ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CORREDORES FÉRREOS

ET-15: SUPERESTRUCTURA DE VÍA FÉRREA

BOGOTÁ D. C., SEPTIEMBRE DE 2025

Contenido

1. OBJETIVO 3
2. GLOSARIO 3
3. NORMATIVA 3
4. INSUMOS 6
5. ALCANCE 7
5.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 8
5.1.1 DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE APROVECHAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÉRREA Y LA SUPERESTRUCTURA EXISTENTE 11
5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD 11
5.2.1 ANCHO DE VÍA 13
5.2.2 CONDICIONANTES DE INSERCIÓN 13
5.2.3 CONSIDERACIONES DE INTERSECCIÓN CON UNA INFRAESTRUCTURA: 13
5.2.4 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE LA VÍA FÉRREA 14
5.2.5 RUIDO Y VIBRACIONES 15
5.2.6 RIELES 16
5.2.7 APARATOS DE VÍA 17
5.2.8 OTROS ELEMENTOS DE LA VÍA 17
5.2.9 DRENAJE DE PLATAFORMA 17
6. PRODUCTOS 19
6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 19
6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 19

1. OBJETIVO

El objetivo de esta especificación se refiere al diseño de la superestructura de vía, así como de los Patios y Talleres.

El Consultor debe presentar las características funcionales de los diferentes sistemas de tendido de vía férrea.

2. GLOSARIO

AD: Aparatos de Dilatación
ADTR: Aparatos de Dilatación para Tercer Riel
ADV: Aparato de Vía o Cambiavías
ASTM: American Society for Testing and Materials - Sociedad Americana Para Pruebas y Materiales
BS: British Standards – Normas Británicas
CV: Cambiavias
DIN: Deutsches Institut für Normung - Instituto Alemán de Normalización
EMB: Empresa Metro de Bogotá
ISO: International Organization for Standardization - Organización internacional de normalización
IEC: International Electrotechnical Commission- Comisión Electrotécnica Internacional
IRS: Infrared Soldering - Soldadura por Infrarrojos
MR: Material Rodante
NF: Norma Francesa
PLMB: Primera Línea Metro de Bogotá
RAMS: Reliability Availability Mantainability Safety - Confiabilidad Disponibilidad Mantenibilidad Seguridad
UIC: Union International des Chemins de fer -Unión Internacional de los Ferrocarriles

3. NORMATIVA

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 garantizando la consistencia con las normas propuestas en el ET-06 Diseño Geométrico y ET-12 Material Rodante, y en consideración 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, deberá proponer en forma justificada y mediante el uso de una evaluación multicriterio, las normas para la Superestructura Férrea, 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.
Para la definición de las normas de Superestructura Férrea, se deben considerar 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.

En caso de conflicto entre las normas europeas EN, norteamericanas AREMA y FRA o las fichas UIC con las normas locales vigentes en Colombia, el Consultor debe informar al Revisor técnico con el fin de tomar las medidas que resulten necesarias.

Sin limitarse a estas, algunas normas particulares a considerar son:

- Manual for Railway Engineering AREMA 2021.
- AWPA (American Wood Preservers Associations) 2021.
- Standardization International Union of Railways – UIC 2019.
- Manual de Drenaje de Carreteras. Adoptado mediante Resolución 000024 de 2011 del Ministerio de Transporte.
- Manual of Standards and recommended practices de la Association of American Railroads – AAR 2022.
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2020.
- Normativa de la Railroad Administration de los Estados Unidos de Norteamérica.
- Reglas para operación férrea segura de FRA (Federal Railroad Administration TRACK AND RAIL AND INFRASTRUCTURE INTEGRITY COMPLIANCE MANUA 2018).
- EN 13674 - Aplicaciones ferroviarias. Vía – Rieles
- UIC 721 R - Recomendaciones para el empleo de diferentes tipos de aceros para rieles
- UIC 860 - Especificación técnica para el suministro de rieles
- UIC 861-2 - Perfiles unificados de rieles – Rieles agujas adaptados a

los perfiles de rieles UIC 54 y 60 kg/m

- EN 13232 Aplicaciones ferroviarias. Vía – Aparatos de vía
- EN 13674-2 Aplicaciones ferroviarias. Vía – Rieles. Parte 2: rieles para aparatos de vía utilizados con rieles Vignoles de masa superior o igual a 46 kg/m
- EN 13674-3 Aplicaciones ferroviarias – Vía – Riel – Contra riel
- EN 13230 Aplicaciones ferroviarias - Riel - Durmientes y soportes de concreto
- UIC 505-1 Equipo de transporte ferroviario - Galibo de construcción de material rodante
- UIC 505-4 Consecuencias de la aplicación de gálibos cinemáticos definidos por las fichas 505 sobre la instalación de los obstáculos en relación con las vías y las vías entre ellas
- EN 13231-1 Aplicaciones ferroviarias – Vía – Recepción de trabajos – Parte 1: trabajos de vía balastada – Vía corriente y aparatos de vía
- UIC 720 Tendido y mantenimiento de la vía en rieles largos soldados
- UIC 774-3 Interacción vía/obra – Recomendaciones para los cálculos
- UIC 712 Defectos de rieles
- UIC 714 Clasificación de vías de líneas desde el punto de vista del mantenimiento de la vía
- UIC 864-4 Especificaciones técnicas para el suministro de eclisas o de perfiles para eclisas en acero laminado
- UIC 864-5 Especificación técnica para el suministro de almohadillas a colocar debajo de los rieles
- UIC 864-8 O Perfiles laminados para el material de eclisas para rieles de 54 kg/m y 60 kg/m
- IEN 15427 Aplicaciones ferroviarias – Gestión de fricción rueda/riel – Lubrificación de las secciones de ruedas.

El Consultor deberá actualizar el listado de normas propuestas a la última versión vigente al momento del estudio de factibilidad.

El Consultor deberá respetar el conjunto de reglamentaciones colombianas, incluso aquellas que no se encuentren listadas en este documento, salvo que se indique lo contrario.

El Consultor podrá proponer estándares alternativos distintos a lo definido en una norma, siempre y cuando estos sean iguales o de mayor exigencia de calidad. En ese caso será responsabilidad del Consultor, gestionar ante el organismo que emitió la norma aplicable que se quiera reemplazar, un concepto

mediante el cual se garantice la equivalencia para la aplicación del estándar alternativo.

A partir de la experiencia del consultor, se deberán seleccionar los parámetros de las dos corrientes de normas (americanas y europeas) conforme a los servicios de transporte que tendrán lugar sobre la infraestructura ferroviaria y que dichos parámetros no generen conflictos y contradicciones técnicas indeseables.

Los componentes del sistema deben ser estandarizados.

4. INSUMOS

El Consultor recopilará y analizará, previo al inicio de las actividades de diseño objeto del presente Contrato, los diferentes estudios y diseños realizados para el proyecto o sobre proyectos similares en el corredor, especialmente aquellos que se encuentren en fase de prefactibilidad.

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

- Estudio de demanda, el cual brindará como insumo el producto de carga predominante para definir las cargas por eje máximas (ET03).
- Geotecnia y geología (ET-05 Geotecnia y Geología)
- Levantamiento topográfico y de infraestructura existente (ET-05 Topografía)
- Definición completa del trazado del eje de la línea, incluido los ramales que se proyecten para conectar infraestructura férrea del Proyecto o con otras líneas férreas (ET06- Diseño geométrico).
- Requerimientos a nivel de infraestructura que requiere el material rodante (ET 12 Material rodante). En este caso, el consultor deberá evaluar la eficiencia que puede aportar el material rodante tractivo frente a las diferentes cargas por eje. A mayor carga por eje, mayor potencia en las locomotoras y mayor esfuerzo tractivo disponible en el sistema ferroviario, aspecto que deberá considerarse en detalle con el fin de disminuir al máximo los costos operacionales.
- 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-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)

5. ALCANCE

El Consultor debe revisar, adaptar, aprovechar y completar la documentación preexistente relativa al diseño de la superestructura de vía obtenida y definida en el estudio de prefactibilidad del corredor. Para lo anterior, el consultor deberá tener en cuenta los parámetros establecidos en la especificación técnica ET-06 "Diseño Geométrico"

Así mismo el Consultor deberá tener en consideración los siguientes aspectos:

- Estudio de demanda, el cual brindará como insumo el producto de carga predominante para definir las cargas por eje máximas (ET03).

- Geotecnia y geología (ET-05 Geotecnia y Geología)

- Diseño geométrico del eje de la vía principal (eje de entrevías), incluidas zonas de maniobras y las vías de patios y talleres con sus conexiones a la línea y a otros corredores (ET-06- Diseño Geométrico)
- Parámetros geométricos en planta y alzado. (ET-06- Diseño Geométrico)
- Características del material rodante que afectan al diseño de la superestructura. (ET-12 Material Rodante)
- Requerimientos de otros sistemas ferroviarios relacionados: electrificación, sistemas de señalización y control de trenes, entre otros. (ET-10 Sistemas Ferroviarios)

- Estudio operacional que define el esquema de la línea y necesidades de ubicación de aparatos de vía. (Especificación Técnica ET-17 Operación y mantenimiento
  Requerimientos ambientales en cuanto a las necesidades de mitigación de ruido y vibraciones. (ET-04- Estudios ambientales y sociales)

- Previsión estratégica que contemple la futura electrificación del corredor ferroviario, aun si las condiciones actuales no son propicias para hacer uso de la tracción eléctrica. Lo anterior tiene como propósito que el diseño de la superestructura considere lo requerido para que las intervenciones futuras que permitan electrificar no impacten (o impacten mínimamente) la infraestructura y la operación.

Cuando resulte aplicable al corredor férreo, deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Estrategia a largo plazo respecto a la carga por eje: El consultor tendrá en cuenta todos los criterios definidos en esta sección para recomendar la carga por eje que se fijará en el diseño definitivo y la construcción del corredor ferroviario objeto de estudio, no obstante, en caso de que el resultado arroje una carga por eje de nivel medio (entre 24 y 28 ton por eje) el consultor deberá plantear un análisis en el que se pueda comparar en términos de Capex y Opex la recomendación inicial frente a la posibilidad de definir una carga por eje de nivel alto (Mayor a 30 ton por eje). El análisis deberá incorporar la capacidad neta de carga de la configuración de trenes que resulte de poder contar con mayor disponibilidad de esfuerzo tractivo, el impacto en la operación y la disminución de costos operacionales que se identifiquen como resultado de incremento en la eficiencia. El análisis realizado por el consultor deberá ser presentado ante la ANI y el Ministerio de transporte para su respectiva aprobación.

5.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

Se deben revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad relacionados en el numeral 4 de este documento y otros que el Comité Técnico considere relevantes para el desarrollo de la estructuración, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y, en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha que tengan aplicabilidad.

Para el efecto deberá realizar:

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores. El Consultor recibirá los estudios realizados a la fecha, y debe revisar y analizar los mismos, dado que éstos serán los insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance del Consultor. En especial los mencionados en sección 3 de este documento.

- Durante este proceso, el Consultor debe revisar y analizar el nivel de desarrollo de los estudios realizados de cara a la estructuración del proyecto.

- Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

El Consultor deberá realizar el diagnóstico de la infraestructura ferroviaria existente en los tramos en que el trazado definido para el proyecto coincide con vías existentes, con el fin de identificar las intervenciones necesarias sobre el corredor. Tendrá a su disposición un inventario general indicativo suministrado por la ANI que describe el estado, a nivel básico de los siguientes elementos de vía y subsistemas del corredor existente:

- Traviesas
- Balasto
- Rieles
- Sujeciones
- Obras de arte
- Plataforma de vía
- Cruces
- Puntos inestables o críticos del corredor
- Puentes
- Estaciones
- Estaciones de cruce
- Muros, taludes y otras obras de contención

A continuación, se describen las actividades generales del Diagnóstico que debe realizar el Consultor, sobre los tramos existentes del corredor que coinciden con el trazado definido en la etapa de prefactibilidad, sin limitarse a ellas:

1. Medir y evaluar la calidad actual de la vía a partir de la inspección detallada de todos sus elementos.

2. Realizar, entre otros, inspecciones visuales, pruebas de laboratorio y de campo, para identificar ausencia de elementos de vía, calidad y estado

del balasto, capacidad hidráulica de las obras de arte, capacidad portante de la plataforma y sub-balasto, cruces a nivel, mediciones de alta precisión para identificar el ancho de vía, la nivelación y la alineación y el estado estructural y capacidad portante de los puentes, entre otros que se requieran para el diseño de la rehabilitación del corredor y la estructuración de una operación segura, confiable y eficiente.

3. El Consultor deberá diagnosticar la calidad actual de la vía férrea en todos sus componentes con fundamento en recomendaciones técnicas y normativas internacionales que permitan identificarla utilidad de los elementos y su potencial uso ó reciclaje

A continuación, se presenta el procedimiento que debe seguir el Consultor para la elaboración del diagnóstico de la vía que permita conocer el estado actual y calidad del corredor objeto del estudio:

4. Identificar la capacidad portante actual del corredor en términos de carga por eje. El consultor tendrá en cuenta todos los criterios definidos en esta sección para recomendar la carga por eje que se fijará en el diseño definitivo y la construcción del corredor ferroviario objeto de estudio, no obstante, en caso de que el resultado arroje una carga por eje de nivel medio (entre 24 y 28 ton por eje) el consultor deberá plantear un análisis en el que se pueda comparar en términos de Capex y Opex la recomendación inicial frente a la posibilidad de definir una carga por eje de nivel alto (Mayor a 30 ton por eje). El análisis deberá incorporar la capacidad neta de carga de la configuración de trenes que resulte de poder contar con mayor disponibilidad de esfuerzo tractivo, el impacto en la operación y la disminución de costos operacionales que se identifiquen como resultado de incremento en la eficiencia. El análisis realizado por el consultor deberá ser presentado ante la ANI y el Ministerio de transporte para su respectiva aprobación. En este análisis es indispensable incluir los requerimientos de los puentes para garantizar la capacidad por eje a lo largo del corredor y establecer los gálibos dinámicos requeridos por el material móvil y los vehículos de mantenimiento.

5. Realizar el diagnóstico de la infraestructura y superestructura existente y proponer las intervenciones que se requieran para garantizar una capacidad portante recomendada por el consultor.

6. Definir los niveles de servicio mínimos por segmentos de operación, definiendo la mejor clasificación de la vía, para cada uno, dependiendo

de los resultados de la etapa de diagnóstico conforme a la clasificación de vía férrea. Los segmentos de operación deberán definirse de acuerdo con la posibilidad de operarlos en condiciones homogéneas de velocidad tanto para carga como para pasajeros

7. Analizar y presentar el informe sobre las necesidades de cambio de rieles a lo largo del corredor existente de acuerdo con el informe del estado levantado en la visita de campo realizada por el Consultor. Debe presentar las propuestas en función de optimización de costos y de compatibilidad con la infraestructura y superestructura actual en el corredor.

8. Analizar la funcionalidad de las sujeciones existentes y proponer el tipo de sujeciones para completar la instalación total en el corredor a partir del análisis de las propiedades de otros tipos de sujeciones en el mercado. Adicionalmente, debe proponer la utilización de materiales que desincentiven la vandalización de los elementos del corredor en todos los componentes de la infraestructura y la superestructura.

5.1.1 Diagnóstico y Análisis de Aprovechamiento de la Infraestructura Férrea y la Superestructura Existente

El Consultor debe hacer un diagnóstico detallado de todos los componentes de la infraestructura y la superestructura existente en el corredor de estudio. De acuerdo con las necesidades del corredor identificadas preliminarmente en cuanto a operación, las cifras de mercado, las mejores prácticas de ingeniería y la necesidad de garantizar una operación segura y confiable, el Consultor debe determinar cuáles elementos de la superestructura y de la infraestructura pueden ser utilizados, conforme se define en la especificación técnica ET-21 Aprovechamiento de la infraestructura existente

5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD

A partir de los diseños del Proyecto, la implementación de la construcción y puesta en operación del mismo se ejecutará en etapas o tramos que pueden adelantarse de manera simultánea, paralela o separada dependiendo de las condiciones de financiación y esquema de ejecución que se defina; para el efecto, el Consultor adelantará las tareas y actividades establecidas en los presentes Términos de Condiciones Contractuales y sus respectivos anexos, y analizará la posibilidad de acometer la construcción y puesta en servicio de la

misma mediante diferentes etapas si es el caso. En el desarrollo de la factibilidad debe tenerse en cuenta:

- El estado del arte en los diferentes componentes tecnológicos incluidos en el sistema ferroviario a implementar. Con el fin de tener presente en el desarrollo de los diseños las restricciones presupuestales del proyecto, el Consultor debe acompañar permanentemente sus análisis, planteamientos básicos y soluciones de diseño, de un análisis económico, que permita evaluar su impacto en el CAPEX y OPEX del proyecto, con el fin de que la interventoría pueda aprobar o rechazar estas definiciones técnicas. Este análisis de presupuesto de las alternativas de optimización debe discriminarse por componentes y/o actividades, con el propósito que facilite la toma de decisiones por parte del cliente

- Los criterios generales del diseño de la vía deben garantizar la seguridad de la circulación, la eficiencia en el transporte de carga, el confort de los pasajeros y la fiabilidad de las instalaciones ferroviarias.

Se consideran componentes principales de la superestructura de vía los siguientes elementos:

- apoyo de la vía (balasto, placa, durmientes o plinto),
- traviesas,
- fijaciones,
- rieles y
- aparatos de vía.

Los siguientes apartados describen los ítems que habrá que definir para el diseño de la superestructura de la línea, incluyendo las zonas de maniobras y los patios y talleres.

Los criterios generales del diseño de la vía deben garantizar la seguridad de la circulación, el confort de los pasajeros y la fiabilidad de las instalaciones.

El objetivo principal del diseño de la superestructura de la vía férrea es el de absorber las presiones verticales y horizontales, que se generan por la circulación de tráfico ferroviario y la carga que se transporta, de manera tal que sean transmitidas al subsuelo eficientemente sin causarle sobreesfuerzo tanto a la plataforma como a los mismos componentes de la superestructura y que esto permita articular eficientemente las futuras condiciones de circulación del sistema férreo con la urbanización, las actividades colindantes, la circulación viaria, los niveles de prioridad, la seguridad; es decir, asegurar que las

funcionalidades necesarias para la circulación del sistema férreo con un máximo nivel de convivencia con el resto de los usuarios, se traducen en el urbanismo propuesto con coherencia y de manera que sea bien reconocido e interpretado por todos los usuarios.

5.2.1 Ancho de vía

El Consultor debe realizar el diseño de factibilidad con un ancho de vía correspondiente al internacional de 1.435 mm.

5.2.2 Condicionantes de inserción

Tanto para la inserción en planta como en perfil el Consultor debe realizarse un proceso iterativo con el fin de encontrar la mejor opción de inserción urbana en términos de calidad y unas condiciones óptimas de trazado de vías que favorezcan la explotación de la línea. Para la inserción en planta, debe realizarse entre la inserción urbana y el trazado de las vías y para la inserción en perfil, entre el trazado en alzado de la vía, la nivelación de los cruces viarios y los condicionantes en alzado de las estructuras externas y la línea catenaria. Las especificaciones Técnicas para el diseño geométrico de la vía férrea se determinan en el ET-06: Diseño geométrico vial y férreo.

5.2.3 Consideraciones de intersección con una infraestructura:

- Paso inferior bajo una estructura: El Consultor debe tener en cuenta en su análisis, como mínimo los siguientes posibles condicionantes técnicos:
    - Adaptación del trazado en alzado de la plataforma para respetar el galibo vertical mínimo.
    - Valores máximos de pendientes y rampas.
    - Presencia de cruces viarios a nivel con la plataforma a proximidad del paso inferior

- Paso Superior sobre una estructura: El Consultor debe tener en cuenta en su análisis, como mínimo los siguientes posibles condicionantes técnicos:
    - Adaptación del trazado en alzado de la plataforma para respetar la altimetría del tablero de la estructura.
    - Valores máximos de pendientes y rampas
    - Estudio de interfaz riel/rueda para identificar si es necesaria la instalación de aparatos de dilatación en entrada y salida de la

estructura.

- Interfaz de drenaje de la plataforma por la estructura.
- Obras hidráulicas: En los sectores interurbanos pueden existir cuencas hidrográficas que atraviesen la plataforma. En esos casos es necesario realizar un estudio hidrológico que incluya el debido estudio de inundación para determinar la necesidad de introducir estructuras bajo la plataforma, de acuerdo con lo establecido en la especificación técnica ET-7 Interferencias con redes y estudios hidrológicos e hidráulicos.

5.2.4 Soluciones constructivas de la vía férrea

El Consultor debe analizar distintas soluciones constructivas en función de la ubicación de la vía que finalmente este defina (tramos elevados, subterráneos, a nivel, en fosos) proponiendo, mediante un análisis multicriterio, la solución más adecuada. Así mismo se debe tener en cuenta en el diseño la compatibilidad con el sistema de alimentación eléctrica que se defina. [1]

En conjunto con el proyecto urbano a lo largo del corredor férreo, se deben diseñar las medidas que permitan controlar y confinar las raíces de los árboles, para no afectar la superestructura de la vía férrea.

El sistema propuesto y todos sus elementos deben responder a las altas exigencias del tráfico proyectado y cumplir con los requisitos de durabilidad, menor mantenimiento, menor transmisión de ruidos y vibraciones, entre otros requisitos técnicos.

La elección del tipo de sistema de tendido de vía debe responder a las exigencias siguientes:

- Optimizar los costos de inversión y de mantenimiento.
- Asegurar el confort del pasajero y de los residentes por donde transcurre la línea.
- Favorecer un desarrollo sostenible.
- La plataforma debe adaptarse a su vez a las exigencias de la inserción urbana, integrarse en su entorno y permitir la creación de un paisaje urbano de calidad. Del mismo modo, la plataforma debe también responder a las exigencias del material móvil, asegurando unas condiciones óptimas de circulación, de confort y de seguridad.

[1] *La electrificación de la vía deberá ser objeto de análisis en los estudios de factibilidad, para que el diseño de la subestructura y la superestructura tenga en cuenta una posible electrificación a futuro.*

Entre otras, las soluciones mínimas a analizar por parte del Consultor serán las siguientes:

- Vía en balasto (recomendación de la prefactibilidad)
- Vía en placa sobre bloques elásticos
- Vía en placa con fijación directa
- Vía en placa con traviesas embebidas
- Vía en placa con riel embebido
- Vía embebida en losa de hormigón
- Vía embebida en material elástico tipo resina

Para el efecto el Consultor debe considerar que el trazado de la vía férrea discurre por zonas urbanas e interurbanas que presentan condiciones y retos diferentes:

- En zona urbana: Se caracteriza por la necesidad de asegurar un flujo transversal, tanto de vehículos como de peatones, sobre la plataforma de la vía férrea.

- En zona interurbana: La densidad de cruces a nivel con las carreteras es inferior a la densidad en zonas urbanas y no es necesario asegurar una continuidad transversal con la trama urbana colindante. Se necesita un revestimiento constante a lo largo de la línea.

El alcance del Consultor comprende el análisis detallado de las características del entorno local por donde discurrirá la línea férrea y, con base en ello, definir el tipo de plataforma y elementos que la componen, tanto para la línea como para el patio taller. En caso de ser una combinación de sistemas, debe evaluar las implicaciones en cuanto a CAPEX y OPEX y las rutinas de mantenimiento necesarias.

5.2.5 Ruido y vibraciones

El diseño de la superestructura debe garantizar los límites de vibración y ruido como resultado del paso del sistema férreo, para lo cual el Consultor debe realizar los estudios de ruido y vibraciones necesarios conforme a la normativa de aplicación vigente y al(los) sistema(s) que finalmente se seleccione(n) para la superestructura a lo largo de la línea y patio taller. En este sentido se deben identificar los sectores sensibles que requieran medidas concretas para su

reducción, bajo las consideraciones establecidas en la ET04 - Estudios ambientales y sociales

Como parte de este estudio el Consultor definirá los métodos de atenuación del ruido y las vibraciones y las zonas donde se implementarán las medidas, tales como:

- Atenuación de vibraciones: Se debe estudiar la distancia de los rieles a las edificaciones colindantes, prestando especial cuidado a los hospitales, centros de salud, colegios, equipamientos culturales, iglesias a lo largo del corredor, o edificaciones más cercanas (vivienda y comercio), con el fin de determinar las medidas de atenuación necesarias. En este sentido se deben proponer soluciones tales como: uso de mantas de material elastomérico en el contorno de la plataforma del sistema férreo (losa flotante + manta) que permita atenuaciones de ruidos y vibraciones mayores a 20 dB.

- Atenuación de ruidos: Se deben estudiar las medidas tales como el uso de enchaquetados mediante espuma antivibratoria de los rieles, que además de proteger al carril de manera que representa un impedimento a la alteración medioambiental (corrosión) ejercen el efecto amortiguador de sonidos por el contacto rueda-carril.

5.2.6 Rieles

En una vía, el riel constituye el elemento sustentador del material rodante, actuando como dispositivo para su guiado. Cualquier irregularidad en el plano de rodadura provoca esfuerzos dinámicos adicionales creando defectos geométricos que se traducen en un mayor mantenimiento.

El Consultor determinará el tipo de riel y se realizará el debido análisis de la interfaz rueda vs riel, para determinar los diferentes componentes como la dureza, la resistencia a tracción, entre otros.

El tipo de riel propuesto debe adecuarse a las necesidades de las zonas por donde discurren las líneas de sistema férreo, considerando que la línea férrea atraviesa zonas urbanas e interurbanas. Este análisis debe tener en cuenta la compatibilidad del riel propuesto con el resto de la red ferroviaria y el material rodante existente, así como las definiciones de carga por eje y demás consideraciones a tener en cuenta.

5.2.7 Aparatos de vía

Los aparatos de uso cotidiano se recomiendan que tengan el mayor radio posible, así como la mínima tangente, de esta forma se desgastará menos y podrán tener un ciclo de vida más largo. De la misma manera, permiten una mejor inserción del material móvil, y por lo tanto provocan menos esfuerzos sobre las cajas de los trenes. Por otro lado, para evitar el desgaste acelerado de los cruzamientos es recomendable privilegiar los cruzamientos rectos a los curvos.

Los aparatos de vía serán motorizados y deben cumplir los requisitos RAMS de fiabilidad y disponibilidad definidos en la ET-11 RAMS

El revestimiento previsto para la plataforma en una zona donde hay un aparato de vía debe ser de tipo mineral (hormigón). El revestimiento vegetal se debe evitar en estas zonas por razones de facilidad de mantenimiento de los elementos del aparato de vía.

Los aparatos de vía deben instalarse fuera de cruces viarios a nivel de plataforma del sistema férreo con el fin de evitar daños en las partes móviles del aparato debido a la circulación de vehículos.

5.2.8 Otros elementos de la vía

Se definirán y especificarán el resto de los elementos que se requieran para la definición completa de la superestructura de vía como las fijaciones, contraríeles, parachoques (dispositivos de fin de vía) y toperas, o lubricadores.

El Consultor debe realizar un estudio, a nivel de prefactibilidad, de la interacción vía / estructura (IRS), para determinar el número y la posición de los aparatos de dilatación requeridos en la línea principal y patio.

5.2.9 Drenaje de plataforma

El drenaje de la plataforma del sistema férreo es un factor importante en la durabilidad de la plataforma y de sus revestimientos; por lo tanto, el Consultor debe diseñar el sistema de la recogida y la evacuación de las aguas de escorrentía sobre el perímetro de la plataforma.

El Consultor debe desarrollar un estudio de drenaje longitudinal y transversal que justifique debidamente los caudales de lluvia y calcule las capacidades hidráulicas de cada una de las obras de drenaje necesarias a lo largo de la

plataforma del sistema férreo. Asimismo, se deben analizar los puntos de descarga de los drenajes proyectados tanto en obra como en fase de servicio. Igualmente, la altura, la posición y las características de la plataforma del sistema férreo dependerá de la estrategia que se adopte frente al riesgo de inundaciones.

El Consultor debe elaborar y entregar la memoria de cálculo de los caudales adoptados y 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.

Los diseños de las obras de drenaje se deben presentar 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 deben entregar planos de definición geométrica básica de cada uno de dichos elementos, en concordancia con lo exigido en la ET-22 Gestión del proyecto de estudios y diseños.

El sistema de drenaje de la plataforma del sistema férreo se debe diseñar de forma que, salvo en casos excepcionales, le llegue agua procedente del exterior. Para ello se debe prever una serie de arquetas y colectores que recogerán esta agua y la llevarán a un punto de desagüe que deben estar autorizados por las entidades ambientales competentes.

El trazado en alzado de la plataforma de vía debe favorecer la conducción del agua de escorrentía hacia los diferentes dispositivos de recuperación de agua (tipo canaletas de drenaje). Estos dispositivos deben ser suficientemente grandes como para asegurar un acceso cómodo durante las tareas de mantenimiento de estos.

Del mismo modo, todos los aparatos de vía, así como las arquetas dentro del perímetro de la plataforma y las galerías de acceso a la multitubular situadas en puntos bajos del trazado en alzado deben ser drenados.

El Consultor debe estudiar un sistema de drenaje permeable y natural que permita la convivencia del sistema férreo y la arborización existente y proyectada, para responder a la premisa de conservar la mayor cantidad de especies posibles.

El dimensionamiento del sistema de drenaje se hará teniendo en cuenta una lluvia con un periodo de retorno que se determinará siguiendo los lineamientos

indicados en la especificación técnica "ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos e hidráulicos". Este criterio debe ser previamente acordado con el Interventor, partiendo de las recomendaciones del Consultor y considerando las regulaciones que en este tipo de aspectos se dispongan por las autoridades ambientales y municipales en cada caso, e igualmente considerando criterios de costo y vida útil de las estructuras y, claro está, de la seguridad y estabilidad de la plataforma del sistema férreo.

El consultor debe presentar las recomendaciones sobre las intervenciones de mejoramiento sobre los suelos de la plataforma de vía, así como sobre el dimensionamiento de las capas de superestructura, las cuales dependen en gran medida de las exploraciones geotécnicas que se hacen sobre el terreno natural y de las condiciones previamente estudiadas en la prefactibilidad.

6. PRODUCTOS

6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

Como resultado de esta etapa el Consultor debe presentar, como parte del entregable de "Debida Diligencia de la Información", un informe detallado resultante de la recopilación y análisis de la información secundaria, en el que consolide los principales hallazgos y conclusiones respecto a la aplicación que esa información tendrá como insumo para la diagnóstico y elaboración de los diseños de factibilidad de este componente, considerando su validez, pertinencia y vigencia.

6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

El Consultor presentará para aprobación el nivel de detalle requerido para cubrir la totalidad de las características generales de la superestructura y de sus componentes, según la presente especificación técnica.

Dentro del entregable Superestructura de Vía Férrea, se deben incluir como mínimo los siguientes productos:

- Memoria descriptiva y justificativa de los sistemas de vía a emplear y de sus componentes.
- Memorias de cálculo por medio de las cuales se seleccionan las capas de la superestructura a partir de la calidad del suelo natural y la carga por eje máxima identificada, conforme a la normativa seleccionada como resultado de una exigencia más robusta.
- Esquemas de vía.

- Planos de planta y perfil de las distintas vías, a escala H 1:500 / V 1:50.
- Memorias de cálculo y planos con sistema de drenaje, incluyendo:
  - Memoria de cálculo de los caudales adoptados y 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.
  - Presentación de las obras de drenaje en 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, incluyendo planos de definición geométrica básica de cada uno de dichos elementos.
- Soluciones para mitigación de ruido y vibraciones y definición de sitios donde se implementarán (línea y patio-taller)
- Secciones tipo de vía (línea y patio-taller)
- Planos tipo de los distintos componentes.
- Características de los materiales y equipos que deben instalarse, con el propósito de determinar las condiciones y parámetros que se deben utilizar.

Consideraciones generales sobre la entrega de la información

- Los planos, imágenes y demás soportes gráficos del proyecto deben entregarse de manera consolidada, es decir, incluyendo las áreas levantadas por la consultoría, otros levantamientos existentes en el área de influencia (que se consideren útiles) y las complementarias levantadas por el Consultor.
- No se permitirán archivos DWG con coordenadas arbitrarias.
- Todos los entregables deben encontrarse debidamente marcados y rotulados según lo definido para el proyecto.
- Los planos se deben incorporar al modelo BIM del proyecto (ver Especificación Técnica correspondiente)

Adicionalmente, se debe entregar una base de datos georeferenciada y catalogada (en formato .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.