ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CORREDORES FÉRREOS

ET-06: DISEÑO GEOMÉTRICO FERROVIARIO Y VIAL

BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2025

Contenido

1 OBJETIVO 2
2 NORMATIVIDAD 2
2.1 DISEÑO DE VÍA FÉRREA. 3
2.2 DISEÑO VIAL 4
3 ALCANCE 4
3.1 DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA 4
3.2 DISEÑO DE FACTIBILIDAD 5
3.2.1 Diseño geométrico sistema férreo 5
3.2.2 Diseño geométrico del sistema vial 11
3.2.3 Definición de franjas de aislamiento o reserva 12
3.2.4 Movimiento de tierras 13
3.2.5 Drenaje 13
3.2.6 Estructuras 14
4 PRODUCTOS 15
4.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 15
4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 16
4.2.1 Diseño geométrico del sistema férreo 16
4.2.2 Diseño geométrico del sistema vial 20
4.2.3 Definición de franjas de aislamiento o reserva 22

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.
PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

1 OBJETIVO

El objetivo de este documento es definir las especificaciones para realizar a nivel de factibilidad el diseño geométrico del sistema férreo del Proyecto y el diseño geométrico de todos los componentes de infraestructura vial que se verán afectados o que tendrán interacción por la ejecución del Proyecto. Adicionalmente, con base en las soluciones de diseño implementadas justificar y definir las franjas de aislamiento o franjas de reserva requeridas para la debida inserción y/o operación de esta infraestructura.

Respecto al diseño geométrico férreo y vial se pretende determinar la configuración geométrica óptima y segura de todo tipo de infraestructura del Proyecto que se vaya a implantar, línea férrea, estaciones de pasajeros, ramales operativos. centros de transferencia de carga, patios y talleres, pasos a nivel y desnivel de la infraestructura vial y vías vehiculares que tienen interferencia o afectación con la construcción del corredor férreo, asegurando una óptima integración e interoperabilidad entre estos componentes del Proyecto y de estos con otra infraestructura férrea y vial ya construida.

En cuanto la interacción de la infraestructura de la línea férrea del Proyecto con las vía actuales y proyectadas, se deberá hacer un análisis integrado entre el componente vial y férreo para justificar la solución a adoptar en cada cruce, minimizando los costos y los impactos de carácter constructivo, predial, urbanístico, de redes, social, operacional, ambiental, entre otros). Para tal fin se debe articular el alcance de este entregable con los alcances previstos en el **ET02-Estudios de Movilidad y el ET17-Operación y mantenimiento**. A partir de una metodología de evaluación propuesta por el Consultor y de referencias de normatividad férrea internacional se deberá definir y justificar el cruce férreo a adoptar en cada intersección, el tipo de paso a nivel a implementar y las obras de requeridas para la adecuación o construcción de nueva infraestructura vial.

2 NORMATIVIDAD

Para la elaboración de los diseños de factibilidad se deben utilizar todas las normas vigentes de aplicación, tanto nacional como internacional, instrucciones, recomendaciones y pliegos oficiales vigentes en la República de Colombia, así como la normativa local en materia urbanística y medioambiental y las directrices vigentes sobre la ordenación y contenido de los proyectos, así como las instrucciones que dicte el Revisor Técnico o Interventor cuando no existan otras referencias sobre el tema. El seguimiento de la normatividad es solo una guía general y no exime al Consultor de la responsabilidad legal que tiene sobre la calidad de los estudios y diseños, por lo que debe profundizar, ampliar y cubrir todo aspecto técnico no contenido en ella.

2.1 DISEÑO DE VÍA FÉRREA.

Dado que se trata de un proyecto férreo con requerimientos de movilización de servicio de carga y pasajeros, que pueden tener distintas normas aplicables, el consultor deberá, en función de las condiciones del corredor férreo objeto de estudio y del alcance y características de las normas ferroviarias: norte americanas, normas europeas EN, las fichas UIC, así como otras normas internacionales y nacionales existentes, proponer en forma justificada y mediante el uso de una evaluación multicriterio, las normas para el Diseño Geométrico Ferroviario, en donde primen los estándares de seguridad, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad para la operación, tanto para los servicios de transporte de carga como de pasajeros.

Algunas normas que deben considerarse dentro de la evaluación multicriterio son las versiones más recientes de las siguientes normas:

- UIC 703 R, Características de trazado de vías recorridas por trenes de pasajeros rápidos.
- EN 13803-1, Aplicaciones ferroviarias. Vía. Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Anchos de vía de 1 435 mm y mayores. Parte 1: Plena vía.
- EN 13803-2, Aplicaciones ferroviarias. Vía. Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Anchos de vía de 1 435 mm y mayores. Parte 2: Aparatos de vía y situaciones comparables de proyecto del trazado con variaciones bruscas de curvatura.
- AREMA - American Railway Engineering and Maintenance of Way (2010). Manual for Railway Engineering. Maryland.
- Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2009). Manual de Drenaje para Carreteras.
- National Fire Protection Association – NFPA (2023). NFPA 130 - Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.Otras normas relacionadas que estén vigentes en el momento de la ejecución del objeto contractual.
- Se debe tomar como guía las categorías y parámetros definidos en la "ORDEN de 2 de agosto de 2001 por la que se desarrolla el artículo 235 del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, en materia de supresión y protección de pasos a nivel." de España y las Norma ADIF de Pasos a Nivel (NAPN 6-0-2.0).

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.
PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

2.2 DISEÑO VIAL

En cuanto al diseño vial se debe diseñar conforme al siguiente listado de normas:

- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS 2008, o vigente.
- A policy on Geometric Design of Highways and Streets – AASHTO 2018 7th Edition o versión vigente. Para los casos en donde no exista referencia en el manual del INVIAS.
- Manual de Señalización Vial – Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. Resolución 1885 de 2015. Ministerio de Transporte.
- Planes de ordenamiento territorial o equivalente de los municipio o entidades territorial donde se construirá la infraestructura vial.
- Otras normas relacionadas que estén vigentes en el momento de la ejecución del objeto contractual.

3 ALCANCE

3.1 DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA

El Consultor recopilará y analizará, previo al inicio de las actividades de diseño objeto del presente Contrato, los diferen xtes estudios y diseños de la disciplina realizados para el proyecto o sobre proyectos similares en el corredor, así como los estudios, diseños o estado de construcción actual de otros proyectos de transporte férreo o vial o de otro tipo de infraestructura que puedan tener influencia o interacción con el Proyecto.

Adicionalmente deberá realizar un diagnóstico del estado actual y de la localización de los corredores férreos de la red nacional que se encuentre en el área de influencia del Proyecto y que podrán ser susceptible de ser usados para implantación de este.

Entre la información a recopilar y analizar se encuentran este listado mínimo y no exhaustivo:

- Proyectos viales en desarrollo o priorizados en la zona de influencia del Proyecto.
- ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, A NIVEL DE INGENIERÍA BÁSICA AVANZADA (FACTIBILIDAD) DEL CORREDOR FÉRREO COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE LA DORADA EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS Y CHIRIGUANÁ EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR, CON SUS RESPECTIVOS RAMALES, Consorcio Gómez Cajiao – Setec (2021-2024) – Financiera de Desarrollo Nacional.
- Estudios diseños de otros proyectos férreos urbanos o interurbanos que se estén desarrollando en la zona de influencia del corredor del Proyecto.

- Información disponible de corredores férreos existentes de la red férrea nacional.

Así mismo para la realización los diseños geométricos serán insumos necesarios a tener en cuenta, entre otros, los siguientes componentes de los estudios y diseños de factibilidad del Proyecto:

- Levantamiento topográfico y de infraestructura existente (ET-05 Topografía)
- Estudio de movilidad vehicular y peatonal (ET 02- Estudio de movilidad vehicular y peatonal)
- Cotas de inundación y niveles de aguas máximas extraordinarias del estudio de hidrología, dependiendo del tipo de infraestructura (ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos)
- Requerimientos a nivel de infraestructura que requiere el material rodante (ET-12 Material rodante)
- Requerimientos de implantación de estaciones y centro de transferencia de carga (ET-13 Centro intermodales)
- Requerimientos de sistemas ferroviarios: aparatos de vías y sistemas seguridad (ET-15 Vía férrea y ET-10 Sistemas ferroviarios)
- Localización de redes de servicios públicos. (ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos)
- Presencia de estructuras especiales, tales como puentes y canales. (ET-09 Estructuras).
- Identificación de las condiciones y los planes operacionales (ET-17 Operación y mantenimiento), teniendo en cuenta los siguientes aspectos: zonas de maniobras (cambiavías), cruces semaforizados, movimientos que se permitirán.
- Consideraciones de ruido y vibraciones por la operación del Material Rodante (ET 04 -Estudios ambientales y sociales)

3.2 DISEÑO DE FACTIBILIDAD

3.2.1 Diseño geométrico sistema férreo

3.2.1.1 Diseño general

El diseño del trazado debe incluir, entre otros aspectos, los siguientes:

- Definición completa del trazado del eje de la línea, incluido los ramales que se proyecten para conectar infraestructura férrea del Proyecto con otras líneas férreas.

- Ubicación de accesos, estaciones, patios, talleres, centros logísticos y centros de transferencia.
- Ubicación de salidas de emergencia (donde proceda).
- Esquema de vías principales y secundarias, y situación de los diferentes aparatos de vía.

3.2.1.2 Desarrollo del diseño geométrico férreo

3.2.1.2.1 Consideraciones técnicas

Partiendo del diseño geométrico elaborado en la fase de prefactibilidad y los diferentes estudios previos, el Consultor realizará una proyección del trazado considerando aquellos ajustes que a su juicio estime más convenientes de acuerdo con la buena práctica y el estado del arte de la ingeniería ferroviaria, teniendo presente las necesidades del Proyecto y la optimización de las condiciones de explotación y de las labores de mantenimiento.

Teniendo como premisa lo explicado anteriormente, a continuación, se mencionan las principales conceptos e hipótesis de diseño geométrico establecidas para el Proyecto.

Gálibo nominal o estático (GS)

El gálibo estático es la línea geométrica teórica que envuelve al material en un plano transversal cuando aquel está parado y vacío en una vía horizontal y en alineación recta.

Gálibo dinámico (GD)

El gálibo dinámico define la traza en planta del área barrida por el material móvil, teniendo en cuenta aspectos como la composición del material rodante, los juegos máximos funcionales, desgastes de rueda, aceleraciones dinámicas aplicadas en curva y su acción sobre la posición de las suspensiones y la caja.

Gálibo libre de obstáculos (GLO)

El gálibo libre de obstáculos es el gálibo exterior a partir del cual se deben implantar todos los obstáculos fijos (como estructuras, postes de señalización o de soporte de la línea aérea de contacto). Se define a partir del gálibo dinámico aumentado por unas láminas de aire.

Los parámetros de diseño geométrico proyectados en la etapa de prefactibilidad, buscan garantizar velocidades de diseño competitivas, así como seguridad y

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.
PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

confiabilidad del sistema férreo. En la siguiente tabla, se presentan los parámetros de diseño.

Tabla 1 – PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Parámetro	Valor			Referencia
Gálibo estructural (m)	Se debe definir y sustentar por el Consultor ante la ANI y al Ministerio de Transporte para su respectiva aprobación con base en exigencias de explotación de línea, parámetros del material rodante (carga y pasajeros) y de otros sistemas y equipos y en el potencial de interoperabilidad entre corredor futuros			
Trocha	Estándar – 1435 mm			
Velocidad de diseño (km/h)	Terreno plano y ondulado: mínimo 80 km/h	Terreno montaños o Entre 1.5 y 2.0%: mínimo 60 km/h		**La velocidad de diseño deberá ser, como mínimo, la indicada en función de la tipología de terreno, no obstante, en tramos con potencial de atracción de demanda de pasajeros y cuyos trazados cuenten con geometría adecuada, se fijarán límites de velocidad que se ajusten a una operación confiable y segura a partir de los parámetros geométricos sectorizados.**
Pendiente longitudinal máxima	Terreno plano y ondulado: Máximo 1.5%	Terreno montaños o Entre 1.5 y máximo 2.0%*	En puntos críticos singulares [1]: Mas de 2.0%*	
Pendiente longitudinal mínima	0,20%			Valor adaptado como criterio mínimo para drenaje longitudinal en línea
Peralte máximo (mm)	a definir y sustentar por el Consultor con base en exigencias de explotación de línea, parámetros del material rodante (carga y pasajeros)			
Máxima insuficiencia de peralte (mm)	El consultor deberá proponer y realizar la justificación de uso de cada uno de estos parámetros de diseño geométrico, en cumplimiento de las normatividades solicitadas y realizando una verificación de compatibilidad entre los listados u otros que sean exigidos en las especificaciones de otros componentes del Proyecto como la vía férrea o los distintos tipos de material rodante.			
Variación de peralte máxima (mm/m)				
Sobre aceleración (Variación de aceleración transversal no compensada con respecto al tiempo) máxima (m/s3)				
Aceleración transversal no compensada (m/s2)				

Parámetro	Valor	Referencia
Radio mínimo en planta (m)		
Longitud de espiral mínima (m)		
Máxima diferencia algebraica de pendientes sin curva vertical		
Radio mínimo de curva vertical (m)		
Longitud mínima de arco circular y entretangencia horizontal (m)		
Aceleración vertical máxima (m/s^2)		

**El diseño geométrico del proyecto deberá realizarse con una pendiente longitudinal de hasta 1.5% en todo tipo de terrenos. No obstante, se permitirá que el consultor utilice una pendiente de diseño de entre 1.5% y máximo 2.0% en terrenos montañosos si la complejidad de la topografía en la zona del estudio no permite el cumplimiento del parámetro inicial o el diseño genera una afectación significativa sobre zonas urbanas o infraestructura ya construida, o si se requieren implementar infraestructuras complejas siempre que la seguridad y la eficiencia de la operación no se comprometan.*

Adicionalmente, sobre los denominados puntos críticos singulares, el consultor podrá plantear un diseño excepcional con una pendiente superior al 2.0%, el cual deberá sustentarse detalladamente considerando limitaciones operativas derivadas de la pérdida de adherencia entre ruedas y rieles, así como los riesgos de sobrecalentamiento o desgaste prematuro de los subsistemas de tracción, especialmente bajo condiciones de alta carga o fricción reducida.

En este sentido, cualquier propuesta que implique superar la pendiente máxima recomendada del 2.0% deberá estar sustentada con un análisis que contemple, como mínimo, los siguientes aspectos:

i. Evaluación del impacto sobre la adherencia rueda–riel
ii. Análisis de los efectos en el esfuerzo tractivo continúo requerido.

[1] Los puntos críticos singulares se definen como sectores sobre el trazado ferroviario que en caso de diseñarse con parámetros excepcionales (gradientes mayores al 2%) permitan reducir el alcance y/o la inversión de obras de gran envergadura, especialmente túneles de gran extensión, viaductos y altas distancias de sobrerecorridos, con la condición de que la adopción del parámetro excepcional de gradiente aporte beneficios técnicos y financieros en capex y optimice los costos de operación, medido en un horizonte de entre 50 y 100 años, conforme a la vida útil de la infraestructura.

iii. *Identificación de riesgos asociados a sobreesfuerzos mecánicos que puedan comprometer la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de la operación ferroviaria*

iv. *Justificación técnica de la longitud máxima permitida con pendientes superiores al 2%, incorporando los factores anteriores.*

v. *Análisis de sensibilidad, en la que se evalúe la variabilidad de Capex y Opex en el impacto de la optimización de la especificación.*

En los casos que se identifique excepciones en algunos parámetros iniciales de diseño, el consultor lo informará a la interventoría y al contratante para que esta pueda analizar la aceptación de parámetros excepcionales a los aquí relacionados, con su correspondiente análisis de impacto en la seguridad, la operación y cualquier otro impacto generado o evitado, lo anterior desde una lógica de ingeniería de valor y buscando mejorar la viabilidad del Proyecto. En caso de generarse excepciones deberán ser aprobadas por interventoría y la entidad contratante.

El resultado del trazado del proyecto a diseñar, deberá surtir todas las etapas de revisión internas y ajustes a que haya lugar producto de la integración del diseño con todas las disciplinas y condicionamientos que surgieron a nivel geotécnico, hidrológico, afectaciones a servicios, material rodante, integración con otros modos de transporte, urbanismo, características de la infraestructura, componentes de la superestructura, instalaciones, integración con los planes de ordenamiento territorial, planes básicos de ordenamiento territorial o esquemas de ordenamiento territorial según sea el caso, y todas aquellas disciplinas desarrolladas en la etapa de factibilidad.

Las secciones transversales se establecerán teniendo en cuenta la trocha de diseño, las características del material rodante, las distancias mínimas a paramentos de edificaciones o infraestructura, la totalidad de instalaciones, así como las condiciones para el mantenimiento e inspección del tramo, entre otras, de manera coordinada con los condicionantes de tipo urbanístico que se puedan dar, su adaptabilidad y accesibilidad, así como las disponibilidades resultantes. Adicionalmente, se debe prever que a futuro la infraestructura podrá ser electrificada, independiente de la recomendación del consultor frente a la necesidad de electrificar la infraestructura en las condiciones actuales teniendo en consideración el tráfico resultante, la selección del material rodante y las características asociadas a la sostenibilidad ambiental.

En cuanto a otros proyectos férreos de pasajeros interurbanos o de carga que se proyecten ejecutar en los territorios y que potencialmente puedan usar parcialmente el corredor actual, el Proyecto deberá realizar análisis de integración con estos proyectos para incluir dentro de la infraestructura proyectada previsiones que permitan a futuro la integración de servicios o de estaciones de integración.

3.2.2 Diseño geométrico del sistema vial

El Consultor, a partir de información secundaria y primaria de los demás estudios del Proyecto, debe plantear la geometría en planta para la infraestructura vial afectada y la infraestructura vial nueva que se requiera por la implantación del corredor férreo tanto en el ámbito urbano como en el ámbito interurbano. Si existe más de una alternativa de trazado, se debe elaborar un diseño preliminar en planta y alzado para cada una de las alternativas. La alternativa más conveniente debe seleccionarse mediante una evaluación multicriterio de alternativas que considere al menos lo siguiente: la prioridad definida en la legislación colombiana para los corredores de transporte, las limitaciones de diseño geométrico de las líneas férreas y los corredores viales, el capex y opex, los costos asociados al conjunto de inversiones a realizarse para cada uno de los cruces, el volumen de tránsito de los corredores y la incidencia en velocidades de operación y tiempos de viaje.

El diseño geométrico vial a nivel de factibilidad debe contener al menos los siguientes aspectos:

- Criterios de diseño geométrico empleados
- Características del alineamiento horizontal y vertical
- Tipología de curvas horizontales (circular, compuesta, espiral)
- Radios de giro
- Pendientes
- Peraltes
- Longitud de transición
- Velocidad de diseño, evaluada en dos direcciones.
- Diseño de intersecciones
- Diseños de Intercambiadores
- Definición de estructuras de drenaje superficial de la vía y las estructuras de contención.
- Carriles de aceleración y desaceleración.
- Secciones transversales: anchos de calzada, franjas funcionales, secciones y volúmenes de corte y relleno, número de carriles y ancho de separadores, bordillos y bermas en los casos que se requieran.
- Señalización: vertical y horizontal
- Cruces regulados mediante pasos a nivel o semáforos

En coordinación con los análisis a realizar en ET-02 Estudios movilidad vehicular y peatonal, el diseño debe incluir un plan de circulación para el flujo peatonal y de bici usuarios que garantice adecuadas condiciones de accesibilidad universal,

movilidad y seguridad, para lo cual se debe definir la factibilidad de los cruces a nivel o la necesidad de puentes peatonales.

Para todas las intersecciones a nivel se debe definir el trazado de los cruces peatonales y de bicicletas de manera tal que, en lo posible, se eliminen los conflictos peatón – ciclousuario - vehículo y se garanticen pasos protegidos y la continuidad de los flujos peatonal y de ciclousuarios a través de la intersección.

Para los cruces a nivel de vías vehiculares con la vía férrea del Proyecto, deben diseñarse las modificaciones a las vías vehiculares extendiéndose en una longitud tal que permita un empalme adecuado con la infraestructura existente.

Para las intersecciones a desnivel, se debe definir toda la accesibilidad vehicular, peatonal y de ciclousuarios y su conexión con el sistema vial y peatonal existente.

- Se recomienda plantear las calzadas drenando hacia el borde externo sobre todo en inmediaciones de las estaciones.
- Se deben garantizar los accesos a los predios existentes que lo requieran.
- Garantizar el empalme con las bocacalles en forma particular para cada una.

Para la implantación de estaciones de carga y de pasajeros y los patios y talleres del Proyecto se debe asegurar conectividad y accesibilidad de estas instalaciones con la red vial urbana o interurbana. Por lo cual también deberán diseñarse tramos viales de acceso a estas instalaciones asegurando el acceso peatonal, vehicular (vehículos livianos y pesados) y de bici usuarios.

3.2.3 Definición de franjas de aislamiento o reserva

3.2.3.1 FRANJA DE AISLAMIENTO FERROVIARIA – FRANJA DE SEGURIDAD O PROTECCIÓN OBLIGATORIA.

El Consultor deberá determinar a partir de los parámetros técnicos asociados a la infraestructura y a la operación ferroviaria la franja de aislamiento mínimo que se debe asegurar a lo largo del corredor para la correcta operación de los servicios férreos, bajo consideraciones de seguridad y de minimización de impactos urbanos, entre otros aspectos. Entre los aspectos técnicos para tener en cuenta, el Consultor debe considerar el galibo dinámico y estructural, los pasos de vía para el desplazamiento del personal operativo y de mantenimiento de la red férrea, los límites de terraplén y/o corte (Chaflanes de la vía férrea), la infraestructura paralela a la plataforma de vía (vías de servicio, cunetas, estaciones, elementos del sistema de señalización y control, elementos del sistema de alimentación eléctrica, si aplica) y las velocidades de operación sectorizadas para una operación segura, confiable y eficiente, el costo de

adquisición predial, los tipos de material rodante y la generación de ruido y vibraciones, y el espacio para la instalación de elementos disipadores y mitigadores de ruido.

En situaciones en que no se puede asegurar la franja de aislamiento mínima para el corredor por consideraciones prediales o de prexistencia de infraestructura construida, se deberán justificar estas situaciones de excepción del aislamiento mínimo, siempre que no se genere una afectación en la operación de la línea férrea y que cumplan, como mínimo, con la previsión del Gálibo Dinámico.

En cuanto a otros componentes de infraestructura férrea, adicional a la línea férrea, como estaciones, patios, talleres o centros logísticos, también se deberán sustentar, si es requerido, la definición de franjas de aislamiento o distancias mínimas de aislamiento a edificaciones o zonas residenciales para asegurar una debida inserción de esta infraestructura.

3.2.3.2 Reservas viales

Para la infraestructura vial a construir para el Proyecto se deberá realizar el replanteo y proporcionar insumos para realizar la definición y el trámite de reservas viales, en caso de ser necesario por la normatividad de cada ente territorial.

3.2.4 Movimiento de tierras

Con base en los resultados de diseño geométrico férreo y vial e insumos del estudio geotécnico y de topografía, se determinarán:

- Estabilidad y características de los taludes en terraplén y desmonte si los hubiera.
- Cálculo de los volúmenes previstos de excavación y préstamo, señalando además sus posibles emplazamientos, dando los criterios para establecer los diagramas de compensación de tierras.
- Características de los diferentes materiales: para reutilización en la propia traza, para llenos procedentes de préstamo o de canteras. Prescripciones y recomendaciones para los trabajos del movimiento de tierras.

3.2.5 Drenaje

El conjunto de las obras tendrá previsto los correspondientes sistemas de drenaje longitudinal y transversal, tanto de la propia infraestructura diseñada y su evacuación a través de las redes existentes o proyectadas, como de las superficies afectadas por el Proyecto, de modo que no haya puntos de retención de agua que puedan derivar en desperfectos en las mismas.

Se justificarán debidamente los caudales adoptados y, en su caso, se calcularán las capacidades hidráulicas de cada una de las obras de drenaje necesarias, tanto en su estado definitivo de servicio como durante las fases de ejecución de los trabajos, para lo anterior se deben considerar los resultados de los estudios de hidrología e hidráulica, productos del Entregable 7 (ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos). Los puntos de acometida de los drenajes proyectados deben ser analizados con el fin de justificar su conveniencia. Si fuera el caso, se estudiarán los drenajes ya existentes justificando su conveniencia o bien su necesidad de mejora, así como las interrupciones que se produzcan en los mismos por las obras, tanto en su estado de ejecución como definitivo.

Los cálculos justificativos de cada una de las soluciones proyectadas se recogerán en el correspondiente anexo de la memoria.

Las obras de drenaje se incluirán sobre los planos de trazado, tanto en planta como en perfil longitudinal, añadiendo los que sean necesarios para plasmar correctamente la situación de todos los elementos de drenaje. También se proporcionarán planos de definición geométrica básica de cada uno de dichos elementos.

Este alcance deberá realizarse de forma coordinada con el alcance de especificaciones de Vía Férrea (ET-15) e Interferencias con redes y estudios hidrológicos (ET-07)

3.2.6 Estructuras

El Consultor estudiará y definirá a nivel de proyecto de factibilidad, suficiente para garantizar su implantación y constructividad, las diferentes obras que configuran el Proyecto, incluyendo explanaciones, estructuras, interferencias con otras obras, afectaciones a redes de servicios públicos y edificaciones colindantes, entre otros. Deben entenderse incluidas en este capítulo la identificación y descripción y viabilidad de las obras auxiliares necesarias para la realización de las obras principales, de manera que su posterior diseño de detalle y su ejecución no impidan la construcción del proyecto.

Se entiende dentro del alcance de esta entregable la implantación y armonizaciones espacial de estas estructuras con el corredor férreo, reconociendo que otros componentes del diseño de estas estructuras deberá desarrollarse en los capítulos técnicos específicos, como ET 02- Estudio de movilidad vehicular y peatonal, ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos, ET-13 Centro intermodales, ET-14 Patios y talleres, ET-09 Estructuras y ET-06 -Geotecnia, geología y geomorfología.

El Consultor incluirá en los planos de planta y perfil del trazado, la localización, dimensiones y tipo de las estructuras que hacen parte del Proyecto.

Para trazar el perfil longitudinal de la estructura de una vía vehicular sobre el corredor férreo es necesario asegurar un galibo vertical libre de obstáculos de 7 m, en casos excepcionales se estudiarán las justificaciones para proponer gálibos inferiores al establecido, siempre y cuando no incidan en la seguridad y demás condiciones operacionales.

Para trazar el perfil de estructuras vía férrea sobre una estructura vial, el trazado debe asegurar un nivel de 7.5 m sobre el nivel de calzadas vehiculares. Esta dimensión permite respetar un galibo libre bajo tablero de 5.5 m y tener una holgura para el espesor del tablero ferroviario (incluyendo los sistemas y plataforma de vía férrea). No obstante, esta cota de 7.5 m podrá ser optimizada en función de la elección final de las estructuras.

4 PRODUCTOS

En este capítulo se presentan los productos para el desarrollo del alcance de este documento. Estos productos constituyen el número mínimo de elementos a ser entregados, deben ser entregados en medio digital (se deben entregar los archivos crudos en el software en el que fue desarrollado el producto es decir software nativo, así como los archivos exportados al formato tradicional).

Adicionalmente, se debe entregar una base de datos georeferenciada y catalogada (en formatos .gdb o .dwg o similares de tipo SIG o CAD, según aplique). La base de datos debe contener la información de referencia usada y la información de diseño que se ha producido en el entregable, y debe estar construida en línea con las reglas codificación y estructura de la información definida en la *Especificación Técnica - Gestión del proyecto de estudios y diseños (ET-22)* y estar en concordancia con el Plan de Ejecución BIM a desarrollarse en la consultoría.

4.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

Como resultado de esta etapa de Debida Diligencia se deben incluir un informe técnico de análisis de la información secundaria recopilada en donde se indique como mínimo lo siguiente:

- Relación detallada de la información.
- Análisis de vigencia de la información.
- Análisis de relevancia de la información (importancia en el desarrollo del objeto contractual).
- Análisis de utilidad de la información (su uso dentro del desarrollo del objeto contractual).
- Análisis de la información por temática incluida en los diferentes documentos recopilados (similitud, diferencia y coherencia de la información recopilada por temática)
- Conclusiones relacionadas con la recopilación y el análisis de la información.

4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

El entregable deberá incluir, como mínimo, lo siguientes Informes:

4.2.1 Diseño geométrico del sistema férreo

El Consultor definirá a nivel de factibilidad las características geométricas del trazado desarrollado y los diferentes elementos complementarios, con base en los siguientes entregables:

- Informe de diseño que incluya de manera detallada y justificativa las alternativas de trazado estudiadas, incluida la finalmente seleccionada para el Proyecto, incluye el corredor principal y ramales operacionales o de conexión con otra infraestructura.
- En el informe de diseño incluir de manera detallada y justificativa cada una de las soluciones de pasos a desnivel con vías actuales o proyectadas de la red vial principal. Se debe sustentar la pertinencia desde el punto de vista económico, operativo, movilidad, urbanístico-espacial y de construcción cada solución adoptada. Además, incluir la evaluación multicriterio de alternativas que considere al menos lo siguiente: la prioridad definida en la legislación colombiana para los corredores de transporte, las limitaciones de diseño geométrico de las líneas férreas y los corredores viales, los costos asociados al conjunto de inversiones a realizarse en cada uno de los pasos a nivel, el volumen de tránsito de los corredores y la incidencia en velocidades de operación y tiempos de viaje.
- Parámetros de diseño y comprobación cumplimiento.

El estudio involucra la intervención sobre los predios que conforman cada una de las alternativas definidos para este estudio. Además, deberá establecer las características principales de las zonas afectadas dependiendo de su uso, poblaciones, etc., pre dimensionando los costos que pueden generarse con la afectación de los terrenos.

El Consultor deberá realizar la identificación de zonas potencialmente inestables, afectadas por la sismología y otros aspectos de amenaza sobre los corredores establecidos, que puedan condicionar el trazado de este y la utilización de obras especiales. Además, deberá realizar la conceptualización del proyecto, definiendo los criterios y objetivos a buscar, las características deseadas, los condicionantes propios del proyecto, las amenazas, la interacción con las otras especialidades tales como: geológico y geotécnico, estructuras, hidrológico e hidráulico, aspectos ambientales y de riesgos a nivel de factibilidad.

A partir del análisis geométrico y de las variables ya mencionadas anteriormente, el Consultor deberá entregar dentro del documento los siguientes alcances:

- Identificación de zonas potencialmente inestables: se deberá realizar la identificación de zonas potencialmente inestables sobre las alternativas, que puedan condicionar el trazado de estas y la utilización de obras especiales. Lo anterior se deberá realizar por medio de la interpretación de fotografías aéreas y cartografía existente con escala mínima de 1:500.
- Obras principales: se establecerán las obras principales de mayor impacto, (estaciones, patios operacionales, infraestructura de transferencia de cargas, puentes, túneles, taludes representativos y vías a cielo abierto), de los cuales se deberá definir su número, ubicación y longitud preliminar en cada una de las alternativas.
- Para análisis de alternativas de trazado sobre el corredor seleccionado, se consignarán sus características geométricas y demás que se consideren pertinentes, identificando ventajas y desventajas, zonas y poblaciones por las que cruza y características especiales que deban ser tenidas en cuenta por otras áreas del estudio. El análisis de cada corredor férreo deberá contener los siguientes elementos:
    - Velocidad de diseño preliminar.
    - Pendiente longitudinal.
    - Sección transversal (las alternativas deberán ser planteadas para una trocha estándar (1435 mm).
    - Longitud.
    - Aspectos topográficos (tipo de terreno, sectorización, pendiente, transversal, entre otros).
    - Aspectos geométricos (sectorización, radios mínimos, entre otros).
    - Obras principales de mayor impacto (estaciones, patios operacionales, infraestructura de transferencia de cargas, puentes, túneles, taludes representativos y vías a cielo abierto), de los cuales se deberá definir su número, ubicación y longitud preliminar en cada uno de los corredores de ruta estudiados.
    - Aspectos geológicos, geotécnicos e hidrológicos relevantes asociados con la estabilidad del trazado.
    - Zonas Inestables y/o puntos críticos.

El Consultor deberá elaborar y entregar los planos definitivos en formato "DWG" y en formato "PDF" con la firma del responsable para la vía del corredor principal y vías complementarias, los archivos en formato DWG deberán estar localizados en el sistema de referencia sistema único original nacional denominado CTM12 y deberán contener lo siguiente sin limitarse a ello:

- Ubicación geográfica del proyecto: se presentará un plano en donde se muestre la ubicación del proyecto respecto a la región y el contexto nacional y su respectivo archivo magnético en formato DWG o compatible, en Planchas de 1.0 X 0.7 m.

- Reducido del Proyecto: los planos en planta y perfil reducidos se presentarán a una escala diez veces mayor a la escala de los planos del corredor y debe contener:
  - Reducido de la planta:
    - Distribución de planchas de localización del proyecto con su respectiva numeración.
    - Abscisado.
    - Referencia detallada de las abscisas de iniciación y terminación del proyecto.
    - Localización con sus respectivos nombres de ríos y quebradas de importancia.
    - Orientación del proyecto, símbolo (norte- sur).
    - Esquema de la sección transversal típica.
  - Reducido del Perfil
    - Perfil longitudinal del terreno.
    - Pendientes del proyecto.
    - Abscisado.
    - Resumen de cantidades de obra.
- Planos de Corredores de Ruta: para cada uno de los corredores seleccionados, se presentarán planos en formato planta - perfil en archivo magnético en formato DWG o compatible:
  - Planta
    - Escala: de 1:500
    - Eje del proyecto rotulado
    - Sección transversal típica.
    - Cuadro de elementos
    - Banda de peralte
    - Puntos de inflexión
    - Escalas gráficas.
    - Localización de obras principales proyectadas puentes, túneles, alcantarillas y muros.
    - Zonas de inestabilidad geotécnica.
    - Nombres de los ríos y quebradas indicando el sentido de las aguas.
  - Perfil longitudinal
    - Escalas: H de 1:500 / V de 1:50
    - Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.
    - Proyecto de rasante con indicación de pendientes.
    - Localización de obras principales proyectadas puentes, viaductos, túneles, alcantarillas y muros.
    - Elementos de curvas verticales, pendientes, longitudes
    - Nombres de ríos y quebradas.
    - Muros de contención.
  - Secciones Transversales Típicas: se presentarán las secciones mixtas, en tangente o en curva, en cada plano deberá contener:
    - Ancho de trocha

- Tipología de riel
- Longitud de traviesa
- Ancho de banquina exterior
- Ancho total de plataforma balasto
- Espesor y talud de balasto
- Espesor y talud de subbalasto
- Espesor y talud de capa de forma
- Dimensiones de la cuneta
- Taludes empleados en corte y terraplén.
- Espacio predeterminado para la infraestructura de electrificación.
- Geometría sección en Túnel.
- Geometría sección en Puente o viaducto.

o Secciones Transversales: las Secciones Transversales del estudio, se deben presentar en archivo gráfico así:

- Escalas 1:200 H y 1:200V.
- Para escalas de corredor 1:500 las secciones se presentarán cada 10 metros.
- Adicional a las secciones presentadas de acuerdo con la escala del corredor, se deberán presentar secciones en puntos críticos y obras representativas tales como excavaciones y terraplenes de gran magnitud, sitios inestables, sitios de obras especiales.

Así mismo, el Consultor deberá elaborar y entregar las siguientes carteras:

- Cartera de alineamiento horizontal
- Cartera de alineamiento vertical
- Cartera de movimiento de tierras
- Cartera de coordenadas y cota del eje
- Listado de puentes y túneles

El Consultor deberá entregar los informes, planos y demás documentos requeridos para el cumplimiento del alcance del producto.

- El Consultor deberá definir las variables del componente de diseño geométrico para tener en cuenta en la evaluación multicriterio.
- Los planos además de presentar las convenciones propias del diseño presentado en planta y perfil deberán incluir las convenciones de toda la información referencia utilizada en el diseño, por mencionar algunas, resguardos indígenas, cuerpos de agua, estructuras existentes, vías primarias secundarias terciarias, parques naturales, entre otros. Se debe unificar estas convenciones con la de los planos de diseño geométrico de vías vehiculares. También es fundamental que se incluyan en los planos con un achurado los sectores donde el diseño geométrico hace uso la infraestructura férrea existente.

- Definición completa y características de los elementos y puntos singulares del trazado (en planta, y perfil), incluyendo en estos casos el diseño del eje de cada vía para asegurar su constructividad.
- Cálculo estimado del movimiento de tierras con listado de mediciones y de cantidades de materiales de subestructura de vía férrea, incluyendo volúmenes de materiales de excavación, préstamo (provenientes de materiales de excavación), llenos (provenientes de canteras) y disposición.
- Planta y alzado general de estructuras, incluyendo replanteo básico.
- Esquema de la red de drenaje y conexión a la red general urbana.
- Situación (en planta y perfil) de accesos y estaciones.
- Estimación de cantidades o índices para alternativas evaluadas que permitan establecer un comparativo entre estas.
- Esquema de vías y situación de los diferentes aparatos de vía con sus características.
- Análisis de la posible conexión con otras líneas futuras y con las cocheras y talleres necesarios para esta línea.
- Definición básica del trazado (planta y perfil) de las vías en talleres y cocheras y de centros logísticos, con el detalle suficiente para garantizar su funcionalidad, cumpliendo con la mismas escalas y frecuencias en secciones longitudinales, verticales y transversales definidas para la vía férrea principal.
- Conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta en la siguiente etapa del proyecto.

4.2.2 Diseño geométrico del sistema vial

El Consultor definirá a nivel de factibilidad las características geométricas de los trazados desarrollados y los diferentes elementos complementarios, para cada una de las intervenciones del sistema vial, con base en los siguiente entregables:

- Informe de Diseño Geométrico donde se incorpore un capítulo de atención al cumplimiento de especificaciones, normas de referencia, condiciones particulares de diseño para cada eje, localización, etc.
- Informe de topografía y localización para el diseño vial.
- Descripción de las alternativas de diseño geométrico que se plantean.
- Descripción de la metodología seguida para obtenerlas.
- Estimación de cantidades o índices para cada una de las alternativas evaluadas que permitan establecer un costo a nivel de factibilidad del componente.
- Informe de evaluación multicriterio de alternativas estudiadas que contenga: Criterios de evaluación, con respectiva justificación, para calificar las

alternativas y permitir su ponderación en la matriz multicriterio. La evaluación multicriterio de alternativas debe considerar al menos lo siguiente: la prioridad definida en la legislación colombiana para los corredores de transporte, las limitaciones de diseño geométrico de las líneas férreas y los corredores viales, los costos asociados al conjunto de inversiones a realizarse en cada una de las alternativas, el volumen de tránsito de los corredores y la incidencia en velocidades de operación y tiempos de viaje.

- Cuadro de parámetros de diseño para cada alternativa, tales como: radios, longitudes mínimas y máximas de espiral, longitud mínima de curva horizontal en espirales, entretangencias horizontales, pendientes mínimas y máximas en tangente vertical, longitudes mínimas y máximas en tangente vertical, longitud mínima y máxima de curva vertical, valores mínimos y máximos de K, entre otros.
- Criterios de diseño en donde se expongan los tratamientos dados a los casos especiales de diseño y/o que no se encuentren dentro de los manuales o guías de diseño.
- Planos de plantas generales en escala 1:2.500
- Planos en planta a escala 1:500 de las distintas alternativas de trazado evaluadas en el formato y en las condiciones que establezca la autoridad competente.
- Planos de diseño geométrico de la alternativa seleccionada en planta y perfil a nivel de factibilidad (planos plantas – perfil de los ejes principales de las vías en escala horizontal 1:500 y vertical 1:50, incluyendo bocacalles) que incluya:
  - Elementos de diseño (de la Planta y Perfil) para cada eje considerado
  - Elementos de Curva Horizontal
  - Elementos de Curva, Vertical, Cota roja y negra del eje
  - Elementos de drenaje
  - Nomenclatura vial
  - Curvas de Nivel de la Topografía existente,
  - Sección transversal Típica en donde se observe la estructura de pavimento recomendada
  - Cuadro de convenciones de los alineamientos (Ejes proyectados, bordes proyectados, bordes existentes, etc.)
- Planos de secciones transversales en escala 1:100, 1:150 o 1:200 cuya frecuencia sea de al menos 50 m y en los puntos de interés para el proyecto.
- Cálculo y memorias de cantidades de obra de volúmenes de cortes, rellenos, descapotes, cantidades de las estructuras de pavimento asociada al corredor según intervención, para la alternativa seleccionada a través de los resúmenes y carteras correspondientes generadas por el software de diseño.

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.
PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

- Cálculo y memorias de cantidades de obra de volúmenes de concreto, acero de refuerzo y demás materiales relevantes para las estructuras.
- Conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta en la siguiente etapa del proyecto.

4.2.3 Definición de franjas de aislamiento o reserva

Insumos requeridos para el trámite de reserva vial o franja de aislamiento ante la autoridad competente, en los casos que aplique (se debe incluir el trazado en planta con los respectivos bordes de vía, bordes de taludes, la demarcación preliminar y el eje principal de diseño).

- Distancias del eje respecto a edificaciones existentes y previstas, viales, cauces, conducciones y redes, etc.
- Documento justificativo que incluya los parámetros de diseño empleados y el sustento de las distancias de aislamiento o retiro asumidas con base criterios técnicos.