ANÁLISIS DE TRES ALTERNATIVAS PARA OPERAR EL SISTEMA FÉRREO FUERA DE LA POBLACIÓN DE DUITAMA PROYECTO TREN DE CARGA - BOGOTÁ (LA CARO) – BELENCITO (BOYACÁ)

INGENIERO JAVIER AGUDELO HERNÁNDEZ
INGENIERA MARÍA XIMENA GARCÍA NARVÁEZ

TRABAJO DE GRADO DIRIGIDO POR:

INGENIERO FERNANDO REY

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES

BOGOTÁ

2017

CONTENIDO

CONTENIDO 1

LISTADO DE IMÁGENES 6

LISTADO DE TABLAS 6

1 HISTORIA DEL FERROCARRIL EN COLOMBIA 1

1.1 CORREDOR FÉRREO BOGOTÁ (LA CARO) – BELENCITO 4

1.2 UBICACIÓN DEL CORREDOR FÉRREO 5

2 OBJETIVOS 7

2.1 OBJETIVO GENERAL 7

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

3 PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL CORREDOR 8

3.1 ESCENARIO FÍSICO 9

3.1.1 Cruce férreo con la Troncal central del Norte (Punto 1) 11

3.1.2 Cruce férreo Avenida de las Américas (Punto 2) y Avenida Circunvalar (Punto 2 y 4) 12

3.1.3 Corredor férreo aledaño a la plaza de mercado 12

3.1.4 Cruce férreo con la Avenida Camilo Torres (Punto 5) 13

3.2 ESCENARIO SOCIAL 14

4 MARCO NORMATIVO 16

4.1 MARCO LEGAL 16

4.1.1 Fichas UIC (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 22

4.2 NORMATIVA TÉCNICA INTERNACIONAL (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 23

4.2.1 Normas AREMA (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 23

4.2.2 Normas AAR (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 24
4.2.3 Japanese Railway Standards (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 25
4.2.4 Normas ARTC (Consorcio EPYPSA-ARDANUY 2012) 26
4.3 NORMA TÉCNICA NACIONAL 27
4.4 REGULACIÓN DE PASOS A NIVEL EN COLOMBIA 27
5 COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA 29
5.1 INFRAESTRUCTURA 29
5.2 SUPERESTRUCTURA 29
5.2.1 Subbalasto 30
5.2.2 Balasto de piedra 31
5.2.3 Traviesas 32
5.2.4 Rieles 36
6 ESTUDIOS TÉCNICOS 40
6.1 ALTERNATIVA No. 1 40
6.2 ALTERNATIVA No. 2 41
6.3 ALTERNATIVA No. 3 41
6.4 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA 42
6.5 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO 43
6.6 INFORME GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO 44
6.6.1 Estratigrafía 45
6.6.2 Geología Estructural 46
6.6.3 Geomorfología 47
6.6.4 Aspectos hidrogeológicos regionales 48
6.7 PRE DISEÑO GEOMÉTRICO 49

6.7.1 Significado y características del trazado del ferrocarril 50
6.7.2 Ancho de trocha 51
6.7.3 Diseño horizontal.....52
6.7.4 Diseño vertical.....56
6.7.5 Sección transversal 57
6.8 PRE DISEÑOS ESTRUCTURAL.....59
7 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL PROYECTO.....61
7.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....61
7.1.1 Factor prestacional.....61
7.1.2 Cálculo de precios unitarios 62
7.2 DURACIÓN DEL PROYECTO.....62
7.3 EVALUACIÓN TÉCNICA.....63
8 DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS.....65
8.1 GENERALIDADES 65
8.1.1 INTRODUCCIÓN 65
8.1.2 Objetivos 69
8.1.3 Antecedentes 70
8.1.4 Marco legal.....71
8.1.5 Alcance 72
8.1.6 Metodología 72
8.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....74
8.2.1 Criterios técnicos.....74
8.2.2 Criterios metodológicos.....74
8.2.3 Criterios relacionados con el medio abiótico 77

8.3 CRITERIOS RELACIONADOS CON EL MEDIO BIÓTICO 77
8.3.1 Criterios relacionados con el medio socioeconómico.....77
8.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO....78
8.4.1 Localización de alternativas 79
8.4.2 Áreas de influencia.....83
8.5 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES 85
8.5.1 Aguas superficiales 86
8.5.2 Aguas subterráneas 87
8.5.3 Vertimientos 87
8.5.4 Ocupación de cauces.....88
8.5.5 Materiales de construcción.....88
8.5.6 Aprovechamiento forestal.....89
8.5.7 Emisiones atmosféricas 89
8.5.8 Residuos sólidos 90
8.5.9 Resumen de permisos ambientales 91
8.6 EVALUACIÓN AMBIENTAL 92
8.6.1 Introducción.....92
8.6.2 Esquema metodológico.....92
8.6.3 Resultados de la evaluación ambiental 92
8.6.4 Evaluación sin proyecto 93
8.6.5 Identificación de impactos y calificación de impactos con proyecto. ..96
8.7 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL.....100
8.7.1 Áreas de exclusión.....101

8.7.2 Áreas de intervención con medidas de manejo especial.....101
8.7.3 Áreas de libre intervención.....103
8.8 ESTRATEGIAS DE MANEJO AMBIENTAL.....103
8.9 ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO.....105
8.10 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS.....106
8.10.1 Aspectos abióticos.....107
8.10.2 Aspectos bióticos.....109
8.10.3 Aspectos sociales.....113
8.11 PLAN DE CONTIGENCIA.....114
8.11.1 Marco teórico.....114
8.11.2 Metodología propuesta para el análisis de riesgos.....116
8.11.3 Identificación de eventos.....119
8.11.4 Calificación de amenaza y vulnerabilidad.....121
8.11.5 Lineamientos de manejo para las posibles contingencias.....125
8.12 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....126
8.12.1 Dificultades constructivas y operativas.....126
8.12.2 Demanda de uso y aprovechamiento de recursos.....126
8.12.3 Zonificación ambiental.....129
8.12.4 Evaluación de impactos potenciales.....129
8.12.5 Zonificación de manejo del proyecto.....132
8.12.6 Análisis preliminar de riesgos ambientales.....133
8.12.7 Estrategias de manejo ambiental.....135
8.12.8 Estudios complementarios requeridos.....136
8.12.9 Comparación y selección de alternativas.....137

9 CONCLUSIONES 140
10 RECOMENDACIONES 143
11 BIBLIOGRAFÍA 145

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación geográfica 6
Imagen 2. Evolución urbana de Duitama 9
Imagen 3. Principales zonas de cruce 10
Imagen 4. Cruce férreo con la Troncal Central del Norte 11
Imagen 5. Cruce férreo Avenida de las Américas y Avenida Circunvalar 12
Imagen 6. Ubicación plaza de mercado (Punto 3) 13
Imagen 7. Interferencia del ferrocarril con la Avenida Camilo Torres 14
Imagen 8. Esquiema de corte transversal de la superestructura 30
Imagen 9. Traviesas en madera 33
Imagen 10. Traviesa en concreto 34
Imagen 11. Partes de un riel 36
Imagen 12. Fijación elástica tipo Deenik 38
Imagen 13. Llanura de inundación al sur del casco urbano de Duitama y cerro ubicado en el costado sur oriente de Duitama 48
Imagen 14. Alternativa No. 1 (Sur) 79
Imagen 15. Localización de la Alternativa No. 2 (norte) 80
Imagen 16. Localización de la Alternativa No. 3 81
Imagen 17. Panorámica de las tres alternativas 81
Imagen 18. Área de influencia indirecta 85

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Desarrollo ferroviario en Colombia 2
Tabla 2. Desarrollo del ferrocarril Bogotá (la Caro) - Belencito 4

Tabla 3. Legislación colombiana referente del modo férreo 16
Tabla 4. Características de localización, elevación y periodo de registro de estaciones de lluvias.....44
Tabla 5. Cálculo de peralte 53
Tabla 6. Cálculo de velocidad máxima 54
Tabla 7. Cálculo de pendiente relativa del peralte 55
Tabla 8. Parámetros de entrada para el cálculo del factor prestacional 61
Tabla 9. Resumen de costos de proyecto.....62
Tabla 10. Parámetros técnicos 64
Tabla 11. Calificación de los parámetros técnicos.....64
Tabla 12. Criterios de comparación de alternativas abióticas de paso por el área de estudio. 77
Tabla 13. Criterios de comparación de alternativas bióticas de paso por el área de estudio. 77
Tabla 14. Criterios de comparación de alternativas socioeconómicas de paso por el área de estudio. 78
Tabla 15. Localización general del proyecto.....82
Tabla 16. Demanda de agua estimada para fase de construcción. 86
Tabla 17. Estructuras para el manejo de agua. 88
Tabla 18. Estimación de volúmenes requeridos - construcción de alternativas. 88
Tabla 19. Áreas y volúmenes aproximados de aprovechamiento forestal por alternativa. 89
Tabla 20. Material de excavación por alternativa fase construcción. 91
Tabla 21. Permisos ambientales necesarios por alternativa. 91
Tabla 22. Impactos condición sin proyecto 93
Tabla 23. Matriz de Evaluación de Impactos por Componentes sin proyecto.....94
Tabla 24. Impactos condición con proyecto Alternativas No. 1 y 3.....97
Tabla 25. Impactos condición con proyecto Alternativa No. 2 98
Tabla 26. Matriz de Evaluación de Impactos por Componentes con construcción para las 3 alternativas. 99

Tabla 27. Criterios de calificación de la amenaza. 116
Tabla 28. Criterios de Calificación de la Vulnerabilidad - Afectación a Personas. Valor Ponderado: 35% 116
Tabla 29. Criterios de Calificación de la Vulnerabilidad - Pérdidas Económicas. 117
Tabla 30. Criterios de calificación de la Vulnerabilidad Daños Ambientales. 117
Tabla 31. Criterios de calificación de la Vulnerabilidad – pérdida de la imagen. . 117
Tabla 32. Modelo de Matriz de Calificación de la Vulnerabilidad. 118
Tabla 33. Matriz de Calificación de Riesgo. 118
Tabla 34. Identificación de los riesgos. 118
Tabla 35. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 1. 121
Tabla 36. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 1. 122
Tabla 37. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 1. 122
Tabla 38. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 2. 122
Tabla 39. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 2. 123
Tabla 40. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 2. 123
Tabla 41. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 3. 124
Tabla 42. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 3. 124
Tabla 43. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 3. 124
Tabla 44. Matriz de Calificación de Riesgos. 125
Tabla 45. Permisos ambientales necesarios por alternativa. 128
Tabla 46. Análisis de zonificación por alternativa. 129

Tabla 47. Comparación de peso por impacto de cada alternativa, en la etapa con proyecto. 130
Tabla 48. Análisis de zonificación de manejo por alternativa. 132
Tabla 49. Matriz de Calificación de Riesgos. 135
Tabla 50. Estudios complementarios requeridos por alternativa. 136
Tabla 51. Lineamientos de manejo. 138

1 HISTORIA DEL FERROCARRIL EN COLOMBIA

En 1835, 10 años después de establecida la primera línea comercial en Inglaterra, el Congreso colombiano expidió la primera ley que trataba de concesiones ferrocarrileras otorgadas a los cantones de Panamá y Portobello para desarrollar un ferrocarril que uniera los océanos Atlántico y Pacífico. La construcción del anhelado tramo se llevó a cabo entre 1.850 y 1.855, financiada por capital privado norteamericano. Sin embargo, a pesar de que esta red fue una empresa rentable, incluso, aunque se considera como la red férrea más rentable del mundo para su época, su incidencia en el progreso del país fue prácticamente nula. (Ferrocarriles en Colombia, s.f.).

Diez años después, ya para 1.865, se inició una serie de líneas en el interior del país, comenzando en Barranquilla, Cúcuta, Medellín, Pacífico, Santa Marta, La Dorada, sabana de Bogotá y Girardot, las cuales en su gran mayoría fueron financiadas por la nación (50%), los privados (30%), departamentos (13%) y el resto por asociaciones mixtas. La financiación de muchas de dichas obras se efectuó haciendo emisión de dinero. (Ferrocarriles en Colombia, s.f.).

Colombia, en más de 180 años no ha logrado construir siquiera lo que los norteamericanos construyeron durante los primeros 10 años de existencia del nuevo invento, y lo poco que se ha conseguido ha sido a costos exorbitantes: el promedio por kilómetro de vía férrea en USA en esa época era de $33.600, en tanto que en Colombia los costos eran: Bogotá-Zipaquirá $106.000, Pacífico $108.000, Girardot $161.000 y también tenemos el record mundial en costo: $206.000 pesos oro por kilómetro en el ferrocarril de Puerto Wilches. Se debe

anotar que cuando la construcción se llevó a cabo con buenos controles fiscales se obtuvieron promedios mejores que los americanos: es así como construcciones en Cúcuta, en el sur del país y en la montañosa Antioquia se consiguieron promedios de $21.000 por kilómetro. (Ferrocarriles en Colombia, s.f.).

A partir de la década de los sesenta el sistema ferroviario colombiano se ve amenazado por la naturaleza del terreno y por los grandes costos que acarreaba su mantenimiento; esto llevó como resultado que el sistema férreo fracasara. (Ferrocarriles en Colombia, s.f.).

En 1987 había unos 3.300 kilómetros de vía férrea, pero sólo 2.600 estaban en uso y se encontraba en operación no más del 20%de las locomotoras (Ferrocarriles en Colombia, s.f.).

En la Tabla 1, se hace un breve resumen del desarrollo ferroviario en Colombia

Tabla 1. Desarrollo ferroviario en Colombia

AÑO	EVENTO
1835	Se expide en Colombia la primera Ley sobre vías férreas, trata sobre concesiones ferroviarias en Panamá y Portobelo, una vez exista un canal entre los océanos Atlántico y Pacífico.
1855	Se instala el último riel del ferrocarril de Panamá, constituyéndose en el primer ferrocarril del país.
1864	Se formula un plan vial denominado “caminos de ruedas - ferrocarriles”, pues en esa fecha no existían aún vehículos automotores que transitaran por carreteras. Se dio un gran auge a la construcción de ferrocarriles y a convertir carreteras ya iniciadas como el caso de Cali – Buenaventura.
1869 – 1871	Se construyó la segunda línea ferroviaria. Cubrió los 27 kilómetros entre Barranquilla y Puerto Colombia, con un ancho de vía de 1,05 m. Constructor Hoenigsberg, wessels & Co, firma alemana que luego pasó a ser “The Barranquilla Railway pier co.Lted” norteamericana; que debía ser vendida al estado colombiano en 1933. Abiertas las bocas de ceniza y habilitado el puerto de Barranquilla, la línea férrea fue levantada en 1940.
1878	Se contrata el tercer ferrocarril construido en Colombia: Cúcuta – Puerto Villamizar, 40 km hacia el norte cerca de la frontera con Venezuela. Se dio al servicio en 1888. En 1893 se hizo un segundo contrato para construir la línea Cúcuta – Río Táchira, de 16,2 km. Las dos secciones se conectaron por medio de un tranvía que corría dentro de Cúcuta. El ferrocarril se quiso prolongar entre Cúcuta y Pamplona, 77 km. Se construyeron 21 km. Hasta La Esmeralda, en 1929 se prolongó hasta el Diamante, km 42; los 35 km, faltantes para llegar a Pamplona, nunca se construyeron. Este tramo y el del Táchira, los compró el gobierno

AÑO	EVENTO
	nacional en 1933, convirtiéndolos posteriormente en carreteras, quedando el tramo hacia el norte que se conectó en 1926 con el ferrocarril del Táchira de Venezuela, mediante ramal de 7 km se conectó a Puerto Santander, sobre la frontera, con lo cual quedaron empalmadas las dos líneas . Esta ha sido la única unión por ferrocarril de Colombia con el exterior. En 1958 se suprimió el ferrocarril de Cúcuta y se convirtió en carretera.
1874	Llega Cisneros a Colombia, contrata con el estado soberano de Antioquia la construcción del ferrocarril Puerto Berrío – Medellín, de 193 km. Entre 1874 y 1885 se construyen 37 km. Asume la dirección de la obra una junta compuesta por el gobernador y dos ciudadanos elegidos por la asamblea. Se terminó la construcción del ferrocarril en 1929, cuando se encontraron en el túnel de la Quiebra (3.742 m de largo) las dos secciones de la línea. Una segunda sección entre Medellín y el río Cauca, hasta la estación de Jericó (127 km), se concluyó en 1930. En 1958 el ferrocarril pasó a la nación.
1878	Cisneros inicia la construcción del ferrocarril del Pacífico, Cali – Buenaventura, 174 km, en 7 años construyó 27 km, se inauguró en 1915.
1879	Se inicia el ferrocarril Puerto Wilches – Bucaramanga. En 1932 llegó hasta cerca de Bucaramanga.
1881	Se contrata con Cisneros la construcción del ferrocarril la Dorada – Girardot – Tolima – Huila.
1882	Se inician los trabajos de la Línea Santa Marta – Río Magdalena, en 1894 llegó a Sevilla (km 67); en 1.900 a Fundación (km 96), donde quedó, utilizado exclusivamente para el transporte de banano.
1889	Se da al servicio el tramo Bogotá – Facatativá 40 km, con trocha de 1mde ancha.
1890	Se dio al servicio el ferrocarril hacia Girardot, con trocha de 91.5 cm, por lo cual había que hacer transbordo en Facatativá, situación que se resolvió en 1924, cuando se ordenó angostar la vía de la sabana.
1892	Se contrató el ferrocarril de Flandes – Ibagué; llegando a esta ciudad en 1925 y a Neiva en 1932, de Ibagué se trató de seguir a Armenia, construyendo los primeros 8 km, allí quedó
1894	Se pone en servicio el ferrocarril de Cartagena – Calamar (110 km), para sustituir el tráfico por el canal del dique. En 1950 se reabrió el canal. En 1951 se suprimió el ferrocarril
1896	Se decide unir Manizales con el río Cauca. En 1927 quedó lista la línea Cartago – Manizales (111 km) pasando por Pereira. Tiene 10 túneles de 25 a 105 m de longitud. En 1955 los pereiranos levantaron los rieles “porque estorbaban la ciudad”, desde entonces Manizales se encuentra desconectada de la red nacional.
1921	Se comienza el ferrocarril de Ambalema – Ibagué. En 1930 se concluyeron los 65 km, entre Ambalema y Buenos Aires. Se inician los trabajos de la línea Bogotá – Sogamoso (235 km), terminada en 1931. En 1952, al concluirse la Siderúrgica de Paz del Río, fue necesario prolongar la línea 6 km, hasta belencito y 36 más hasta las minas.
1922	La Ley 102 ordena construir un ferrocarril entre Cartagena y Popayán. Se autoriza al Gobierno para construir la línea Popayán – Pasto – Ipiales – Tumaco. Los trabajos se iniciaron en 1925, en 1932 el ferrocarril cubrió el tramo Tumaco – El Diviso (92 km). Y ahí quedó. En 1944 se unió por ferrocarril la isla de Tumaco con el continente. En 1950 la Misión Curie aconsejo levantar los rieles y transformar el ferrocarril en carretera.
1925	En cumplimiento de la Ley 102 de 1922, se inicia la línea de Bolombolo hacia el norte del país y del límite entre los departamentos de Bolívar y Antioquia hacia el sur, a buscar la anterior. Este proyecto nunca se realizó. Se empalma el ferrocarril del pacífico con el ferrocarril de Antioquia. El tramo La Virginia – La Pintada (82 km), se concluye en 1946. Quedó Cartago

AÑO	EVENTO
	unida con Medellín (305 km). Entre Cartagena y Sincerín (ingenio azucarero) se construyeron 40 km. Los rieles fueron posteriormente levantados.
1958	Se da al servicio el primer tramo del ferrocarril del Magdalena, entre la Dorada y Puerto Berrío (132 km); segundo tramo Barrancabermeja – Puerto Wilches (22 km), se da al servicio en 1959; también el tercer tramo: Fundación – Bosconia – El Paso (32km); en 1960: cuarto tramo Bosconia – El Paso (32 km); quinto tramo, El Paso – Chiriguaná (45 km); 1961, sexto tramo, Gamarra – Santa Marta (238 km).

Fuente: Guía de Gestión Ambiental Sub Sector Férreo (Ministerio de Ambiente, Vivienda,y Desarrollo Territorial, 2004)

1.1 CORREDOR FÉRREO BOGOTÁ (LA CARO) – BELENCITO

Este ferrocarril une a Bogotá con diversos municipios del departamento de Boyacá a lo largo de 262 km hasta llegar a Belencito. Entre otros municipios están Tunja, Sogamoso, Duitama y Paipa. Fue construido en trocha de 1 m y posteriormente cambiado a trocha de 3 pies; en la Tabla 2, se hace un recuento de la construcción de este tramo (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

Tabla 2. Desarrollo del ferrocarril Bogotá (la Caro) - Belencito

AÑO	EVENTO
1920	Se hace entrega de los planos por parte de la sociedad Belga “Chemins de Fer en Colombie”
1928	Construido hasta Sesquilé (km 71)
1930	La vía llega hasta Albarrací (km 121)
1931	La línea llega a Tunja (km 180) luego a Sogamoso (km 252)
1938	El ferrocarril pasa a la nación
1953	La trocha se cambia de 1m a 3 pies

Fuente: La Línea Férrea del Atlántico y su Programa de Rehabilitación en los Tamos de Facatativá (PK 40) – Villeta (PK 110) – La Dorada (PK 202) – Puerto Berrio (PK 328) – Cabañas (PK 361) (Arias Amézquita & García Arango, 2005)

La Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, mediante la suscripción de las actas de inicio el día 31 de octubre de 2013, entregó oficialmente a los consorcios colombo-españoles Dracol Líneas Férreas y Unión Temporal Ferroviaria Central los contratos de reparación de puntos críticos, administración, vigilancia,

mantenimiento, mejoramiento y control del tráfico de los corredores Bogotá-Belencito y La Dorada-Chiriguaná. Igualmente se suscribió el acta de inicio del contrato de Interventoría que acompañará estos proyectos férreos con el Consorcio Interventoría Vías Férreas, grupo a quien se había adjudicado este contrato el 11 de octubre de 2013 (Oficina de Comunicaciones ANI, 2013).

El proyecto consiste en la "reparación y atención de puntos críticos que presenta la vía férrea en los tramos Bogotá (PK 5) – Belencito (PK 262); La Caro (PK 32+628) – Zipaquirá (PK 53); y Bogotá (PK 5) – Facatativá (PK 35+871), así como su administración, mejoramiento, mantenimiento, vigilancia y control de tráfico entre otras actividades por el tiempo de vigencia de este contrato", con el fin de reactivar la operación férrea que se ha visto interrumpida por daños en la vía, producto de las olas invernales del 2010, 2011 y 2012 respectivamente. Adicionalmente dentro de las actividades propias de este contrato se pretende realizar el mantenimiento de la infraestructura, el control de tráfico, vigilancia a la vía férrea y los inmuebles entregados, así como la administración, conservación y vigilancia del material rodante, durante todo el periodo de duración del presente contrato que está previsto para dos años (Oficina de Comunicaciones ANI, 2013).

1.2 UBICACIÓN DEL CORREDOR FÉRREO

El corredor se ubica a lo largo de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, cuenta actualmente con 297,9 km de línea férrea desde el municipio de Facatativá, hasta Belencito en Boyacá, atravesando por la ciudad de Bogotá. Adicionalmente cuenta con la línea que va de La Caro hasta Zipaquirá con 20,4 km.

Este corredor cruza por los municipios de: Facatativá, Madrid, Mosquera; atraviesa la ciudad de Bogotá y continua por los municipios de Chía, Cajicá, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Suesca, Chocontá y Villapinzón en el

departamento de Cundinamarca. Adicionalmente pasa por los municipios de Ventaquemada, Tunja y continúa por los municipios de Oicatá, Tuta, Paipa, Duitama y Sogamoso, para terminar en la población de Belencito, tal como se puede apreciar en la Imagen 1.

Imagen 1. Ubicación geográfica

Fuente: APÉNDICE TÉCNICO CORREDOR BOGOTÁ – BELENCITO LICITACIÓN PÚBLICA

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar tres alternativas para la variante del ferrocarril Bogotá (la Caro) – Belencito (Boyacá) para operar el sistema férreo fuera de la población de Duitama

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las afectaciones de tipo ambiental y social que conlleva la presencia de una línea férrea en una zona urbana.
- Analizar la problemática de la línea férrea dentro de la zona urbana desde el punto de vista de seguridad vial
- Hacer la evaluación económica de las alternativas propuestas para la variante del ferrocarril Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá) para operar el sistema férreo fuera de la población de Duitama
- Identificar la población beneficiada o afectada por el cambio de trazado del corredor férreo Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá) en el sector de Duitama
- Enunciar y describir brevemente las normas de carácter ambiental que deben ser tenidas en cuenta en la gestión del subsector férreo, que incluye entre otros: licencia ambiental, permisos para el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables, restricciones ambientales y otras disposiciones.

3 PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL CORREDOR

Duitama es un municipio prehispánico que en el devenir de los tiempos ha sido protagonista de primera línea en el desarrollo regional y nacional. (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo)

Fue asiento del cacique Tundama y el escenario donde Simón Bolívar expidió sus dos primeros actos de gobierno soberano:

- El Decreto por el cual Duitama fue erigido en el primer municipio colombiano.
- El decreto por el cual se estableció en el país el servicio militar obligatorio, hoy vigente. (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo)

Hasta los años cincuenta fue un municipio más de los 123 de Boyacá, con un desarrollo urbano similar al de la Santa Rosa de Viterbo o Tibasosa en la actualidad, con una economía típica de la campiña boyacense fundamentada en cereales como el trigo, la cebada, el maíz; tubérculos como la papa; frutales como los caducifolios (durazno, pera, ciruela y la manzana que la hizo famosa a nivel nacional), años para los cuales ya había olvidado el cultivo del gusano de seda y la vid de comienzos del siglo XX. (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo)

A partir de los años sesenta se ha convertido en una ciudad receptora de una intensa y creciente emigración desde provincias como Tundama, Norte, Gutiérrez, Valderrama, Sugamuxi, sin excluir a las demás del departamento, ni las corrientes provenientes de otros sitios del país. (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo)

Con la fundación de ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A. se hizo estratégico disponer de la carretera central del norte y del ferrocarril del nordeste, siendo anecdótico el gusto del alcalde de la época para que el tramo de ferrocarril pasara por la carrera 20 para poder avistar el paso del tren desde su despacho como sinónimo de progreso y actualidad. (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo)

Lo que nadie imaginó en ese entonces fue que 50 o 60 años después el ferrocarril, a cambio de desarrollo, sea una restricción que bloquea y retrasa el desarrollo urbano armónico de la ciudad de hoy, la que debe encontrar una solución definitiva para incorporarlo nuevamente a su progreso (Rincón Galvis, Francklyn Alfredo).

3.1 ESCENARIO FÍSICO

La evolución urbana a partir de la vía férrea se dio alrededor de esta, siendo una barrera física afectando la comunicación entre los dos sectores tal y como se indica en la Imagen 2.

Imagen 2. Evolución urbana de Duitama

1930 1947 1964

1971 1982 Situación actual

Fuente: PROYECTO DE RENOVACIÓN URBANA, PAISAJÍSTICA Y AMBIENTAL DEL CORREDOR FÉRREO DEL ÁREA URBANA DE DUITAMA (Torres Puentes)

El corredor férreo presenta cinco (5) zonas de cruces principales como se puede apreciar en la Imagen 3.

Imagen 3. Principales zonas de cruce

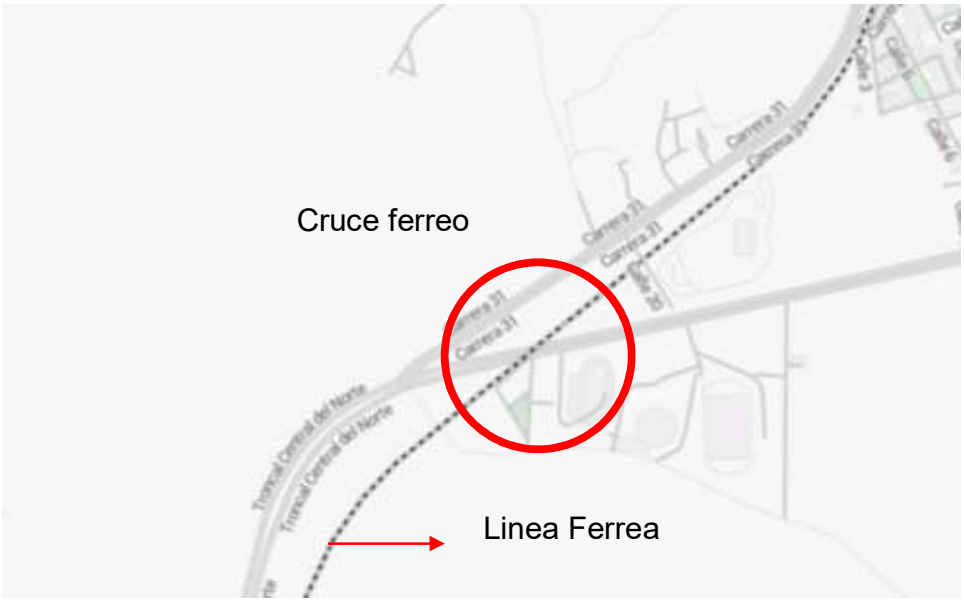
Fuente: PROYECTO DE RENOVACIÓN URBANA, PAISAJÍSTICA Y AMBIENTAL DEL CORREDOR FÉRREO DEL ÁREA URBANA DE DUITAMA. (Torres Puentes)

A continuación se presenta el detalle de cada una de las intersecciones presentadas en la Imagen 3

3.1.1 Cruce férreo con la Troncal central del Norte (Punto 1)

La ruta nacional 55 o Troncal Central del Norte (también llamada carretera central del Norte) es un importante corredor de la red nacional de vías de Colombia, planeado para cubrir el trayecto entre Bogotá y el municipio de Puerto Santander, ubicado justo en la frontera con Venezuela. Su longitud 603,3 km y es uno de los corredores viales más importantes del país, ya que permite la comunicación terrestre entre Bogotá y los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander y el vecino país (Torres Puentes). En la Imagen 4 se muestra el detalle del cruce.

Imagen 4. Cruce férreo con la Troncal Central del Norte

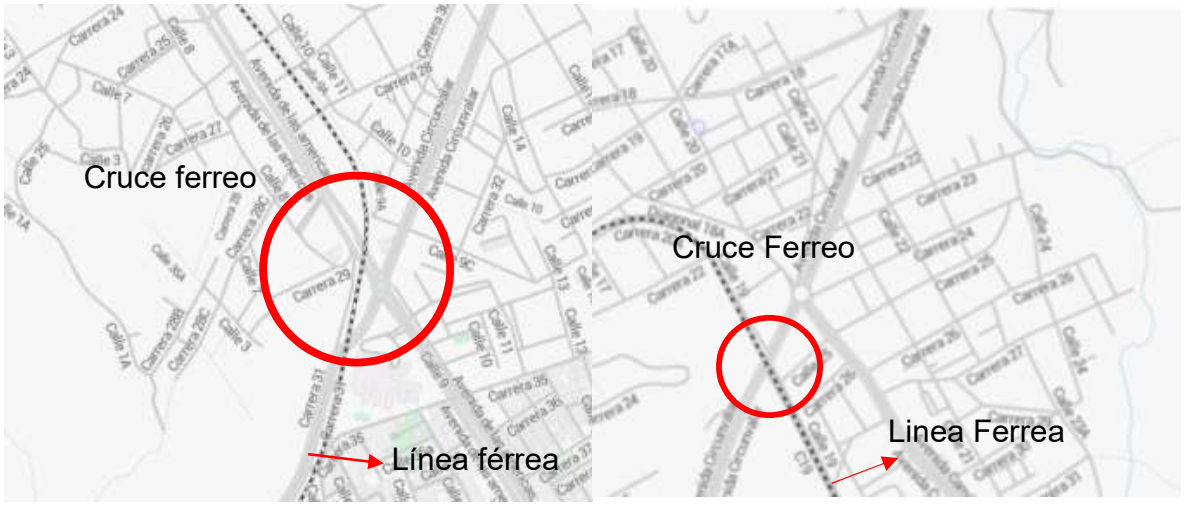


Fuente: http://www.openstreetmap.org/#map=16/5.8055/-73.0353&layers=T

3.1.2 Cruce férreo Avenida de las Américas (Punto 2) y Avenida Circunvalar (Punto 2 y 4)

La avenida de las Américas, es una avenida en doble calzada que se extiende desde la carrera 41 la carrera 16 con uso principalmente residencial y la Avenida Circunvalar empalma al occidente con la Troncal Central del Norte, presentando interferencia con la línea férrea en el cruce con la Carrera 41 y en la Calle 19, esta avenida vuelve a empalmar con la Troncal del Norte en el cruce con la calle 27 (Torres Puentes), como se muestra en Imagen 5.

Imagen 5. Cruce férreo Avenida de las Américas y Avenida Circunvalar



Fuente: http://www.openstreetmap.org/#map=16/5.8055/-73.0353&layers=T

3.1.3 Corredor férreo aledaño a la plaza de mercado

Teniendo en cuenta que la plaza de mercado es un punto generador y receptor gran cantidad de vehículos, la cercanía con el corredor férreo presenta un punto importante de interferencia tanto vehicular como peatonal (Torres Puentes); el punto se puede apreciar en la Imagen 6. Ubicación plaza de mercado (Punto 3).

Imagen 6. Ubicación plaza de mercado (Punto 3)

Fuente: http://www.openstreetmap.org/#map=16/5.8055/-73.0353&layers=T

3.1.4 Cruce férreo con la Avenida Camilo Torres (Punto 5)

Esta avenida comunica la ciudad de Duitama de norte a sur desde la carrera 41 hasta la Avenida Circunvalar, construida en doble calzada (Torres Puentes). El cruce con la línea férrea se presenta en la Imagen 7.

Imagen 7. Interferencia del ferrocarril con la Avenida Camilo Torres

Fuente: http://www.openstreetmap.org/#map=16/5.8055/-73.0353&layers=T

3.2 ESCENARIO SOCIAL

Uno de los puntos más críticos del corredor férreo dentro de Duitama es el área denominada “La Playa” (carrera 20) comprendiendo las áreas de la plaza de mercado de la ciudad, la estación del ferrocarril y el cerro de la milagrosa a tan solo cuatro cuadras del parque principal del centro de Duitama.

Duitama al ser una ciudad con abundante afluencia de vehículos de carga ha requerido un lugar en donde se presten servicio de atención mecánica, el cual se ha ubicado por varios años en el sector antes mencionado.

La presencia de la vía férrea evidencia inseguridad ciudadana (robos) y el deterioro de vías y fachadas en las edificaciones debido al desgaste comercial y vehicular.

Un sector deprimido, donde no hay normatividad respecto a las construcciones y usos. Se presenta vandalismo, congestión, invasión del espacio público, represamiento de vehículos, por tal motivo hay baja de calidad de vida de las comunidades.

Existen zonas donde la vía férrea ha limitado el desarrollo y la habitabilidad y sus vecinos se ven obligados a convivir con un alto riesgo de accidentes.

Aunado a lo anterior el paso de dos trenes en la mañana con diferencia de una hora, lo que se repite en horas de la tarde generando ruido, vibraciones y todas las demás incomodidades mencionadas anteriormente.

4 MARCO NORMATIVO

4.1 MARCO LEGAL

En Colombia se pueden encontrar diversas normas y leyes que afectan el sector ferroviario (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012), una de estas en el Manual de Normativa Ferrea que tiene como objetivo la elaboración de capítulos de normatividad férrea para Colombia teniendo en cuenta aspectos técnicos de diseño, construcción, operación y control ferroviario (Ministerio de Transporte, 2013)

A continuación en la Tabla 3, se hace un resumen de la legislación colombiana que regula de alguna forma el modo férreo.

Tabla 3. Legislación colombiana referente del modo férreo

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
Ley 76 de 1920	Congreso de la República	15/nov/1920	*Sobre policía de ferrocarriles*	Vigente, con algunas actualizaciones de articulado realizadas en los años 1953, 1962, 2002 y 2010.
Ley 146 de 1963	Congreso de la República	13/dic/1963	*Por la cual se ordena a la Nación, Departamentos y Ferrocarriles Nacionales, la construcción de unas obras y se reglamenta la futura construcción de carreteras y líneas férreas*	Vigente, con algunas actualizaciones de articulado realizadas en el año 1993.

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
Ley 24 de 1975	Congreso de la República	27/ago/1975	*Por la cual se da un nombre al Ferrocarril del Valle del Río Magdalena*	No está vigente por agotamiento del objeto.
Ley 30 de 1982	Congreso de la República	6/abr/1982	*Por la cual se modifica la Ley 64 de 1967*	Vigente
Ley 21 de 1988	Congreso de la República	2/feb/1989	*Por la cual se adopta el programa de recuperación del servicio público de transporte ferroviario nacional, se provee a su financiación y se dictan otras disposiciones*	Vigente. La Ley fue reglamentada por los Decretos: 1591 de 1989, 1590 de 1989, 1589 de 1989, 1588 de 1989, 1587 de 1989 y una sentencia judicial de 1999.
Ley 1 de 1991	Congreso de la República	10/ene/1991	*"Por la cual se expide el estatuto de Puertos Marítimos y se dictan otras disposiciones"*	Vigente.
Ley 105 de 1993	Congreso de la República	30/dic/93	*"Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones."*	Vigente con modificaciones y reglamentaciones
Ley 310 de 1996	Congreso de la República	6/ago/1996	*Por medio de la cual se modifica la Ley 86 de 1989*	Vigente
Ley 336 de 1996	Congreso de la República	20/dic/1996	*Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte*	Vigente con modificaciones
Ley 769 de 2002	Congreso de la República	6/ago/2002	*Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones*	Vigente con modificaciones

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
Ley 1383 de 2010	Congreso de la República	16/mar/2010	*Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002 – Código nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones*	Vigente con modificaciones
Decreto Ley 2770 de 1953	Presidencia de la República	23/oct/1953	*Por el cual se dictan normas sobre uniformidad de la anchura de las vías públicas nacionales y sobre seguridad de las mismas*	Este Decreto se expidió para la construcción de una línea en particular por lo que no es aplicable y desde el punto de vista técnico se encuentra obsoleto
Decreto Ley 1075 de 1954	Presidencia de la República	1/abr/1954	*Se dictan algunas disposiciones con relación a la seguridad en pasos de nivel*	Adoptado como legislación permanente
Decreto 3129 de 1954	Presidencia de la República		*Por la cual se crea la empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia*	Derogado
Decreto Ley 1586 de 1989	Presidencia de la República	18/jul/1989	*Por el cual se ordena liquidar la empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia, se adoptan normas para su liquidación y se dictan otras disposiciones*	Actualmente no aplica
Decreto Ley 1587 de 1989	Presidencia de la República	18/jul/89	*Por el cual se dictan normas generales para la organización y operación del sistema de transporte público ferroviario nacional*	Vigente. Este Decreto aplica en las materias que regula en complemento con la Ley 769 de 2002 Código de transito y transporte, modificada por la Ley 1383 de 2010

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
Decreto 1588 de 1989	Presidencia de la República	18/jul/89	*Por el cual se crea la Empresa Colombiana de Vías Férreas, Ferrovías, y se dictan normas para su organización y funcionamiento*	No es aplicable
Decreto 2171 de 1992	Presidencia de la República	30/dic/1992	*Por el cual se reestructura el Ministerio de Obras Públicas y Transporte como Ministerio de Transporte y se suprimen, fusionan y reestructuran entidades de la rama ejecutiva del orden nacional*	Vigente y modificado
Decreto 3109 de 1997	Presidencia de la República	30/dic/1997	*Por el cual se reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación."*	Vigente
Decreto 3110 de 1997	Presidencia de la República	30/dic/1997	*Por el cual se reglamenta la habilitación y la prestación del servicio público de transporte ferroviario*	Vigente
Decreto 1791 de 2003	Presidencia de la República		*Por medio del cual el Gobierno suprime la Empresa Colombiana de Vías Férreas (Ferrovías) y ordena su liquidación*	No es aplicable.
Decreto 2056 de 2003	Presidencia de la República	24/jul/2003	*Por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías, INVIAS, y se dictan otras disposiciones*	Vigente
Decreto Ley 1800 de 2003	Presidencia de la República	26/jun/2003	*Por el cual se crea el Instituto Nacional de Concesiones INCO y se determina su estructura*	Vigente, con modificaciones
Decreto	Presidencia	3/nov/2011	*Por el cual se cambia la naturaleza*	Vigente

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
4165 de 2011	de la República		*jurídica, cambia de denominación y se fijan otras disposiciones del Instituto Nacional de Concesiones – INCO*	
Res. 353	Ministerio de Transporte	18/ene/1996	*Por la cual se fijan tarifas de peajes para el transporte de carga en el modo férreo durante el tiempo de rehabilitación de la vía férrea*	Vigente
Res. 693 del 15 de septiembre de 1998	FERROVIAS	15/sep/1998	*Por la cual se reglamenta la autorización para los permisos de cruce "ferrovías"*	Vigente, con modificaciones por la Res. 0153 de 2003, y posteriormente las dos resoluciones, esto es la 693 de 1998 y la 0153 de 2003 fueron adoptadas por la Res. 366 de 2006 expedida por el INCO.
Res. 0153	FERROVIAS	4/jun/2003	*Por medio de la cual se modifica y adiciona el artículo tercero de la Res. 693 de 1998*	Esta Res. y la 693 de 1998 fueron adoptadas por la Res. 366 del INCO
Res. 1070	Ministerio de Transporte	27/mar/2006	*Por la cual se establecen las tarifas correspondientes a los usuarios de transporte ferroviario de carga y pasajeros del corredor férreo Chiriguaná-Santa Marta*	Vigente
Res. 0366	INCO	21/jun/2006	*Por la cual se adoptan las resoluciones N° 0693 de 1998 y 0153 de 2003 de la empresa Colombiana de vías Férreas – FERROVIAS, relacionadas con la*	Derogada por la Res. 453 de 2009

LEY / RES.	AUTORIDAD	FECHA DE EXP.	EPÍGRAFE	ESTADO
			reglamentación de los permisos de cruces en la red férrea	
Res. 184	Min. Transporte	6/ene/2009	*Por la cual se establecen las tarifas correspondiente a los operadores y usuarios de transporte ferroviario de carga y pasajeros en el corredor del sistema férreo central"*	Vigente
Res. 000453	INCO	12/feb/2009	*Por la cual se fija el procedimiento para el otorgamiento de los permisos para el uso, la ocupación y la intervención de la infraestructura nacional concesionada"*	Vigente
Res. 241	INCO	24/may/2011	*"Por la cual se fija el procedimiento para el otorgamiento de los permisos para el uso, la ocupación y la intervención de la infraestructura férrea nacional concesionada"*	Vigente

Fuente: Elaboración propia

Como consecuencia a la falta de normalización, el Ministerio de Transporte de Colombia según contrato No. 139 de 2012, contrató al consorcio EPYPSA-ARDANUY con el objeto de realizar el estudio para la elaboración del marco normativo férreo colombiano enfocado en factores técnicos de diseño, construcción, mantenimiento, operación, control y aspectos de seguridad así como presentar las conclusiones finales, derivados del estudio realizado (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012).

4.1.1 Fichas UIC (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

Esta normativa engloba todas las normas editadas específicamente por los países de la unión europea (en concreto Alemania, Francia, Reino Unido y España), puesto que se basan en aquélla.

La Unión Internationale des Chemins de Fer es la asociación mundial para la cooperación entre los principales actores del sector ferroviario internacional y probablemente el organismo ferroviario más importante del mundo.

Fundada en 1922 con el objetivo de avanzar hacia la estandarización y la mejora de los sistemas de construcción y explotación de ferrocarriles interoperables, en la actualidad acoge en su seno a 171 miembros, entre ferrocarriles nacionales, operadoras, administradores de infraestructura, compañías de transporte público y otras.

En los últimos años la organización ha rediseñado sus objetivos y ha puesto especial énfasis en cuestiones como la liberalización y globalización del sector ferroviario mundial, o los nuevos retos que le plantea al ferrocarril su papel clave en un escenario de desarrollo sostenible y lucha contra el cambio climático. Su sede se halla París, Francia.

Según consta en sus estatutos, la UIC tiene como objetivos:

1. Asegurar la cooperación ferroviaria internacional a nivel mundial
2. Reforzar la competitividad y el desarrollo global del transporte ferroviario
3. Representar y promover los intereses del transporte ferroviario a nivel mundial
4. Fomentar las sinergias entre las distintas entidades globales para el desarrollo del transporte ferroviario

Hoy en día, la UIC posee 199 miembros en los 5 continentes, que se reparten en:

- 82 miembros activos, incluyendo los ferrocarriles de Europa, Rusia, Oriente Medio, África del Norte, Sudáfrica, India, Pakistán, China Japón, Korea, Kazakstán y compañías operadoras de todo el mundo.
- 80 miembros asociados incluyendo países de Asia, América y Oceanía
- 37 miembros afiliados relacionados con servicios auxiliares al ferrocarril o negocios relacionados.

La UIC se dedica, además de otras labores, a la edición de fichas que regulan los estándares técnicos ferroviarios a nivel mundial y, aunque no son de obligado cumplimiento, muchas normativas específicas de estos países están basadas completamente en aquéllas, puesto que se consideran válidas y probadas, especialmente en Estados de la Unión Europea. Algunos ejemplos son los estándares de las normas alemanas, la SNCF francesa, las IGP y normas NRV de Adif en España, parte de las normas British Standard, etc. En Latinoamérica, sin embargo, se basan en las normas Norteamericanas.

Dada la importancia de la normativa UIC (orientada a tránsito de pasajeros) y de la normativa Norteamericana AREMA y AAR (orientada a tráfico de mercancías) y su reconocimiento a nivel internacional, sus principios para el desarrollo técnico que engloban se deberán tomar como base para la futura normativa técnica férrea colombiana.

4.2 NORMATIVA TÉCNICA INTERNACIONAL (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

4.2.1 Normas AREMA (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

La American Railway Engineering and Maintenance of Way Association es una asociación de los Estados Unidos de América que fue fundada en octubre de 1997 como resultado de la fusión de tres asociaciones de ingenieros consultores, la American Railway Bridge and Building Association, la American Railway

Engineering Association y la Roadmaster's and Maintenance of Way Association junto con la Communications and Signals Division of the Association of American Railroads.

La asociación está formada por distintos comités en función del campo que estudien (Structures, track, C&S, Passenger and transit, Engineering Services y Maintenance) y se dedica a la emisión y el estudio de prácticas recomendables a nivel técnico en el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias.

A comienzos del año 2012 se editó el último manual para ingeniería ferroviaria, que consta de cuatro volúmenes, a saber, Track, Structures, Infrastructure and Passenger y Systems Management. Estas recomendaciones, no siendo normativas, son generalmente aplicadas en todo el territorio de Estados Unidos y parte de Canadá.

4.2.2 Normas AAR (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

La American Association of Railroads se define como la asociación de normas para los ferrocarriles norteamericanos, con sede en Washington, Estados Unidos, y que tiene por fin la edición de normas y estándares válidos para la red ferroviaria de Norteamérica y México, centrándose en mejorar la seguridad y aumentar la productividad y eficiencia de la red.

La AAR avanza en estos objetivos primordiales a través de sus dos filiales, el Centro Tecnológico del Transporte Inc. (TTCI) y la Railinc Corporation. El TTCI es líder mundial en investigación, desarrollo e instalaciones de verificación y está desarrollando la próxima generación de avances en la seguridad y eficiencia de la operación ferroviaria.

Aunque las normas emitidas por este organismo son válidas para todo tipo de transporte ferroviario, se centran especialmente en el transporte de mercancías,

puesto que, a pesar de que la red ferroviaria norteamericana es muy extensa, la mayor parte de ella se dedica al transporte de alta capacidad de mercancías. Es por ello que las normas editadas por esta asociación se concentran en optimizar y mejorar la capacidad de transporte de mercancías por ferrocarril.

4.2.3 Japanese Railway Standards (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

La normativa japonesa existente se basa en una norma global titulada “Technical Regulatory Standards on Japanese Railways”. Este documento es una orden de la oficina ferroviaria del ministerio de territorio, infraestructuras, transporte y turismo, del gobierno de Japón, en el que se incluye una regulación que establece un breve marco legal y además normativa técnica general.

Concretamente, el documento regul, los siguientes aspectos:

- Articulación legal del modelo de gestión, organismos y agentes participantes y profundización en el proceso de aplicación de los estándares por parte de los operadores ferroviarios.
- Requisitos a cumplir por los operadores ferroviarios. Preparación del personal.
- Seguridad ferroviaria. Establecimiento de los criterios de seguridad que determinan la explotación.
- Especificaciones técnicas sobre la configuración del emparrillado de vía, diseño del trazado, gálibos, estabilidad trasversal y longitudinal de la vía, aparatos de vía, velocidades de diseño en función de características del tráfico y de la superestructura, material móvil, estaciones, cruces con otras vías, instalaciones de seguridad y comunicaciones, mantenimiento, etc.
- Regulación de la circulación u operación ferroviaria.

Además de este documento también posee algún otro de regulación normativa como el Design Standards for Railway Structures, para el diseño y construcción de estructuras en el ámbito ferroviario.

4.2.4 Normas ARTC (Consorcio EPYPSA-ARDANUY, 2012)

Las normas australianas del sector ferroviario son emitidas por el ARTC – Australian Rail

Track Corporation Ltd. Esta sociedad de capital público se creó después de que en 1997, los gobiernos de la Commonwealth y del estado acordaran la creación de un ente que funcionara como “ventanilla única” para todos los operadores que desean acceder a la red ferroviaria nacional.

Este organismo es propietario de la mayor parte de la red ferroviaria, aunque parte de las líneas orientales del país las tiene arrendadas a los operadores que las explotan. Las responsabilidades de este ente, en las líneas de su propiedad son las siguientes:

- Dar acceso a los operadores ferroviarios a cambio de un canon determinado.
- Fomentar el desarrollo de nuevos negocios relacionados.
- Inversión de capital en los corredores.
- Gestión de la red.
- Gestión del mantenimiento de la infraestructura

Australia no posee una ley general que regule el sector ferroviario pero sí una ley de seguridad ferroviaria, que establece los criterios de seguridad en la explotación de líneas y que, por tanto, todos los operadores han de cumplir si desean prestar el servicio en toda la red.

También posee una extensa normativa que regula todas las especificaciones técnicas a aplicar en el diseño, construcción, mantenimiento y explotación de las líneas ferroviarias.

Esta normativa está clasificada en varios campos: Track & Civil - Design, Track & Civil – Construction, Rolling Stock, system management, maintenance.

4.3 NORMA TÉCNICA NACIONAL

4.4 REGULACIÓN DE PASOS A NIVEL EN COLOMBIA

El corredor férreo es un bien de uso público de carácter nacional, afecto a la prestación del servicio de transporte férreo, que goza de especial protección, pues constituye una vía arterial principal con prelación respecto de las demás vías, en cuya zona de seguridad (12 m a cada lado del eje de la vía), no puede existir elemento alguno que pueda afectar la seguridad de transporte ferroviario. En especial el Código Nacional de Tránsito, Ley 769 de 2002, definió: -Vía Férrea: "*Diseñada para el tránsito de vehículos sobre rieles, con prelación sobre las demás vías, excepto para las ciudades donde existe metro. Así mismo, en dicho código se establecieron las siguientes prohibiciones en relación con la vía férrea: - Prohibiciones para los peatones: ocupar la zona de seguridad y protección de la vía férrea, la cual establece a uno distancia no menor de doce metros. -Los conductores no podrán transitar con vehículo automotor o de tracción animal por la zona de seguridad de la vía férrea. -El conductor que transite por una vía sin prelación deberá detener completamente su vehículo al llegar a un cruce y donde no haya semáforo tomará las precauciones debidas e iniciará la marcha cuando le corresponda. En ningún caso el conductor podrá detener su vehículo sobre la vía férrea. -Todo conductor deberá permanecer a una distancio mínima de cinco (5) metros de la vía férrea. - No se debe adelantar a otros vehículos en las intersecciones de las vías férreas. - Está prohibido estacionar vehículos en la zona de seguridad y de protección de la vía férrea, en la vía principal, vías secundarias, apartaderos, estaciones y anexidades férreas. - Los infractores de las normas de tránsito pagarán multas por conducir por la vía férrea o por zonas de protección. El Código Nacional de Tránsito en su artículo 131 literal c) consagra una multa equivalente a quince salarios mínimos legales vigentes (...) A quienes conduzcan*

por la zona de seguridad de la vía férrea o por las zonas de protección y seguridad de ella. En el mismo artículo ordena la inmovilización del vehículo que ponga en peligro la vida de los usuarios o de los peatones y multa de 30 salarios mínimos legales diarios cuando se conducen sobre vías especiales para vehículos no motorizados. De otra parte la Ley 76 de 1920, establece lo siguiente: Es prohibido a los particulares introducirse o estacionarse en la vía de un ferrocarril; en los terrenos contiguos a la zona de un ferrocarril no podrán ejecutarse, a una distancia de menos de veinte metros a partir del eje de la vía, obras que perjudiquen la solidez de ésta, tales como excavaciones, represas, estanques, explotación de canteras y otras semejantes. No podrán hacerse plantaciones de árboles a una distancia menor de doce metros del eje de la vía sin el consentimiento de la respectiva empresa" (AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA - ANI, 2013).

5 COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA

Se denomina vía férrea a la parte de la infraestructura ferroviaria formada por el conjunto de elementos que conforman el sitio por el cual se desplazan los trenes. Las vías férreas son el elemento esencial de la infraestructura ferroviaria y constan, básicamente, de rieles apoyados sobre traviesas que se disponen dentro de una capa de balasto. Para su construcción es necesario realizar movimiento de tierras y obras existentes (puentes, alcantarillas, muros de contención, drenajes, etc.) (Ramirez, 2010).

Se completa la infraestructura básica con sistemas de señalización (antes manuales y ahora automáticas) y, en el caso de líneas electrificadas, con el tendido eléctrico que provee de energía a las locomotoras (Ramirez, 2010).

5.1 INFRAESTRUCTURA

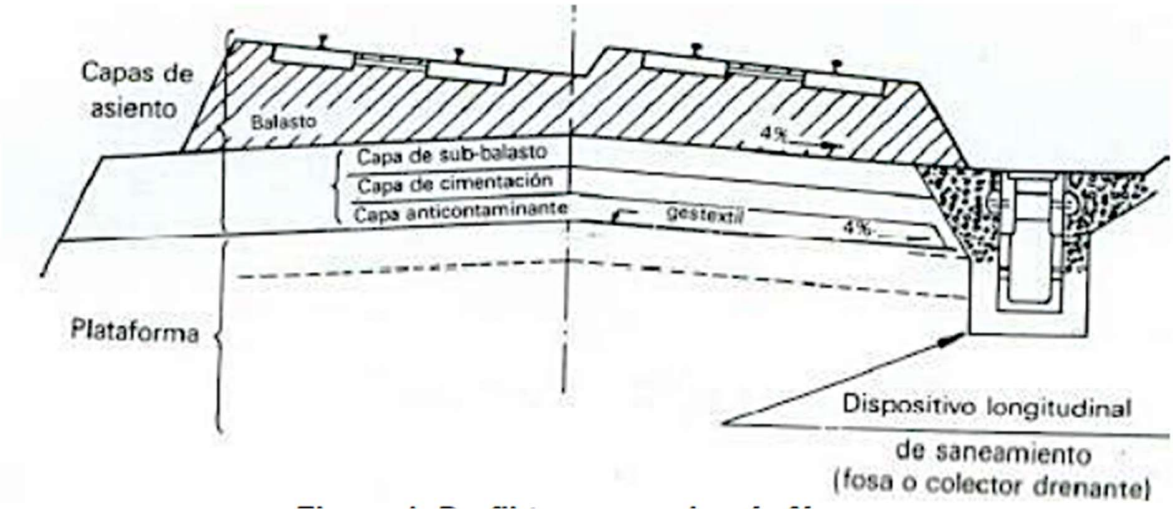
Comprende el trazado de la vía férrea teniendo en cuenta las curvas que deben ser de radio amplio y las pendientes que deben ser lo más reducidas posible. Las obras deben llevarse a cabo teniendo en cuenta estas características, por lo tanto se explanan terrenos, se determina el peralte y se construyen puentes, túneles etc (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

5.2 SUPERESTRUCTURA

Está constituida por una serie de materiales y elementos que colocados ordenada y técnicamente, nos permiten obtener una superficie apta para la circulación de los trenes, de una manera segura y eficiente. La conforman básicamente los

siguientes elementos: subbalasto, balasto, traviesas y rieles (Arias Amézquita & García Arango, 2005), tal y como se muestra en la Imagen 8.

Imagen 8. Esquiema de corte transversal de la superestructura



Fuente: http://www.infraestructura.org.co/seguimientoproyectos/Informe%20ferrocarriles.pdf

5.2.1 Subbalasto

Este material está constituido por materiales granulares, por lo general arenas o gravas, procedentes de depósitos de rocas alteradas, casi siempre sin ningún tratamiento para su utilización, entre sus funciones están:

- Transmitir las cargas a la plataforma
- Mejorar la capacidad de soporte de la subrasante
- Permitir un buen drenaje
- Impedir la incrustación del balasto en la plataforma
- Impedir el ascenso de material fino como limo, arcillas y materiales orgánicos

Su espesor varía entre 15 y 30 cm, dependiendo de la calidad del suelo de la subrasante. Se debe tener en cuenta que las traviesas transmiten presiones del orden de 3 a 4 kg/cm^2 y que los suelos granulares construidos por capas y compactadas con equipos adecuados proporcionan resistencias suficientes para soportar las cargas de la vía con tráfico, con un espesor de 20 cm.

Este material se extrae generalmente de los lechos de los ríos o cantos rodados, se deben lavar con el fin de eliminar los elementos finos, tales como limos, arcilla y materia orgánica, los cuales disminuyen su permeabilidad (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

5.2.2 Balasto de piedra

Material granular obtenido de la trituración de rocas y en algunas ocasiones por la trituración de conglomerados de depósitos naturales; también se utilizan gravas de ríos trituradas únicamente, siendo conveniente mezclarlas con material triturado para mejorar sus especificaciones. El material más utilizado es el de trituración de rocas (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

Entre sus funciones están:

- Proporcionar un buen anclaje a las traviesas. Evitar los desplazamientos longitudinales y transversales originados por el frenado o tracción del equipo, por el cabeceo, por la fuerza centrífuga, por la sobreelevación de las curvas y en la vía soldada, por considerables esfuerzos debidos a los cambios de temperatura.
- Transferir los esfuerzos recibidos de las traviesas, al balasto del río o a la subbase
- Permite el drenaje de la vía
- Permite una buena nivelación
- Disminuye la propagación de la maleza

- Evita el levantamiento del polvo, molesto para los pasajeros

Se caracteriza por:

- Posee una buena granulometría, que permite una buena nivelación
- Tiene la dureza necesaria para no desintegrarse bajo el efecto de las cargas
- No debe contener limos, arcillas o materia orgánica, para poder garantizar una nivelación buena y duradera
- Tiene que ser permeable para permitir la evacuación del agua y evitar el deterioro de la madera
- Debe tener un máximo de elementos fracturados con más de dos aristas para permitir el agarre de las traviesas.

Los estudios realizados, coinciden en que la intensidad de las presiones disminuye a medida que aumenta el espesor del balasto, hasta llegar a un espesor en que las presiones disminuyen uniformemente; en todos los casos este espesor debe ser de 3 o 4 pulgadas, más que el espacio entre traviesas, sobre todo en aquellos casos en donde las condiciones de la subrasante sean deficientes (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

El ancho de terraplenes y blasto será adecuado para trocha estándar. El balasto se ciñe a las especificaciones AREMA, y su espesor dependerá de la calidad y capacidad portente de la banca. Se aplicará la cantidad por metro lineal requeridad para trocha estándar desde un comienzo (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

5.2.3 Traviesas

Llamada también durmientes o polines, son elementos que se ubican transversalmente sobre el balasto y sirven de apoyo para los rieles de la vía,

además, son un elemento estructural de la vía. Pueden ser de madera, concreto o metálicas (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

Las traviesas de madera (ver Imagen 9) son de dos tipos: madera dura y blanda. Las traviesas para puentes y cambiavías deben ser siempre de madera dura. Poseen una longitud de 2,5 m y una sección de 0,25 m de alto y 0,20 m de ancho. La vida útil de las traviesas es un concepto variable que depende de la comodidad y seguridad, además de la velocidad y cargas para cada tipo de subrasante, subbalasto, balasto y clima. La madera, aunque es muy resistente al desgaste mecánico, tiene desgaste biológico producido por bacterias, hongos y plagas, por lo tanto deben protegerse mediante inmunizaciones con productos químicos .

Imagen 9. Traviesas en madera

Fuente:
https://www.google.com.co/search?q=estructura+ferrea&espv=2&biw=1366&bih=623&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=2sR1VevuCYPRtQXCw4HAAg&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=traviesas+de+tren+en+madera&imgrc=GyxFuxKlhFDJYM%253A%3Bs9QzjLIU0OPjrM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252F6%252F65%252FV%2525C3%2525ADa_sobre_durmientes_de_madera_02.JPG%3Bhttp%253A%252F%252Fes.wikipedia.org%252Fwiki%252FTraviesa%3B1803%3B1201

La vida mecánica de las traviesas de madera, depende de la dureza, la capacidad de soporte al paso de los trenes y su apisonamiento; la madera es excelente para absorber momentos negativos.

El áreas de contacto entre las traviesas y el riel es relativamente pequeña con relación a los esfuerzos transmitidos, lo que permite en la mayoría de los casos el cizallamiento y por lo tanto el deterioro prematuro; para protegerla de este fenómeno se utilizan placas metálicas con el fin de aumentar el área de contacto entre riel y traviesa. Otro factor que atenta contra estas, es la rotura en las zonas de apoyo del riel en el centro de la misma, debido a un mal apisonamiento (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

Las traviesas de concreto (ver Imagen 10) pueden ser de concreto armado, pos tensado o pretensado, deben tener una resistencia de 7000 psi a la compresión de acuerdo con las normas AREMA parte 4 numeral 4.2.2 y 800 psi a la tensión, se pueden construir en monobloque o bibloque.

Imagen 10. Traviesa en concreto

Fuente:
https://www.google.com.co/search?q=estructura+ferrea&espv=2&biw=1366&bih=623&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=2sR1VevuCYPRtQXCw4HAAg&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=traviesas+de+tren+en+concreto&imgrc=9oXrkOwACcf50M%253A%3BmK0Ya-ukux_RfM%3Bhttp%253A%252F%252Fboletin-iccyc.com%252Ffiles%252Fimages%252Ffoto%252520editorial%252520setiembre%2525202%2525202012.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fboletin-iccyc.com%252Findex.php%253Fdocld%253D120%2526secld%253D830%3B312%3B235

Las traviesas se deben colocar perpendiculares al eje de la vía, respetando el espaciamiento previamente calculado y el cual depende del traslapo de los rieles; el espaciamiento teórico es de 0,60 m entre centros de traviesas, sin embargo, este puede variar entre 0,55 y 0,65 m. El apisonamiento de las traviesas se debe hacer únicamente en las zonas estrictamente necesarias (Arias Amézquita & García Arango, 2005), estas zonas son aquellas donde el riel puede sufrir deformaciones y se determinan cuando el proyecto se encuentre en fase 3.

La sección de la traviesa es variable, con un ancho de 235 mm y con alturas de 200.25 mm en los extremos, 190 mm en el apoyo del riel y 160 mm en el centro de

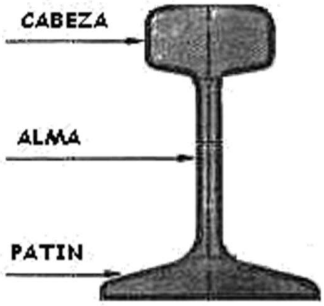
la traviesa. La longitud es de 1920 mm para un total de consumo de concreto por traviesa de 0,083 m3. (ICPC, 2001)

Teniendo en cuenta que las traviesas en madera generan deforestación, no se recomieda la utilización de las mismas, siendo asi que la Agencia Nacional de Infraetructura - ANI tiene una propuesta para eliminar las traviesas en madera.

5.2.4 Rieles

Los rieles tienen doble utilidad; por una parte proporcionan un sistema de guía eficaz y seguro, por otra, el desplazamiento de las ruedas de acero sobre rieles de provoca una resistencia muy pequeña al avance del tren. Son barras de acero laminado con secciones transversales que se han adaptado de acuerdo con su centro de gravedad y al momento de inercia, para resistir las cargas transmitidas con el paso de los trenes (Arias Amézquita & García Arango, 2005), las partes un riel se presenta en la Imagen 11.

Imagen 11. Partes de un riel



Fuente: http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Partes_de_la_via).html

Un riel cuenta con tres partes fundamentalmente: cabeza (hongo), alma y patín.

El hongo o cabeza, representa la superficie de rodamiento que soporta todos los esfuerzos del tráfico y está expuesto a desgastes verticales y laterales. Su ancho debe ser suficiente para:

- Mantener un efecto de reparto de cargas en las zonas donde se producen las tensiones por el contacto carril – llanta
- Permitir radios adecuados con el alma y la cabeza del riel
- Mantener un margen suficiente para el desgaste lateral en curvas de radio reducido

El patín se caracteriza por su anchura y por la forma y espesor de las alas, las cuales proporcionan la resistencia al vuelco y la rigidez del riel en el plano horizontal. Igualmente se encarga de transmitir las presiones directamente a las traviesas, presiones que buscan disiparse y repartirse mejor mediante el uso de placas de asiento (traviesas de concreto).

El alma se encarga de transmitir los esfuerzos desde la cabeza de patín. Su espesor debe ser suficiente para resistir los esfuerzos cortantes que deben soportar los rieles y las zonas cercanas a los orificios de las eclisas (elementos que permiten la unión de los rieles).

La vida útil de los rieles depende de:

- Tráfico y velocidad
- Calibre del riel (peso por unidad de longitud)
- Traviesas: número por kilómetro, calidad y mantenimiento respecto al balasto
- Nivelación
- Impacto en las juntas
- Reducción de las vibraciones
- Alineamiento geométrico de la vía

Con el fin de que los rieles estén dispuestos de forma que puedan cumplir bien su objetivo, cuentan con tres accesorios importantes:

- Fijación
- Conexión
- Anclaje

El más importante es el de fijación. Como lo indica su nombre permite fijar el riel a las traviesas y contribuye a mantener la trocha y transferir la carga estática y dinámica sobre el conjunto traviesa – balasto. En un principio se emplearon fijaciones dinámicas, pero de acuerdo a estudios realizados, esta clase de para vibraciones de alta frecuencia, producen envejecimiento de los materiales, aflojan los clavos, deterioran la superficie de contacto y desacomodan la capa de balasto. De esta forma surgieron las fijaciones elásticas, cuyos elementos principales son: placa elástica que se coloca entre el riel y la traviesa, y una grapa que sujeta el riel. Hay diferentes tipos: tipo DEENIK (Holanda) (ver Imagen 12), RN-NABLA (Francia), PANDROL (Inglaterra) y CLAVO DORKEN (Alemania) (Arias Amézquita & García Arango, 2005).

En Colombia las más utilizadas son las DEENIK y PANDROL

Imagen 12. Fijación elástica tipo Deenik

Fuente: http://spanish.alibaba.com/product-gs/railway-deenik-clip-fastening-elastic-clip-din-rail-clip-60290239080.html

6 ESTUDIOS TÉCNICOS

El proyecto se localiza en el departamento de Boyacá, entre coordenadas aproximadas 1’133.500 Norte y 1’116.700 Este. Se accede desde Bogotá al lugar tomando la carretera Autopista Norte, cruzando Tunja y dirigiéndose posteriormente en sentido oriental hacia el Municipio de Duitama. La quebrada El Aroma cruza el municipio de Duitama de Norte a Sur recogiendo aguas negras de la población y desembocando en el Canal Vargas muy cerca del paso de la vía férrea proyectada.

El trazado actual de la vía férrea atraviesa el casco urbano del municipio de Duitama, lo cual implica dificultades en la movilidad de las comunidades aledañas y del mismo tren. Por esta razón se plantean tres alternativas para una variante de la vía férrea que se desprenderá de la línea del ferrocarril existente, cerca de la vereda Higueras y posteriormente empalmará con la misma, de esta forma eliminando el ingreso al Municipio.

El diseño de la variante de Duitama contempla una sección transversal para trocha angosta de acuerdo con las especificaciones técnicas, con una plataforma de 5.0 m de ancho definida por criterios de estabilidad, las secciones tranversales de las alternativas propuestas se presentan en Anexo No. 3 Pre diseño geométrico

6.1 ALTERNATIVA No. 1

El alineamiento en planta presenta una geometría con una curva derecha, seguida por un tramo recto hasta el K4+655,05, donde inicia una segunda curva a la

derecha y empalma con la vía existente, con una longitud total aproximada de 5,091 km. En el K2+950, inicia el túnel que cruza el cerro que se puede apreciar en la Fotografía 1 y terminado en el K4+950 aproximadamente, este túnel cuenta con una longitud aproximada de dos (2) km.

El alineamiento vertical presenta un desarrollo principalmente en terraplén, para evitar problemas de anegación en zonas de cultivos que se encuentran adyacentes al corredor proyectado, así como para mantener las longitudes definidas en las normas AREMA.

6.2 ALTERNATIVA No. 2

El alineamiento en planta presenta una geometría con una curva a la derecha para separarse del corredor actual, seguido de un tramo recto, dos curvas a la izquierda con radios amplios y una tangente entre ellos para aproximarse a la zona de ronda del Canal Vargas y una última curva a la derecha para cruzar la vía vehicular Bogotá – Tunja – Sogamoso y empalmar con el corredor actual de la vía férrea, con una longitud total aproximada de 4.734 km. El alineamiento vertical presenta un desarrollo principalmente en terraplén, para evitar problemas de anegación de las zonas de cultivos que se encuentran adyacentes al corredor proyectado de la variante de Duitama, así como para mantener las pendientes longitudinales definidas en las normas AREMA.

6.3 ALTERNATIVA No. 3

El alineamiento en planta presenta una geometría con una curva derecha, seguida por un tramo recto hasta el K2+234,94, donde inicia una segunda curva a la izquierda de gran radio y empalma con la vía existente, con una longitud total aproximada de 6,454 km. En el K3+000, inicia el túnel que cruza el cerro que se puede apreciar en la Fotografía 1 y terminado en el K3+950 aproximadamente, el túnel cuenta con una longitud aproximada de 950 m.

El alineamiento vertical presenta un desarrollo principalmente en terraplén, para evitar problemas de anegación en zonas de cultivos que se encuentran adyacentes al corredor proyectado, así como para mantener las longitudes definidas en las normas AREMA.

Fotografía 1. Cerró ubicado al costado sur oriental de Duitama

6.4 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Para la identificación de las alternativas, en la primer fase del proyecto se tuvo en cuenta la cartografía suministrada por el IGAC, la cual se presenta en el Anexo No. 1 – Cartografía IGAC, y se complementó la información con imágenes obtenidas de Google Earth.

6.5 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

La construcción de obras civiles como el paso de la quebrada El Aroma bajo la vía férrea Bogotá – Belencito proyectada, produciría muy pequeñas alteraciones en el entorno a corto y largo plazo, dado que no habrá desplazamiento del actual alineamiento de la quebrada. Uno de los factores que influyen e inciden sobre la magnitud y duración de algunos efectos ambientales, lo constituyen las características climáticas y las condiciones hidrológicas existentes en el área de influencia de la estructura de paso de la Quebrada El Aroma, con especial énfasis en la determinación cuantitativa del agua superficial producida en su cuenca.

En el Anexo No. 2 – Hoya Hidrográfica, se presenta un mapa ilustrativo la demarcación de la hoya hidrográfica de la Quebrada El Aroma.

Se obtuvo información secundaria recopilada en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, y en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, valores medios mensuales de precipitación y valores máximos de precipitación en 24 horas de estaciones representativas ubicadas en la zona del proyecto.

En primer término, los estudios hidrológicos se dirigieron a definir las principales características climatológicas de la cuenca de la Quebrada El Aroma, a nivel mensual multianual, adicionalmente, se encaminó a determinar el caudal en esta cuya corriente cruza la vía férrea proyectada con el fin de determinar la altura de la lámina de agua. Sobre el plano IGAC existente para la zona, se determinó las principales características geométricas de la hoya hidrográfica. Se definió un caudal de periodo de retorno de 100 años para el diseño de la estructura de paso por la importancia que reviste la vía férrea proyectada. Finalmente, utilizando modelos hidráulicos se determinó para el cauce de la Quebrada El Aroma las

elevaciones máximas del agua para un caudal de periodo de retorno de 100 años y se definió la estructura hidráulica de paso más conveniente.

Para el análisis de lluvias se recopiló la información de la zona, en la Tabla 4se presenta el nombre, tipo y código de las estaciones seleccionadas y sus características de localización, elevación y período de registro, respectivamente para las estaciones pluviométricas y climatológicas. Finalmente, en el Anexo 1 de este informe, se presenta la información hidroclimatológica suministrada por el IDEAM.

Tabla 4. Características de localización, elevación y periodo de registro de estaciones de lluvias

CÓDIGO	TIPO DE ESTACIÓN	NOMBRE DE ESTACIÓN	SUBCUENCA	MUNICIPIO	DEPTO	COORDENADAS	ELEVACIÓN (msnm)	FECHA DE INSTALACIÓN
2403512	PM	SURBATÁ BONZA	SURBA	DUITAMA	BOYACA	5º49'N 73º04'W	2485	1944

Fuente: IDEAM

6.6 INFORME GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

El documento base que sirve de antecedente para el presente informe, corresponde al "Estudio de Ingeniería de Detalle Concesión Red Férrea del Atlántico" realizado por la firma CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A, el cual cuenta con una descripción técnica de las características físicas de varios tramos que componen la Red Férrea del Atlántico. Para el presente informe se tomó la información inherente al Tramo Bogotá – Belencito.

Las tres alternativas a la variante estará localizada en una zona de valle con morfología casi plana, constituida por suelos cuaternarios relativamente blandos y compresibles que se originaron de la meteorización y desintegración de rocas sedimentarias existentes, las cuales conforman una cadena de montañas que

rodean al valle. Estas rocas tienen diferente edad y composición, perteneciendo a los períodos Terciario y Cretáceo predominantemente y en menor proporción al Paleozoico.

El ambiente geológico y geomorfológico de la vía actual al paso por el municipio de Duitama, es de sedimentos de origen aluvial en zonas predominantemente planas, correspondientes a las terrazas bajas del río Chicamocha. El área de interés comprende rocas de origen sedimentario compuestas generalmente por Shales, Areniscas, Limolitas, Calizas y Conglomerados, que hacia las partes bajas y planas de los cerros se encuentran cubiertas por sedimentos no consolidados integrados por arcillas, limos, arenas, arcillas orgánicas y lechos de turbas.

6.6.1 Estratigrafía

A continuación se describe la estratigrafía de la zona de interés, en orden de edad de más joven a más antigua.

6.6.1.1 Cuaternario

Los depósitos Aluviales (Qal) se encuentran en la parte sur del Municipio de Duitama, asociados al valle del río Chicamocha. Los sedimentos de este período están compuestos por capas de arcillas y arcillas limosas predominantes, con lentes de arena alternantes, capas de arcillas orgánicas y mantos de turbas, originados en medios lagunares que ocuparon gran parte del valle en el pasado geológico reciente. Estos sedimentos de naturaleza blanda que se presentan en condiciones normalmente consolidadas, pueden llegar a ser altamente deformables ante sobrecargas y conforman la totalidad del valle donde estará localizada la variante de Duitama. Los depósitos de coluvión (Qc) se ubican bordando el límite del afloramiento de los materiales de la Formación Tilatá (Tst), definiendo una franja relativamente angosta de bloques embebidos en una matriz areno arcillosa rojiza.

Los depósitos de flujo (Qf) aparecen sobre impuestos en cercanías del inicio de las tres alternativas, a la variante de Duitama, como eventos torrenciales localizados sobre los cuales está cimentada la actual vía férrea en un tramo corto.

6.6.1.2 Terciario – Cuaternario

La Formación Tilatá (Tst) que aflora al suroeste de Duitama. Se compone de capas de gravas, arenas y arcillas con baja cementación.

6.6.1.3 Cretáceo

La Formación Conejo aparece constituida por intercalaciones de Areniscas y Shales grises.

El Grupo Churuvita está compuesto por Areniscas, Shales, Calizas y Limonitas, aflorando hacia la zona sur occidental de Duitama.

La Formación Une está integrada por areniscas cuarzosas con intercalaciones de Shales negros y también aflora en la parte sur occidental del área de Duitama.

La formación Tibasosa (Kit) la componen Shales negros, Calizas, Areniscas, Conglomerados y Limonitas. Las rocas de esta Formación afloran en los cerros del sur de Duitama y en la margen derecha del río Chicamocha.

6.6.1.4 Paleozoico:

Esta representado por la Formación Cuche, la unidad sedimentaria mas antigua que aflora en los cerros del sureste de Duitama.

6.6.2 Geología Estructural

Las formaciones sedimentarias presentes en el área de estudio, presentan una disposición general de los estratos con un rumbo norte a noreste, igual a la orientación general de la cordillera Oriental. El buzamiento de las capas es variable, presentándose inclinaciones del orden de 26º Noroeste en los cerros del sur oriente de Duitama.

El fracturamiento o diaclasamiento de los estratos forman una red casi ortogonal de discontinuidades junto con la estratificación.

6.6.3 Geomorfología

El límite sur del casco urbano de Duitama y el corredor propuesto para las alternativas de la variante se localizan en una zona morfológicamente plana e inundable, rodeado por cerros de mediana a gran elevación, denominados valles inter montanos que forma parte del Altiplano de Cundinamarca y Boyacá, en la cordillera Oriental. El valle es un relleno de sedimentos aluviales del Cuaternario compuestos por suelos blandos impermeables con características compresibles, ya que son de tipo arcilloso a arcillo limoso con lentes de arena y capas de arcillas orgánicas y mantos de turbas, materiales propios de zonas lagunares y pantanosas que existieron en tiempos geológicos pasados. El trazado de las tres alternativas a la de la variante del ferrocarril se desarrollará enteramente sobre estos materiales atravesando la llanura que se observa en la, y en el caso de las Alternativas No. 1 y 3 atravesando el cerro que se observa al fondo de la fotografía ver Imagen 13.

Imagen 13. Llanura de inundación al sur del casco urbano de Duitama y cerro ubicado en el costado sur oriente de Duitama

Los sedimentos finos arcillosos y arenosos que rellenan el valle son el resultado de la denudación de los cerros circundantes, materiales que fueron transportados por pequeños arroyos, algunos de los cuales aún descienden de las lomas cercanas de Duitama. El valle hacia su parte sur y sur oriental se presenta disectado por el curso del río Chicamocha, al cual confluye una serie de canales de 5.0 a 6.0 m de amplitud y geometría casi ortogonal, irrigando un gran sector del valle con aguas negras procedentes de la zona urbana de Duitama.

6.6.4 Aspectos hidrogeológicos regionales

El valle en superficie presenta una serie de canales de irrigación dispuestos con orientación casi ortogonal, los cuales conducen aguas negras procedentes de la zona urbana de Duitama. Dichos canales son alimentados por pequeñas

corrientes de agua que descienden de los cerros sur occidentales, donde la principal quebrada es La Aroma que no escapa a la contaminación, debido a la entrega de los colectores del sistema de alcantarillado sanitario. La red de drenaje antrópica vierte sus aguas a la principal corriente de la región, el río Chicamocha, el cual discurre al sur de Duitama. Así mismo, forma parte del sistema de irrigación el canal de desecación (Canal Vargas) que atraviesa el valle con dirección nor este – sur oeste.

El carácter impermeable de los suelos del valle favorece las condiciones de inundación en gran parte de este en temporadas invernales, factor importante que se deberá tener en cuenta en el diseño definitivo de sistemas de filtros para el terraplén de la variante.

6.7 PRE DISEÑO GEOMÉTRICO

Teniendo en cuenta que el proyecto consiste en el diseño de una variante en la ciudad de Duitama - Boyacá, donde todos sus elementos serán completamente nuevos, se establecieron criterios de diseño para un vía nueva. Los criterios están basados en la recopilación de normas existentes adecuando aquellas que más se acercan a las condiciones de los ferrocarriles en Colombia.

La Alternativa No. 1, tiene una longitud de 5.1 km, de los cuales 2.9 km son en terreno plano y a partir de este hasta el kilómetro 4.9, el recorrido se hace atravesando el costado norte de la montaña tal y como se indica en el plano presentado en el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico, denominado Plano Alternativa No.1.

La Alternativa 2, cuenta con una longitud de 4.7 km en terreno plano desde su inicio, tal y como se indica en el plano presentado en el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico, denominado Plano Alternativa No. 2.

La Alternativa No. 3, tiene una longitud de 6.4 km, de los cuales 2.7 km son en terreno plano y a partir de este hasta el kilómetro 3.9, el recorrido se hace atravesando el costado surde la montaña tal y como se indica en el plano presentado en el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico, denominado Plano Alternativa No. 3.

Para las tres alternativas se llevó a cabo el diseñó para una velocidad de 60 kph y la utilización de rieles nuevos tipo ARA A-90 lb/yarda y el plano con las tres alternativas se presenta en el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico, denominado Plano general.

6.7.1 Significado y características del trazado del ferrocarril

Se denomina trazado de la vía férrea al eje longitudinal de la explanada, el trazado de la vía comprende la planta y el perfil longitudinal, el trazado está compuesto, tanto en planta como en perfil, por tramos rectos unidos entre sí por tramos curvos. Lo ideal sería poder realizar un trazado recto entre dos puntos, pero eso no es totalmente posible debido a dos factores, uno que en los trazados se encuentran obstáculos que a veces son insalvables que hay que evadir y otro que las locaciones que se unen no siempre se encuentran en línea recta una con la otra (Carrasco Medina, 2016).

La adecuación de la subrasante de un ferrocarril, se diferencia de las de carretera porque su configuración es plana en su superficie y mantiene esa forma tanto en rectas como en curvas dado que el peralte se construye con el balasto y no con la propia explanación como ocurre en la carretera.

Las alineaciones curvas se caracterizan por su radio, su longitud y su ángulo de inflexión.

Los radios de las curvas de la vía férrea se caracterizan por ser de gran dimensión. Esto se fundamenta por varias razones.

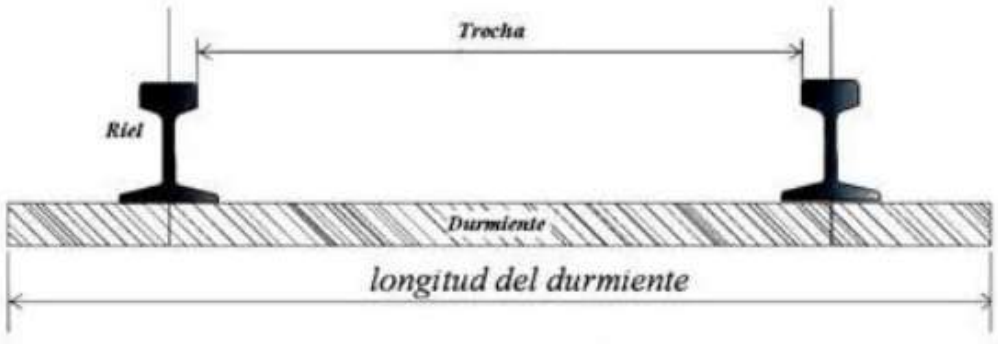
- Las curvas de pequeño radio hacen que los trenes disminuyan su velocidad
- Esto se debe a que la velocidad de circulación de los trenes depende del radio de curva.
- Aumento de los desgastes y deterioro del carril y las ruedas del material rodante. El aumento del desgaste tanto en las ruedas como en el carril, se debe al rozamiento que se produce al resbalar e impactar las ruedas contra el carril exterior al entrar en las curvas.
- Disminución del coeficiente de adherencia entre rueda y carril en radios menores o igual a 400 m que provoca una disminución de las fuerzas tractivas. Esto trae como consecuencia que se tenga que disminuir el peso del tren o la utilización de varias locomotoras para transportar las cargas.
- Alargamiento de las vías. La longitud de la vía aumenta con la disminución del radio o el aumento del ángulo de inflexión. Así para un ángulo de inflexión (= 60º, la disminución del radio de: R_1 = 1000 m a R_2 = 600 m, la longitud del tramo aumenta en más de 40 m y al disminuir el radio a R_3 = 400 m, aumenta adicionalmente en 20 m y con el aumento del ángulo de inflexión a 90º, los correspondientes alargamientos son en el orden de los 85 y 170 m respectivamente.
- Aumento de los gastos de mantenimiento. A menor radio, se genera mayor desgaste por lo tanto los gastos de mantenimiento y aumentan.

6.7.2 Ancho de trocha

Se utilizará la trocha yardica actual, cuyo ancho entre rieles será de 914 mm, un parámetro muy importante es el ancho de vía o trocha, que corresponde a la distancia entre las caras internas de los rieles, medida 14 mm por debajo del plano de rodadura en alineación recta, que en Colombia se mide a 10 mm; esta medida caracteriza el camino de circulación de los trenes y limita el tipo de material móvil que se puede transportar por la vía y condiciona posibles conexiones

con otros ferrocarriles (Camara Colombiana de Infraestructura) en la Figura 1, se muestra un esquema de como se mide el ancho

Figura 1 Ancho de Trocha



Fuente: http://www.infraestructura.org.co/seguimientoproyectos/Informe%20ferrocarriles.pdf

6.7.3 Diseño horizontal

El diseño horizontal se proyectó con una velocidad de 60 km/hr. Con esta velocidad se determinó el peralte mínimo para los radios de la alternativa proyectada. El peralte teórico se determinó con base en la ecuación de equilibrio de fuerzas horizontales, la cual se expresa como:

$$p = \frac{V^2 \cdot s}{127R}$$

Donde,

p: Peralte (mm)

V: Velocidad de diseño (km/hr)

R: Radio de curvatura (m)

s: Distancia entre ejes de rieles (mm)

Teniendo en cuenta que la distancia es un valor constante, determinado por el ancho de trocha y la geometría de los rieles, este se puede expresar como:

$$S = 914\,mm + 66\,mm = 980\,mm$$

Remplazando la ecuación anterior se obtiene:

$$p = \frac{V^2 \cdot s}{127R} = \frac{V^2 \cdot 980}{127R} = 7.71\frac{V^2}{R}$$

Sin embargo, de acuerdo con la literatura no es conveniente emplear el peralte teórico, dado que no todos los trenes circulan a la velocidad de diseño V ya que factores como la pendiente o la carga pueden hacer que estos circulen a menor velocidad, con el consecuente desgaste prematuro de los rieles internos, por tanto se adopta el peralte práctico el cual corresponde a los 2/3 del peralte teórico, siempre y cuando su diferencia con el peralte teórico no supere los 45 mm, valor que corresponde a la insuficiencia del peralte. La insuficiencia del peralte corresponde a la deficiencia de peralte que experimentan los trenes que circula a la máxima velocidad frente a los que circulan a velocidades bajas. Los límites de la insuficiencia están determinados por factores como el confort del viajero, ripado de la vía, descarrilamiento y vuelco del vehículo. Según la formulación anterior y los radios del diseño se tiene los valores de peralte que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de peralte

RADIO (m)	PERALTE TEÓRICO (mm)	PERALTE PRÁCTICO (mm)	PERALTE (mm)
	$p = 7.71 \cdot \frac{V^2}{R}$	$p = 2/3\left[7.71 \cdot \frac{V^2}{R}\right]$	
350	79,30	52,87	55
400	69,39	46,26	50
600	46,26	30,84	35
700	39,65	26,43	30
800	34,70	23,13	25
1000	27,76	18,50	20

3500	7,93	5,29	10
4500	6,17	4,11	5

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de peralte obtenidos, ninguna de las insuficiencias de peralte superan los 60 mm, por lo tanto es posible determinar la velocidad máxima última a la cual pueden circular los trenes sin sufrir inconvenientes, con la siguiente formula:

$$V_{max} = \sqrt{(p + 60)\frac{R}{7.71}}$$

Aplicando a los radios planteados en la Tabla 5, se obtiene los resultados que se indican en la Tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de velocidad máxima

RADIO (m)	VELOCIDAD MAX. (km/hr) $V_{max} = \sqrt{(p + 60)\frac{R}{7.71}}$
350	72
400	76
600	86
700	90
800	94
1000	102
3500	178
4500	195

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 6, se concluye que la velocidad máxima permitida la que pueden transitar los trenes en la variante es de 72 km/hr.

6.7.3.1 Curvas de transición

En las curvas de transición utilizadas para desarrollar el peralte a partir de la tangente hasta el arco circular, se emplearán espirales del tipo clotoide; la longitud de las mismas se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$L_s = \frac{V \cdot p}{p_{max}}$$

Donde,

L_s: Longitud espiral

p: Peralte para radio R

p_{max}: Peralte máximo (90 mm)

V: Velocidad km/hr

Adicionalmente se establece 2 mm/m como pendiente máxima para la pendiente de los enlaces parabólicos (rampa del peralte). Aplicando la siguiente fórmula se tienen los valores indicados en la Tabla 7.

.

Tabla 7. Cálculo de pendiente relativa del peralte

RADIO (m)	PERALTE (mm)	L_s	L_s ADOPTADO	PENDIENTE RELATIVA DEL PERALTE
		$L_s = \frac{V \cdot p}{p_{max}}$		$p / L_s adoptado$
300	65	43	60	1,1
350	55	37	60	0,9
400	50	33	60	0,8

600	35	23	60	0,6
700	30	20	60	0,5
800	25	17	60	0,4
1000	20	13	60	0,3
3500	10	7	60	0,2
4500	5	3	60	0,1

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados se comprueba que la pendiente relativa del peralte no supera la pendiente máxima permitida para este tipo de enlaces.

6.7.4 Diseño vertical

El diseño vertical se trazó teniendo en cuenta aspectos como las pendientes y cotas de riel existentes al inicio y final de la variante, espesores mínimos de balasto y sub-balasto requerido, pasos a nivel con vías principales y el gálibo mínimo requerido por obras de drenaje. Como punto crítico en la rasante se encuentra el cruce con la Concesión Autopista Briceño – Tunja – Sogamoso, el cual obligó la rasante a pasar a nivel en este sitio. Los empalmes de rasante se solucionaron por medio de curvas verticales parabólicas.

6.7.4.1 Curvas verticales

Como empalme de los alineamientos verticales se utilizarán curvas parabólicas de segundo grado, las cuales cumplirán con las Especificaciones Internacionales; la ecuación característica de estas parábolas es:

$$y = \frac{x^2(g_1 - g_2)}{2l_{cv}}$$

Donde,

y: Diferencia de alturas entre la línea de pendiente y la parábola para una abscisa x

x: Abscisas a considerar

$g_{1\,2}$: Pendientes de las rasantes a empalmar

l_{cv}: Longitud de la curva vertical

Los criterios para aplicar y que están establecidos para la longitud mínima de las curvas verticales de acuerdo con las normas AREMA, son:

$$l = \left[\frac{A}{0{,}1\%} \cdot 30{,}48\ m\right]\ para\ curvas\ cóncavas\ y\ terreno\ plano$$

$$l = \left[\frac{A}{0{,}2\%} \cdot 30{,}48\ m\right]\ para\ curvas\ convexas\ y\ terreno\ plano$$

$$l = \left[\frac{A}{0{,}5\%} \cdot 20\ m\right]\ para\ curvas\ cóncavas\ y\ terreno\ montañoso$$

$$l = \left[\frac{A}{1{,}0\%} \cdot 20\ m\right]\ para\ curvas\ convexas\ y\ terreno\ montañoso$$

Aplicando las fórmulas para terreno plano a la rasante proyectada se tiene las longitudes que se indican en los planos planta perfil adjuntos en el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico.

6.7.5 Sección transversal

Las dimensiones de la sección transversal están determinadas por los requerimientos para la estructura de soporte de la vía. Para tal fin se determinaron dos tipos de secciones dependiendo de la altura entre la rasante y el nivel de fundación de la estructura. En la Figura 1 y en la Figura 2 se muestran los dos tipos de secciones empleadas.

Figura 1. Sección típica tipo A, para altura de terraplenes menores o iguales a 1.0 m

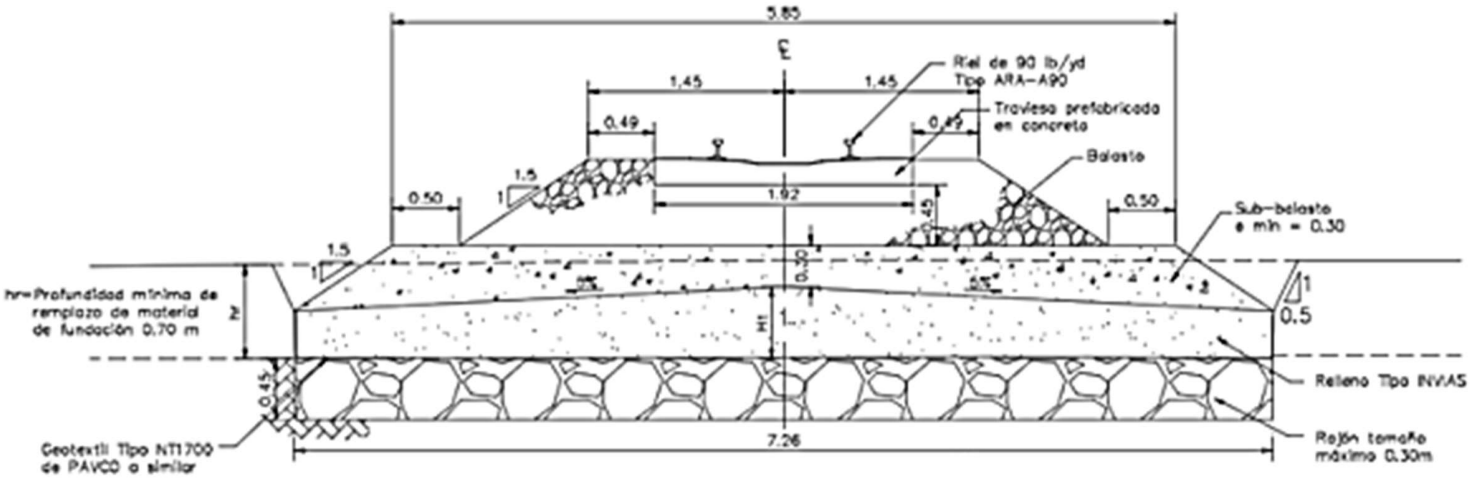
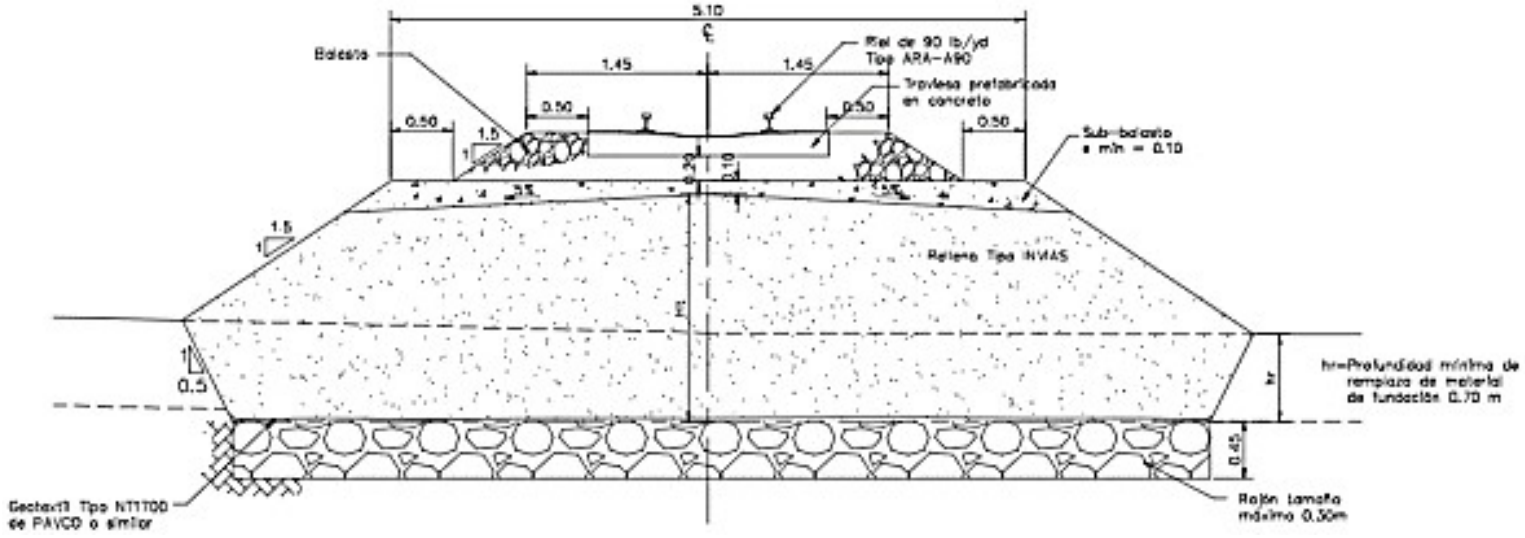


Figura 2. Sección típica tipo B, para altura de terraplenes mayores a 1.0 m



En el Anexo No. 3 – Prediseño Geométrico, se presentan las secciones transversales para cada una de las alternativas, en el mismo anexo se presentan las cantidades de movimiento de tierras hasta nivel de sub rasante, las cantidades de obra de la estructura de soporte de la vía (balasto y sub balasto) rellenos de material seleccionado y rajón.

6.8 PRE DISEÑOS ESTRUCTURAL

En este numeral se presentan un diseño estructural tipo para el Pontón sobre la Quebrada La Aroma y el canal de Vargas, previstos en el trazado geométrico de la Variante de la ciudad de Duitama, se incluye además los diseños estructurales de las obras de paso correspondientes al sistema de drenaje de la Variante.

Se presenta un modelo tipo para la estructura de un puente de 10.00 m de luz, localizado sobre la Quebrada La Aroma cuyo centro de luz se encuentra en la abscisa PK2+750 de la Alternativa No. 2 y se empelaría el mismo modelo para cruzar el canal Vargas en las Alternativas 1 y 3, el cual tiene su centro de luz en las abscisas K2+300 y K1+350 respectivamente. De las tres alternativas a la variante en la ciudad de Duitama - Boyacá, donde todos sus elementos serán completamente nuevos.

En el Anexo No. 4 – Prediseños Estructurales, se presentan los diseños tipo del puente que se emplearía para cruzar la quebrada La Aroma y el Canal Vargas.

En cuanto a las estructuras de las obras de paso conforman el sistema de drenaje de la variante en la ciudad de Duitama - Boyacá, se toman obras tipo, que cumplen con la normativa existente para el diseño de líneas de ferrocarril, adicionalmente las obras de paso, tienen en cuenta la altura del relleno y en algunos casos la protección de la tubería mediante cárcamos.

Para las estructura de paso se tienen en cuenta obras Tipo INVIAS correspondientes a tubería de concreto reforzado con sus respectivos encole y descole, y tubería de 36”, se tiene prevista la instalación de tuberías cada 100 m, en la Alternativa No. 1 se instalarían 51 estructuras de drenaje, en la Alternativa No. 2, se instalarían 47 y en la Alternativa No. 3 se instalarían 65 estructuras de drenaje.

En los planos de planta perfil incluidos en el Anexo No. 4 – Pre diseño Estructural, se ubican cada una de las obras de drenaje previstas en el prediseño.

7 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL PROYECTO

Con el fin tener una calificación que permita escoger la alternativa más conveniente, a cada uno de los aspectos evaluados se le da un puntaje de 1, 2 o 3, siendo 1 el mas desfavorable y 3 el más favorable.

7.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1.1 Factor prestacional

El factor prestacional se calculó teniendo en cuenta el salario mínimo del 2015, y los parámetros de entrada que se indican en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros de entrada para el cálculo del factor prestacional

SMLV 2015		644.350
Subsidio de Transporte		73.240
Días pagados al año	360	100%
Días no trabajados		
Dominicales	52	14,44%
Feriados	17	4,72%
Permisos remunerados	3	0,83%
Total	288	80%
Factor de incidencia prestacional		**24,98%**

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del factor prestacional se presenta en el Anexo No. 5 – Evaluación económica.

7.1.2 Cálculo de precios unitarios

Para la evaluación económica se calcularon los precios unitarios de las principales actividades a desarrollar, los insumos, el listado de precios y los APU se presenta en el Anexo No. 5 – Evaluación Económica.

A partir de las cantidades obtenidas y los precios calculados se obtuvieron los presupuestos para cada una de las alternativas, los cuales se presentan en el En el Anexo No. 5 – Evaluación Económica, se presentan los presupuestos calculados para cada una de las alternativas, en la Tabla 9 se presenta un resumen de los resultados obtenidos del cálculo del presupuesto.

Tabla 9. Resumen de costos de proyecto

PARÁMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Presupuesto	28.360.827.822	17.937.776.811	35.690.363.724
Costo por km (millones)	5.570,82	3.789,36	5.530,37

Fuente: Elaboración propia

7.2 DURACIÓN DEL PROYECTO

Con el fin de evaluar la duración del proyecto se realizó la programación de cada una de las alternativas, cada una de estas se presenta en el Anexo No. 6 – Programación de Obra, y se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos generales:

- La fecha de inicio del proyecto es el 1 de julio de 2017
- El calendario se programó para trabajar de lunes a viernes de 7:00 am hasta las 5:00 pm, con una hora de almuerzo y los sábados de 7:00 am a 12:00 m
- La primer actividad a realizar es la compra de predios
- La Alternativa No. 1, tiene una duración de 675 días, iniciando el 1 de julio de 2017 y terminando el 27 de julio de 2019.
- La Alternativa No. 2, tiene una duración de 474 días, iniciando el 1 de julio de 2017 y terminando el 14 de diciembre de 2018.

- La Alternativa No. 3, tiene una duración de 637 días, iniciando el 1 de julio de 2017 y terminando el 14 de junio de 2019.

Teniendo en cuenta lo antes indicado la alternativa que menor tiempo de intervención tiene es la Alternativa No. 2, por lo tanto es más conveniente su construcción ya que los costos administrativos son inferiores a las otras dos alternativas.

7.3 EVALUACIÓN TÉCNICA

Para la evaluación técnica se tiene aspectos generales que nos permitan determinar cual de las tres alternativas es más fácil de construir en términos técnicos.

La metodología empleada consiste en tomar los parámetros que se enumeran a continuación

- Longitud de proyecto
- Volumen de rellenos: se tiene en cuenta el volumen total de rellenos, independiente del tipo de material, con el fin de determinar que cantidad de material debe ser explotado.
- Excavaciones: se tiene en cuenta todo el volumen de material excavado, independiente del tipo de excavación con el fin de conocer la cantidad de material que debe ser dispuesto en los ZODMES.
- Área de compra de predios
- Espesor promedio de terraplenes: ya que consideramos que a mayor espesor de estos se podría genera un mayor riesgo de deslizamientos.

En la Tabla 10, se presentan los valores para cada una de las alternativas de los aspectos técnicos evaluados y en la Tabla 11, se presenta la calificación de cada uno de los parámetros tenidos en cuenta.

Tabla 10. Parámetros técnicos

PARÁMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Longitud de Proyecto (km)	5,09	4,74	6,45
Volumen de rellenos (m^3)	137.091, 04	232.963,30	494.980,98
Excavaciones (m^3)	136.080,31	88.674,82	185.320,30
Longitud de túnel (m)	2.050		900
Volumen del túnel (m^3)	66.790	-	29.746,05
Compra de predios (ha)	6,08	9,47	11,11
Espesor promedio de terraplenes (m)	3,46	4,53	7,31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Calificación de los parámetros técnicos

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud de Proyecto (km)	2	3	1
Volumen de rellenos (m^3)	3	2	1
Excavaciones (m^3)	2	3	1
Longitud de túnel (m)	1	3	2
Volumen del túnel (m^3)	1	3	2
Compra de predios (ha)	2	3	1
Espesor promedio de terraplenes (m)	3	2	1
Total	14	19	9

Fuente: Elaboración propia

Las tres alternativas son técnicamente viables de construir, pero al tener en cuenta la Tabla 11, con la Alternativa No. 2, se corren menos riesgos durante la construcción, ya que la alternativa 1 y 3 se debe construir un túnel, adicionalmente se requiere menor cantidad de materiales pétreos y zonas de disposición de residuos solidos.

8 DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

8.1 GENERALIDADES

8.1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento se ha elaborado para dar a conocer y someter a consideración, los principales aspectos a tener en cuenta en el planteamiento de las alternativas para operar el sistema férreo fuera de la población de Duitama para el proyecto Tren de carga - Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá)

El corredor se ubica a lo largo de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, cuenta actualmente con 297,9 km de línea férrea desde el municipio de Facatativá, hasta Belencito en Boyacá, atravesando por la ciudad de Bogotá. Adicionalmente cuenta con la línea que va de La Caro hasta Zipaquirá con 20,4 km.

Este corredor cruza por los municipios de: Facatativá, Madrid, Mosquera; atraviesa la ciudad de Bogotá y continua por los municipios de Chía, Cajicá, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Suesca, Chocontá y Villapinzón en el departamento de Cundinamarca. Adicionalmente pasa por los municipios de Ventaquemada, la ciudad de Tunja, y continúa por los municipios de Oicatá, Tuta, Paipa, Duitama y Sogamoso, para terminar en la población de Belencito.

El corredor férreo Bogotá (La Caro) – Belencito une a Bogotá con diversos municipios del departamento de Boyacá a lo largo de 262 km hasta llegar a

Belencito. Entre otros municipios están: Tunja, Sogamoso, Duitama y Paipa, fue construido en trocha de 1 m y posteriormente cambiado a trocha de 3 pies.

El Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), es el primer paso para iniciar un proceso de obtención de la Licencia Ambiental para el desarrollo del proyecto, según lo establecido en el Decreto único reglamentario 1076 de 2015. En este documento se presenta la información básica técnica y ambiental del proyecto definido en los términos de referencia para la elaboración de los DAA para construcción de proyectos lineales (DA–TER–3–01).

Atendiendo los términos de referencia mencionados anteriormente, establecidos por el MAVDT hoy MADS, en la etapa inicial del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información secundaria.

Con este propósito se procedió a tomar como referencia el documento Plan de Ordenamieto Territorial - POT de Duitama, el cual obedeció a un trabajo de campo de los profesionales que destinó el municipio para tal fin en sus diferentes áreas, una de ellas fue la corroboración de unidades biofísicas en el entorno urbano, el recorrido de la cuenca alta del Río Surba, la aplicación de encuestas en el sector rural, la visita a algunas veredas, y sus infraestructuras.

En el documento se incluye la localización del proyecto, justificación de los aspectos más relevantes de construcción y operación a aplicar para las tres alternativas presentadas, los antecedentes del mismo, la justificación de cada una de la alternativas para proponer el paso del corredor férreo, la descripción general del proyecto, la caracterización del medio en sus componentes abiótico, biótico y socioeconómico y los principales impactos al ambiente que genera la construcción de cada alternativa propuesta.

Los mecanismos utilizados para la recolección de la información necesaria para completar este estudio, hacen referencia a visitas de campo realizadas por los estudiantes de la Maestría; adicionalmente, se investigaron fuentes verídicas de información como los instrumentos de planificación territorial (POT), como ya se mencionó, e información entregada por la Alcaldía del Municipio, ayudando a complementar la línea base ambiental.

De acuerdo con el orden establecido en los términos de referencia, el documento está estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo 1: Contiene las generalidades del proyecto, presentando en el mismo los objetivos generales y específicos del estudio, antecedentes, alcance del estudio y la metodología bajo la cual se desarrolló el Diagnóstico Ambiental de Alternativas.
- Capítulo 2: Presenta los criterios bióticos, abióticos y socioeconómicos utilizados para la identificación de los posibles corredores de las alternativas propuestas.
- Capítulo 3: Contiene la descripción, delimitación y caracterización del Área de Influencia Directa e Indirecta del proyecto identificada con base en los impactos generados por la construcción y operación de los corredores férreos, adicionalmente se presentan los aspectos bióticos, abióticos y socioeconómicos relacionados con la Línea Base Ambiental, identificando las condiciones existentes en los contextos regional y local, para finalmente obtener la zonificación ambiental.
- Capítulo 4: Presenta la Demanda de Recursos Naturales que utilizará cada uno de los corredores férreos propuestos en este estudio, incluyendo las que requieren o no permiso, concesión o autorización por parte de la Autoridad Ambiental competente.

- Capítulo 5: Contiene la identificación y evaluación ambiental de la situación actual (sin proyecto) y de cada uno de los corredores férreos propuestos para el paso por la población de Duitama en el departamento de Boyacá, a partir de la caracterización del área de influencia y la zonificación ambiental.
- Capítulo 6: Hace referencia a la zonificación de manejo ambiental del proyecto, generada por la evaluación de impactos, en la cual se consideran las áreas de importancia ambiental (exclusión, intervención con restricciones y libres de intervención) permitiendo conocer la posible vulnerabilidad de las unidades identificadas.
- Capítulo 7: Contiene las Estrategias de Manejo Ambiental, requeridas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por las alternativas propuestas en las etapas de construcción y operación.
- Capítulo 8: Se establecen las Estrategias de Seguimiento y Monitoreo en los aspectos biótico, abiótico y socioeconómico.
- Capítulo 9: Presenta los Estudios Complementarios de Investigación o Profundización que se consideran requisito al momento de elaborar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Capítulo 10: Presenta el Plan de Contingencia, con su correspondiente análisis de riesgos y lineamientos de preparación del mismo.
- Capítulo 11: Presenta un análisis comparativo de las diferentes opciones de los corredores férreos alternativos propuestos, que permitieron generar una justificación válida para seleccionar la mejor alternativa.

8.1.2 Objetivos

8.1.2.1 Objetivo General

Suministrar la información y evaluación que permita realizar la comparación desde el punto de vista ambiental y técnico de las alternativas planteadas para la operación del sistema férreo fuera de la población de Duitama, de tal forma, que se proceda a su análisis y pueda realizar la expedición del acto administrativo seleccionando la alternativa sobre la cual se deba desarrollar el proyecto.

8.1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones ambientales existentes en el Área de Influencia de las alternativas propuestas.
- Definir de acuerdo con la evaluación socioambiental, los posibles impactos positivos y negativos, que el proyecto pueda generar durante las etapas de construcción y operación.
- Establecer las estrategias de manejo ambiental y social que deberán implementarse en las etapas de construcción y operación.
- Identificar los posibles riesgos que el proyecto pueda generar al medio ambiente y a la comunidad, presentando las acciones a realizar para evitar, mitigar, corregir y/o compensar estos aspectos.
- Presentar el mejor corredor alternativo, el cual permitirá llevar a cabo la operación del sistema férreo de la población de Duitama cumpliendo con los estándares de seguridad, con la velocidad de diseño, disminuyendo los impactos que se generen sobre el medio ambiente y afectando en lo posible la menor cantidad de población existente que intervenga el corredor sugerido, por el incremento de emisiones atmosféricas, niveles de ruido y desplazamiento, ocasionados por la afectación de predios que se requieren para la construcción de la alternativa seleccionada.

8.1.3 Antecedentes

Duitama es un municipio prehispánico que en el devenir de los tiempos ha sido protagonista de primera línea en el desarrollo regional y nacional. Fue asiento del cacique Tundama y el escenario donde Simón Bolívar expidió sus dos primeros actos de gobierno soberano:

- El Decreto por el cual Duitama fue erigido en el primer municipio colombiano.
- El decreto por el cual se estableció en el país el servicio militar obligatorio, hoy vigente.

Hasta los años cincuenta fue un pueblo más de los 123 de Boyacá, con un desarrollo urbano similar al de la Santa rosa de Viterbo o la Tibasosa actuales, con una economía típica de la campiña boyacense fundamentada en cereales como el trigo, la cebada, el maíz; tubérculos como la papa; frutales como los caducifolios (durazno, pera, ciruela y la manzana que la hizo famosa a nivel nacional), años para los cuales ya había olvidado el cultivo del gusano de seda y la vid de comienzos del siglo XX.

A partir de los años sesenta se ha convertido en una ciudad receptora de una intensa y creciente emigración desde provincias como Tundama, Norte, Gutiérrez, Valderrama, Sugamuxi, sin excluir a las demás del departamento, ni las corrientes provenientes de otros sitios del país.

Con la fundación de ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A. se hizo estratégico disponer de la carretera central del norte y del ferrocarril del nordeste, siendo anecdótico el gusto del alcalde de la época para que el tramo de ferrocarril pasara por la carrera 20 para poder avistar el paso del tren desde su despacho como sinónimo de progreso y actualidad.

Lo que nadie imaginó en ese entonces fue que 50 ó 60 años después el ferrocarril, a cambio de progreso, sea una restricción que bloquea y retrasa el desarrollo

urbano armónico de la ciudad de hoy, la que debe encontrar una solución definitiva para incorporarlo nuevamente a su progreso.

8.1.4 Marco legal

El marco normativo vigente considerado para la elaboración del DAA, es el siguiente:

- Decreto – Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la Gestión y Conservación el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables.
- Decreto 1865 del 1994, mediante el cual se regulan los planes regionales ambientales de las Corporaciones Autónomas Regionales y las de desarrollo y su armonización con la gestión ambiental.
- Decreto 948 de 1995, reglamentario de las Leyes 23 de 1973, 9 de 1979 y 99 de 1993 sobre protección de la calidad del aire.
- Decreto 979 de 2006, por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.
- Resolución 601 del 4 de abril del 2006, por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional.
- Resolución 610 del 24 de marzo de 2010, por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril del 2006.
- Decreto 0627 de mayo del 2006 que dicta las disposiciones de ruido ambiental.
- Resolución 0541 de 1994, por la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

- Decreto único reglamentario 1076 del 26 de mayo de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

8.1.5 Alcance

El presente estudio permite suministrar la información necesaria para evaluar y comparar las diferentes alternativas propuestas para la operación del sistema férreo fuera de la población de Duitama para el proyecto Tren de carga - Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá), con el fin de aportar los elementos requeridos para que la autoridad ambiental competente, seleccione la alternativa que permita optimizar y racionalizar el uso de los recursos naturales y evitar o minimizar los riesgos, efectos e impactos negativos, potenciar los positivos y conocer de manera aproximada los costos adicionales que puedan generarse.

Siguiendo los lineamientos que establecen los términos de referencia (DA–TER-3-01) suministrados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el presente Diagnóstico Ambiental de Alternativas se ha realizado, con fundamento en la consulta de fuentes secundarias y con información recopilada en visitas técnicas de reconocimiento realizadas a la zona del proyecto.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta, hacen referencia al entorno geográfico, uso de recursos naturales, las posibles soluciones para cada uno de los impactos socioambientales identificados, y por último, la selección y justificación de la mejor alternativa férrea.

8.1.6 Metodología

La formulación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas del proyecto, para el paso férreo fuera de la población de Duitama en el departamento de Boyacá, tuvo un enfoque interdisciplinario teniendo en cuenta los diferentes elementos

ambientales que potencialmente se puedan afectar en su etapa de construcción y operación.

Para la evaluación y análisis de la información secundaria se revisó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio de Duitama en el departamento de Boyacá del año 2009, aerofotografías e información suministrada por las autoridades municipales, lo que permitió la identificación y caracterización de cada una de las alternativas propuestas.

Luego de consolidar el trazado de las alternativas, se realizó la evaluación socioambiental teniendo en cuenta los criterios relacionados con el medio abiótico, biótico y socioeconómico. La evaluación de impactos permite identificar, interpretar y prevenir los impactos que se generan sobre el entorno para cada una de las alternativas propuestas.

Posterior al análisis y evaluación de las actividades propias del proyecto y su interacción con el medio, se formularon las estrategias de manejo del componente físico y biótico en el programa de gestión ambiental y las estrategias de manejo socioeconómico a través de estrategias de manejo social.

Finalmente, los estudiantes de la Maestría, realizaron la elaboración básica del diagnóstico ambiental dedicando su tiempo e información obtenida, para evaluar cada una de las posibles alternativas, luego de discutir las implicaciones del proyecto, se compararon conjuntamente los corredores alternativos propuestos del proyecto identificando los beneficios y estableciendo las ventajas y desventajas de adoptar cada una de las alternativas, e incluso evaluando la problemática que generaría la construcción de cada uno de los corredores férreos presentados en este diagnóstico.

8.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

El planteamiento de las alternativas propuestas para la operación del sistema férreo fuera de la población de Duitama, debe apoyarse claramente en alineamientos factibles, por lo cual debe verificarse que la alternativa propuesta sea contraria a la zona donde se plantean las tendencias de crecimiento o zona de expansión descritas en los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio de Duitama.

El corredor férreo es un bien de uso público de carácter Nacional, afecto a la prestación del servicio de transporte férreo, que goza de especial protección, pues constituye una vía arterial principal con prelación respecto de las demás vías, en cuya zona de seguridad (12 metros a cada lado del eje de la vía), no puede existir elemento alguno que pueda afectar la seguridad de transporte ferroviario. La anterior condición, se verá afectada en la medida en que por las mismas condiciones del terreno, el terraplén de soporte tenga mayor altura, su ancho será mayor hacia los costados.

El Área de Influencia Directa (AID) del corredor férreo es de 20 m, el Área de Influencia Indirecta (AII) es de 1 km y el área a intervenir para construcción del corredor fluctúa entre 10m y 25m aproximadamente.

Las obras requeridas para las alternativas propuestas del proyecto férreo, se pueden describir en forma generalizada para las alternativas de paso del proyecto.

8.2.1 Criterios técnicos

Los criterios técnicos más importantes para el diseño geométrico de las alternativas se presentan en el numeral 6.7.

8.2.2 Criterios metodológicos

8.2.2.1 Esquema del proceso

De acuerdo con el proceso metodológico, que se presenta en la Figura 3 se puede observar que después de cumplir con los requerimientos técnicos como por

ejemplo, diseño geométrico, se requiere evaluar o considerar aspectos relacionados con afectación de recursos hídricos, geológicos, geomorfológicos, estabilidad geotecnia, calidad de aire (emisiones y ruido), afectación forestal, infraestructura de servicios, aspectos prediales y desplazamiento de población, entre otros que considere el estudio ambiental.

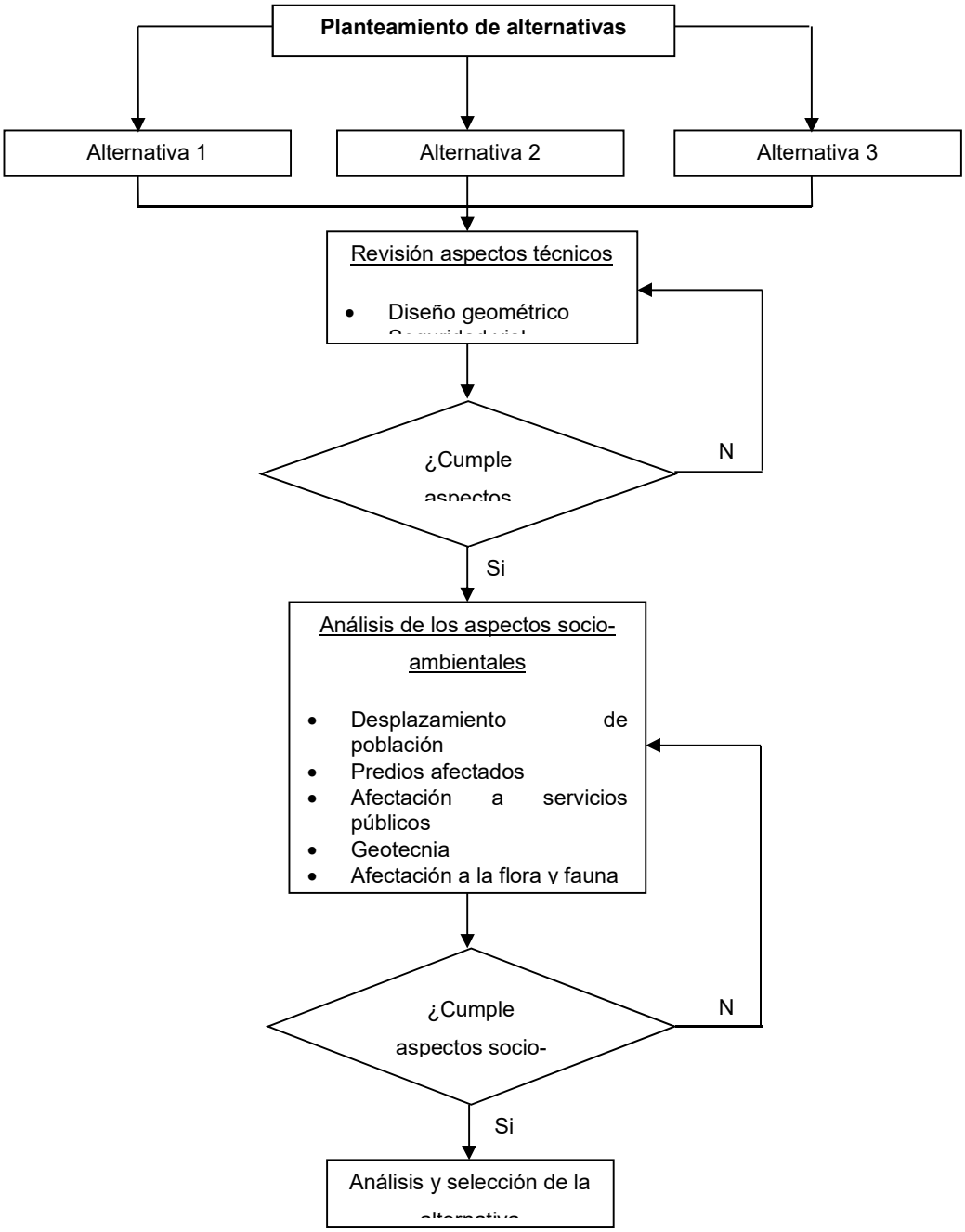
Para la evaluación de cada requerimiento técnico o ambiental, se deberá cumplir con todos los requerimientos tanto técnicos como legales. Por otra parte y como consecuencia de este análisis se contemplan aspectos sociales como población afectada (identificando nivel de vulnerabilidad), presencia y afectación de infraestructura social.

Se incluyen también los aspectos ambientales del componente biótico representados en las áreas verdes, como rastrojos, pastos arbolados, cultivos, además del componente físico como los cuerpos de agua, tanto lenticos como loticos, usos del suelo y fuentes de emisiones de ruido, partículas y gases.

A continuación, se presentan algunos elementos que se tuvieron en cuenta en el planteamiento de las alternativas:

- Mínimos cruces fluviales (loticos) y humedales (lenticos).
- Evitar paralelismo de quebradas y arroyos o afectación de la ronda ambiental.
- Evitar desviar corrientes de agua.
- Estabilidad geotécnica.
- Áreas de exclusión o manejo especial.
- Áreas en reserva forestal.
- Áreas de interés histórico, cultural y arqueológico.
- Sobre usos del suelo, preferir potreros a cultivos.
- Menor afectación de viviendas y puestos de negocios.
- Menor afectación de infraestructura social.
- Menor afectación de predios.

Figura 3. Esquema de proceso.



8.2.3 Criterios relacionados con el medio abiótico

En la Tabla 12 se presentan los criterios para la evaluación preliminar comparativa de las tres alternativas que se evalúan en el numeral 8.6.

Tabla 12. Criterios de comparación de alternativas abióticas de paso por el área de estudio.

CRITERIO	UNIDAD
Zonas con pendiente excesiva, propensas a erosión o a inestabilidad.	Si – No
Zonas de riesgo natural establecidas a nivel nacional, regional y local.	Si – No
Área de humedales y Bajos.	Si – No
Afectación usos de suelo.	Si – No
Impactos sonoros.	Si – No

Fuente: Elaboración propia

8.3 CRITERIOS RELACIONADOS CON EL MEDIO BIÓTICO

En la Tabla 13 se presentan los criterios tenidos en cuenta para el planteamiento de las tres alternativas de acuerdo con el medio biótico, que se evalúan en el 8.6.

Tabla 13. Criterios de comparación de alternativas bióticas de paso por el área de estudio.

CRITERIO	UNIDAD
Áreas de exclusión o manejo especial del orden nacional o regional.	Si
Áreas de alta importancia para la preservación de la biodiversidad y/o prioritarias para la conservación del recurso faunístico.	Si
Ecosistemas estratégicos legalmente definidos.	Si
Áreas de reserva de la Ley 2 de 1959, áreas de manglares, áreas declaradas como zonas RAMSAR.	Si
Afectación de vegetación.	m^2
Áreas de productividad agrícola (Distritos y agroindústrias).	Si
Afectación de zonas boscosas.	Si

Fuente: Elaboración propia

8.3.1 Criterios relacionados con el medio socioeconómico

En la Tabla 14, se presentan los criterios tenidos en cuenta para el planteamiento de las tres alternativas de acuerdo con el medio socioeconómico, que se evalúan en el 8.6.

Tabla 14. Criterios de comparación de alternativas socioeconómicas de paso por el área de estudio.

CRITERIO	UNIDAD
Zonas donde el proyecto pueda generar conflictos con el uso del suelo.	Si - No
Zonas en donde el recurso hídrico sea escaso y el proyecto pueda ocasionar conflictos de uso.	Si - No
Zonas pobladas.	Si - No
Sitios de reconocido interés histórico, cultural y arqueológico, declarados como parques arqueológicos, patrimonio histórico nacional o patrimonio histórico de la humanidad, o aquellos yacimientos arqueológicos que por la singularidad de sus contenidos culturales ameriten ser preservados para la posteridad.	Si - No
Áreas de especial sensibilidad por razones étnicas o de propiedad colectiva de la tierra.	Si - No
Proyectos de desarrollo nacional y regional, distritos de riego y áreas de expansión urbana.	Si - No
Número de viviendas afectadas.	Numero
Afectación de infraestructura existente. Cruces de infraestructura (poliductos, redes de comunicaciones, estaciones de energía y tuberías).	Si – No
Demolición de viviendas.	m^2

Fuente: Elaboración propia

8.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para el Estudio del Diagnóstico Ambiental de Alternativas la caracterización del medio físico, biótico, socioeconómico y cultural, y cada una de sus características, representa uno de los aspectos más importantes.

La información que se presenta está soportada en trabajos de campo y exploraciones directas integradas con información secundaria que proviene de estudios de la región actualizados, de los cuales se consiguió un marco de referencia que brinda una visión real del comportamiento de los medios físico, biótico, socioeconómico, cultural y administrativo.

Para dar claridad de las áreas de influencia en las cuales se enmarca el proyecto “Diagnóstico Ambiental de Alternativas”, a continuación se presenta la localización de las alternativas (Alternativa No. 1, Alternativa No. 2 y Alternativa No. 3), para definir las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

8.4.1 Localización de alternativas

El corredor se ubica a lo largo de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, cuenta actualmente con 297,9 km de línea férrea desde el municipio de Facatativá, hasta Belencito en Boyacá, atravesando por la ciudad de Bogotá. Adicionalmente cuenta con la línea que va de La Caro hasta Zipaquirá con 20,4 km.

La Alternativa No. 1 tiene una longitud total de 5.091 m, que transcurren en terreno plano y una pendiente promedio de 0.5%, se diferencian dos tramos principalmente, uno de 2.928,6 m. a cielo abierto y otro en túnel de 2.162,4 m., este último con una cobertura superior a los 40 m. (ver imagen 14).

Imagen 14. Alternativa No. 1 (Sur)

Fuente: Google Earth

La Alternativa No. 2 tiene una longitud total de 4.734 m, que se desarrollan en terreno plano con pendiente promedio de 0.43%. (Imagen 15).

Imagen 15. Localización de la Alternativa No. 2 (norte)

Fuente: Google Earth

La Alternativa No. 3 cuenta con una longitud de 6.454 m., que transcurren en terreno plano y una pendiente promedio de 0.74%, se diferencian dos tramos principalmente, uno de 3.000 m aproximadamente a cielo abierto y otro en túnel de 3.454 m., con una cobertura superior a los 36 m. (Imagen 16).

Imagen 16. Localización de la Alternativa No. 3

Fuente: Google Earth

Imagen 17. Panorámica de las tres alternativas

Alternativa 1
Alternativa 2
Alternativa 3

Linea férrea existente

Fuente: Google Earth

Desde el punto de vista de referenciación de las Alternativas propuestas para la construcción del corredor férreo, en la Tabla 15, se presenta la ubicación general del proyecto:

Tabla 15. Localización general del proyecto

SECTOR	LONG (km)	ABSCISA		COORDENADA INICIAL		COORDENADA FINAL	
		INICIAL	FINAL	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Alternativa No. 1	5,091	K0+000	K5+091	1114574.653	1132537.8	1119608.28	1133090.84
Alternativa	4,734	K0+000	K4+734	1114748.77	1132929.22	1118463.73	1134230.65

No. 2							
Alternativa No. 3	6,454	K0+000	K6+454	1114574.65	1132671.44	1120834.98	1131339.02
*** Origen: MAGNA_Colombia_Bogotá**							

Fuente: elaboración propia

8.4.2 Áreas de influencia

Con el fin de hacer claridad sobre el espacio físico, territorial y socioeconómico – cultural donde se determina la influencia de cada una de las alternativas propuestas, a continuación se precisan las delimitaciones que fijan las áreas focales de influencia directa e indirecta del proyecto.

Los corredores identificados, implican la delimitación de un área de influencia directa, definida por los terrenos que recibirían los impactos inmediatos de las potenciales obras a ejecutar, y un área de influencia indirecta o regional, referida a la región que se anticipa será impactada por la obra tanto en la fase constructiva como operativa.

8.4.2.1 Área de influencia físico – biótico

Área de influencia directa

El Área de Influencia Directa (AID), se define como aquella franja donde se manifestarán los impactos asociados y/o derivados de las actividades constructivas para cada una de las alternativas del corredor férreo; dentro de este espacio se reflejarán las incidencias de las actividades constructivas sobre el medio natural.

Para el proyecto se identifican tres alternativas, la Alternativa No. 2 se localiza al sur del municipio, la cual es la más cercana al casco urbano. La Alternativa No. 1 se encuentra ubicada hacia el sur de la Alternativa No. 2, cuya separación mínima con respecto a la Alternativa 1 es de 85 m., y la máxima es de 1.394 m. La Alternativa 3 se localiza hacia el sur de la Alternativa 1, cuya separación mínima con respecto a esta, es de cero (0) m. en sus inicios y la máxima es de 1.752 m.

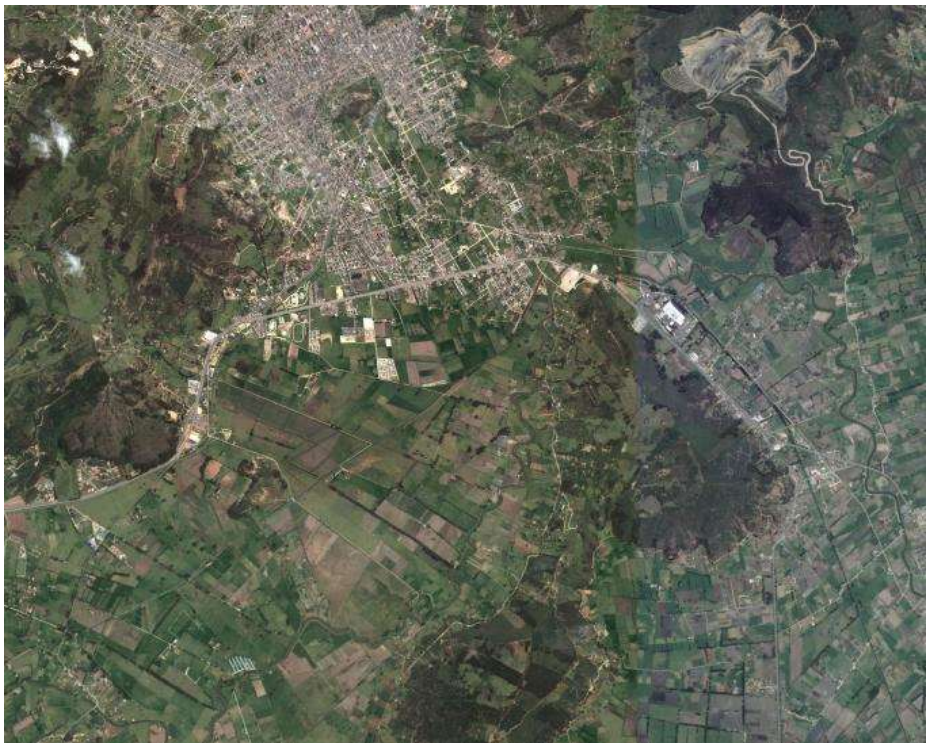
El área de influencia directa, representa el espacio físico-biótico dentro del cual se llevarán a cabo las actividades para materializar el corredor férreo, incluyendo una franja de terreno adicional (área de amortiguación) que eventualmente puede afectarse por el desarrollo de las obras o el funcionamiento de las anexidades para el apoyo logístico de la obra.

Las Alternativas se encuentran enteramente localizadas en jurisdicción del municipio Duitama en el Departamento de Boyacá.

Área de influencia indirecta físico biótica

De acuerdo con lo anterior se definió un Área de Influencia Indirecta para el proyecto que hace relación al entorno geográfico sobre la cual se prevé la ocurrencia de afectaciones secundarias, residuales, accesorias, subsidiarias relacionadas fundamentalmente con el desarrollo constructivo; aun cuando la acción e incidencia sobre tales áreas se puede catalogar de carácter secundario, las consecuencias se derivan más por la presencia del proyecto vial que por las acciones tecnológicas propias de las actividades constructivas (Imagen 18).

Imagen 18. Área de influencia indirecta



Fuente: Gogle Earth

La línea base para el desarrollo del diagnóstico ambiental de alternativas se presenta en el Anexo No. 7 – Diagnostico Ambiental de Alternativas.

8.5 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Este capítulo presenta un análisis comparativo de la estimación de Recursos Naturales que aprovechará o utilizará la construcción de cada uno de los corredores alternativos propuestos para el Proyecto.

8.5.1 Aguas superficiales

Durante las actividades de construcción del corredor férreo seleccionado, se utilizará el recurso hídrico principalmente para la humectación de áreas de compactación de materiales granulares, preparación de mezclas de concreto y finalmente para evacuar los baños para uso del personal que labora en cada uno de los frentes de obra. Conviene precisar que con base en la experiencia del contratista en proyectos similares, se ha estimado en una demanda de 2m^3/día por cada kilómetro de construcción. Adicionalmente, la intensidad de la demanda no es constante, al inicio del proyecto es baja, luego durante el proceso constructivo ésta aumenta específicamente durante la compactación y finalmente vuelve a decaer, por lo cual una buena aproximación es captarla, durante un 60% del tiempo total de construcción.

Tabla 16. Demanda de agua estimada para fase de construcción.

ALTERNATIVA	CAUDAL UNITARIO (M^3/DÍA/KM)	LONGITUD (KM)	TIEMPO DE OBRA		% DEL TIEMPO DE SUMINISTRO	VOLUMEN TOTAL (M3)
			Años	Meses		
Uno (1)	2	5,091	2	1	60%	4.800
Dos (2)	2	4,734	1	5	60%	3.000
Tres (3)	2	6,454	1	11	60%	5.300

Fuente: elaboración propia

Es importante tener en cuenta que la demanda del recurso es diferenciado para cada una de las alternativas, debido a las características propias de cada trazado y que el agua será utilizada para la humectación de áreas de compactación de materiales granulares, preparación de mezclas de concreto en la etapa de construcción y evacuar los baños para uso del personal que labora en cada uno de los frentes de obra. Para ello se estima el uso de 0,3 l/m^2 del recurso hídrico, mientras que para los sanitarios portátiles a instalar en los frentes de obra se estima un uso 20 l/día de recurso hídrico.

De acuerdo con la información presentada anteriormente, se debe solicitar la concesión de aguas en la fuente más cercana, para la construcción de la alternativa seleccionada.

8.5.2 Aguas subterráneas

No se contempla la captación de agua proveniente de fuentes subterráneas para la construcción de la alternativa seleccionada, por este motivo, no será necesario solicitar el permiso de concesión de agua subterránea.

8.5.3 Vertimientos

8.5.3.1 Aguas residuales industriales

En relación con la generación de aguas residuales industriales que provienen de las actividades de construcción y operación de cualquiera de las tres alternativas, no se tiene previsto la instalación o adecuación de un sitio especializado en el mantenimiento de la maquinaria y equipo, mucho menos una zona de lavado para los mismos, estas actividades se realizarán en sitios autorizados más cercanos al proyecto, por lo tanto no se presentarán vertimientos de tipo industrial a fuentes hídricas cercanas al proyecto.

8.5.3.2 Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas generadas durante la construcción de la alternativa seleccionada, provienen del frente de obra, por lo tanto, se tiene previsto la instalación de sanitarios portátiles para que el personal de obra pueda realizar sus necesidades fisiológicas, adicionalmente, se contratarán los servicios con un proveedor legalmente autorizado para que realice el retiro de estas aguas grises, transportarlas y realizar su respectivo tratamiento.

Por estas razones, no se requiere solicitar permiso de vertimiento de aguas residuales, para la construcción y operación de cualquiera de los tres corredores propuestos en el presente estudio.

8.5.4 Ocupación de cauces

8.5.4.1 Permiso temporal de ocupación de cauce

Se tiene prevista la construcción de una serie de estructuras compuestas por, puentes y alcantarillas, dedicadas al manejo de agua de escorrentía y corrientes intermitentes que atraviesan los corredores alternativos planteados.

Por tal motivo se requieren permisos de construcción para cualquiera de las tres alternativas.

Tabla 17. Estructuras para el manejo de agua.

ESTRUCTURA	UNIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Alcantarillas	un	51	47	65
Puentes	m	1	1	1

Fuente: elaboración propia

8.5.4.2 Permiso permanente de ocupación de cauce

No se requiere el respectivo permiso permanente de ocupación de cauce.

8.5.5 Materiales de construcción

Los materiales de construcción requeridos, se utilizarán en la adecuación del terraplén y base del corredor. Estos materiales serán obtenidos de excavaciones propias del proyecto o en fuentes de materiales autorizadas en cercanía al proyecto. El siguiente cuadro presenta una estimación de los volúmenes de material requeridos para la construcción de las tres alternativas planteadas.

Tabla 18. Estimación de volúmenes requeridos - construcción de alternativas.

MATERIAL	UNIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Balasto	m^3	8.400,13	6.461,09	9.410,08
Sub-balasto	m^3	8.603,65	6.442,59	9.518,54
Rajón	m^3	20.344,03	24.536,45	43.316,91
Relleno	m^3	94.089,24	190.259,53	425.564,32
Concreto externo	m^3	6.129,50	-	2.691

MATERIAL	UNIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Concreto interno	m^3	16.072	-	7.056

Fuente: elaboración propia

El manejo ambiental que se deberá tener en cuenta para realizar las actividades de explotación de material, se presenta en las estrategias de manejo ambiental en el numeral 8.8, del presente estudio.

8.5.6 Aprovechamiento forestal

Para esta etapa del proyecto en que se proponen alternativas y no se conoce el corredor definitivo, no se realizó un inventario forestal al 100%; sin embargo, se realizó una caracterización forestal del área. Con esto y con base en las coberturas vegetales presentes, se presenta un estimativo aproximado del área de vegetación a intervenir y el posible volumen maderable a encontrar. En la siguiente Tabla 19, se presentan las áreas y volúmenes aproximados de aprovechamiento forestal por alternativa:

Tabla 19. Áreas y volúmenes aproximados de aprovechamiento forestal por alternativa.

ALTERNATIVA	HECTÁREAS DE VEGETACIÓN A INTERVENIR	VOLUMEN DE VEGETACIÓN APROXIMADO (M^3)
Alternativa 1	6.1	18.300
Alternativa 2	9.5	16.500
Alternativa 3	11	33.000

Fuente: elaboración propia

8.5.7 Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas generadas en la fase de construcción de cualquiera de los corredores de las alternativas propuestas, se presentan por la necesidad de operar maquinaria y equipos de motores de combustión necesarios para realizar todas las actividades requeridas en la obra.

En cualquiera de las tres alternativas propuestas, se presentará un incremento en los niveles de ruido.

En el numeral 8.8, se presentan las estrategias de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos generados al ambiente y a la comunidad por las emisiones atmosféricas y los altos niveles de ruido que puedan llegar a presentarse por las actividades de construcción y operación.

Por las razones mencionadas anteriormente, se concluye el no requerimiento del permiso de emisiones atmosféricas para la construcción de cualquiera que sea la alternativa seleccionada.

8.5.8 Residuos sólidos

Los residuos domésticos y residuos comunes, especialmente los que se generan en los baños, serán acopiados temporalmente en sitios destinados para tal fin y transportados para su disposición final a sitios autorizados en la cabecera municipal del municipio de Duitama en el departamento de Boyacá.

Por ser este, un proyecto donde se pueden presentar residuos industriales (estopas, empaques, aceites usados, lubricantes), inesperadamente por un mantenimiento de maquinaria requerido de última hora en el frente de obra, estos serán entregados a los operadores de aseo licenciados más cercanos al proyecto, para su debida disposición y tratamiento final.

8.5.8.1 Manejo y disposición de material sobrante de excavación

El material de excavación que no sea reutilizado en alguna actividad constructiva del proyecto, será dispuesto en zonas acondicionadas para el acopio de material sobrante. La siguiente tabla muestra el volumen de material generado en las actividades para la construcción de los tres corredores alternativos propuestos.

Estos sitios de depósito de material sobrante de excavación, previo a su uso, deberán estar debidamente autorizados, cuya disposición se realizará adecuadamente en los botaderos autorizados para el proyecto.

Tabla 20. Material de excavación por alternativa fase construcción.

PARÁMETRO	UNIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Excavación	m^3	105.478,13	79.117,51	161.599,25

Fuente: elaboración propia

En el numeral 8.8 de estrategias de manejo ambiental se presenta las medidas de manejo para los sitios de disposición de materiales de desecho.

Para el caso de los vertimientos industriales generados por la construcción de cualquiera de las tres alternativas, no se tiene prevista la instalación de un sitio de mantenimiento de maquinaria y equipo, ni una zona de lavado para estos equipos, estas actividades se realizarán en los sitios autorizados del proyecto que se encuentren más cercanos.

8.5.9 Resumen de permisos ambientales

A continuación se presenta un resumen de los permisos requeridos por el proyecto para cada uno de los corredores presentados para cada alternativa.

Tabla 21. Permisos ambientales necesarios por alternativa.

PERMISOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Concesión de aguas superficiales	Si	Si	Si
Concesión de aguas subterráneas	No	No	No
Vertimientos de residuos líquidos	No	No	No
Ocupación de cauces temporal	Si	Si	Si
Aprovechamiento forestal	Si	SI	SI
Emisiones atmosféricas	No	No	No
***Materiales de construcción**	No	No	No
Manejo de residuos sólidos	No	No	No
****Manejo de zonas de depósito de materiales.**	Si	Si	Si

Fuente: elaboración propia

* Para el caso de la obtención de materiales para la construcción del proyecto, las fuentes seleccionadas deben contar con la Licencia Ambiental y el título minero o permiso de autorización temporal según sea el caso, aspecto que será detallado en el momento de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para la alternativa seleccionada.

** Se tiene previsto que el material proveniente de la excavación sea debidamente clasificado y transportados a la menor distancia posible, para ser compactado en los sitios donde se requieran rellenos y que sean debidamente autorizados.

8.6 EVALUACIÓN AMBIENTAL

8.6.1 Introducción

El Diagnóstico Ambiental de Alternativas tiene como objetivo la definición de una opción constructiva que sirva para la operación del sistema férreo fuera de la población de Duitama para el proyecto Tren de carga - Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá); en el presente capítulo, se presentan los argumentos mediante los cuales se estructuro el sistema de evaluación que sirvió para comparar, en este nivel, de pre factibilidad, los corredores férreos en los cuales se desarrollan las Alternativas No. 1, Alternativa No. 2 y Alternativa No. 3.

8.6.2 Esquema metodológico

A partir del marco típico que implica el desarrollo constructivo para una vía férrea y tomando en consideración el conocimiento regional, la dinámica y las relaciones socioeconómicas y culturales, el proceso de evaluación ambiental se ha enmarcado dentro de la metodología propuesta para identificación y evaluación de impactos ambientales, desarrollada por CONESA (Guía Ambiental).

8.6.3 Resultados de la evaluación ambiental

Una vez definidas las actividades relacionadas con la ejecución de la obra y la operación vial, así como las variables ambientales susceptibles de ser afectadas

por la obra, se elaboró una lista de chequeo que representa la identificación de los impactos típicos más importantes de ocurrir en el evento que, sobre uno de los corredores, se materializara el desarrollo del Proyecto; para este caso y de acuerdo con la descripción del proyecto, las alternativas consideradas fueron tres que corresponden a la Alternativa No. 1, 2 y 3.

8.6.4 Evaluación sin proyecto

Una vez evaluada la caracterización de la zona para cada una de las alternativas se elaboró la siguiente matriz de identificación de impactos, en la Tabla 22, se presentan la evaluación de los impactos sin el proyecto.

Tabla 22. Impactos condición sin proyecto

DIMENSIÓN AMBIENTAL	ELEMENTOS DEL MEDIO AMBIENTE	IMPACTO ESPECIFICO	ALTERNATIVA 1							ALTERNATIVA 2							ALTERNATIVA 3						
			ASENTAMIENTOS HUMANOS	COMERCIO	TRANSPORTE	AGROPECUARIAS	PRESENCIA DE ACTORES ARMADOS	PLANTACIONES FORESTALES	CUERPOS DE AGUA	ASENTAMIENTOS HUMANOS	COMERCIO	TRANSPORTE	AGROPECUARIAS	PRESENCIA DE ACTORES ARMADOS	PLANTACIONES FORESTALES	CUERPOS DE AGUA	ASENTAMIENTOS HUMANOS	COMERCIO	TRANSPORTE	AGROPECUARIAS	PRESENCIA DE ACTORES ARMADOS	PLANTACIONES FORESTALES	CUERPOS DE AGUA
ABIOTICO	Aire	Emisiones sonoras	X		X					X		X					X		X				
		Emisión de partículas	X		X					X		X					X		X				
		Emisiones de gases	X		X					X		X					X		X				
	Suelo	Cambio de uso	X			X				X			X	X			X			X			
		Generación de inestabilidad				X							X							X			
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos	X			X				X			X				X			X			
	Agua	Demanda de agua	X			X				X			X				X			X			
		Cambios fisicoquímicos del agua	X			X				X			X				X			X			
		Contaminación del agua	X			X				X			X				X			X			
BIOTICO	Ecosistemas	Alteración de la vegetación terrestre	x			x	x	x		x			x	x	x		x			x	x	x	
		Afectación avifauna	X			X		x	x	x			x		x	x	x			x			x
		Afectacion mastofauna	x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x			x
		Afectación herpetofauna	x		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x		x	x			x
		Afectación ictiofauna							x	x		x		x		x			x				x
PAISAJE	Paisaje	Afectación del paisaje	x		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x		x	x			x
SOCIOECONOMICO	Infraestructura	Afectacion de predios							X	X						X	X				X		X
		Movilidad y transporte terrestre	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				X
		Demanda de servicios públicos y sociales	X	X	X				X	X		X		X		X	X		X		X		X
		Afectación a infraestructura existente							X	X				X		X	X				X	X	X
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Salud y seguridad	Indices de accidentalidad			X				X			X		X		X			X				X
		Cambios en la condición de salud							X					X		X	X		X				X
		Traslado de Población					X		X	X	X			X		X	X	X			X		X
	Social	Conflicto con la comunidad	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X
		Generación de expectativas		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
		Presencia institucional	X	X			X			X		X		X			X	X	X	X	X	X	X
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico	X	X		X		X		X	X		X		X		X	X		X		X	

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Matriz de Evaluación de Impactos por Componentes sin proyecto

ACTIVIDADES			PESO POR IMPACTO
DIMENSION	**ELEMENTO**	**IMPACTO**	**SIN PROYECTO**
ABIOTICO	**Aire**	Emisiones sonoras	-1,33
		Emisión de partículas	-1,50
		Emisiones de gases	-1,67
	Suelo	Cambio de uso	-1,67
		Generación de inestabilidad	-1,00
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos	-2,00
	Agua	Demanda de agua	-1,67
		Cambios fisicoquímicos del agua	-1,00
		Contaminación del agua	-2,00
BIOTICO	**Ecosistemas**	Alteración de la vegetación terrestre	-2,00
		Afectación avifauna	-1,17
		Afectacion mastofauna	-1,44
		Afectación herpetofauna	-1,44
		Afectación ictiofauna	-1,33
PAISAJE	**Paisaje**	Afectación del paisaje	-1,11
SOCIOECONOMICO	**Infraestructura**	Afectacion de predios	-2,00
		Movilidad y transporte terrestre	-2,33
		Demanda de servicios públicos y sociales	-2,04
		Afectación a infraestructura existente	-2,33
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia	-2,40
		Empleo	-2,33
	Salud y seguridad	Indices de accidentalidad	-1,75
		Cambios en la condición de salud	-1,33
		Fenomenos de desplazamiento de la	-2,33
	Social	Conflicto con la comunidad	-2,33
		Generación de expectativas	-2,33
		Presencia institucional	-2,33
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico	-2,33

Fuente: elaboración propia

8.6.5 Identificación de impactos y calificación de impactos con proyecto.

Como resultado del proceso metodológico se construyó la Matriz de Identificación y Calificación de Impactos por Componentes, en la cual se relacionan los impactos que se inducirían sobre un determinado componente del medio por causa de las actividades de obra; esta evaluación, como se muestra en la matriz, se efectuó para cada una de las alternativas consideradas.

La identificación de impactos, por tanto, es el resultado de las discusiones y análisis interdisciplinarios del equipo encargado de la ejecución del presente estudio, lo que permitió establecer la relación de las consecuencias esperadas de la obra sobre los componentes físico, paisajístico, biótico, socioeconómico, cultural y constructivo.

Para mejor comprensión de este análisis matricial, a continuación se sustentan los argumentos que permitieron la definición y calificación de cada uno de los impactos típicos para las condiciones de referencia de la zona.

Tabla 24. Impactos condición con proyecto Alternativas No. 1 y 3

DIMENSIÓN AMBIENTAL	ELEMENTOS DEL MEDIO AMBIENTE	IMPACTO ESPECIFICO	ALTERNATIVA 1 y 3											
			Compra de predios	Replanteamiento Topográfico	Contratacion de personal	Operacion de maquinaria y equipo pesado	Aprovechamiento forestal	Limpieza, descapote y remoción de la cobertura vegetal	Movimiento de tierras (excavaciones, rellenos , cortes)	Construccion de la estructura	Instalacion de tuberias para alcantarillas, obras	Acarreo de material de desecho a zonas de deposito	Construcción de la superestructura	Señalización y demarcación de la via
ABIOTICO	Aire	Emisiones sonoras		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Emisión de partículas		X		X		X	X	X	X	X	X	
		Emisiones de gases				X								
	Suelo	Cambio de uso		X			X	X		X	X	X	X	X
		Generación de inestabilidad		X			X	X	X					
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos					X	X	X	X	X	X	X	
	Agua	Demanda de agua		X		X	X	X		X	X		X	
		Cambios fisicoquímicos del agua					X	X	X			X		
		Contaminación del agua		X		X	X	X		X	X		X	X
BIOTICO	Ecosistemas	Alteración de la vegetación terrestre		X			X	X			X			X
		Afectación avifauna				X	X	X	X				X	
		Afectacion mastofauna				X	X	X	X		X	X	X	
		Afectación herpetofauna				X	X	X	X	X	X	X	X	
		Afectación ictiofauna								X				
PAISAJE	Paisaje	Afectación del paisaje	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
SOCIOECONOMICO	Infraestructura	Afectacion de predios	X	X		X	X		X	X	X	X		
		Movilidad y transporte terrestre	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Demanda de servicios públicos y sociales	X				X	X			X			X
		Afectación a infraestructura existente	X	X		X			X	X	X		X	
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia	X		X	X	X	X	X					
		Empleo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Salud y seguridad	Indices de accidentalidad				X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Cambios en la condición de salud								X	X	X	X	X
		Traslado de población	X						X					
	Social	Conflicto con la comunidad	X	X		X	X	X	X			X	X	X
		Generación de expectativas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Presencia institucional	X	X	X									
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico						X	X			X		

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Impactos condición con proyecto Alternativa No. 2

DIMENSIÓN AMBIENTAL	ELEMENTOS DEL MEDIO AMBIENTE	IMPACTO ESPECIFICO	ALTERNATIVA 2											
			Compra de predios	Replanteamiento Topográfico	Contratacion de personal	Operacion de maquinaria y equipo pesado	Aprovechamiento forestal	Limpieza, descapote y remoción de la cobertura vegetal	Movimiento de tierras (excavaciones, rellenos , cortes)	Construccion de la estructura	Instalacion de tuberias para alcantarillas, obras de arte	Acarreo de material de desecho a zonas de deposito	Construcción de la superestructura	Señalización y demarcación de la vía
ABIOTICO	Aire	Emisiones sonoras		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Emisión de partículas		X		X		X	X	X	X	X	X	
		Emisiones de gases				X								
	Suelo	Cambio de uso		X			X	X		X	X	X	X	X
		Generación de inestabilidad		X			X	X	X					
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos					X	X	X	X	X	X	X	
	Agua	Demanda de agua		X		X	X	X		X	X		X	
		Cambios fisicoquímicos del agua					X	X	X			X		
		Contaminación del agua		X		X	X	X		X	X		X	X
BIOTICO	Ecosistemas	Alteración de la vegetación terrestre		X			X	X			X			X
		Afectación avifauna				X	X	X	X				X	
		Afectacion mastofauna				X	X	X	X		X	X	X	
		Afectación herpetofauna				X	X	X	X	X	X	X	X	
		Afectación ictiofauna								X				
PAISAJE	Paisaje	Afectación del paisaje	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
SOCIOECONOMICO	Infraestructura	Afectacion de predios	X	X		X			X		X			
		Movilidad y transporte terrestre		X		X	X		X	X	X		X	X
		Movilidad y transporte fluvial marítimo				X			X		X			
		Demanda de servicios públicos y sociales	X	X		X			X	X	X			
		Afectación a infraestructura existente	X	X		X			X	X	X		X	X
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia	X	X	X	X	X	X	X	X				
		Empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Salud y seguridad	Indices de accidentalidad				X		X	X	X	X	X	X	X
		Cambios en la condición de salud				X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Traslado de población	X						X					
		Cultivos ilícitos												
	Social	Conflicto con la comunidad	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
		Generación de expectativas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Presencia institucional	X	X	X									
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico						X	X			X		
		Presencia de comunidades étnicas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Relación con el territorio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Matriz de Evaluación de Impactos por Componentes con construcción para las 3 alternativas.

ACTIVIDADES			PESO POR IMPACTO CON PROYECTO ETAPA CONSTRUCCIÓN		
DIMENSIÓN	**ELEMENTO**	**IMPACTO**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
ABIÓTICO	**Aire**	Emisiones sonoras	-1,40	-1,27	-1,40
		Emisión de partículas	-1,67	-1,48	-1,67
		Emisiones de gases	-2,00	-1,00	-2,00
	Suelo	Cambio de uso	-2,05	-1,79	-2,05
		Generación de inestabilidad	-2,50	-1,27	-2,50
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos	-2,52	-1,46	-2,52
	Agua	Demanda de agua	-1,48	-1,29	-1,48
		Cambios fisicoquímicos del agua	-1,83	-0,78	-1,83
		Contaminación del agua	-1,71	-1,41	-1,71
BIÓTICO	**Ecosistemas**	Alteración de la vegetación terrestre	-2,00	-1,56	-2,00
		Afectación avifauna	-2,27	-2,11	-2,27
		Afectación mastofauna	-2,33	-2,13	-2,33
		Afectación herpetofauna	-2,38	-2,15	-2,38
		Afectación ictiofauna	-1,67	-1,50	-1,67
PAISAJE	**Paisaje**	Afectación del paisaje	-2,36	-2,22	-2,36
SOCIOECONÓMICO	**Infraestructura**	Afectación de predios	-2,33	-1,89	-2,33
		Movilidad y transporte terrestre	-2,36	-2,04	-2,36
		Demanda de servicios públicos y sociales	-2,40	-2,05	-2,40
		Afectación a infraestructura existente	-2,38	-2,07	-2,38
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia	-1,94	-1,96	-1,94
		Empleo	-1,53	-1,44	-1,53
	Salud y seguridad	Índices de accidentalidad	-2,04	-1,74	-2,04
		Cambios en la condición de salud	-2,20	-1,70	-2,20
		Traslado de población	-2,11	-1,58	-2,11
	Social	Conflicto con la comunidad	-2,37	-2,13	-2,37
		Generación de expectativas	-2,31	-2,21	-2,31
		Presencia institucional	-2,00	-1,67	-2,00
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico	-1,67	-1,67	-1,67

Fuente: elaboración propia

Para las Alternativas No. 1 y No. 3 se considera una afectación moderada en términos de los impactos asociados al componente edáfico, ya que se presentan impactos en lo referente a la perdida de la capa superficial del suelo y por tanto, del potencial agrologico, por la construcción de los túneles, por otro lado en el componente florístico se presentan impactos asociados con la afectación de la escasa cobertura vegetal. Para los componentes predial, económico y de movilidad se asocian impactos por cada uno de estos componentes.

En la alternativa No. 2 se consideran afectaciones por impacto similares que en la Alternativa No. 1 y No. 3, relacionados con los componentes edáfico, florístico, predial, económico y de movilidad además de una serie de impactos generados sobre el medio socioeconómico.

Se puede concluir que los impactos para las 3 alternativas son similares y no determinan con gran diferencia cual alternativa es más impactante, sin embargo, la alternativa 2 por la no construcción de túneles presenta mayores ventajas.

8.7 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

A partir de la zonificación ambiental y teniendo en cuenta la evaluación de impactos potenciales realizada para cada una de las alternativas propuestas, se determinó la zonificación de manejo ambiental para evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales identificadas, ante la ejecución de las diferentes actividades de construcción y operación del proyecto, atendiendo la siguiente clasificación:

- Áreas de Exclusión: El criterio de exclusión está relacionado con la fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socio-ambiental de la zona, de la capacidad de recuperación de los medios a ser afectados y del carácter de las áreas con régimen especial de protección.

En esta categoría se contemplan las zonas protegidas expresamente por la legislación o por disposiciones del gobierno local y aquellas áreas que identifique el estudio, que por presentar un alto grado de vulnerabilidad o riesgo ambiental y social no deben ser intervenidas.

- Áreas de Intervención con medidas de manejo especial: Hace referencia a las áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acorde con las actividades y etapas del proyecto y con la sensibilidad socio-ambiental de la zona. Se identificarán especificando el tipo de restricción y las acciones o tecnologías requeridas para su protección.
- Áreas de libre Intervención: Son áreas donde se puede desarrollar el proyecto con manejo socio-ambiental, acorde con las actividades y etapas del mismo, debido a que no se presentan restricciones importantes desde el punto de vista abiótico, biótico y socioeconómico.

Con base en los criterios de zonificación de manejo ambiental, las zonas de exclusión, intervención con medidas de manejo y libre intervención del presente proyecto, se establecieron de la siguiente manera:

8.7.1 Áreas de exclusión

Para el paso vial de los tres corredores alternativos propuestos para el proyecto no se presentan áreas de exclusión.

8.7.2 Áreas de intervención con medidas de manejo especial

- Alternativa 1: Para esta alternativa se tendrán que plantear planes de manejo ambiental para los bosques naturales abiertos y los cauces de los cuerpos de agua.
- Alternativa 2: Para esta alternativa se tendrán que plantear planes de manejo ambiental para los bosques naturales abiertos, y los cauces de los cuerpos de agua.

- Alternativa 3: Para esta alternativa se tendrán que plantear planes de manejo ambiental para los bosques naturales abiertos, y los cauces de los cuerpos de agua.

8.7.2.1 Áreas objeto de adquisición de predios y reasentamiento de hogares

Se incluyen todas las áreas que serán objeto de adquisición de predios y reasentamiento de unidades sociales para el planteamiento de las alternativas para el paso de las alternativas por el centro poblado de Duitama y sus zonas rurales aledañas, estas actividades estarán acompañadas de sus respectivas estrategias de manejo social.

8.7.2.2 Redes de servicios públicos

Se incluyen las zonas donde se presentan las redes de acueducto, energía eléctrica, las cuales van a ser afectadas por la ejecución del proyecto de construcción de las alternativas propuestas por los centros poblados.

8.7.2.3 Equipamientos sociales

Aquí se incluyen todos los equipamientos que serán objeto de adquisición y su correspondiente restitución, se deben establecer medidas de manejo especial y medidas de acompañamiento social, con el fin de mitigar, prevenir, corregir y/o compensar el impacto causado y garantizar los servicios que estos equipamientos prestan a la comunidad.

8.7.2.4 Movilidad

En el paso de los corredores propuestos interceptarán la movilidad de los centros poblados por los cuales pasa, afectando la movilidad terrestre

Es importante el desarrollo de medidas de manejo del a movilidad, principalmente por el incremento de movilidad de vehículos de carga, que se presentará en la obra durante el proceso de construcción.

8.7.2.5 Cultural

El paso de los corredores propuestos para cada una de las alternativas generará impactos sobre comunidades las cuales se ubican en zonas aledañas de la alternativa, así como aquellas zonas con alto y medio potencial arqueológico, estas actividades estarán acompañadas de sus respectivas estrategias de manejo social las cuales incluyen proceso de información y consulta con las comunidades presentes.

8.7.3 Áreas de libre intervención

Desde la perspectiva social, el área de libre intervención corresponde a sectores donde no se encuentran viviendas ni equipamiento comunitario, hallazgos arqueológicos, ni poblaciones con regímenes especiales.

Desde la perspectiva biótica y abiótica estas áreas corresponden al resto de áreas que no pertenecen ni a las Áreas de Exclusión ni a las Áreas de Intervención con Medidas de Manejo Especial. Dado que no presentan una restricción de uso ni un manejo especial.

8.8 ESTRATEGIAS DE MANEJO AMBIENTAL

A continuación, se presentan las estrategias de manejo ambiental necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por las tres alternativas férreas del proyecto, durante las etapas de construcción y operación. Una vez seleccionada la alternativa férrea, es posible que se apliquen o no algunas estrategias de manejo ambiental o de gestión social, e incluso, si una medida de manejo aplica a dos o tres alternativas, éstas pueden diferir en importancia, localización, magnitud o población objeto. Sin embargo, se presentan todas las estrategias exigidas en los términos de referencia según la Guia de Manejo Ambiental.

Cada estrategia contiene la siguiente información: Objetivos, etapa, impactos a controlar, tipo de medida, acciones a desarrollar, lugar de aplicación, personal requerido y presupuesto. El presupuesto es estimado para un mes y se ajustará al tiempo ejecución del proyecto.

- Estrategias de manejo ambiental – GA:

GA-01: Manejo y disposición de material sobrante.

GA-02: Manejo de Taludes.

GA-03: Manejo de Obras de Concreto y Material de Construcción.

GA-04: Manejo de Residuos Sólidos y Especiales.

GA-05: Manejo de Aguas Residuales, Aceites y Combustibles.

GA-06: Manejo y Protección de Cuerpos de Agua.

GA-07: Manejo de la Captación de Agua.

GA-08: Manejo de Agua de Escorrentía.

GA-09: Manejo de Maquinaria y Equipos.

GA-10: Manejo y control de Emisiones Atmosféricas y Ruido.

GA-11: Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote

GA-12: Manejo del Aprovechamiento Forestal.

GA-13: Compensación Forestal.

GA-14: Ahuyentamiento de Fauna Silvestre.

GA-15: Protección y conservación de hábitat.

GA-16: Manejo de Ictiofauna.

GA-17: Manejo Paisajístico.

- Estrategias de manejo social – GS

GS-01: Estrategia de reubicación.

GS-02: Compra y Adquisición de Predios.

GS-03: Manejo de la Estructura de Servicios.

GS-04: Manejo de Procesos Migratorios.

GS-05: Reconocimiento, prospección, rescate y monitoreo del componente arqueológico.

GS-06: Información, Comunicación y Participación de Comunidades.

GS-07: Restitución de redes sociales de la población a reasentar.

Cada una de las fichas mencionadas anteriormente, se presentan en el Anexo No. 7 – Diagnóstico Ambiental de Alternativas.

8.9 ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Las Estrategias de Seguimiento y Monitoreo, permiten determinar los efectos ocasionados por el proyecto sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, registrando las actividades ejecutadas y las mediciones necesarias con el fin de identificar los cambios relevantes en los diferentes medios, que conducen a plantear las medidas correctivas correspondientes.

Estos programas contemplan como mínimo lo indicado en cada una de las Estrategias de Manejo Ambiental (GA) y Estrategias de Manejo Social (GS), presentadas en el Capítulo 8 del presente documento. Lo anterior, con el fin de sugerir una red de monitoreo que permita el seguimiento de los medios abiótico, biótico y socioeconómico con el desarrollo del proyecto.

- Estrategias de Seguimiento y Monitoreo Ambiental -SMA

SMA-01: Protección de la calidad del agua.

SMA-02: Seguimiento al manejo de residuos sólidos.

SMA-03: Monitoreo de calidad de aire.

SMA-04: Aprovechamiento forestal.

SMA-05: Compensación forestal.

SMA-06: Monitoreo de fauna terrestre.

SMA-07: Monitoreo de fauna acuática.

- Estrategias de Seguimiento y Monitoreo Social -SMS:

SMS-01: Seguimiento a reubicación de población.

SMS-02: Compensación predial.

SMS-03: Seguimiento a la restitución de infraestructura afectada.

SMS-04: Seguimiento monitoreo a los procesos de consultas previas.

Todas las estrategias de seguimiento y monitoreo aplican de acuerdo al corredor férreo seleccionado.

Las fichas correspondientes a las estrategias de seguimiento y monitoreo ambiental y social se presentan en el Anexo No.7 – Diagnóstico Ambiental de Alternativas.

8.10 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Para los corredores alternativos propuestos para la Operación del sistema férreo fuera de la población de Duitama para el proyecto Tren de carga - Bogotá (La Caro) – Belencito (Boyacá), se requieren los siguientes estudios complementarios para la elaboración del EIA, referidos a los medios abiótico, biótico y social necesarios para adelantar dicho estudio.

Para el caso de la alternativa seleccionada se requieren los siguientes estudios:

8.10.1 Aspectos abióticos

8.10.1.1 Monitoreo de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de aguas

Objetivo

Determinar la calidad del agua en sus características fisicoquímicas y bacteriológicas de los cuerpos de agua interceptados por el proyecto, los cuales son interferidos por las alternativas.

Alcance

Realizar las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas de los siguientes parámetros:

- Análisis organoléptico.
- pH.
- Sólidos suspendidos.
- Sólidos totales.
- DBO.
- DQO.
- Nitrógeno total.
- Fósforo total.
- Oxígeno disuelto.
- Coliformes totales y fecales.

Metodología

Se debe determinar el sitio de muestreo para la toma de las muestras, teniendo en cuenta las necesidades de preservación y procedimiento de toma de la misma, con el fin de evitar alteraciones en los resultados a obtener. Comparar los resultados con el Decreto 1076 de 2015 (decreto 1594 de 1984 de usos del agua y residuos líquidos) con el cual deben cumplir los parámetros medidos.

8.10.1.2 Monitoreo de la calidad de aire

En caso de seleccionar cualquiera de las alternativas propuestas, se requiere éste monitoreo, en el centro poblado de Duitama que es interferido por las tres alternativas propuestas.

Objetivo

Determinar la calidad del aire y ruido en los centros poblados de la zona de estudio del proyecto.

Alcance

Realizar el monitoreo de calidad del aire en los centros poblados de la zona de estudio del proyecto para los siguientes parámetros:

- CO.
- NO_2.
- SO_2.
- Material particulado.

Realizar el monitoreo de niveles de ruido en los centros poblados de la zona de estudio del proyecto para determinar la presión sonora de la zona.

Metodología

Para el monitoreo de calidad del aire se debe dar cumplimiento al protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, teniendo en cuenta las especificaciones generales para la ubicación de la estación de monitoreo y los métodos de muestreo establecidos para cada parámetro. Comparar los resultados con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010.

Para el monitoreo de calidad de ruido se deben establecer los sitios de monitoreo y seguir la metodología establecida en el Decreto 0627 de mayo del 2006 para la medición de los niveles de presión sonora.

8.10.1.3 Determinación de la aptitud del uso del suelo

Objetivo

Determinar la aptitud del uso de los suelos para la zona de la alternativa seleccionada.

Alcance

Establecer la profundidad, textura, estructura, drenaje, disponibilidad de humedad, permeabilidad, materia orgánica, requerimiento de prácticas de manejo del suelo, de esta manera se definirán las unidades cartográficas de tierra para un uso definido.

Metodología

Con la determinación de cada una de las características del suelo, evaluar y clasificar en unidades cartográficas con respecto a los tipos específicos de utilización, considerando factores climáticos, edáficos y condiciones agrológicas actuales de la zona de la alternativa de paso vial seleccionada.

8.10.2 Aspectos bióticos

8.10.2.1 Inventario Forestal 100%

Objetivo

Suministrar la información del inventario forestal uno a uno de los individuos arbóreos sobre los que se deberá pedir permiso de aprovechamiento forestal único, según la alternativa seleccionada en el diagnóstico ambiental de alternativas.

Alcance

Obtener la información pertinente al inventario forestal a nivel de detalle sobre las zonas a intervenir de la alternativa seleccionada sobre el cual se adelantará el proyecto, mediante el registro, marcación e identificación de todas las especies arbóreas con un DAP mayor a 10 cm presentes en el área.

Metodología

Según el área de influencia directa de la alternativa seleccionada, se procederá a georreferenciar cada uno de los individuos arbóreos sobre los que se pedirá ante las autoridades ambientales pertinentes según correspondan (CORPOBOYACA), el permiso de aprovechamiento forestal único, midiendo la distancia entre ellos, el costado sobre el que se encuentran situados, identificando el nombre común, nombre científico, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial, área comercial y área basal.

8.10.2.2 Muestreo Hidrobiológico

El muestreo hidrobiológico, consta de la medición de Bentos, Perifiton, Plancton, Zooplancton, Macrófitas acuáticas e Íctiofauna.

Objetivo

Identificar las principales comunidades hidrobiológicas que habitan los cuerpos de agua los cuales serán cruzados por la alternativa seleccionada, con el fin de conocer la calidad actual del agua de estos cuerpos.

Alcance

Realizar muestreos puntuales para comunidades hidrobiológicas sobre los cuerpos de agua que serán intervenidos por la alternativa seleccionada, incluyendo en estos, las comunidades de bentos, perifiton, plancton, zooplancton, macrófitas y fauna íctica.

Metodología

Las muestras sobre las comunidades hidrobiológicas deberán ser tomadas y analizadas por un laboratorio certificado y siguiendo las metodologías de muestreo y conservación de muestras establecidas por el “Standard MethodsforExamination ofWater and Wastewater de la APHA-AWWA-WPCF”.

8.10.2.3 Levantamiento de Veda

Objetivo

Suministrar la información necesaria obtenida a partir del inventario forestal para la descripción de las especies forestales y/o epifitas con clasificación en veda según la reglamentación vigente Nacional y regional encontradas en el área de estudio y que tiene necesidad de aprovechamiento forestal.

Alcance

Obtener el levantamiento de veda para el área del proyecto, de manera que sea posible realizar el uso y aprovechamiento de los recursos que son necesarios para el desarrollo del proyecto teniendo en cuenta las propuestas de manejo establecidas con las autoridades competentes: Veda Epifitas (Resolución 0213 de 1977 de INDERENA), Vedas Codechoco (Resolución 2535 de 1987), Vedas Corpouraba (Resoluciones 076395 de 1995, 126198 de 1998 y 1021B de 2003).

Metodología

A partir del inventario forestal realizado se extraen las coordenadas geográficas; con apoyo en las coordenadas deberá crearse un mapa de ubicación de cada una de las especies forestales en veda, adicionalmente será necesario generar un reporte fotográfico de manera que se logre una descripción lo más acertada posible, tal descripción no sólo corresponde a las especie sino también al contexto ecológico en el que se encuentra, finalmente se genera un plan de manejo de

dicha especie conforme lo establezca la autoridad ambiental correspondiente (Ministerio de Ambiente y/o Corporaciones Autónomas Regionales).

En cuanto al levantamiento de veda de epifitas, se requerirá la caracterización de estas especies realizando un muestreo de campo y un documento que incluya la abundancia de estas especies al igual que un plan de manejo.

8.10.2.4 Sustracción de Reserva Forestal (SI APLICA)

Objetivo

Exponer la importancia en el contexto nacional y regional desde el punto de vista socio-económico y político, mostrar la importancia de la actividad enunciando las razones ambientales técnicas, económicas y sociales que justifiquen su desarrollo y su aporte al desarrollo local, regional y nacional.

Alcance

Obtener la sustracción de la Zona de Reserva Forestal (si aplica) que se encuentre dentro del área de estudio para permitir el desarrollo óptimo del proyecto.

Metodología

A partir de los “Términos de Referencia para la Evaluación de Solicitudes de Sustracción Definitiva de Áreas de Reserva Forestal Nacionales y Regionales, para el Desarrollo de Actividades Consideradas de Utilidad e Interés Social” elaborados en 2011 por el Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) ahora Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) se busca dar cumplimiento a todos y cada uno de los requerimientos establecidos en tal documento y a los que puedan ser solicitados adicionalmente por parte de esta autoridad.

8.10.3 Aspectos sociales

8.10.3.1 Caracterización Socioeconómica

Justificación

De acuerdo a las características socioeconómicas identificadas en la zona de influencia para el paso por los centros poblados de las tres alternativas:

ALTERNATIVA UNO	ALTERNATIVA DOS	ALTERNATIVA TRES
Duitama	Duitama	Duitama

Objetivo General

Realizar identificación de las comunidades.

Objetivos Específicos

- Informar y dar a conocer el proyecto (mecanismos, procedimientos y actividades requeridos para ponerlo en ejecución.
- Identificación de aspectos positivos y negativos, ventajas y desventajas, viabilidad o no de la actividad.
- Establecer de manera conjunta las medidas de prevención, mitigación, corrección o compensación generadas por el proyecto.

Metodología

Procedimiento: Se debe garantizar que la comunidad conozca el proyecto, analice y participe en él, a través de del proceso de identificación conjunta de impactos y estrategias de manejo.

Participantes

- Comunidad: Comunidad de Duitama y veredas aledañas al Proyecto.
- Empresa: Representantes de la empresa constructora con capacidad decisoria

8.11 PLAN DE CONTIGENCIA

Para cada una de las alternativas planteadas del proyecto, se incluye la identificación de las amenazas o siniestros de posible ocurrencia, la definición de escenarios, la estimación de la probabilidad de ocurrencia de emergencias y la definición de los factores de vulnerabilidad que permitan calificar la gravedad de los eventos generadores de emergencias en cada escenario.

8.11.1 Marco teórico

8.11.1.1 Amenaza, vulnerabilidad y riesgo

- **Amenaza o peligro:** Factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, tecnológico o antrópico que se puede presentar en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, bienes y/o en el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo.
- **Vulnerabilidad:** Definida como el grado de pérdida o daño de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresado en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total). En términos generales, la vulnerabilidad puede entenderse, entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas.
- **Riesgo o daño:** Destrucción o pérdida esperada obtenida de la convolución de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo.

8.11.1.2 Marco Legal

Para que un Plan de Contingencias sea acatado en todos sus aspectos, se deberán cumplir las disposiciones de la ley y sus reglamentaciones, que se relacionan en las siguientes normas:

- Constitución Política de Colombia, de 1991, artículos 8, 78, 79, 80, 83, 88, 90 y 95.
- Ley 46 de 1989: Sistema Nacional de Prevención y Atención de Emergencias.
- Decreto 919 de 1989: Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- Directiva Presidencial 33 de 1989: Responsabilidades de los organismos y entidades descentralizadas de orden nacional del sector público, en el desarrollo y mantenimiento del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- Directiva Presidencial 05 del 28 de 1991: se establecen las responsabilidades de las entidades del Estado en el desarrollo de la estrategia nacional contra la violencia.
- Resolución1016 de 1989: Organización, funcionamiento y contenido de los programas de Salud Ocupacional.
- Decreto 1295 de 1994: Organización y Administración del Sistema de Riesgos Profesionales.
- Decreto 1281 de 1994: Reglamenta las actividades de alto riesgo.
- Ley 99 de 1993. Artículo 1: Principios Generales Ambientales. Artículo 31: Funciones de las C.A.R.
- Decreto 1072 de 2015. Decreto único.

8.11.2 Metodología propuesta para el análisis de riesgos

El punto de partida es la caracterización del sistema, es decir los procesos o actividades que se desarrollarán en el proyecto. La identificación de las actividades (causas) permitirá identificar los eventos que se pueden presentar y los lugares físicos donde se pueden desarrollar, determinando así las amenazas.

Tabla 27. Criterios de calificación de la amenaza.

NIVEL	CRITERIO	CALIFICACIÓN
Improbable	Más de cinco (5) años para una ocurrencia	1
Remoto	Hasta un (1) evento cada 5 años	2
Ocasional	Hasta un (1) evento cada año	3
Moderado	Hasta un (1) evento al mes	4
Frecuente	Más de un evento al mes	5

Fuente: elaboración propia

Una vez se definen los criterios y escala de valores se efectúa la calificación de la vulnerabilidad, determinando el potencial de daño de cada evento en los criterios definidos. Este se determina con un valor en forma porcentual, asignando un 35% a la afectación de las personas y en la infraestructura existente, otro 20% para las pérdidas económicas, un 35% para afectaciones al medio ambiente y 10% a perjuicios generados por la pérdida de la imagen.

Tabla 28. Criterios de Calificación de la Vulnerabilidad - Afectación a Personas. Valor Ponderado: 35%

NIVEL	CRITERIO	CALIFICACIÓN
Insignificante	Sin lesiones	1
Marginal	Lesión temporal (sin incapacidad)	2
Crítico	Lesión con incapacidad permanente	3
Desastroso	Lesión con muerte en el grupo de los trabajadores	4
Catastrófico	Lesión con muerte en la comunidad	5

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Criterios de Calificación de la Vulnerabilidad - Pérdidas Económicas.

Valor Ponderado: 20%

NIVEL	CRITERIO	CALIFICACIÓN
Insignificante	Hasta $1.000.000	1
Marginal	Desde $1.000.001 hasta $10.000.000	2
Crítico	Desde $10.000.001 hasta $50.000.000	3
Desastroso	Desde $50.000.001 hasta $100.000.000	4
Catastrófico	Más de $100.000.000	5

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Criterios de calificación de la Vulnerabilidad Daños Ambientales.

Valor ponderado: 35%

NIVEL	CRITERIO	CALIFICACIÓN
Improbable	Sin afectación al Medio Ambiente	1
Remoto	Impactos localizados, remediables	2
Ocasional	Impactos dispersos con limitada remediación	3
Moderado	Impactos dispersos no remediables	4
Frecuente	Daño permanente	5

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Criterios de calificación de la Vulnerabilidad – pérdida de la imagen.

Valor ponderado: 10%

NIVEL	CRITERIO	CALIFICACIÓN
Improbable	Sin afectación por excepción de responsabilidad	1
Remoto	Afectación por responsabilidad de Contratistas y/o consultores externos	2
Ocasional	Baja responsabilidad del Operador.	3
Moderado	Media – alta responsabilidad del Operador.	4
Frecuente	Responsabilidad total del Operador.	5

Fuente: elaboración propia

Una vez se determinan esta calificaciones se efectúa la calificación de los eventos con un valor ponderado, tomando para ello las calificaciones anteriores.

Tabla 32. Modelo de Matriz de Calificación de la Vulnerabilidad.

EVENTO	AFECTACIÓN A PERSONAS (35%)	PERDIDAS ECONÓMICAS (20%)	DAÑOS AMBIENTALES (35%)	PERDIDA IMAGEN (10%)	VALOR PONDERADO (C2*0.35)+(C3*0.20)+C4*0.35) + (C5*0.1)
E1	2	2	1	1	2
E2	3	3	3	4	3

Fuente: elaboración propia

Una vez calificadas la amenaza y vulnerabilidad se efectúa la calificación del riesgo para cada evento, utilizando para ello la matriz de calificación de riesgo.

Tabla 33. Matriz de Calificación de Riesgo.

AMENAZA	Frecuente (5)					
	Moderado (4)					
	Ocasional (3)					
	Remoto (2)					
	Improbable (1)					
		Insignificante (1)	Marginal (2)	Crítico (3)	Desastroso (4)	Catastrófico (5)
		VULNERABILIDAD				

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la calificación del riesgo de cada evento y a su posición dentro de la matriz, se identifica si es aceptable, tolerable o inaceptable. Cada categoría tiene una estrategia de prevención, atención y control de emergencias diferente. Se presenta a continuación la estrategia a desarrollar para cada tipo de riesgo.

Tabla 34. Identificación de los riesgos.

COLOR	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
	Aceptable	Los eventos ubicados en esta área de la matriz no presentan un riesgo significativo, lo que no amerita la intervención inmediata y se requieren acciones preventivas sobre los elementos vulnerables considerados en el escenario.
	Tolerable	Los eventos agrupados en esta área implican el desarrollo de

COLOR	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
		actividades que disminuyen el riesgo, aunque tiene un nivel de prioridad de segundo orden. Se requiere definir una estrategia y procedimiento para atender emergencias ocasionados por estos eventos.
	Inaceptable	Los escenarios ubicados en esta área requieren el desarrollo de acciones prioritarias e inmediatas de protección y prevención debido al alto impacto que tendrían sobre el entorno. Se requiere una estrategia y un procedimiento para atender las emergencias ocasionadas para estos eventos, efectuar simulacros, jornadas de capacitación de las brigadas y dotación de elementos necesarios para su atención.

Fuente: elaboración propia

8.11.3 Identificación de eventos

8.11.3.1 Eventos de tipo natural

- **EN1: Deslizamientos y erosión:** Pueden originarse por los movimientos de tierras, lluvias intensas, inundaciones, desplazamiento de maquinaria pesada o por operaciones deficientes en las excavaciones y rellenos, por lo que se considera que la generación de este tipo de eventos es probable para las áreas identificadas, durante la ejecución de las actividades de construcción, sin embargo de considerable probabilidad teniendo en cuenta que algunos sectores por donde se desarrollarán las tres alternativas presentan terrenos planos y una pendiente promedio entre 0.43% y 0.74%. Además, se presentan terrenos ondulados que corresponden a áreas de inundación, descubiertas y propensas a procesos erosivos.
- **EN2: Inundaciones**: Las crecientes son uno de los fenómenos naturales que periódicamente se presentan, las cuales pueden originar inundaciones de diversas magnitudes y duraciones, aún en áreas donde no parecería factible que sucedieran.
- **EN3: Sismos**: Movimientos telúricos que puedan manifestarse en el área de influencia del proyecto, los cuales tendrían efectos de distinto alcance e importancia según la magnitud del evento. El nivel de la sismicidad en la región de Boyacá es bajo comparado con el resto del país, y corresponde a sismos

superficiales asociados a rupturas o fracturas en la corteza superior (fallas), y a sismos de profundidad intermedia (hasta 150 km de profundidad).

8.11.3.2 Eventos de origen antrópico

- **EA4: Disturbios, bloqueos de vías y movimientos sociales:** Evento de asociación indirecta a la obra o a la operación de la maquinaria, en la zona del proyecto para la etapa de construcción, la cual puede manifestarse como consecuencia de aspectos socioeconómicos transversales al proyecto como la generación de expectativas asociadas a la demanda laboral y que no fueran sustento en la realidad de entendimiento por parte de la comunidad sobre algunos factores de orden técnico y ambiental que se ejercen en el proyecto.
- **EA5: Actos terroristas / sabotaje:** Debido al conflicto interno que ocurre en el país, es probable que se presenten eventos en los que se atente contra la integridad de la infraestructura.

8.11.3.3 Evento de origen técnico

- **ET6: Incendios:** Para los incendios forestales se tiene en cuenta las variaciones climáticas más la temporada de sequía, también influyen las corrientes de aire y la capa vegetal como combustible para los incendios forestales. El otro tipo de incendios se puede presentar en los frentes de trabajo y sitios de acopio de materiales como en los equipos que se estén operando (maquinaria para la obra). Pueden ser principalmente de tres tipos:
    - Clase A: Se origina por combustión de materiales inflamables como papel, muebles de madera entre otros. Puede apagarse con agua (si el incendio es de pequeña proporción).
    - Clase B: Originado por cortocircuitos y/o electricidad, se combate con CO_2.
    - Clase C: Originado por combustión de líquidos inflamables y combustibles, se combate con espuma.
- **ET7: Derrame de líquidos o sustancias peligrosas:** Evento de media probabilidad de ocurrencia especialmente en la fase de construcción de la

obra, debido al transporte de líquidos o sustancias peligrosas que requiere el proyecto para el normal funcionamiento de maquinaria y equipos requeridos en las labores industriales.

- **ET8: Daños a redes de servicios e infraestructura:** Evento de baja probabilidad que puede ocurrir especialmente durante la obra, ocasionado por el tránsito de maquinaria pesada y/o equipos de gran tamaño por vías de acceso no adecuadas para esto.
- **ET9: Accidentes de tránsito:** Eventos probables durante la movilización de personal, materiales, maquinaria y equipos, hacia y desde el frente de obra. Durante el desarrollo de las obras habrá un alto impacto sobre la movilidad vehicular, por lo que es factible que se presenten colisiones y accidentes de tránsito que pueden tener consecuencias sobre los pobladores y eventuales usuarios de la vía.

8.11.4 Calificación de amenaza y vulnerabilidad

De acuerdo con la metodología propuesta se asignaron valores de amenaza y vulnerabilidad para cada uno de los eventos de probable ocurrencia, asignando una calificación de acuerdo al riesgo que estos eventos presentan tanto a la comunidad como a los trabajadores de obra, estos eventos se pueden presentar tanto en la fase de construcción como en la fase de operación debido a la evacuación del personal de obra, que de una u otra forma previene o mitiga la ocurrencia de estos eventos.

Tabla 35. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 1.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EN1	Deslizamiento y erosión	2	2	2	2	1	1,90	Aceptable
EN2	inundación	3	3	3	3	1	2,80	Tolerable

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
EN3	Sismos	1	5	4	4	1	4,05	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 1.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EA4	Disturbios y bloqueos	3	2	2	1	3	1,75	Aceptable
EA5	Accidentes laborales	3	3	2	2	2	2,35	Aceptable
EA6	Actos terroristas	2	3	3	1	1	2,10	Aceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 1.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
ET7	Incendio	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET8	Derrame de líquidos peligrosos	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET9	Daños a redes servicios	3	2	3	2	4	2,40	Aceptable
ET10	Accidentes de tránsito	3	5	3	2	4	3,45	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 2.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EN1	Deslizamiento y erosión	2	2	2	2	1	1,90	Aceptable
EN2	inundación	2	2	2	2	1	1,90	Aceptable
EN3	Sismos	1	5	4	4	1	4,05	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 39. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 2.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EA4	Disturbios y bloqueos	3	2	2	1	3	1,75	Aceptable
EA5	Accidentes laborales	3	3	2	2	2	2,35	Aceptable
EA6	Actos terroristas	2	3	3	1	1	2,10	Aceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 40. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 2.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
ET7	Incendio	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET8	Derrame de líquidos peligrosos	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET9	Daños a redes servicios	3	2	3	2	4	2,40	Aceptable
ET10	Accidentes de tránsito	3	5	3	2	4	3,45	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 41. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen natural – Alternativa 3.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EN1	Deslizamiento y erosión	3	3	3	3	1	2,80	Tolerable
EN2	inundación	3	3	3	3	1	2,80	Tolerable
EN3	Sismos	1	5	4	4	1	4,05	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 42. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen antrópico – Alternativa 3.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
EA4	Disturbios y bloqueos	3	2	2	1	3	1,75	Aceptable
EA5	Accidentes laborales	3	3	2	2	2	2,35	Aceptable
EA6	Actos terroristas	2	3	3	1	1	2,10	Aceptable

Fuente: elaboración propia

Tabla 43. Calificación de amenaza y vulnerabilidad por eventos de origen técnico – Alternativa 3.

No	Evento	Amenaza	Vulnerabilidad					
			Afectación personas	Pérdidas económicas	Daños ambientales	Pérdida de imagen	Índice de vulnerabilidad	Calificación del riesgo
ET7	Incendio	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET8	Derrame de líquidos peligrosos	3	3	3	3	4	3,10	Tolerable
ET9	Daños a redes servicios	3	2	3	2	4	2,40	Aceptable
ET10	Accidentes de tránsito	3	5	3	2	4	3,45	Inaceptable

Fuente: elaboración propia

A partir del cruce de la calificación obtenida para la amenaza y la vulnerabilidad de cada uno de los eventos de probable ocurrencia en cada una de los corredores propuestos, se asignó la siguiente calificación de riesgo, en donde se observa si su calificación es Aceptable, Tolerable o Inaceptable. Es importante anotar que teniendo en cuenta que están ubicadas en una misma zona las características son similares para cada una de las alternativas.

Tabla 44. Matriz de Calificación de Riesgos.

Origen	Evento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Natural	Deslizamiento y erosión	1,9	1,9	2,8
	Inundaciones	2,8	1,9	2,8
	Sismos	4,05	4,05	4,05
Antrópico	Disturbios y bloqueos	1,75	1,75	1,75
	Accidentes laborales	2,35	2,35	2,35
	Actos terroristas	2,1	2,1	2,1
Técnico	Incendio	3,1	3,1	3,1
	Derrame de líquidos peligrosos	3,1	3,1	3,1
	Daños a redes servicios	2,4	2,4	2,4
	Accidentes de tránsito	3,45	3,45	3,45

Fuente: elaboración propia

8.11.5 Lineamientos de manejo para las posibles contingencias

8.11.5.1 Plan de acción

Con base en el análisis de amenazas y vulnerabilidad de riesgos, a continuación se plantean los lineamientos generales para la preparación del Plan de Contingencia durante la construcción y operación del proyecto de construcción de los corredores propuestos

El concepto fundamental en el cual se basa el diseño del Plan Preventivo es el de concientizar y educar a los trabajadores que van a participar en la ejecución de las

obras, con la finalidad de informarlos sobre los posibles riesgos que se pueden generar y de ofrecerles algunas medidas preventivas que se pueden poner en práctica, las cuales al seguirlas con seriedad, disminuyen los riesgos de ocurrencia.

Se debe incentivar al personal, así como a la comunidad en la capacitación hacia la prevención y atención de emergencias, definir el organigrama con el personal, los procedimientos operativos, las responsabilidades ante la comunidad, la opinión pública y las consecuencias legales generadas por el conflicto.

8.12 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los tres corredores férreos propuestos para el Proyecto.

8.12.1 Dificultades constructivas y operativas

Las dificultades de tipo técnico y de carácter constructivo, tienen algún grado de relevancia para la construcción de cualquiera de las tres alternativas propuestas, en razón a que en cualquier situación, la ubicación de la alternativa evaluada, las técnicas constructivas para las Alternativas No. 1 y 3 que incluyen construcción de un túnel difieren de manera moderada a la propuesta constructiva de la Alternativa No. 2.

Como dificultades operativas, no se destaca ninguna en particular.

8.12.2 Demanda de uso y aprovechamiento de recursos

8.12.2.1 Aguas superficiales

Las tres alternativas no presentan una demanda diferenciada de recursos, ya que se encuentran situadas en las mismas zonas e impactando el mismo medio ambiente en distintos puntos pero muy cercanos.

ALTERNATIVA	VOLUMEN TOTAL DE AGUA (m3)
Uno (1)	4.800
Dos (2)	3.000
Tres (3)	5.300

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la información presentada en el Capítulo 5, las tres alternativas presentan demandas de agua diferenciadas para las actividades de construcción de la vía, en especial para las actividades de humectación de materiales granulares, preparación de mezclas de concreto y baños de uso del personal de la obra.

8.12.2.2 Aguas residuales

No se tiene prevista la generación de vertimientos industriales y domésticos durante la construcción de ninguna de las tres alternativas, debido a que no se instalarán campamentos ni talleres de mantenimiento de equipos en los frentes de obra ni plantas industriales. Para uso doméstico se utilizarán baños portátiles alquilados a empresas que se encargarán del manejo de aguas residuales provenientes de los mismos.

8.12.2.3 Aprovechamiento forestal

La cuantificacion de las hectareas ha intervenir se muestran en la siguiente tabla.

ALTERNATIVA	HECTÁREAS DE VEGETACIÓN FORESTAL A INTERVENIR	VOLUMEN DE VEGETACIÓN APROXIMADO (M^3)
Alternativa 1	6.1	18.300
Alternativa 2	5.5	16.500
Alternativa 3	11	33.000

8.12.2.4 Ocupaciones de cauce

Por la construcción de cualquiera de las tres alternativas, se requerirán permisos de Ocupación de Cauce, con el fin de captar la cantidad necesaria y requerida para la construcción de las obras hidráulicas para las tres alternativas propuestas.

8.12.2.5 Fuentes de materiales

No se requiere para ninguna de las tres alternativas férreas, la solicitud de permisos para la explotación de fuentes de materiales toda vez que los materiales serán adquiridos en canteras que cuenten con Título Minero o autorización temporal según sea el caso y sus respectivas Licencias Ambientales.

8.12.2.6 Emisiones atmosféricas

En relación con las emisiones atmosféricas, no será necesario solicitar el permiso, puesto que no se requiere instalar plantas de asfalto, aunque se prevé la generación de un mayor nivel de impacto por gases, material particulado y ruido en las tres alternativas, debido a la cercanía con centros poblados sobre los corredores de caminos, trochas y vías existentes.

En resumen, las tres alternativas propuestas, requieren los mismos permisos ambientales mencionados anteriormente, la diferencia radica en la demanda y aprovechamiento a solicitar.

En la Tabla 45 se presenta un resumen de los permisos ambientales que requerirá la construcción de cada una de las alternativas propuestas en este DAA.

Tabla 45. Permisos ambientales necesarios por alternativa.

PERMISOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Concesión de aguas superficiales	Si	Si	Si
Concesión de aguas subterráneas	No	No	No
Vertimientos de residuos líquidos	No	No	No
Ocupación de cauces temporal	Si	Si	Si
Aprovechamiento forestal	SI (Bajo)	SI (Bajo)	SI (Bajo)
Emisiones atmosféricas	No	No	No

PERMISOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
***Materiales de construcción**	No	No	No
Manejo de residuos sólidos	No	No	No
****Manejo de zonas de depósito de materiales**	Si	Si	Si

Fuente: elaboración propia

8.12.3 Zonificación ambiental

A continuación, se presenta el análisis de zonificación ambiental en el cual se comparan los tres corredores alternativos.

Tabla 46. Análisis de zonificación por alternativa.

ALTERNATIVA	ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIAL
Alternativa 1	• Intercepta diversas fuentes hídricas • Zonas planas con pendientes promedio de 0.5%,	• Intercepta bosques abiertos. • No intercepta áreas protegidas a nivel nacional.	• Interviene redes de servicios públicos domiciliarios.
Alternativa 2	• Intercepta diversas fuentes hídricas (Ríos, Lagunas, Humedales, caños y quebradas). • Zonas planas con pendiente promedio de 0.43%,	• Intercepta bosques natural denso. • No intercepta áreas protegidas a nivel nacional.	– • Interviene infraestructura social y servicios públicos.
Alternativa 3	• Intercepta diversas fuentes hídricas • Zonas bajas • Zonas planas y una pendiente promedio de 0.74% • Zonas con potencial erodable.	• Intercepta bosques natural fragmentados.	• Interviene infraestructura social y servicios públicos.

Fuente: elaboración propia

8.12.4 Evaluación de impactos potenciales

A continuación, se presenta un cuadro resumen en el cual se comparan los tres corredores propuestos, con los valores de la evaluación de impactos generados

sobre cada elemento socio-ambiental que sería afectado con el desarrollo de la alternativa seleccionada.

Tabla 47. Comparación de peso por impacto de cada alternativa, en la etapa con proyecto.

ACTIVIDADES			PESO POR IMPACTO		
			CON PROYECTO ETAPA CONSTRUCCION		
DIMENSION	ELEMENTO	IMPACTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
ABIOTICO	Aire	Emisiones sonoras	-1,40	-1,27	-1,40
		Emisión de partículas	-1,67	-1,48	-1,67
		Emisiones de gases	-2,00	-1,00	-2,00
	Suelo	Cambio de uso	-2,05	-1,79	-2,05
		Generación de inestabilidad	-2,50	-1,27	-2,50
		Contaminación de suelo por generación de sobrante y residuos	-2,52	-1,46	-2,52
	Agua	Demanda de agua	-1,48	-1,29	-1,48
		Cambios fisicoquímicos del agua	-1,83	-0,78	-1,83
		Contaminación del agua	-1,71	-1,41	-1,71
BIOTICO	Ecosistemas	Alteración de la vegetación terrestre	-2,00	-1,56	-2,00
		Afectación avifauna	-2,27	-2,11	-2,27
		Afectacion mastofauna	-2,33	-2,13	-2,33
		Afectación herpetofauna	-2,38	-2,15	-2,38
		Afectación ictiofauna	-1,67	-1,50	-1,67
PAISAJE	Paisaje	Afectación del paisaje	-2,36	-2,22	-2,36
SOCIOECONÓMICO	Infraestructura	Afectacion de predios	-2,33	-1,89	-2,33
		Movilidad y transporte terrestre	-2,36	-2,04	-2,36
		Demanda de servicios públicos y sociales	-2,40	-2,05	-2,40
		Afectación a infraestructura existente	-2,38	-2,07	-2,38
	Economía	Actividades productivas y de subsistencia	-1,94	-1,96	-1,94
		Empleo	-1,53	-1,44	-1,53
	Salud y seguridad	Indices de accidentalidad	-2,04	-1,74	-2,04
		Cambios en la condición de salud	-2,20	-1,70	-2,20
		Traslado de población	-2,11	-1,58	-2,11
	Social	Conflicto con la comunidad	-2,37	-2,13	-2,37
		Generación de expectativas	-2,31	-2,21	-2,31
		Presencia institucional	-2,00	-1,67	-2,00
	Cultural	Riesgos de afectación al patrimonio cultural y arqueológico	-1,67	-1,67	-1,67

Fuente: elaboración propia

Desde el punto de vista ambiental, la construcción y operación de la en cualquiera de las tres alternativas, generará impactos sobre las dimensiones físicas, bióticas y socioeconómicas existentes en la zona de interés.

8.12.4.1 Componente Abiótico

A nivel físico con la construcción, se eliminará la materia orgánica por el descapote, se presentará contaminación del recurso hídrico específicamente por excavaciones, manejo de materiales de construcción, se aumentarán los niveles de ruido y material particulado y el paisaje sufrirá alteraciones.

En cuanto al componente atmosférico para cualquiera de las tres opciones, se generarán emisiones de material particulado, gases y ruido.

La magnitud del impacto para las tres alternativas sobre las condiciones fisicoquímicas del suelo se ha considerado media, debido a algún riesgo de contaminación por derrames de combustible, este impacto es de extensión puntual, de mediano plazo e intensidad.

Teniendo en cuenta que en las alternativas 1 y 3 se plantea la construcción de túnel el impacto en el componente suelo es mayor que en la alternativa 2.

8.12.4.2 Componente Biótico

En cuanto a la flora, la Alternativa No. 1 y 3 es la que afectaría notoriamente los individuos arbóreos presentes en la zona, los cuales se encuentran asociados a bosques naturales. La Alternativa No. 2, afecta la flora en una mediana proporción.

En cuanto la fauna para las tres alternativas se presenta un efecto muy parecido y asociado a la afectación de cuerpos de agua.

8.12.4.3 Componente Socioeconómico

Las alternativas 1, 2 y 3 se ubican en cercanías al casco urbano de Duitama, conservando las características.

8.12.5 Zonificación de manejo del proyecto

A continuación, se presenta el análisis de zonificación de manejo en el cual se comparan los tres corredores alternativos.

Tabla 48. Análisis de zonificación de manejo por alternativa.

ALTERNATIVA	ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIAL
Alternativa 1	**Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Áreas de los cauces. • Áreas directas de construcción del túnel por manejo de aguas de infiltración. **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. • Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Bosques abiertos. **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. • Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** Se incluyen todas las áreas que serán objeto de adquisición de predios y reasentamiento de unidades sociales para el paso en la alternativa uno. **Áreas de libre intervención.** Desde la perspectiva social, el área de libre intervención corresponde a sectores donde no se encuentran viviendas ni equipamiento comunitario ni poblaciones con regímenes especiales
Alternativa 2	**Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Áreas de los cauces **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. • Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Bosques abiertos. **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. • Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** Se incluyen todas las áreas que serán objeto de adquisición de predios y reasentamiento de unidades sociales para el paso en la alternativa uno.

ALTERNATIVA	ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIAL
			Áreas de libre intervención. Desde la perspectiva social, el área de libre intervención corresponde a sectores donde no se encuentran viviendas ni equipamiento comunitario ni poblaciones con regímenes especiales
Alternativa 3	**Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Áreas de los cauces. • Áreas directas de construcción del túnel por manejo de aguas de infiltración. **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** • Bosques abiertos. **Áreas de libre intervención.** • Zonas pobladas. • Vías secundarias.	**Áreas de exclusión** • No se presentan. **Áreas de intervención con medidas de manejo ambiental** Se incluyen todas las áreas que serán objeto de adquisición de predios y reasentamiento de unidades sociales para el paso en la alternativa uno. **Áreas de libre intervención.** Desde la perspectiva social, el área de libre intervención corresponde a sectores donde no se encuentran viviendas ni equipamiento comunitario ni poblaciones con regímenes especiales

Fuente: elaboración propia

8.12.6 Análisis preliminar de riesgos ambientales

Con base en el análisis de amenazas y vulnerabilidad de riesgos, a continuación se plantean los lineamientos generales para la preparación del Plan de

Contingencia durante la construcción y operación del proyecto de construcción de los corredores propuestos.

El concepto fundamental en el cual se basa el diseño del Plan Preventivo es el de concientizar y educar a los trabajadores que van a participar en la ejecución de las obras, con la finalidad de informarlos sobre los posibles riesgos que se pueden generar y de ofrecerles algunas medidas preventivas que se pueden poner en práctica, las cuales al seguirlas con seriedad, disminuyen los riesgos de ocurrencia.

Se debe incentivar al personal, así como a la comunidad en la capacitación hacia la prevención y atención de emergencias, definir el organigrama con el personal, los procedimientos operativos, las responsabilidades ante la comunidad, la opinión pública y las consecuencias legales generadas por el conflicto.

Tabla 49. Matriz de Calificación de Riesgos.

Origen	Evento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Natural	Deslizamiento y erosión	1,9	1,9	2,8
	Inundaciones	2,8	1,9	2,8
	Sismos	4,05	4,05	4,05
Antrópico	Disturbios y bloqueos	1,75	1,75	1,75
	Accidentes laborales	2,35	2,35	2,35
	Actos terroristas	2,1	2,1	2,1
Técnico	Incendio	3,1	3,1	3,1
	Derrame de líquidos peligrosos	3,1	3,1	3,1
	Daños a redes servicios	2,4	2,4	2,4
	Accidentes de tránsito	3,45	3,45	3,45

Fuente: elaboración propia

8.12.7 Estrategias de manejo ambiental

Se plantean unas medidas de manejo de acuerdo a los impactos que se generan con cada una de las alternativas férreas, para los aspectos físicos, bióticos y sociales en las fases de construcción y operación. Como en las tres alternativas se desarrollarán las mismas actividades constructivas de construcción y operación, las estrategias formuladas resultan comunes a excepción de las alternativas 1 y 3 que tiene contemplada la construcción de un túnel.

En las medidas presentadas por el componente social para las tres alternativas, prevalecen las estrategias de prevención que están dirigidas a mantener informada a la comunidad, establecer procesos de acuerdo y concertación comunitaria; se destaca como medidas de compensación y mitigación las generadas por los impactos proyectados en las tres alternativas por los asentamientos poblacionales e infraestructura social.

Las medidas de manejo en las dimensiones física obedecen a impactos causados por la construcción del túnel para las alternativas 1 y 3. Igualmente, se debe tener en cuenta la generación de impactos, causados por los residuos generados producto de la remoción de suelo durante las actividades del material a remover.

En el aspecto biótico, los impactos que se presentarán en cualquiera de las tres alternativas en las fases de construcción y operación, son los mismos, pues cualquiera que sea la alternativa seleccionada, será necesario realizar actividades dentro de la fase de construcción y operación tales como: aprovechamiento forestal, labores de desmonte, limpieza y descapote, pérdida de vegetación, pérdida de fauna por aprovechamiento forestal y desplazamiento o muerte de individuos por afectación de hábitats en las zonas de influencia directa para cada alternativa.

8.12.8 Estudios complementarios requeridos

A continuación se presenta la matriz con los permisos requeridos para la construcción de las tres alternativas.

Tabla 50. Estudios complementarios requeridos por alternativa.

ALTERNATIVA	ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIAL
Alternativa 1	**Aire** Muestreo de la calidad de aire. **Ruido** Muestreo de ruido. **Suelo** • Caracterización del sedimento producto de las aguas de infiltración de la construcción del túnel. **Agua**	**Fauna** Muestreo hidrobiológico. **Flora** -Caracterización de Vegetación. -Inventario Forestal 100% -Levantamiento de Veda.	• No aplican, solo la implementación del plan de gestión social.

ALTERNATIVA	ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIAL
	Muestreo de la calidad de agua.		
Alternativa 2	**Aire** Muestreo de la calidad de aire. **Ruido** Muestreo de ruido.	**Fauna** Muestreo hidrobiológico. **Flora.** -Caracterización de Vegetación. -Inventario Forestal 100% -Levantamiento de Veda.	• No aplican, solo la implementación del plan de gestión social.
Alternativa 3	**Aire** Muestreo de la calidad de aire. **Ruido** Muestreo de ruido. **Suelo** • Caracterización del sedimento producto de las aguas de infiltración de la construcción del túnel. **Agua** Muestreo de la calidad de agua. .	**Fauna** Muestreo hidrobiológico. **Flora** -Caracterización de Vegetación. -Inventario Forestal 100%. -Levantamiento de Veda.	• No aplican, solo la implementación del plan de gestión social.

Fuente: elaboración propia

8.12.9 Comparación y selección de alternativas

Como resultado del Diagnóstico Ambiental de Alternativas y basados en los criterios y en los análisis y debates de los estudiantes de la Maestría, se ha seleccionado la Alternativa 2 como la mejor opción para realizar el Proyecto, debido a que este corredor propuesto es el que menor afectación ambiental, física y social presenta especialmente porque no implica construcción de túneles.

En el aspecto ambiental, los impactos identificados y evaluados para el componente hídrico, suelo, flora, fauna son similares para las alternativas de

corredor 1, 2 y 3, ya que para estas alternativas la demanda de recursos naturales (volumen de aprovechamiento forestal, captación de agua y cambio en el uso actual del suelo) y afectación a ecosistemas con alta diversidad y riqueza de fauna es la misma. Es preciso resaltar que en todo caso las afectaciones sobre los ecosistemas y recursos naturales deberán ser debidamente compensadas cuando se presente el correspondiente EIA.

En el aspecto social, las tres alternativas proponen la intervención de comunidades, sin embargo, la Alterantiva 2 presenta una menor afectación sobre estas comunidades y los centros poblados aledaños.

Tabla 51. Lineamientos de manejo.

Origen	Evento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Lineamientos de manejo
Natural	Deslizamiento y erosión	1,9	1,9	2,8	Medidas de manejo ambiental en zonas inclinadas y taludes. Construcción de los túneles en las alternativas 1 y 3
	Inundaciones	2,8	1,9	2,8	Mantenimiento de obras de arte.
	Sismos	4,05	4,05	4,05	Comunicación con las Entidades de atención de emergencias.
Antrópico	Disturbios y bloqueos	1,75	1,75	1,75	Comunicación con la Policía y ejército.
	Accidentes laborales	2,35	2,35	2,35	Comunicación con la Policía y ejército.
	Actos terroristas	2,1	2,1	2,1	Comunicación con la Policía y ejército.
Técnico	Incendio	3,1	3,1	3,1	Comunicación con las Entidades de atención de emergencias.
	Derrame de líquidos peligrosos	3,1	3,1	3,1	Comunicación con las Entidades de atención de emergencias.
	Daños a redes servicios	2,4	2,4	2,4	Comunicación con las Entidades de atención de emergencias.
	Accidentes de tránsito	3,45	3,45	3,45	Comunicación con las Entidades de atención de emergencias.

Fuente: elaboración propia

En la evaluación de contingencias del presente capitulo, se puede afirmar que todas las alternativas tienen los menores riesgos y probabilidad de sufrir los eventos antrópicos y técnicos, debido a que el aspecto natural presenta una mayor cobertura vegetal, por lo tanto la probabilidad de erosión y deslizamiento es baja.

Desde el aspecto antrópico, no se presentan mayores afectaciones en relación a disturbios, bloqueos y actos terroristas.

En el aspecto técnico, las tres alternativas comparten los mismos riesgos y amenazas.

En los eventos naturales las Alternativas 1 y 3 presentan evaluación más desfavorable que la Alternativa No. 2.

De la evaluación se puede concluir que la Alternativa No. 2 es la que mejor condición presenta de acuerdo con el análisis de vulnerabilidad.

9 CONCLUSIONES

- Las tres alternativas son técnicamente viables de construir, pero al tener en cuenta la Alternativa No. 2, se corren menos riesgos durante la construcción, ya que la alternativa 1 y 3 implica la construcción de túneles; adicionalmente, se requiere menor cantidad de materiales pétreos y zonas de disposición de residuos solidos.
- Una vez realizada la evaluación económica, presentada en el numeral 7.1, se pudo identificar que la alternativa No. 2, es la más económica.
- El eje de la Alternativa seleccionada (Alternativa No. 2), se encuentra localizado en un terreno plano en toda su longitud, con algunos desniveles propios del terreno al cruzar la autopista Duitama-Sogamoso donde se deberá tener cuidado en la llegada y en la salida de esta vía, pues se requiere subir y bajar rápidamente el nivel de la Banca.
- El entorno geotécnico donde se desarrolla el proyecto corresponde a un valle aluvial, de suelos arcillo arenosos y limos orgánicos de consistencia muy blanda. Esta situación hace necesario definir una estructura de terraplén amplia en su base, para distribuir adecuadamente la presión que constituye esta sobrecarga con el tráfico, limitando los asentamientos.
- Teniendo en cuenta lo indicado en el numeral 7.2, la alternativa que menor tiempo de intervención tiene es la Alternativa No. 2, por lo tanto es más conveniente su construcción ya que los costos administrativos son inferiores a las otras dos alternativas.

- Para las Alternativa N°1 y N°3 se considera una afectación moderada en términos de los impactos asociados al componente edáfico, ya que se presentan impactos en lo referente a la perdida de la capa superficial del suelo y por tanto del potencial agrologico, por la construcción de los túneles, por otro lado en el componente florístico se presentan impactos asociados con la afectación de la escasa cobertura vegetal. Para los componentes predial, económico y de movilidad se asocian impactos por cada uno de estos componentes.
- En la alternativa N°2 se consideran afectaciones por impacto similares que en la Alternativa N°1 y N°3, relacionados con los componentes edáfico, florístico, predial, económico y de movilidad además de una serie de impactos generados sobre el medio socioeconómico.
- Se puede concluir que los impactos para las 3 alternativas son similares y no determinan con gran diferencia cual alternativa es más impactante ambientalmente; sin embargo, la alternativa 2 se considera más favorable, por la no construcción de túneles y el costo es inferior
- La adquisición predial es más costosa en la Alternativa No. 2, a pesar de esta consideración resulta ser la Alternativa más económica.
- Finalmente, luego de haber realizado el análisis de las tres alternativas propuestas, desde el punto de vista técnico, económico y socio-ambiental, se concluye que la Alternativa que tiene mayor viabilidad es la Alternativa No. 2.
- Se cumplió el objetivo general propuesto, ya que se realizó el análisis de las tres alternativas, y se escogió el corredor más viable.
- Los objetivos específicos se cumplieron a cabalidad, ya que se lograron determinar las afectaciones de tipo ambiental, social, de seguridad vial, población afectada y beneficiada, que genera la presencia de la vía férrea en la

ciudad de Duitama; así como también, se realizó el análisis de las tres alternativas desde el punto de vista técnico, económico y socio-ambiental.

- Se logró determinar que con el proyecto presentado y la alternativa escogida, se logran mitigar los impactos que causa la operación del corredor férreo a la cuidad de Duitama, tales como representar una barrera física que divide la ciudad en dos partes, en sus alrededores ser un foco de inseguridad, vandalismo, generar deterioro de fachadas de construcciones aledañas, invasión del espacio público, ruido, problemas de movilidad, puntos críticos de cruces con vías vehiculares, accidentes, etc., aspectos que a lo largo de la historia de Duitama han limitado el desarrollo, la habitabilidad y por ende una baja calidad de vida de los ciudadanos que viven en la zona de influencia directa del corredor férreo.

10 RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que el presente trabajo de grado se inicio en 2014 y se desarrolló en 2015, se recomienda actualizar los precios y salarios al año en el cual se vaya a desarrollar el proyecto
- En el caso de que se construya la alternativa escogida, se recomienda construir el terraplén con buena anticipación de manera que ocurran los asentamientos primarios durante la construcción (pre carga) y antes de colocar la estructura de la vía férrea. Lo anterior implica que pueden requerirse colocación de material de terraplén adicional de nivelación de la rasante y que se deba tener un control topográfico permanente durante el desarrollo de las obras.
- La zona de valle donde se construirá la variante es susceptible a la inundación por las condiciones impermeables del terreno, factor que se deberá tener en cuenta para la implementación de obras de drenaje en el terraplén a lo largo de todo el trazado.
- En caso de que se construya la variante, se debe tener especial precaución en el cruce a nivel sobre la Autopista Briceño - Tunja –Sogamoso , especialmente la concordancia entre las cotas de paso con respecto al nivel de rasante que tenga previsto el Concesionario de la Doble Calzada. La geomorfología de la zona de estudio indica la presencia de un valle rodeado de terrenos montañosos circundantes. El corredor de la variante

estaría localizado en su totalidad en la zona plana del valle, con una ancho de corredor de 24 m.

- La presentación de este estudio de alternativas, se enmarca dentro de estudios de Fase I de un proyecto, por lo cual, recomendamos que otro grupo de estudiantes continúe con los estudios de Fase II o factibilidad, y mejor aún llevar el Proyecto a Fase III Estudios y Diseños definitivos.

11 BIBLIOGRAFÍA

Esta Investigación. (s.f.). *1999*.

¿Cómo funcionan los trenes? (9 de 1 de 2014). Recuperado el 9 de 4 de 2015, de http://comofuncionanlostrenes.blogspot.com/2014/01/aparatos-de-via.html

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA - ANI. (14 de abril de 2013). *GENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA - ANI*. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de http://www.ani.gov.co/pregunta-frecuente/ferreo/cuando-se-considera-que-se-ha-invadido-el-corredor-ferreo-355

Álvares Mántaras, D., & Luque Rodriguez, P. (s.f.). *Ingeniería e Infraestructura de los Transportes - Ferrocarriles.* España: Universidad de Oviedo.

Arias Amézquita, P., & García Arango, P. A. (2005). *La Línea Férrea del Atlantico y su Programa de Rehabilitación en los Tamos de Facatativa (PK 40) – Villeta (PK 110) – La Dorada (PK 202) – Puerto Berrio (PK 328) – Cabañas (PK 361).* MANIZALES : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA .

Camara Colombiana de Infraestructura. (s.f.). *Seguimiento a Proyectos de Infraestructura.* Camara Colombiana de Infraestructura.

Carrasco Medina, J. (18 de 3 de 2016). *Diseño construccion y conservacion de vias ferreas*. Obtenido de Monografias.com: http://www.monografias.com/trabajos95/diseno-construccion-y-

conservacion-vias-ferreas/diseno-construccion-y-conservacion-vias-ferreas2.shtml

CIAF. (1997). Una nueva aproximación a la Clasificación Fisiográfica del Terreno.

CiberCuba. (s.f.). Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://lecturas.cibercuba.com/node/7

CÓDIGO COLOMIANO DE TRANSITO. (s.f.). *Ley 769 del 6 de agosto de 2002*.

Consorcio EPYPSA-ARDANUY. (2012). *Estudio para la elaboración del marco normativo férreo colombiano enfocado en factores técnicos de diseño, construcción, mantenimiento, operación, control y aspectos de seguridad.* Bogotá: Ministerio de Transporte.

del Canto Cereijo, M. (23 de octubre de 2009). *Slideshare*. Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://www.slideshare.net/miguel94/el-ferrocarril-2327436

Ediciones del Prado S.A. (s.f.). Recuperado el 9 de 4 de 2015, de http://www.todotren.com.ar/trenesturisticos/tecno01.htm

Empoduitama. (s.f.).

Espinal, T. S. (s.f.). ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DE COLOMBIA - Memoria explicativa sobre el mapa Ecológico.

Estrada Gómez, R. (s.f.). *ORIGENES DEL FERROCARRIL*. Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INTRODUCCION_HISTORICA(Origenes_del_ferrocarril).html

EURAILSCOUT. (s.f.). *EURAILSCOUT*. Recuperado el 9 de 4 de 2015, de http://www.eurailscout.com/el-cambio-de-via-la-parte-mas-sensible-del-sistema-ferroviario_es.html

García, A., Angelastro, E., & Sanabria, J. (8 de diciembre de 2008). *Historia y Evolucion del Ferrocarril*. Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://uneferrocarril.blogspot.com/2008/12/evolucion-el-primer-tren-o-ferrocarril.html

ICPC. (octubre de 2001). *Boletín Informativo ICPC*. Recuperado el 11 de septiembre de 2016, de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/I/icpcpublicaciones/transporteferreo.htm

IGAC. (1997). GTZ POT Tausa.

Instituto Nacional de Vias - INVIAS. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

LA OTRA OPINIÓN . (s.f.). Recuperado el 3 de marzo de 2014, de http://laotraopinion.net/medios-de-transporte/ferrocarriles-en-colombia/

López Lara, E. (s.f.). *Urbanismo y ferrocarril*. Recuperado el 12 de marzo de 2014, de http://titulaciongeografia-sevilla.es/web/contenidos/profesores/publicaciones/archivos/Urbanismoyferrocarril.pdf

López, C. (15 de marzo de 1997). *EL TIEMPO.COM*. Recuperado el 28 de febrero de 2014, de http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-555376

Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993--2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. (12 de junio de 2007). *El Transporte*. Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://carlosggtransporte.blogspot.com/2007/06/historia-del-ferrocarril.html

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FÉRREAS Y VARIANTES DE LA RED

FÉRREA NACIONAL. *TERMINOS DE REFERENCIA SECTOR INFRAESTRUCTURA*. Bogotá.

Ministerio de Ambiente, Vivienda,y Desarrollo Territorial. (diciembre de 2004). GUÍA DE GESTIÓN AMBIENTALSUBSECTOR FERREO. Colombia.

Ministerio de Medio Amabiente. (s.f.). *Tremarctos*. Recuperado el 26 de mayo de 2014, de http://www.tremarctoscolombia.org/pdf/MANUAL_TREMARCTOS_COLOMBIA.pdf

Ministerio de Transporte. (2013). *Manual de Normatividad Férrea Parte 1.* Ministerio de Transporte, Viceministerio de Infraestructura.

Oficina de Comunicaciones ANI. (1 de noviembre de 2013). *ANI*. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de http://www.ani.gov.co/article/ani-hace-entrega-formal-de-corredores-ferreos-bogota-belencito-y-la-dorada-chiriguana-nuevos

Pardo, C. (4 de diciembre de 2014). *Portafolio.co*. Recuperado el 22 de octubre de 2014, de http://www.portafolio.co/economia/britanicos-construyen-trenes-que-operaran-colombia

POT Duitama. (1999).

Ramirez, I. (11 de 1 de 2010). *Vías Ferreas*. Recuperado el 9 de 4 de 2015, de http://viasferreasirvinr.blogspot.com/2010/01/via-ferrea.html

Rincón Galvis, Francklyn Alfredo. (s.f.). *PROGRAMA DE GOBIERNO.* ALCALDIA DE DUITAMA, CUNDINAMARCA. Recuperado el 12 de marzo de 2014, de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/programa%20de%20gobierno%20duitama%2008%20-%2011.pdf

Torres Puentes, R. (s.f.). Proyecto de renovación urbana, paisajística y ambiental del corredor férreo del área urbana de Duitama.

Universidad Distrital. (s.f.). Plan de Manejo Ambiental de Territorio Jurisdicción de Corpoboyaca .

WIKIPEDIA. (s.f.). Recuperado el 12 de 3 de 2016, de WIKIPEDIA: https://es.wikipedia.org/wiki/Troncal_central_del_norte

ANEXO No. 1 – CARTOGRAFÍA IGAC

ANEXO No. 2 – HOYA HIDROGRÁFICA

ANEXO No. 3 – PRE DISEÑO GEOMÉTRICO

PLANO ALTERNATIVA No. 1

PLANO ALTERNATIVA No. 2

PLANO ALTERNATIVA No. 3

PLANO PLANTA GENERAL

PLANTA PERFIL ALTERNATIVA No. 1

PLANTA PERFIL ALTERNATIVA No. 2

PLANTA PERFIL ALTERNATIVA No. 3

PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES ALTERNATIVA No. 1

PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES ALTERNATIVA No. 2

PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES ALTERNATIVA No. 3

CANTIDADES DE MOVIMIENTOS DE TIERRA Y RELLENOS

ANEXO No. 4 – PRE DISEÑO ESTRUCTURAL

DISEÑO TIPO PUENTE DE 10 m DE LUZ

DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE

ANEXO No. 5 – EVALUACIÓN ECONÓMICA

FACTOR PRESTACIONAL

INSUMOS

LISTADO DE PRECIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO ALTERNATIVA No. 1

PRESUPUESTO ALTERNATIVA No. 2

PRESUPUESTO ALTERNATIVA No. 3

ANEXO No. 6 – PROGRAMACIÓN DE OBRA

PROGRAMACIÓN ALTERNATIVA No. 1

PROGRAMACIÓN ALTERNATIVA No. 2

PROGRAMACIÓN ALTERNATIVA No. 3

ANEXO No. 7 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

LÍNEA BASE

ESTRATEGIAS DE MANEJO AMBIENTAL

ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO