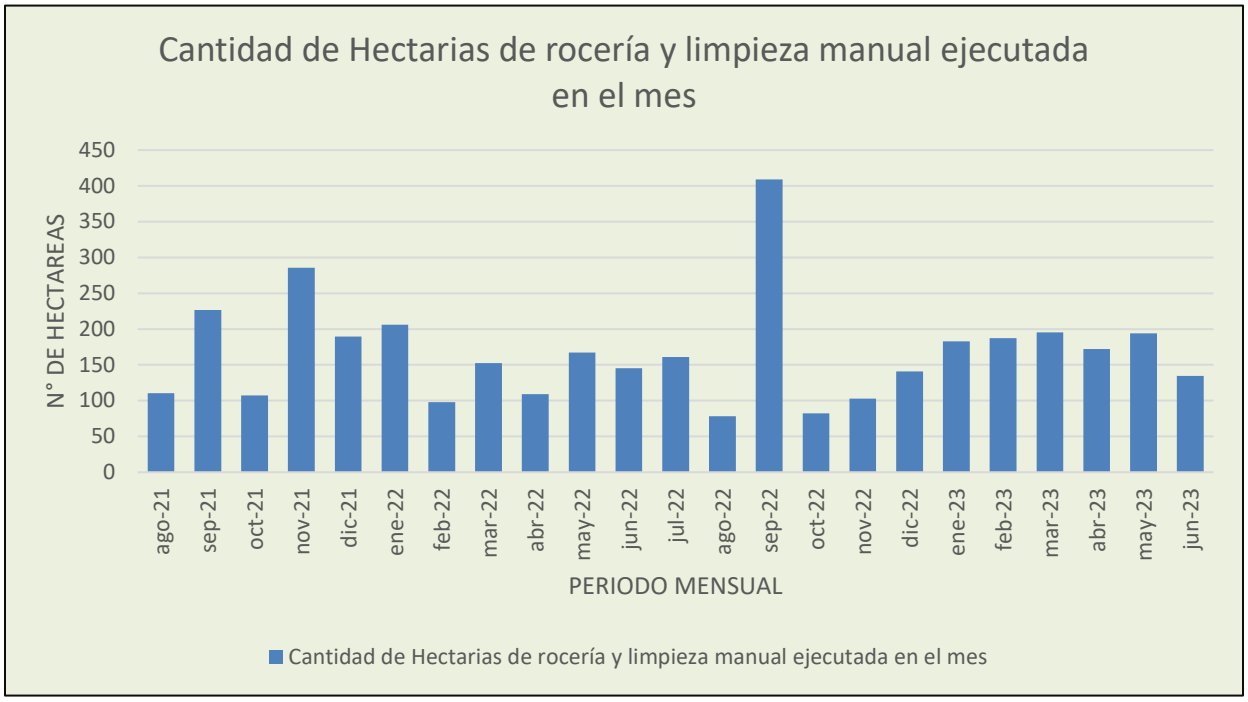
Mes	Unidad	Cantidad
nov-21	Ha	285,6
dic-21	Ha	189,6
ene-22	Ha	206,2
feb-22	Ha	97,8
mar-22	Ha	152,6
abr-22	Ha	109,2
may-22	Ha	167,1
jun-22	Ha	145,1
jul-22	Ha	161
ago-22	Ha	78,3
sep-22	Ha	409
oct-22	Ha	82,1
nov-22	Ha	102,8
dic-22	Ha	140,6
ene-23	Ha	182,69
feb-23	Ha	187,1
mar-23	Ha	195,31
abr-23	Ha	172,3
may-23	Ha	193,8
jun-23	Ha	134,7
Total		**3837,46**

Nota: La información registrada corresponde a los diferentes reportes mensuales de la cantidad de hectáreas con mantenimiento de rocería y limpieza manual realizadas mensualmente en el tramo Barrancabermeja-Chiriguana, por el Consorcio San Felipe, según el análisis de experiencia de Autores.

De acuerdo a la tabla 7, a la fecha del 30 de junio de 2023, se tiene ejecutado con la actividad de rocería y limpieza manual un área de 3.837,46 Hectáreas, correspondientes al tramo de Barrancabermeja – Chiriguana, y la Dorada – Barrancabermeja. En la siguiente figura 6 se puede apreciar que, en el mes de septiembre de 2022, se logra llegar a más de 400 la cantidad de hectáreas con mantenimiento en rocería y esto es debido a que en ese periodo de ejecución del proyecto el personal dispuesto para la rocería se mantuvo durante todo el mes.

Figura 6

Cantidad de rocería en Ha ejecutada por mes



Nota: Análisis de experiencia sobre el reporte mensual de las actividades de rocería medida en Hectáreas, actividad ejecutada por el Consorcio San Felipe.

La actividad de rocería y limpieza manual, al tratarse de una actividad periódica, debido al crecimiento de la maleza una y otra vez, genera un impacto ambiental porque al cortar la meza y desherbar ayuda a despejar los obstáculos de las vias férreas, manteniendo las condiciones de la Línea Base ambiental, ya que al mantener la línea férrea despejada y libre de maleza, evita que se altere la flora y fauna de la zona.

4.1.2 Riego Químico

Esta Actividad, se realiza con el fin de evitar la proliferación de la vegetación bajo la línea férrea, dado que el no controlar la vegetación puede ocasionar afectaciones al material

rodante y en su defecto descarrilamiento de este, razón por la cual es un factor fundamental dentro del mantenimiento rutinario. Ver figura 5.

Figura 7

Riego químico de la línea férrea



Nota: Riego químico tramo Barrancabermeja, Santander – Chiriguana, Cesar.

Fuente: Análisis de experiencia de Autores.

Como se puede observar en la figura 5, para las actividades de riego químico sobre el material granular de una vía férrea, se requiere de seguir un estricto protocolo de seguridad para establecer los parámetros mínimos de seguridad del personal operativo, en este caso el consorcio San Felipe, garantiza a su personal el uso de EPP (elementos de protección personal) apropiados. Es importante resaltar que la actividad de riego Químico, si pueden alterar la línea base ambiental es decir si puede llegar a afectar las condiciones normales del ambiente, ya que, con el rocío químico, se perjudica la fauna transitoria y de la zona, como especies de aves, insectos, entre otros seres vivos. La actividad de Riego químico, debido a su impacto ambiental, solo se

aplica en aquellos tramos donde se presenta maleza dentro del material de basalto o terraplén, en las zonas donde no es necesario realizar el riego químico, no se realiza con el motivo de realizar en la medida que sea posible, el menor impacto ambiental.

4.1.3 Control de estabilidad de taludes y sedimentos

Esta actividad contemplada dentro del Plan de manejo ambiental del proyecto PMA, consiste en evitar que se presente arrastre de sedimentos por las superficies que queden sin cobertura vegetal y asegurar la estabilidad de los taludes y terraplenes que se generen por los movimientos de tierra necesarios para la rehabilitación de la vía férrea.

Control de sedimentos. Consiste en el retiro de sedimentos solidos de forma manual y/o con maquinaria amarilla, el cual se basa en la limpieza de cunetas, alcantarillas, reconstrucción y conformación de cunetas, así como el recalce de alcantarillas en mal estado y remoción de derrumbes. Ver figura 7.

Para el retiro del material sobrante de la limpieza y excavación, el consorcio San Felipe, cuenta con el debido permiso para el destino final del material sobrante producto de las excavaciones, retiro de derrumbes y demoliciones.

Para el retiro de sedimentos producto de la extracción de derrumbes menores son conformados dentro de la franja de corredor del tramo La Dorada – Chiriguaná, de las cuales, se generan sobrantes de tipo inerte y cobertura vegetal. Los materiales fueron acopiados y

reconformados en el sitio, por lo que se genera un menor número de material dispuesto en el sitio RCD.

Figura 8

Retiro de sedimentos y limpieza de cunetas



Nota: La figura de margen izquierdo corresponde a la limpieza de alcantarilla ubicada en el PK 275+264, y la figura de margen derecho corresponde a la limpieza de cunetas en el punto PK 669+500. Actividades ejecutadas por el Consorcio San Felipe.

Para todo el corredor vial de Barrancabermeja – Chiriguana, las actividades de retiro de derrumbe y conformación del material acumulado hasta el 30 de junio de 2023, corresponde a 1.664,8 m3 de material removido y conformado.

Con respecto al control de sedimentos en alcantarillas, se presenta la reconstrucción de la tubería de alcantarillas en mal estado, para lo cual se implementó la alternativa de Sliplining, la cual consiste en introducir una tubería nueva dentro de una existente, dejando un espesor mínimo

que luego se rellena de mortero para que la tubería nueva absorba la capacidad de carga estructural de la obra existente. Ver figura 8.

Figura 9

Reconstrucción de alcantarillas por el método sliplining



Nota: Proceso constructivo, rehabilitación de alcantarilla existente. Actividades ejecutadas por el personal del Consorcio San Felipe.

De acuerdo a la figura 9, se aprecia el proceso constructivo para la rehabilitación de alcantarilla colapsada mediante la tecnología de sliplining con recubrimiento de mortero en la diferencia anular (se incluyen en esta oferta el suministro de personal, materiales, equipos, y herramientas adecuadas para la actividad ofertada). Se utiliza tubería GRP DN 1600 SN 5000 en longitudes de 3m fabricada por OTEK con sus respectivos acoples 19 unidades.

Estabilidad de Taludes y Terraplenes. En este caso consiste en la construcción e implementación de obras complementarias para garantizar el estado de los taludades y terraplenes de la vía férrea. La estabilidad de taludes y terraplenes hace referencia a la

Revegetalización de las zonas erosionables, remplazo de material granular (balastro) para la conformación de terraplenes y demás obras complementarias necesarias para la estabilidad la línea férrea.

Revegetalización. Esta actividad consiste en sembrar o instalar nueva cobertura vegetal en las áreas donde se afecte la cobertura existente con los mantenimientos de la línea férrea. Cuando lo suelos se encuentran expuestos o se afectan durante la realización de obras, es importante instalar un manto vegetal que evite la erosión de los suelos. Las acciones implementadas dentro de esta actividad están enfocadas a la recuperación de superficies de terreno intervenidas durante la atención de puntos críticos.

Material Granular (balastro). Debido a las diferentes necesidades de materiales pétreos (recebo, bolo, balasto, su-balastro, afirmado, filtrante) que demanda el proyecto, el Consorcio San Felipe establece vínculos comerciales con canteras y fuentes de material para cubrir los puntos críticos, para lo cual el área socio-ambiental del Consorcio gestiona que la cantera a suministrar materiales cuente con la documentación aportada que debe ser:

- Registro y título minero
- Resolución de aprobación de licencia ambiental
- Contrato de concesión.
- Permiso de uso de suelo del predio de la cantera.
- Permisos ambientales pertinentes o aplicables

Con relación a la conformación de terraplenes, para la compra del material de balastro necesario para el soporte de la línea férrea, se obtienen de la cantera “Triturados Champán” el triturado necesario para el proyecto, teniendo en cuenta que dicha cantera debe contar con los permisos necesarios, en este caso, cuenta con Titulo Minero No. HCFF-04 y licencia ambiental vigente. Con relación a la cantidad de balasto suministrado en el proyecto, a la fecha, junio de 2023, se tiene que la cantidad acumulada de balasto ejecutado acumulado para la conformación de terraplenes de 50.840 m3. Ver figura 10.

Figura 10

Instalación de balastro para capa de soporte



Nota: Se muestra la actividad de instalación de balastro para el realce de la línea férrea PK 679+900. Ejecutado por el Consorcio San Felipe. Tramo Barrancabermeja-Chiriguana.

De acuerdo a la actividad de suministro e instalación de material granular (balastro), dado a la extensión del tramo y a la ejecución periódica de la actividad, con respecto al impacto ambiental que genera la extracción y utilización de un determinado volumen de material

proveniente de cantera, en la siguiente tabla 8, se puede apreciar la cantidad de metros cúbicos de balastro suministrado al mantenimiento rutinario del tramo Barrancabermeja-Chiriguana desde el inicio del contrato de mantenimiento ferroviario.

Tabla 8

Cantidad de balastro suministrado e instalado para mantenimiento rutinario

Periodo Mensual	m3 de balastro suministrado, instalado
ago-21	0
sep-21	6036,99
oct-21	783,34
nov-21	538
dic-21	5426,05
ene-22	2909,77
feb-22	2834,19
mar-22	2517,12
abr-22	6640,64
may-22	8417,19
jun-22	2381,57
jul-22	875,25
ago-22	4110,49
sep-22	1032,34
oct-22	1032,34
nov-22	754,34
dic-22	628,23
ene-23	637,4
feb-23	643,56
mar-23	455,7
abr-23	434,45
may-23	447,54
jun-23	1303,5
TOTAL	50840 m3

Nota: La tabla relaciona datos de suministro de balastro realizado por el Consorcio San Felipe.

De acuerdo a la tabla 8, la cantidad de balastro en m3 suministrado por el Consorcio San Felipe desde que inicio el contrato ferroviario hasta la fecha de junio de 2023, corresponde a

50.840 m3. La ejecución de esta actividad representa un impacto ambiental en el uso intensivo de los recursos naturales provenientes de cantera, ya que, de acuerdo al análisis cronológico desde septiembre de 2021 hasta junio de 2023, se sigue ejecutando la actividad, teniendo en cuenta que los meses en donde se suministró el mayor número de material de cantera corresponde al mes de abril y mayo de 2022, seguido del mes de septiembre y diciembre de 2021. Ver figura 11.

Figura 11

Grafica de m3 de balastro suministrado vs mes reportado



Nota: La figura muestra el resultado del análisis del suministro de afirmado por meses realizado por el consorcio San Felipe para la conservación del corredor ferroviario Barrancabermeja-Chiriguana. Fuente: Análisis de experiencia de Autores.

De acuerdo a la figura 11, y según las actividades en campo realizadas por el Consorcio San Felipe, para el año 2023, se disminuyó la instalación de material de balastro hasta el mes de

junio de 2023, que presento un aumento significativo, pero este aumento es debido a que el material de balastro se utilizó para el realce y nivelación en diferentes puntos de la vía férrea correspondiente al tramo Barrancabermeja-Chiriguana.

4.1.4 Obras complementarias

Como parte del mantenimiento rutinario objeto del contrato ferroviario No. VE - 508 – 2021, se contempla de acuerdo a la "*CLAUSULA 11. OBLIGACIONES ESPECIFICAS DEL CONTRATISTA: (11) Obras Complementarias",* la cual aplica para los puntos críticos que se determinen en el tramo ferroviario Barrancabermeja – Chiriguana durante el periodo de inicio del contrato al 30 de junio de 2023, se ejecutaron diferentes obras no previstas, como medida de mantenimiento para dar respuesta inmediata a puntos críticos de la línea férrea. Las obras complementarias ejecutadas a cargo del Consorcio San Felipe son una respuesta a las acciones medioambientales que alteran las condiciones óptimas de las líneas férreas. A continuación, se relacionan las obras complementarias realizadas para el tramo Barrancabermeja-Chiriguana.

Construcción de Muro Guarda balasto PK 601+150/250. El sector de vía comprendido entre el PK 601+150 y el PK 601+250, presenta constante desprendimiento del material del terraplén, que es un material inestable y susceptible de erosión, debido a la acción de las aguas; la corona del terraplén de este sector de vía se ha deteriorado, afectando su funcionalidad, en la actualidad el terraplén es de una dimensión muy pequeña en su parte superior lo que produce perdida contante del Balasto, el cual es uno de los elementos principales de la vía, ya que garantiza la distribución adecuada de las fuerzas.

Para garantizar un adecuado estado de este sector de vía se realizó la construcción de un muro guarda balasto de 100 metros lineales, con viga de cimentación, instalación de vigas IP y módulos de plaquetas de concreto prefabricadas, al costado izquierdo de la vía férrea donde se presentaba la problemática antes mencionada. Adicionalmente se debió realizar la instalación de unos piquetes de riel a espaldas del muro construido, con el fin de darle mayor estabilidad debido a lo estrecho del terraplén. Ver figura 12.

Figura 12

Construcción de muro Guarda Balastro



De acuerdo a la figura 12, se aprecia la construcción de un muro guarda balasto en elementos prefabricados, localizado en la zona de Gamarra Cesar con puntos de referencia PK

601+150/250, perteneciente al tramo Barrancabermeja-Chiriguana. Esta actividad como medida de protección contribuye a la estabilidad de la línea férrea, y reduce el impacto ambiental que puede ocasionar a la línea base ambiental de la zona, ya que, al utilizar elementos prefabricados, el proceso es más rápido, y se evita llevar a cabo una construcción que puede alterar las condiciones o línea base ambiental del lugar.

Construcción de Muros en gaviones PK493+500. Corresponde al tramo de vía ubicado en la abscisa PK493+500 en el Corregimiento de Sabana de Torres, Santander, en donde la pérdida progresiva de material del costado derecho del terraplén a la altura del PK493+500 generó problemas de estabilidad de la plataforma férrea, se mitigo en el mes de noviembre de 2021, mediante un pilotaje Ver figura 13, pero debido a la continua perdida del material, se llevo a cabo la construcción de muros en gaviones.

Figura 13

Construcción de pilotes para mitigar hundimiento de la plataforma férrea



De acuerdo a la vía férrea de la figura 13, durante el mes de junio de 2023, debido a la pérdida del material del terraplén de la vía férrea, se comienza la construcción de un muro en

gaviones con actividades de nivelación y compactación del terreno, retiro de material de derrumbe, construcción de filtros y construcción de muro en gaviones con malla eslabonada, con el fin de mitigar el punto crítico que generan las condiciones medioambientales sobre el terreno de soporte de la vía férrea. Ver figura 14.

Figura 14

Construcción de muro en gaviones



Nota: La figura muestra la construcción de un muro en gavión en el tramo de la línea férrea entre Barrancabermeja-Chiriguana, ubicado en el sector Corregimiento de Sabana de Torres, Santander, en la abscisa PK493+500. Fuente: Análisis de experiencia de Autores.

Según la figura 14, la construcción del muro en gavión se origina por las condiciones medioambientales de la zona que alteran las condiciones óptimas de la vía, pero para llevar a cabo su construcción, también se genera un impacto ambiental, en este caso, la construcción de muros en gaviones conlleva a utilizar un material de cantera que cuente con los debidos permisos ambientales y titulo minero, al igual que durante la construcción se generan residuos sólidos,

correspondientes al desperdicio o des uso de formaletas, las cuales deben tener un buen manejo de obra para que no presenten un impacto ambiental negativo.

Bolsacreto de protección Debido al crecimiento en la altura del nivel del rio magdalena, se realizó una estructura de protección conformada por bolsacretos ubicada en la abscisa PK515+238 (Corregimiento de San Rafel, Municipio Rionegro, Santander), el cual consta de bolsas en forma de estopas de un material aislante que confina el concreto bombeado, para formar bolsacretos. Ver figura 15.

Figura 15

Construcción de bolsacretos



Nota: Bolsacreto para mitigación del riesgo por inundación en el sector del corregimiento San Rafael, ejecutado por el Consorcio San Felipe.

Con relación a la figura 15, se puede observar que la construcción de bolsacretos corresponde a una medida de mitigación del impacto ambiental producto de la creciente del Rio.,

en donde el uso de bolsacretos ayuda a evitar la inundación y perdida de bancada del material de soporte de la vía férrea. Esta actividad puede representar un riesgo ambiental, debido a los productos químicos utilizados que pueden terminar vertidos en el rio, como lo es el concreto bombeado, o el combustible de las maquinas que realizan el proceso.

Taraceado y Construcción de Cunetas. Esta actividad se realiza para el tramo ubicado en la abscisa PK483+000 (Puerto Wilches, Santander), y se origina, con el motivo de controlar la erosión y evitar derrumbes, para lo cual se implementa la conformación de terrazas de estabilización con canales superficiales compuestos por bolsas o estopas en suelo cemento. Ver figura 16.

Figura 16

Terraceado y construcción de cunetas en sacos suelo-cemento



Nota: La figura muestra la conformación de terrazas de estabilización y canales en suelo cemento para estabilidad del talud en abscisa PK483+000 (Puerto Wilches, Santander). Ejecutado por el Consorcio San Felipe. Fuente: Análisis de Experiencia de Autores.

De acuerdo a la figura 16, esta actividad si genera un impacto ambiental sobre la zona en donde se ejecuta, ya que se alteran y se cambian las condiciones medioambientales de la zona ocasionado por movimiento de suelos realizado para la estabilización de taludes.

Box Coulvert. Esta actividad se realiza para el punto PK698+050 ubicado en Curumaní, Cesar, en donde se construye un box coulvert bajo la línea férrea, con el fin de poder dar estabilidad y evacuar los afluentes por escorrentía que se generan en el área cuando se presentan épocas de lluvias. La construcción del box coulvert se realiza con elementos prefabricados de sección 1 m x 1 m, en donde se construye in situ un dentellón en el encole y descole de la obra hidráulica, así como los debidos cabezotes y aletas en concreto reforzado, para dar estabilidad y evitar movimiento de la estructura prefabricada instalada. Ver figura 17.

Figura 17

Construcción de obra hidráulica Box coulvert



Nota: La figura muestra la realización de un box coulvert para el paso de aguas superficiales bajo la línea férrea, en el punto ubicado en la abscisa PK698+050 en Curumaní, Cesar. Ejecutado por el Consorcio San Felipe.

Según la figura 17, la construcción de un Box Coulvert, si representa un impacto ambiental durante su construcción, ya que a pesar de que contribuye a controlar las aguas superficiales que pasan por debajo de la línea férrea en la zona de Curumaní-Cesar, durante el proceso de construcción, debido a las obras de concreto para los muros y aletas de encole y descole, se presenta consumo de recursos de agua, y materiales pétreos, los cuales deben estar previamente controlados por la autoridad ambiental competente para hacer uso de estos recursos, que normalmente para los materiales pétreos solo basta con suministrar los materiales de una cantera con licencia ambiental y titulo minero. Por otra parte, para el uso del agua, el consorcio San Felipe, tramito el debido permiso para el uso de agua autorizado por la autoridad ambiental competente.

Sandblasting y Pintura Puente Lebrija. Esta actividad se realiza con el fin de mitigar el impacto que generan las condiciones ambientales sobre los metales metálicos que pierden recubrimiento y se oxidan, por lo cual, para llevar a cabo esta actividad de mantenimiento, se utiliza la metodología Sandblasting, la cual consiste en utilizar un chorro de arena a presión para eliminar el óxido del elemento metálico, en donde posteriormente se realiza la instalación de una capa de pintura con brocha. Ver figura 18.

Se realiza en el tramo de la línea férrea ubicado en la abscisa PK515+238 (Corregimiento de San Rafel, Municipio Rionegro, Santander), en donde primero se hace la actividad de limpieza con chorro de arena, eliminando todas las impurezas del perfil con presencia de oxido, posteriormente luego tener la superficie del perfil metálico totalmente limpio, se procede a instalar la capa de pintura anticorrosiva para evitar el óxido.

Figura 18

Limpieza de perfiles metálicos con Sandblasting y pintura



Nota: Se observa la limpieza de perfil metálico con Sandblasting, en el sector PK515+238 (Corregimiento de San Rafel, Municipio Rionegro, Santander), ejecutado por el Consorcio San Felipe.

4.1.5 Control de Calidad

Como parte de las distintas actividades que contempla el mantenimiento rutinario, y teniendo en cuenta que en el presente documento solo se relacionan las actividades para el mantenimiento del tramo Barrancabermeja-Chiriguana, se encuentran en ejecución distintos frentes de trabajo por concepto de obras complementarias y obras de conservación en el corredor férreo, para las cuales, según el control de calidad implementado, se realizaron ensayos de laboratorios en cada una de las obras.

Prueba de Ultrasonido. Para garantizar un buen funcionamiento del tramo de vía donde se llevó a cabo el cambio de riel e instalación del Perfil 90Lb/Yd 2do Uso PK 689+050/558 se efectuó la aplicación de las respectivas soldaduras aluminotérmicas en cada junta dispuesta, para verificar la correcta aplicación y el buen estado de la soldadura, se realizaron pruebas de Ultrasonido a cada uno de estas; dicha prueba se realizó el día 7 de junio de 2023, se utilizó palpador de 90° y 45°, con los cuales se evidencio que las soldaduras fueron aplicadas correctamente y no presentan ningún defecto según los criterios de la norma AWS (American Welding Society). Ver figura 19.

Figura 19

Prueba de Ultrasonido sobre riel



Nota: Prueba de Ultrasonido sobre riel cambiado. Ejecutado por el Consorcio San Felipe.

Ensayo de granulometría. Durante la ejecución del contrato se realizó ensayo de granulometría al material granular de cimentación que se encuentra ubicado en el PK 372+440 obra de estabilización para la instalación de muros en gaviones costado derecho de la vía férrea.

Tabla 9

Ensayo de granulometría I.N.V.E 123-13 método tamizado

GRANULOMETRIA DEL MATERIAL QUE RETIENE TAMIZ 2,0 (No 10)							
Diametro	**Masa Retenida (g)**	**(%) Retenido**	**% Retenido Acumulado**	**(%) Pasa**	**% Pasa Unificado**	**Afirmado A-38 Art. 311-13**	
						% Máximo	**% Mínimo**
2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	-	-
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	-	-
3/4"	145,0	2,1	2,1	97,9	97,9	100,0	80,0
1/2"	261,0	3,8	6,0	94,0	94,0	-	-
3/8"	313,0	4,6	10,5	89,5	89,5	85,0	60,0
No 4	1740,0	25,5	36,0	64,0	64,0	65,0	40,0
No 8	1462,0	21,4	57,5	42,5	42,5	-	-
No 10	251,0	3,7	61,2	38,8	38,8	50,0	30,0

Tamaño Máximo (mm)	25,0	Tamaño Máximo Nominal (mm)	25,0	Masa Total (g)	6822,0

GRANULOMETRIA DEL MATERIAL QUE PASA TAMIZ 2,0 (No 10)							
Abertura del Tamiz Pulg (No)	**Masa Retenida (g)**	**(%) Retenido**	**% Retenido Acumulado**	**(%) Pasa**	**% Pasa Unificado**	**Afirmado A-38 Art. 311-13**	
						% Máximo	**% Mínimo**
No 16	21,0	12,9	12,9	87,1	33,8	-	-
No 30	18,0	11,0	23,9	76,1	29,6	-	-
No 40	19,0	11,7	35,6	64,4	25,0	30,0	13,0
No 50	21,0	12,9	48,5	51,5	20,0	-	-
No 100	18,0	11,0	59,5	40,5	15,7	-	-
No 200	15,0	9,2	68,7	31,3	12,2	18,0	9,0
FONDO	2,0	1,2	69,9	30,1	11,7	-	-

Masa Inicial (g)	163,0	Masa Final (g)	160	Factor	0,39	Pasa Tamiz No 200 (%)	1,2

Nota: Se observan los resultados de ensayo de laboratorio, para los materiales pétreos provenientes de cantera. Ejecutado por el Consorcio San Felipe.

De acuerdo a la tabla 9, se puede observar la gradación del material granular proveniente de cantera utilizado en la abscisa PK 372+440, como capa de soporte de la línea férrea. Con relación al mantenimiento del tramo Barrancabermeja-Chiriguana, durante toda la ejecución del

contrato, se suministró material proveniente de diferentes canteras, con los debidos permisos de licencia ambiental y titulo minero. A continuación, como parte del control de calidad de los materiales provenientes de cantera y en cumplimiento al seguimiento ambiental para el desarrollo del contrato de mantenimiento ferroviario, en la tabla 10, se relacionan las canteras utilizadas con licencia ambiental y titulo mineros vigentes.

Tabla 10

Canteras utilizadas para el suministro de materiales

No.	EMPRESA / TITULAR	TITULO MINERO	LICENCIA AMBIENTAL		
1	RYS S.A.S.	ICQ-08491	Resolución No. 00000058 del 27 de enero de 2012	2012	CAS
2	Asociación de Hecho del Magdalena Medio.	HHF-12541	Resolución No. 000460 del 14 de agosto de 2007	2007	CAS
3	Triturados Champán	HCFF-04	Resolución No. 093 del 08 de julio de 2003	2003	CORPOCESAR
4	WAMCOL S.A.S	HGCG-05	Resolución 1195 de 06 de agosto del 2013	2013	CORPOCESAR
5	María Zaida Niño (Mesuno)	JIJ-15111	Resolución 0574 del 22 de febrero del 2017	2017	CORTOLIMA

Nota: La tabla muestra los permisos ambientales de canteras que suministraron el material de balastro en los diferentes sectores de la línea ferroviaria Barrancabermeja- Chiriguana.

De acuerdo a la tabla 10, los materiales pétreos provenientes de cantera utilizados por el Consorcio San Felipe para el mantenimiento ferrovial del tramo Barrancabermeja-Chiriguana, se realizó la debida caracterización del material, para verificar que su granulometría cumpliera de acuerdo a los parámetros del Manual de normatividad ferreal del 2013, establecido por el Ministerio de Transporte de Colombia, el cual especifica que el material utilizado para la capa de soporte de la estructura de la línea férrea, debe ser balasto compuesto por elementos de piedra partida cuyo tamaño máximo nominal o pasa tamiz, debe estar comprendido entre 31 mm y 50 mm.

El material de balasto utilizado para las vias férreas, debido a sus características también se le conoce como grava gruesa. A continuación, en la tabla 11 se relaciona la franja granulométrica recomendada para el Balasto de acuerdo al Manual de Normatividad Férrea 2013.

Tabla 11

Franja granulométrica recomendada para el uso de balasto

N° Tamaño	Tamaño nominal del tamiz	% de material pasa tamiz									
		3”	2 ½”	2”	1 ½”	1"	¾”	½”	d"	N°4	N°8
24	2½”- ¾”	100	90-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	-	-
25	2½” – d”	100	80-100	60-85	50-70	25-50	-	5-20	0-10	0-3	-
3	2” – 1”	-	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
4”	2” – ¾”	-	100	90-100	60-90	10-35	0-10	-	0-3	-	-
4	1½” – ¾”	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
5	1” – d”	-	-	-	100	90-100	40-75	15-35	0-15	0-5	-
57	1” – N°4	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

Nota: La tabla muestra la franja granulométrica recomendada para el material de balasto, según el Manual de Normatividad Férrea del Ministerio de Transporte (2013).

4.2 Análisis de Impactos ambientales identificados

De acuerdo al seguimiento y control realizado a las diferentes actividades del mantenimiento ferroviario, se observa que el mayor impacto ambiental lo genera el riego químico y las diferentes obras no previstas en puntos críticos que generan una alteración del medio ambiente. Es importante aclarar que el contrato ferroviario ejecutado por el Consorcio San Felipe cuenta con un PAGA, el cual contempla todas las actividades socioambientales que

ayudan a mitigar en su mayor medida la afectación provocada por las obras de construcción, en este caso, las obras identificadas para los diferentes puntos críticos presentados durante el periodo del mantenimiento ferroviario desde enero de 2022 hasta el 31 de junio de 2023. A continuación, se presentan las principales actividades identificadas que generan un impacto ambiental positivo o negativo.

Tabla 12

Análisis de actividades que generan un impacto ambiental

Actividad	Descripción de afectación ambiental	Medidas de control	Mitigación del impacto
Riego Químico	Esta actividad se realiza a lo largo de toda la línea férrea en donde se implementa un químico para quemar la maleza, bajo la línea sobre el balasto, pero dicho químico puede alterar las condiciones del lugar, ya que es un agente contaminante capaz de afectar la fauna de la zona en especial especies de insectos u otros seres vivos que se arrastren	De acuerdo al seguimiento y control realizado a la Actividad ejecutada por el Consorcio San Felipe, las medidas de control solo aplican para salvo guardar y asegurar al personal de campo que realiza la actividad, ya que si se implementan los debidos elementos de protección personal para trabajo con químicos nocivos.	El método por riego químico para des hierbar la maleza que puede afectar al material rodante solo se uso en aquellas zonas en donde se encontraba incrustada en el balasto por debajo de los rieles y traviesas. Para las demás zonas en donde no se encontraba incrustado en el balasto, se realizó rocería y deshierbe manual como forma de reducir el uso de químicos para minimizar un impacto ambiental.
Limpieza de perfiles metálicos	Esta actividad genera una alteración a la línea base ambiental de la zona donde se ejecute, ya que conlleva a una contaminación auditiva debido a los equipos utilizados, igualmente genera una polución de residuos metálicos en la atmosfera.	Las medidas de control solo aplicaron para salvaguardar la seguridad de los trabajadores, con la verificación del correcto uso de EPP.	La mitigación en este caso, solo se presenta minimizando el uso de pulidoras para la limpieza de perfiles metálicos, e implementar otros métodos que presenten menos contaminación auditiva y atmosférica.
Construcción de muros guarda balasto	Esta actividad presenta una alteración de la línea base ambiental, al tratarse de una construcción en concreto que demanda el uso de materiales provenientes de cantera y el uso del agua. Se genera contaminación auditiva y alteración de la flora y fauna.	En este caso, corresponde al cumplimiento de la normatividad, verificando que los materiales de cantera para mezcla de concreto utilizados provengan de una planta certificada con Titulo Minero y Licencia Ambiental, así como también el debido permiso para el uso del agua	En este caso, como método de mitigación del impacto que genera esta actividad, se implementó la instalación de elementos prefabricados, generando así una menor contaminación auditiva y por ende una menor alteración de la línea base ambiental.

Actividad	Descripción de afectación ambiental	Medidas de control	Mitigación del impacto
Construcción de muro en gavión	Alteración de las condiciones del lugar, dado a la implementación del muro en gavión, presenta una afectación positiva contribuyendo con la estabilidad de la línea férrea, no obstante, desde el punto de vista de la línea base ambiental, esta actividad requiere del consumo de recursos y movimiento de tierras	Corresponden en este caso al uso de materiales de cantera para gaviones certificados con licenciamiento ambiental. Contar con un sitio de disposición final del material sobrante de excavaciones.	En este caso, se mitiga el impacto o riesgo de pérdida de bancada o estabilidad de la línea férrea, gracias a la construcción de muros en gaviones.
Construcción de alcantarillas y Box coulvert	Afectación a las condiciones iniciales de un lugar, así como afectación por tratamiento o cambio de flujo de cauces y manejo de aguas lluvias. Movimiento de tierras	Las obras de concreto se verifican los permisos necesarios de los materiales pétreos. En este caso, cuando hay presencia de cauces o riachuelos, se tramitó ante la autoridad ambiental competente, la debida autorización de intervención de cauce. Contar con un punto de acopio de residuos de construcción de excavaciones.	Como parte de la mitigación para la reducción de afectaciones ambientales que genera esta actividad, se utilizó en la medida de lo posible, elementos prefabricados en concreto reforzado como el box coulvert.

Nota: En la tabla se aprecia la relación de impactos determinados en algunas actividades ejecutadas por el consorcio San Felipe, para el mantenimiento ferroviario del tramo Barrancabermeja-Chiriguana.

Como parte del análisis de resultados, es importante mencionar que, el contrato ferroviario No.VE - 508 – 2021, ejecutado por el Consorcio San Felipe, en el tramo Barrancabermeja-Chiriguana, ejecuto diferentes actividades ambientales, contempladas en el plan de manejo ambiental desarrollando un cronograma en la ejecución de actividades ambientales, en donde de acuerdo a la tabla 13, se evidencia el cumplimiento de las actividades ambientales mensuales desde el mes de octubre de 2022 al mes de junio de 2023.

Tabla 13

Seguimiento y control de actividades ambientales

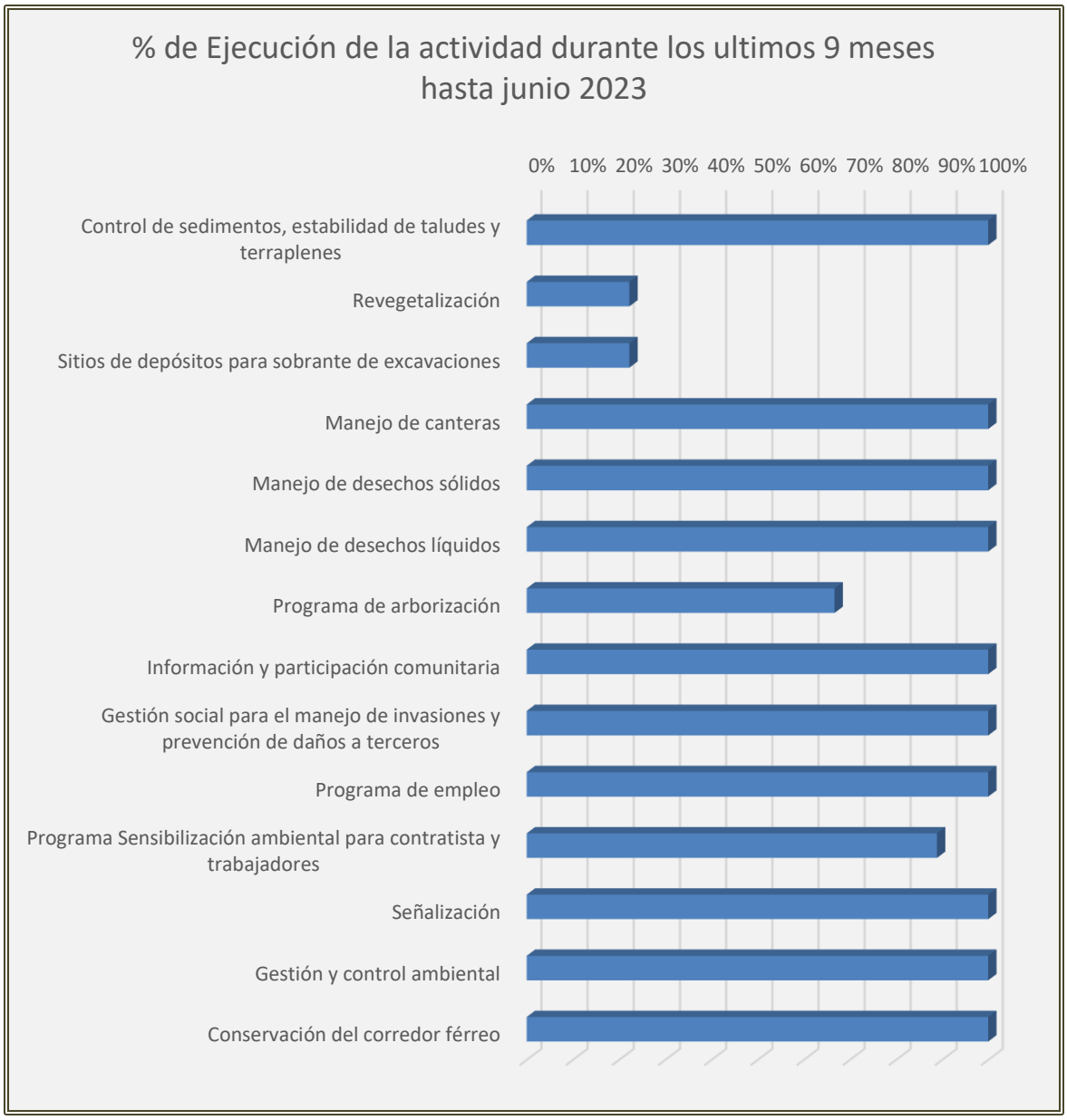
CÓD.	PROGRAMA	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Junio-23
PMF1	Control de sedimentos, estabilidad de taludes y terraplenes	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMF2	Revegetalización	N. C	C	C	N. C	N. C	N. C	N. C	N. C	N. C
PMF3	Sitios de depósitos para sobrante de excavaciones	N. C	C	C	N. C	N. C	N. C	N. C	N. C	N. C
PMF4	Manejo de canteras	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMF5	Manejo de desechos sólidos	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMF6	Manejo de desechos líquidos	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMB1	Programa de arborización	C	C	N.C	N.C	N.C	C	C	C	C
PMS1	Información y participación comunitaria	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMS2	Gestión social para el manejo de invasiones y prevención de daños a terceros	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMS3	Programa de empleo	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMS4	Programa Sensibilización ambiental para contratista y trabajadores	N.C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMG1	Señalización	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMG2	Gestión y control ambiental	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PMG3	Conservación del corredor férreo	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Nota: La tabla muestra la relación del cronograma ambiental en la ejecución del contrato ferroviario No.VE - 508 – 2021, en donde la C significa cumplido, la N.C. significa No cumplido.

De acuerdo a la tabla 13, como parte del análisis de experiencia realizado por autores se logra evidenciar que el consorcio San Felipe, si cumplió con las actividades propuestas para mitigar el impacto ambiental generado, obteniendo como resultado la siguiente figura 20.

Figura 20

Cumplimiento del cronograma ambiental contrato ferroviario No.VE - 508 – 2021



Nota: La tabla muestra el análisis del cumplimiento del cronograma ambiental durante un periodo de 9 meses, registrado desde el mes de octubre 2022 hasta el mes de junio de 2023.

De acuerdo a la figura 20, se puede observar que las actividades de Revegetalización y sitios de deposito para sobrantes de excavación, presentan los porcentajes de ejecución más bajos

del cronograma ambiental del contrato ferroviario No.VE - 508 – 2021, y esto es debido a que las diferentes zonas del tramo comprendido entre Barrancabermeja y Chiriguana, presentan buena vegetación, en donde por el contrario, se hizo necesario la actividad de rocería y deshierbe manual, debido a la abundante vegetación que obstaculizaba el paso del material rodante.

Por otra parte, de acuerdo a la figura 20 y a la tabla 13, se resalta que el PMT aplicado al contrato de mantenimiento ferroviario No.VE - 508 – 2021, también abarca diversas actividades sociales y de concientización ambiental, ya que durante su ejecución en el periodo del 1 de octubre de 2022 al 30 de junio de 2023, se impartieron diferentes capacitaciones ambientales, en donde se manejaron temáticas sobre el arreglado del medio ambiente y destino correcto de los residuos sólidos y líquidos generados en obra.

Otra actividad del cronograma ambiental ejecutado por el Consorcio San Felipe que no llego a cumplirse al 100%, corresponde al programa de arborización, debido a que, durante el mes de diciembre de 2022 al febrero de 2023, no se realizó la siembra de arboles en las zonas aledañas a la línea férrea.

Capítulo 5. Lista de parámetros de verificación para el seguimiento y control ambiental en la ejecución de proyectos de mantenimientos ferroviarios

El presente capitulo relaciona los parámetros más importantes a la hora de realizar el seguimiento y control ambiental a un contrato de mantenimiento ferroviario en Colombia, basado en el análisis de experiencia de autores y los principios de gestión ambiental de acuerdo al marco normativo colombiano aplicado al caso de estudio.

Tabla 14

Aspectos de seguimiento y control ambiental en mantenimientos ferroviarios

Tipo de control	Descripción	Actividades que lo requieren	Parámetro de verificación
Sitios de depósitos para sobrantes de excavaciones	Cuando se realicen actividades que conlleven al retiro de material de excavación o demolición, se debe disponer de un sitio de acopio autorizado por la autoridad municipal según corresponda	-Instalaciones provisionales. -Obras de drenaje. -Construcción de obras complementarias para la estabilización de taludes. -Remoción de derrumbes.	-Verificar la existencia de un sitio de acopio de escombros autorizado dentro del área o zona del proyecto. -Verificar la documentación y aprobación ambiental del sitio de acopio de escombros autorizado por la autoridad ambiental de la zona o municipio. -Si no existe un sitio de acopio autorizado, solicitar a la autoridad ambiental la creación de un ZODME (Zona de disposición de manejo de escombros). -Si ya existe un ZODME, debidamente conformado, verificar que este cuente con una zanja perimetral para el control de aguas superficiales.

Tipo de control	Descripción	Actividades que lo requieren	Parámetro de verificación
Manejo ambiental de canteras	Para los mantenimientos ferroviarios debido al uso de materiales pétreos para las obras de construcción y al material de balasto que conforma la infraestructura de la línea férrea, se deben disponer netamente de cantera, como cumplimiento a la normatividad ambiental colombiana quien regula el uso de los recursos naturales.	- Explotación de materiales de préstamo. - Suministro de balasto. -Suministro de materiales pétreos para mezcla de concreto.	Verificar la legalidad y vigencia de los permisos ambientales para el uso de materiales de cantera que corresponden a: - Licencia Ambiental. -Titulo Minero.
Manejo de desechos solidos	Corresponde a los desechos sólidos productos del mantenimiento de la vía ferroviaria y del material rodante (locomotoras). Así como también los desechos producto de las instalaciones provisionales, y del personal que ejecuta actividades de construcción en obra.	-Adecuaciones temporales -Adecuación de estaciones. -Arreglo de puentes. -Utilización de material de cantera. Rocería y deshierbe manual. -Construcción de obras complementarias y de mitigación del riesgo (obras hidráulicas, obras de contención entre otras).	Verificar la conservación del orden y aseo, en los frentes de trabajo de obra, teniendo en cuenta que la reproducción de residuos sólidos que se pueden presentar en: -Sobrantes de desmonte y limpieza. -Sobrantes de excavación y demoliciones. -Desechos de la rehabilitación de la infraestructura férrea. -Desechos de campamentos., oficinas y frentes de obra. -Manejo de residuos reciclables. - Disposición final de residuos no reciclables. Para mitigar el impacto ambiental, se debe verificar el uso de puntos ecológicos de recolección de residuos sólidos en campamentos, oficinas y frentes de obra.

Tipo de control	Descripción	Actividades que lo requieren	Parámetro de verificación
Manejo de residuos líquidos	Esta actividad hace referencia a los residuos líquidos generado por las instalaciones provisionales como lo es el uso de baños portátiles, así como también el procesamiento de materiales de préstamo.	-Obras de drenaje. -Explotación de material de préstamo. -Mantenimiento de locomotoras. -Tratamiento de aguas residuales de campamentos de obra. -Obras complementarias de construcción.	De acuerdo a la actividad se debe verificar el tipo de impacto ambiental clasificado en contaminación del suelo, agua y sedimentación. Contaminación del agua: -Verificar en el mantenimiento de puentes, la no contaminación de afluentes hídricos. -Verificar la existencia de puntos de vertimiento de campamentos de obra y su permiso ambiental. Contaminación del suelo: -Verificar en obra la existencia de un punto de acopio de combustibles y aceites. -Verificar que los combustibles almacenados en campamento de obra se encuentren rotulados con las debidas señales de seguridad y advertencia. Verificar la no existencia de derramamiento de líquidos inflamables en obra. - Verificar que el material rodante, no se encuentre con fugas de combustible o aceites.
Control de sedimentos estabilidad de taludes y terraplenes	Esta actividad contempla el uso y la construcción de obras complementarias, caracterizadas por ser necesarias para solventar un punto crítico de una vía ferroviaria. Por lo general este tipo de obras corresponde al manejo de escorrentías y taludes con la finalidad de evitar el desprendimiento y arrastre de sedimentos, así como la perdida de estabilidad de la vía férrea.	-Construcción de obras complementarias como: -Alcantarillas -Box coulvert. -Muro en gaviones. -Muro de contención. -Muro pantalla.	-Verificar el uso de trinchos de seguridad cuando se realicen excavaciones en taludes con inclinaciones superiores al 20% desde el nivel de rasante de la vía. -Verificar en las zonas donde se realicen taludes, la necesidad de construir obras de drenaje superficial como canales, transversales o box coulvert. -Verificar que las áreas que queden descubiertas por las obras de rehabilitación, como taludes conformados y terraplenes construidos, deben ser debidamente revegetalizado, para prevenir erosión del suelo.

Tipo de control	Descripción	Actividades que lo requieren	Parámetro de verificación
Remoción de derrumbes menores,	Este control aplica para el retiro de derrumbes pequeños que hace referencia a retiro manual del material con volúmenes menores a 50 m3/km.	-Dificultad para el paso del equipo rodante sobre la línea férrea. -Daño de obras existentes. -Limpieza de obstrucción del drenaje normal de cunetas y alcantarillas.	-Verificar la legalidad de un sitio de acopio autorizado para el material de derrumbes o ZODME.
Empradización de áreas inestables	Esta actividad consiste en la protección de taludes y terraplenes mediante la siembra de platas nativas que ayudan a amarrar el terreno y a evitar la erosión.	-Estabilización de taludes. -Obras de protección geotécnica. -Revegetalización de áreas erosivas.	-Verificar las zonas que requieren de una Revegetalización. -Verificar el área, y cantidad de terreno a sembrar.
Conservación de áreas silvestres	Este tipo de control hace referencia a la prevención de impactos ambientales generados por las actividades de rocería que puede llegar a afectar el habitad de la fauna del lugar.	-Operación del Material rodante. -Rocería y deshierbe manual. -Obras de protección	-Verificar la implementación de capacitaciones ambientales. -Verificar el uso de herramientas manuales que reduzcan el menor ruido posible.

Nota: La tabla muestra los principales parámetros del control y seguimiento ambiental para aplicar en un mantenimiento ferroviario. Fuente: Autores del proyecto.

Conclusiones

De acuerdo al estudio de caso mantenimiento ferroviario en el marco del contrato No. VE - 508 – 2021, para el tramo Barrancabermeja-Chiriguana, se concluye que, a pesar de contar con la implementación de un PAGA, se concluye que las actividades de riego químico no tienen un adecuado seguimiento y control sobre el impacto ambiental negativo a causa de la contaminación que genera, ya que a la hora de realizar dicha actividad, solo se tiene en cuenta la dotación necesaria para la prevención de riesgos del personal operativo, más sin embargo, no se verifica la zona en donde se aplicará el riego químico la existencia de especies rastreras que puedan verse afectadas con la realización de la actividad.

Desde el punto de vista de la interventoría, teniendo en cuenta que las actividades desarrolladas dentro del mantenimiento ferroviario, solo abarcaron el tratamiento de puntos críticos, se concluye que debe existir un seguimiento permanente en cuanto a las afectaciones ambientales que se generan en el momento en que se interviene un determinado lugar, ya que todas las actividades de obra demandan un impacto ambiental por diferentes factores como la generación de ruido, contaminación con residuos sólidos, movimiento de tierras, entre otros.

En conclusión, dado al mantenimiento periódico que conlleva la operación de una línea férrea, en especial con el suministro de materiales de cantera para el mantenimiento de estas vías teniendo en cuenta que la subestructura está compuesta principalmente por material de cantera (balasto), se recomienda llevar a cabo un control y seguimiento ambiental, para evitar en lo posible, la extracción masiva de materiales y por ende el agotamiento de los recursos naturales.

De acuerdo al cronograma del plan de manejo ambiental, ejecutado por el Consorcio San Felipe en el Tramo Barrancabermeja-Chiriguana, no mantuvo en su totalidad las actividades propuestas en todos los periodos mensuales registrados, ya que, de acuerdo al seguimiento realizado desde el mes de octubre de 2022 al mes de junio de 2023, se concluye que las actividades de Revegetalización se ejecutaron en un 22%, los sititos de depósito para sobrantes de excavación se ejecutó en un 22%, y las actividades del programa de arborización se ejecutaron en un 67%. Una de las razones a que se debe el bajo porcentaje en las actividades de sitios de depósito para sobrantes de excavación corresponde a que solo se manejó un solo punto de acopio autorizado para todos los sobrantes.

En general se concluye que debido a los diferentes impactos ambientales identificados con la intervención necesaria para un mantenimiento ferroviario, se debe verificar mediante un seguimiento y control apropiado, la realización de diferentes acciones o actividades que contribuyan a disminuir las afectaciones ambientales generadas como es el caso de revegetalización en zonas afectadas.

Referencias

Arias & García (2005). *La línea férrea del atlántico y su programa de rehabilitación en los tramos Facatativá (PK 40) – Villeta (PK 110) – La Dorada (PK 202) – Puerto Berrío (PK 328) – Cabañas (PK 361).* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2768/pabloariasamezquita.pabloandresgarciaarango.2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Azua J. (2018). Estudio de Impacto Ambiental para la construcción del Hospital de Especialidades Umiña, Ecuador. https://www.idbinvest.org/sites/default/files/2019-08/ESTUDIO%20DE%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20-%2011.07.19.pdf

Bravo D. (2012). *Estudio de impacto ambiental de la carretera Pumamarca - abra san martín del distrito de san Sebastián.* [Tesis de Maestría, Universidad de Piura, Perú]. Repositorio institucional. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1851/MAS_GAA_013.pdf

Conesa V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.* (2ª ed.). Editorial MUNDI-PRENSA. http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf

Coria I. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Revista Invenio.* 11(20). pp. 125-135. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010

Cuartas Pérez, L. (2008). ¿Qué es el mantenimiento? *Silo.Tips.* https://silo.tips/download/que-es-el-mantenimiento

Eadic (2015). Infraestructura ferroviaria: Elementos que la integran. https://eadic.com/blog/entrada/infraestructura-ferroviaria-elementos/

Escobar y Rodríguez (2017). *Análisis de prefactibilidad para la reconstrucción de la vía férrea que comunica el municipio de el Espinal (Tolima) con Neiva (Huila).* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas, Bogotá D.C.]. Repositorio Institucional. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2688/2017juanescobar.pdf?sequence=1

Structuralia (s.f.). Los 22 trabajos más frecuentes en el mantenimiento de vías férreas. https://blog.structuralia.com/los-22-trabajos-mas-frecuentes-en-el-mantenimiento-de-vias-ferreas

Estrucplan (2000). S*egún Su Interrelación De Acciones Y/O Efectos.* https://estrucplan.com.ar/segun-su-interrelacion-de-acciones-y-o-efectos/

Gironzini F. (2019). *Contenido de la línea de base y confiabilidad en la identificación de impactos socio-ambientales de proyectos ejecutados en la ciudad de Arequipa, caso específico c.c. real plaza.* [Tesis de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo Perú]. Repositorio Institucional. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5079/1/REP_MAEST.ARQ_FELICITAS.GIRONZINI_CONTENIDO.L%c3%8dNEA.BASE.CONFIABILIDAD.IDENTIFICACION.IMPACTOS.SOCIOAMBIENTALES.PROYECTOS.EJECUTADOS.AREQUIPA.C.C.REAL.PLAZA.pdf

Gestión en Recursos Naturales (2018). Líneas base ambientales. https://www.grn.cl/linea-de-base-ambiental.html

Grupo EFE (2016). *Servicios de mantenimiento vías férreas Ramal Talca – Constitución.* Academia. Edu. https://www.academia.edu/28937684/SERVICIO_DE_MANTENIMIENTO_V%C3%8DAS_F%C3%89RREAS_RAMAL_TALCA_CONSTITUCI%C3%93N

Gonzales M. (2004). *Guía de gestión ambiental subsector férreo.* Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/17.-Guia-de-gestion-ambiental-subsector-ferreo.pdf

Hidroar S.A. (2015). *Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales.* http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT] (2012). *Infraestructuras ferroviarias: mantenimiento preventivo.* https://www.insst.es/documents/94886/326879/958w.pdf/50af65c0-993a-4566-8900-218b1c9395b9

León J. (2011). Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf

Mancheno y Medina (2011). *Levantamiento de la línea base de cuatro humedales de la parroquia san Andrés – Chimborazo proyecto andes – II etapa.* [Tesos de pregrado, escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador]. Repositorio Institucional. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1651/1/236T0057.pdf

Martelo E. (2019). *Propuesta de análisis para la gestión socioambiental mente sostenible del sector férreo colombiano. Estudio de caso del tramo puerto triunfo, Antioquia – río negro, Santander.* [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A]. Repositorio Institucional. https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/2156/300819%20EDWIN%20MA

RTELO%20BOLIVAR%20TESIS%20SOSTENIBILIDAD%20FERREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Transporte de Colombia (2013). *Manual de Normatividad Férrea Parte II. Definición de aspectos técnicos de mantenimiento y seguridad ferroviaria.* https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=10880

Mego y Saldaña (2017). *Evaluación de impacto ambiental del proyecto "Mejoramiento y construcción de la avenida principal de entrada que conduce al Morro de Calzada".* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Perú]. DSpace CRIS. https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/2883

Mendoza E. (2017). *Descripción y propuesta para la optimización de tiempos del programa de mantenimiento preventivo i1 aplicado a los trenes Alstom metrópolis 9000 de la línea 1 del metro de Lima.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur, Perú]. Repositorio untels. http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/450/1/Mendoza_Estefani_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf

Pérez J. (2017). Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México. *Revista Acta Universitaria.* 27(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-

6266201700030036#:~:text=Por%20la%20intensidad%20o%20grado,o%20bajo%2C%20medio%20y%20alto.

Ponce E. (s.f.). Línea Base Ambiental. *Academia. https://www.academia.edu/27449007/L%C3%8DNEA_BASE_AMBIENTAL*

Ramos A. (2007). *Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas en América Central.* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica]. Repositorio Institucional. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3089/Metodologia_para_la_elaboracion_de_la_linea_base.pdf?sequence=1

Rivera N. (2019). *Evaluación ambiental de los factores ambientales que son afectados producto a la actividad ferroviaria en el transporte de minerales de la vía Pasco – Lima.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Perú]. Repositorio Institucional. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2390/1/T026_77671445_T.pdf

Senace (2018). Descripción de proyecto y línea base. https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/4-y-5-LINEA-BASE.pdf

Structuralia (s.f.). *Los 22 trabajos más frecuentes en el mantenimiento de vías férreas.* https://blog.structuralia.com/los-22-trabajos-mas-frecuentes-en-el-mantenimiento-de-vias-ferreas

Torres y Flores (2021). *Estudio del impacto ambiental para la construcción del malecón lineal de la ciudad de Huaquillas - provincia de el oro, Ecuador.* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península De Santa Elena, Ecuador]. Repositorio Institucional. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6939

Trespalacios C. (2023). *Construcción de la línea base del proyecto ambiental educativo PRAE en el colegio Aurelio Mejía de Cáceres.* [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repository.upb.edu. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/10986/Construcci%C3%B3n%20de%20la%20l%C3%ADnea%20base%20del%20proyecto%20ambiental%20educativo%20Prae.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Universidad del Valle (S.f.). *¿Sabes qué son aspecto e impacto ambiental? https://serviciosvarios.univalle.edu.co/8-noticias/44-sabes-que-son-aspecto-e-impacto-ambiental#:~:text=Se%20dice%20que%20hay%20impacto,de%20un%20sistema%20(ecosistema).*

Vargas D. (2021). Evaluación de impactos ambientales generados por la construcción de infraestructura vial. *Universidad Militar Nueva Granada.*

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38914/VargasGuerreroDanielaFernanda2021.pdf

Velosa L. (2014). Por la necesidad de aplicación de medidas correctoras. *Prezi.* https://prezi.com/hkv7r4nkop7z/por-la-necesidad-de-aplicacion-de-medidas-correctoras/

Zapata J. (2021). Planeamiento estratégico para el sector ferroviario de carga para Colombia. https://ejecafeterorap.gov.co/wp-content/uploads/2021/04/Tesis-ferrocarril-EIA-JOHN-BYRON-ZAPATA.pdf