ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CORREDORES FÉRREOS

ET-12: MATERIAL RODANTE

BOGOTÁ D. C., SEPTIEMBRE DE 2025

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.

PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

Contenido

1 OBJETIVO 2
2 NORMATIVIDAD 2
3 INSUMOS NECESARIOS 3
4 ALCANCE 4
4.1 DEBIDA DILIGENCIA 4
4.2 FACTIBILIDAD 4
4.2.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL 4
4.2.2 Alimentación de Energía Eléctrica 6
4.2.3 Sistemas de señalización y comunicación 7
4.2.4 Condiciones ambientales 7
4.2.5 Definición de los Trenes Tipo 8
4.2.6 Composición de los trenes 8
4.2.7 Aceleraciones y desaceleraciones 10
4.2.8 Velocidades 11
4.2.9 Exigencias del servicio en averías 11
4.2.10 Modos de operación 11
4.2.11 Descripción técnica 12
5 PRODUCTOS 25
5.1 DEBIDA DILIGENCIA 25
5.2 FACTIBILIDAD: MATERIAL RODANTE 25

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 objeto del presente documento consiste en definir los parámetros, las especificaciones funcionales y operacionales, al igual que los requerimientos técnicos mínimos, que el Consultor debe considerar para la elaboración de los diseños de factibilidad del Material Rodante del Proyecto, siguiendo los niveles de calidad y prestaciones establecidas en las presentes especificaciones.

En este sentido, como resultado de la factibilidad, el Consultor debe desarrollar las especificaciones técnicas que recojan aquella información que permita a los fabricantes, realizar sus ofertas y además, les permita presentar soluciones alternativas posiblemente más favorables, tales como el ofrecimiento de tipología de material rodante en construcción para otros proyectos similares, lo que reduciría para el proponente del Proyecto costos de ingeniería de diseño y costos de montaje y puesta en marcha del tren de producción o cadena de ensamble.

El Consultor debe revisar, adaptar y complementar la documentación existente relativa al diseño del Material Rodante tractivo, remolcado y de mantenimiento tanto para el servicio de transporte de pasajeros como de carga, según los análisis y resultados de los estudios de factibilidad, así como los Apéndices Técnicos definidos para el Proyecto.

Las especificaciones del material rodante del proyecto de carga y pasajeros deberán ser estructuradas con el objetivo de asegurar una virtual interoperabilidad futura de servicios con la red férrea nacional. Para tal fin el consultor deberá definir una solución o alternativas de solución de un sistema de señalización adaptable y escalable que se pueda integrar con los sistemas de esos tramos. Lo anterior implica que los trenes sean diseñados con equipos embarcados y sistemas de control y protección que permitan la operación en esos tramos, así implique una duplicidad de equipos. Estas propuestas de interoperabilidad se deberán evaluar en conjunto con las definiciones de los sistemas de señalización y control de trenes y de vía férrea (ver ET-10 y ET-15).

Con el producto de diseño así obtenido, se espera que un concesionario en una etapa posterior pueda desarrollar la ingeniería de detalle, la fabricación, pruebas y puesta en operación del material rodante.

2 NORMATIVIDAD

La principal normativa a aplicar es la siguiente:

- Organización Internacional de Normalización (ISO);
- Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC);
- Normas Francesas (NF);
- Normas Alemanas (DIN);
- Normas Europeas (EN);

- RFC
- ANSI. American National Standards Institute;
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC);
- Asociación Norteamericana de Ferrocarril (AAR);
- Manual de Normatividad Férrea del Ministerio de Transporte – Colombia.

El Consultor indicará todas las normas a exigir al proveedor o fabricante de los equipos, aplicable a las diferentes componentes de los vehículos de carga y pasajeros. El Consultor deberá revisar, adaptar y completar la documentación existente relativa al material rodante, obtenida durante el proceso de prefactibilidad del Proyecto.

Para la definición de las normas a exigir al proveedor o fabricante de los equipos, el Consultor deberá tener en consideración la definición de las normas de Diseño Geométrico de la vía férrea, según lo establecido en el ET-06 Diseño Geométrico, garantizando la consistencia entre normas y el cumplimiento de estándares de seguridad, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad para la operación, tanto para los servicios de transporte de carga como de pasajeros.

Para el material rodante de carga es imprescindible cumplir:

- AAR S-623 para Perfiles y Diámetros de Rodadura
- AAR M-208 para Material de Ruedas de Fundición
- AAR – Standards and Recommended Practices Sections C, D, E, H, I.

3 INSUMOS NECESARIOS

Para el diseño a nivel de factibilidad del Material Rodante, se deben tener en cuenta entre otros los siguientes documentos:

- Componentes de los Estudios y diseños de factibilidad y estructuración del Proyecto:
  - Estudio de demanda y logística (ET-01)
  - Diseño geométrico férreo y vial (ET-06)
  - Estructuras (ET-09)
  - Sistemas ferroviarios (ET-10)
  - Centros intermodales (ET-13)
  - Patios y talleres (ET-14)
  - Vía férrea (ET-15)
  - Túneles (ET-16)
  - Operación y mantenimiento (ET-17)

- Referencias y bibliografía de material rodante de otros sistemas ferroviarios nacionales e internacionales en estructuración a nivel de factibilidad, en construcción o en operación.

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

En cualquier caso, estos documentos deben ser considerados como referencia, no limitándose los estudios y diseños a realizar lo reflejado o comentado en los mismos.

4 ALCANCE

4.1 DEBIDA DILIGENCIA

El Consultor debe revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad relacionados en el numeral 3 de este documento y otros que consideren relevantes para el desarrollo de los estudios de factibilidad y de la estructuración, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha. Para el efecto el Consultor debe realizar:

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores los cuales son insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance de la Consultoría.
- 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.

4.2 FACTIBILIDAD

4.2.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

4.2.1.1 Gálibos y perfil longitudinal

El Consultor debe considerar para los diferentes tipos de vehículos que operarán en el Proyecto, entre ellos: locomotoras, plataformas, vagones tolva, vagones cisterna, vagones carro-caja, vehículos de pasajeros con cabina y sin cabina, y equipos dedicados al mantenimiento de la infraestructura de la vía férrea, los parámetros que intervienen en la definición del gálibo, en especial los siguientes:

- Distancia entre pivotes,
- Empate de bogíes,
- Desplazamiento lateral primario,
- Desgaste lateral pestaña + juego rueda riel + desgaste lateral del riel,
- Desgaste radial de la rueda,
- Desplazamiento vertical ascendente y descendente de las suspensiones primaria y secundaria,
- Coeficiente de balanceo,

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

- Altura centro de balanceo,

Así mismo, debe considerar los parámetros de la vía férrea que inciden en la definición del gálibo, como son:

- Radios de curva mínimo (en estaciones, línea, túneles, puentes, patio y centros logísticos),
- Peralte máximo,
- Tolerancia de vía,
- Desgaste lateral y vertical del riel,

El Consultor debe considerar como premisa, los parámetros de diseño geométrico del corredor, contenidos o desarrollados en el alcance de la ET-06-Diseño geométrico

Para determinar el gálibo máximo en recta y en las distintas curvas del recorrido de la línea. Se tendrán especialmente en cuenta las siguientes consideraciones:

- La consistencia con las normas a exigir al proveedor o fabricante de los equipos y con las normas de Diseño Geométrico de la vía férrea, según lo establecido en el ET-06 Diseño Geométrico, garantizando el cumplimiento de estándares de seguridad, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad para la operación, tanto para los servicios de transporte de carga como de pasajeros.
- Mínimo coeficiente de adherencia
- Que ningún elemento, a excepción de la pestaña de las ruedas, descienda por debajo del plano de rodadura, al pasar por un radio vertical de un valor a determinar cuándo se tengan más datos de la línea
- Los desplazamientos dinámicos hacia arriba ocasionados por el máximo recorrido ascendente de las suspensiones
- El balanceo debido a una insuficiencia o exceso de peralte
- El desgaste radial de las ruedas

A efectos de cálculo, en ningún caso la pendiente será superior al 1.5 %.

4.2.1.2 Característica de la vía

Los parámetros que definirán las características de la vía son:

- Radio mínimo de curva
- Radio mínimo de curva en vía general
- Rampa máxima
- Peralte máximo considerado
- Altura nominal de los andenes de las estaciones de pasajeros o de las terminales de carga, sobre el nivel de los rieles

- Conicidad de los rieles
- Dureza de los rieles

Estos datos se deducirán de los datos de gálibo y perfil longitudinal.

4.2.2 Alimentación de Energía Eléctrica

Este numeral aplica, en el caso de que los motores de los trenes sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria.

Para la definición de la tipología de tracción de los trenes, el consultor debe realizar un Estudio de evaluación costo/beneficio de las diferentes alternativas de tipología de motores y tracción de los trenes, entre ellas, de: motores diésel de última generación (Euro V o Euro VI O su equivalente en la normativa ambiental norteamericana EPA IV), motores diésel-eléctrico, motores de hidrógeno y motores eléctricos. De igual forma, en el caso en que la propuesta de electrificación del corredor sea parcial, el consultor analizará la conveniencia de definir una tracción tipo electro – diésel que permita a las unidades tractivas operar de manera hibrida dependiendo de si la infraestructura esta electrificada o no. Esta evaluación de alternativas debe realizarse mediante una matriz multicriterio que involucre al menos los siguientes aspectos para cada alternativa:

- Costo de Capex de la infraestructura
- Costo de Capex de equipos y sistemas
- Costo de Opex de la infraestructura
- Costos de Opex de equipos y sistemas
- Reducción en la emisión de contaminantes a la atmosfera
- Efectos sobre la salubridad de la población (morbilidad y mortalidad)

El resultado del Estudio de evaluación costo/beneficio de las alternativas de motores y de tracción de los trenes, será presentado para aprobación a la Revisoría Técnica o Interventoría, y para definición de la alternativa por parte de la ANI.

En el caso de que los sistemas de tracción de los trenes sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria, los circuitos de alimentación del suministro de energía de subcentrales distintas estarán interconectados, a efectos de reducir las caídas de tensión y favorecer la recuperación de energía. El suministro de energía se realizará por medio del sistema de alimentación eléctrica definido en el estudio de factibilidad del proyecto. La tensión de alimentación será propuesta por el Consultor, de acuerdo con estudio y recomendación que se haga como parte de los estudios de factibilidad.

El voltaje nominal del sistema de alimentación tracción debe ser propuesto por el Consultor de acuerdo con los estudios que realice y cumplir con las tensiones de las redes de tracción indicadas en la norma EN 50163. (Tensiones máxima, máxima excepcional, mínima y mínima excepcional).

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.

PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

Cuando la tensión sea inferior o superior a los mínimos y máximos establecidos, debe bloquearse el circuito de tracción y actuar las protecciones en el equipo eléctrico.

4.2.3 Sistemas de señalización y comunicación

El equipo embarcado de señalización y comunicaciones debe ser compatible con los equipos de suelo y deben permitir la conducción semiautomática y manual.

Se deben considerar los siguientes modos de conducción:

- Semiautomática: con el cual se supervisa el desplazamiento seguro de los trenes, regulando entre otras las siguientes funciones: la velocidad de circulación, el no sobrepaso del tren a circuitos o cantones de vía (fijos o móviles) que estén ocupados o restringidos, verificando la condición de salud del conductor mediante el botón de hombre muerto, impedir que un tren rebase las agujas de cambiavías en posición incorrecta. Estas funciones se cumplen mediante señales en el tablero de mando de los trenes, alarmas acústicas y visuales en caso de infringir regulaciones operacionales y mediante la parada automática del tren cuando no se han acatado las señales y alarmas internas y/o externas al tren.
- Manual desde la consola del Tren: utilizado para los movimientos cuando el modo de conducción normal, semiautomático, no esté disponible (falla del sistema o incidente exterior).

En el interior de los trenes se deberán implementar las funciones de radiocomunicaciones de voz y datos con el conductor del tren, de información al pasajero (opcional), de la megafonía y el sistema de video vigilancia (opcional).

4.2.4 Condiciones ambientales

Los vehículos, así como sus elementos unitarios, estarán proyectados para soportar temperaturas extremas de + 45ºC a -15ºC, pero deben tenerse en cuenta temperaturas más altas que puedan alcanzarse en interiores de locomotoras, cajas de tren y aparatos para las que deben estar preparados los equipos.

Las variaciones entre las temperaturas máxima y mínima pueden ser bruscas (caso de salida de tramo en túnel a intemperie), por lo que los equipos y material estarán diseñados para no verse afectados por esta contingencia. El diseño debe contemplar la incorporación de los elementos necesarios para la conducción en intemperie, como pueden ser: limpiaparabrisas, antivaho, parasol, bloqueo de la renovación de aire, etc.

Dado que el estacionamiento de las unidades puede ser realizado a la intemperie, debe tenerse en cuenta que se verán afectadas por los diferentes fenómenos atmosféricos, considerándose que la humedad relativa ambiente puede llegar al 95%.

Deberá tenerse en cuenta que la contaminación atmosférica será la de los diferentes tramos o zonas del Proyecto.

4.2.5 Definición de los Trenes Tipo

El Consultor con la información de los estudios de demanda y mercado, debe estimar los trenes tipo de carga y pasajeros, como punto de partida para las valoraciones de las necesidades de infraestructura para los diseños a nivel de factibilidad. La definición de los trenes tipo debe partir entre otras, del análisis de demanda, capacidad portante del corredor, seguridad en la operación, y todas las variables que sean relevantes en este corredor y en los corredores operativos con los que va a conectar, de forma que se pueda verificar que la longitud del tren sea adecuada para los apartaderos existentes y proyectados en los otros corredores y que las cargas por eje no superen la capacidad en Tn/eje de los otros corredores.

Para los trenes de carga se deben considerar los tipos de carga a transportarse, las tipologías de vehículos necesarias, la configuración de los trenes y la potencia requerida para la tracción de los trenes, de lo cual depende el número y características de las locomotoras a definirse para los trenes de carga tipo.

4.2.6 Composición de los trenes

Para el transporte de pasajeros, la composición de los trenes debe adaptarse al modelo de operación definido para el Proyecto y a la demanda en hora pico por sentido. Igualmente debe permitirse la posibilidad de circular trenes "cortos" en horas valle de acuerdo con una composición que se adapte a tal fin.

Para el transporte de carga, y a partir del modelo operacional, el Consultor debe identificar el material rodante tractivo y remolcado necesario para llevar a cabo el proyecto. El Consultor deberá incluir como variable para la definición del material rodante, tanto para la operación comercial como para el mantenimiento, la existencia en el mercado y el tiempo de respuesta ante la posible adquisición. Tal como se indicó en el modelo operacional, se requiere que para identificar las unidades de material rodante y configurar el o los trenes tipo del proyecto, se requiere identificar el tipo de mercancías que se va a transportar, principalmente para clasificar el material rodante remolcado. El Consultor debe proponer la gradualidad de la adquisición del material rodante en función de las cargas proyectadas. Deberá presentar una metodología aplicable para definir el momento de adquirir material rodante a partir de la evaluación de la carga, la operación y las inversiones requeridas.

Para la selección de las diferentes clases y tipos de material rodante que requiere la naturaleza del proyecto, el Consultor debe considerar en sus requisitos básicos los siguientes factores:

- La clase y tipo de vehículo en función de su objetivo inmediato dentro del proyecto, definiendo parámetros tales como modo de tracción, trocha, capacidad, velocidad de operación, etc.
- La interrelación del vehículo con los otros subsistemas de la red ferroviaria a la que se va a incorporar, estableciendo su relación con la superestructura de la vía, la alimentación eléctrica (en caso de que los trenes sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria), el sistema de señalización y control de trenes, los sistemas de comunicaciones y las modalidades de la operación ferroviaria.

El Consultor debe elaborar un cuadro comparativo de costos de material rodante tractivo y remolcado según opciones existentes en el mercado en donde se relacione la capacidad de arrastre, costos de inversión (CAPEX) y de mantenimiento (OPEX), requerimientos de infraestructura, entre otras características relevantes como punto de referencia.

Adicionalmente, el Consultor debe generar un programa de inversión de adquisición de equipo que incluya entre otros el tiempo de procura y alistamiento de estos.

Para la configuración de trenes, el Consultor deberá elegir la longitud máxima (máximo número de vagones) y tipología de los vehículos de carga, con base en diversos aspectos como la localización y la capacidad de la producción de la carga a movilizarse por el corredor férreo, el tipo de carga, la tracción disponible en el material rodante tractivo, las secciones de vía disponibles y requeridas en patios, centros logísticos, apartaderos y estaciones. Todos los análisis de la configuración de trenes deberán presentarse en función de la demanda de carga del corredor en diferentes horizontes de tiempo.

Así mismo, se deberá tener en cuenta si el trazado del proyecto cruza carreteras (de segundo grado) a nivel, así como áreas pobladas para verificar con las autoridades en materia de tránsito, la disponibilidad de tiempo autorizado para el paso de trenes por dichas áreas. La disponibilidad de tiempo para el cruce por estas zonas limita la longitud máxima de la composición del tren.

El Consultor realizará la composición del tren usando la información de la carga a movilizar para identificar el tipo y el número de vagones requeridos y con base en lo anterior calculará el peso total del tren (incluyendo peso del material tractivo) para determinar la potencia necesaria (Clase y numero de locomotoras) con la que se podrá movilizar el tren teniendo en cuenta el diagrama de pendientes del alineamiento.

El Consultor deberá tener en cuenta también los siguientes aspectos que inciden en la composición de trenes:

- Sistema de Frenado
- Eficiencia de los frenos
- Prueba de frenado

- Potencia nominal y efectiva de las locomotoras
- Tracción concentrada y repartida
- Acoples

4.2.7 Aceleraciones y desaceleraciones

Como parámetros del proyecto se tomarán los siguientes valores:

a. Aceleraciones a efectos de dimensionamiento

En recta y horizontal, con la tensión mínima de alimentación (en caso de que los motores de tracción sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria) y los coches motores de la composición funcionando correctamente, la aceleración de un tren debe ser, con independencia de la carga, de 1,2 m/sg2 para trenes de pasajeros y de 1 m/sg2 para trenes de carga. Ésta se mantendrá como mínimo, con carga máxima, hasta 40 km/h. El paso de tren detenido hasta la velocidad máxima se realizará de tal forma que la variación de aceleración (jerk máximo) no supere 0,9 m/seg3, incluyendo el tirón en el arranque, cambios de aceleración y paso a deriva.

b. Desaceleraciones a efectos de dimensionamiento

En recta y horizontal, en cualquier estado de carga y con todos los coches del tren funcionando correctamente, se conseguirá el mantenimiento del esfuerzo de freno con una desaceleración de 1,0 m/sg2 con una tolerancia de 0,1 m/sg2.

La desaceleración de urgencia será de 1,3 m/sg2 para trenes de pasajeros y de 1,6 m/sg2 para trenes de carga.

c. Aceleraciones y desaceleraciones en servicio

La aceleración en el arranque será regulable en el taller entre los valores 0,8 y 1,2 m/sg2 en régimen instantáneo hasta el final del desarrollo con un margen de 0,05 m/sg2 en cada punto de regulación.

Las desaceleraciones máximas son: de 1,3 m/sg2 para trenes de pasajeros y de 2 m/sg2 para trenes de carga, con la tolerancia de 0,1 m/sg2, serán aplicables hasta estos valores por el conductor, en función de la posición del manipulador de mando. Para trenes de pasajeros el jerk máximo en el proceso de frenado, al principio del mismo, en variaciones de desaceleración y tirón de parada será de 0,9 m/sg3.

Las aceleraciones y desaceleraciones citadas serán uniformes e independientes de la carga y perfil de la línea y, en ningún caso, se tendrán en cuenta para obtenerlas el empleo de areneros o similares.

En curva, la velocidad limite se determinará de forma que, con los peraltes máximos indicados, los trenes estén sometidos como máximo a una fuerza centrífuga residual de aceleración máxima de 1 m/sg2, sin embargo, el material

debe poder circular en estas circunstancias a una velocidad superior en un 25% a la velocidad límite, sin que se vean afectados los distintos elementos del coche.

4.2.8 Velocidades

Considerando las características geométricas del trazado y el plan operativo, se definen velocidades de circulación para los diferentes tramos del corredor, incluyendo velocidades máximas que deben ser respetadas y reguladas con el sistema de señalización y control de trenes, sin embargo, todos los subsistemas y elementos de fabricación de los trenes y los materiales de la vía férrea deben estar previstos para poder soportar, sin deterioro o envejecimiento prematuro, velocidades de 90 km/h a 160 Km/h con carga máxima. La velocidad comercial debe ser lo más alta posible, para propender por la mayor efectividad en cuanto a asignación de surcos y capacidad de carga y transporte de pasajeros del corredor.

4.2.9 Exigencias del servicio en averías

Un tren con el 50% de su motorización averiada debe cumplir con la siguiente condición técnica, arrancando en la máxima pendiente y curva y con la carga máxima:

- Para trenes de pasajeros poder llegar hasta la siguiente estación, para evacuar a los pasajeros,
- Para trenes de carga poder alcanzar el siguiente apartadero con capacidad de albergarlo.
- Los trenes de pasajeros averiados deben poder proseguir en vacío hasta los patios, con independencia del trayecto.
- Los trenes de carga averiados deben poder ser remolcados hasta el centro logístico más próximo, con independencia del trayecto.

Un tren con el 25% de su motorización averiada deberá estar en condiciones de completar todo el recorrido, ida y vuelta, con la carga máxima.

Las operaciones a realizar por parte del conductor para retirar el tren del corredor en las condiciones indicadas deben ser sencillas y claras para evitar tiempos de inmovilización o retrasos en la operación comercial.

4.2.10 Modos de operación

Como se establece en el numeral 4.2.3. Sistemas de señalización y comunicación, los modos de operación son:

- Semiautomática: con el cual se supervisa el desplazamiento seguro de los trenes, regulando entre otras las siguientes funciones: la velocidad de circulación, el no sobrepaso del tren a circuitos o cantones de vía (fijos o móviles) que estén ocupados o restringidos, verificando la condición de salud

del conductor mediante el botón de hombre muerto, impedir que un tren rebase las agujas de cambiavías en posición incorrecta. Estas funciones se cumplen mediante señales en el tablero de mando de los trenes, alarmas acústicas y visuales en caso de infringir regulaciones operacionales y mediante la parada automática del tren cuando no se han acatado las señales y alarmas internas y/o externas al tren.

- Manual desde la consola del Tren: utilizado para los movimientos cuando el modo de conducción normal, semiautomático, no esté disponible (falla del sistema o incidente exterior).

4.2.11 Descripción técnica

Los principales componentes del material rodante se describen a continuación.

4.2.11.1 Caja

La caja será de tipo autoportante. Los principales ítems a tener en cuenta serán:

4.2.11.1.1 Material y estructura

Para los trenes de pasajeros, el objetivo es la máxima ligereza para disminuir los costos energéticos de operación. Para ello se debe conseguir el máximo ahorro de peso, tanto en los materiales de la estructura, así como en el resto de los que componen la caja y los distintos elementos de los equipos, sin menoscabo de la resistencia y confort del vehículo.

Para los trenes de carga, adicional a la disminución del peso de los materiales y componentes para disminuir los costos energéticos, se debe analizar la rigidez y capacidad de carga de las estructuras en diferentes condiciones de ubicación de la carga y llenado de los compartimentos.

Se deben describir todos los subconjuntos en especial: bastidor, laterales, testeros, piso y techo

4.2.11.1.2 Dimensiones

El Consultor, considerará en el diseño a nivel de factibilidad de las diferentes tipologías de vehículos, las siguientes características principales para garantizar la integración armónica con los componentes de infraestructura y demás subsistemas del sistema:

- Longitud máxima exterior de la caja entre paredes testeras por coche
- Longitud máxima total entre partes planas de enganche
- Anchura máxima exterior de la caja a nivel del piso
- Anchura máxima entre los extremos laterales de los vehículos
- Altura piso del vehículo y, para trenes de pasajeros, del plano superior los estribos de las puertas
- Altura mínima interior caja
- Altura máxima total del coche

- Altura de la sujeción de las barras de los enganches de socorro
- Número mínimo de puertas en cada costado del coche
- Ancho mínimo útil de cada puerta
- Altura útil de cada puerta
- Flujo mínimo de pasajeros por puerta, para trenes de pasajeros.

- Diámetro de las ruedas:
    - Nuevas
    - Mínimo
    - Vida útil de las ruedas
    - Locomotoras
    - Bogie remolque
    - Bogie motor

4.2.11.1.3 Hipótesis de cálculo

Se deben especificar para cada tipología de vehículo, con base en normatividad internacional, las hipótesis de cálculo para cargas estáticas, cargas dinámicas, otras cargas a considerar y las solicitaciones y fatigas máximas.

4.2.11.1.4 Consola de conducción

Las locomotoras y los coches motores de los trenes de pasajeros deben tener una consola de conducción que le permita al operador conducir de frente a la vía, en la que se instalarán los aparatos de mando y control de los diversos equipos que forman el tren y aquellos otros que por su función o constitución delicada sea necesario incluir y que se relacionarán en apartados posteriores.

Se debe especificar:

- Forma y dimensiones
- Distribución de mandos de la consola de conducción
- Acceso a la consola de conducción
- Asiento del conductor

4.2.11.1.5 Compartimento de trenes de pasajeros

Se debe definir el compartimento de los pasajeros con su interiorismo, asientos, barras y asideros, ventanas, puertas y demás componentes.

Los principales elementos son:

- Puertas laterales
- Pasillos de Inter circulación (opcional)
- Ventanas.
- Tipo y distribución interior de asientos
- Asideros
- Pisos
- Revestimiento interior
- Iluminación

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

- Aire acondicionado y ventilación
- Aparatos de alarma
- Información al pasajero (opcional)

4.2.11.1.6 Acabado y protecciones

Se debe proponer la decoración interior y exterior, la protección contra el fuego de los materiales y la insonorización

4.2.11.1.7 Soporte para armarios y canalizaciones

Se dispondrá que todos los aparatos que necesiten revisiones periódicas irán montados en cofres de fácil acceso, para facilitar las rutinas de mantenimiento y reducir los tiempos de inspección. Para los trenes de pasajeros dichos aparatos y sus cofres se instalarán en los laterales del coche.

4.2.11.1.8 Accesibilidad PMR en vehículos de pasajeros

Sin perjuicio de otras características y prestaciones exigidas al compartimento de pasajeros, los trenes de pasajeros deben cumplir con los requisitos para ingreso y uso por parte de personas con movilidad reducida.

4.2.11.2 Enganches

En cada tren existirán dos tipos de acoplamientos:

a. Acoplamiento automático, que servirá para acoplar trenes.

Estos enganches se situarán en los extremos de los trenes, sean vehículos de pasajeros o de carga, su misión será acoplar trenes mecánica, neumática y eléctricamente, de forma automática

b. Acoplamiento semipermanente, entre los vehículos que forman el tren.

El acoplamiento o desacoplamiento de los vehículos de un tren, se efectuará normalmente en taller y en centros logísticos para trenes de carga, aunque se preverá la eventualidad de realizarlo en línea, en caso de emergencia.

Ambos tipos de enganches, automático y semipermanente deben realizar el acoplamiento mecánico, neumático, y eléctrico.

4.2.11.3 Bogies

Como principios generales de diseño, deben considerarse fundamentalmente los correspondientes a simplicidad del bastidor, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatible con unas excelentes características respecto a alta adherencia, estabilidad de marcha, reparto de carga en las ruedas, perfecta

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

rodadura e inscripción en el trazado del corredor y la máxima seguridad debida al servicio a prestar.

El Soporte de la caja de pasajeros o de cada vehículo de transporte de carga, sean: vagones plataforma, vagones tolva o vagones cisterna, se debe hacer mediante dos bogies, independientes a los bogies de las cajas o vehículos contiguos.

Los bogies alojarán los elementos correspondientes a los equipos de frenado y tracción, para el caso de locomotoras y coches motores de pasajeros, para los vehículos remolcados incorporará los equipos de frenado, por lo que en la concepción del bastidor deben ubicarse los correspondientes soportes y apoyos. El bogie incorporará también los elementos para la suspensión del vehículo. Todos los elementos constitutivos del bogie serán intercambiables, por lo que los bogies resultantes serán también intercambiables.

En los trenes de pasajeros, los bogies de los coches remolques estarán concebidos y calculados para ser convertidos fácilmente en bogies motores, debiendo tener todos los soportes y alojamientos necesarios para tal fin.

El sistema de propulsión del bogie se efectuará mediante, al menos, dos motores, actuando cada uno de ellos sobre un eje, mediante los reductores y acoplamientos elásticos necesarios.

Se deben especificar las características técnicas de los principales componentes:

- Bastidor
- Ejes (Cuerpo del eje, ruedas, cajas de grasa, elementos de freno)
- Suspensiones (primaria y secundaria)
- Viga bailadora
- Unión Caja o plataforma-Bogie
- Amortiguadores
- Motores de Tracción
- Reductores
- Equipo freno en el bogie (cilindros de freno, timonería, zapatas, freno de estacionamiento)
- Zapata de limpieza

4.2.11.4 Equipo eléctrico

En el equipo eléctrico se describen tanto los sistemas de toma de corriente eléctrica como los que la usan. Los elementos que componen el equipo eléctrico deben ser, como mínimo, los siguientes:

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.

PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

4.2.11.4.1 Captación y circuitos de Alta Tensión (aplica en el caso de que los motores de los trenes sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria)

El sistema de captación de la corriente eléctrica en alta tensión debe estar conformado por:

- **Sistemas de captación**: Cada unidad autónoma de tren estará dotada de los sistemas de captación necesarios y compatibles con el sistema de alimentación eléctrica definido.

- **Pararrayos**: En la entrada de alta tensión de cada unidad se situará un dispositivo de seguridad contra sobretensiones, estática, carente de reglajes, de mantenimiento y cuyas características no se degraden con el tiempo ni con agentes exteriores.

- **Protecciones de acceso y puesta a tierra de equipos con alta tensión**: Los cofres con equipos conectados a alta tensión dispondrán de un sistema de protección para garantizar la seguridad del personal de mantenimiento, con objeto de evitar el contacto voluntario o fortuito con elementos bajo tensión.

- **Voltímetro de alta tensión en puestos de conducción**: En cada puesto de conducción se instalará un voltímetro para informar de la tensión presente en el circuito de alta tensión de la unidad.

4.2.11.4.2 Suministro y Generación de Baja Tensión

Cada locomotora y unidad de tren irá dotada de una batería y de los convertidores estáticos necesarios para generar y regular las tensiones continuas y alternas que se precisen para alimentar a los equipos de la unidad de tren.

Estará compuesto por:

- **Batería**:

Cada tren irá equipado con dos baterías de acumuladores, compuestas preferiblemente por elementos alcalinos de níquel-cadmio, cuya tensión nominal se determinará teniendo en cuenta las curvas características facilitadas por el fabricante, de forma que su mantenimiento se reduzca al mínimo.

- **Convertidores estáticos:**

Los convertidores estáticos de cada unidad tendrán las siguientes funciones:

- Generar y regular la carga de batería y la tensión de los circuitos que se alimentan a partir de la misma.

- Generar las tensiones alternas necesarias para alimentar a los circuitos de baja tensión y de aire acondicionado de cada unidad
- Generar y regular la tensión de 24 Vcc para alimentar a los equipos y circuitos de la unidad que lo requieran.

- **Cargador de baterías:**
  - Cada unidad irá dotada de un cargador de batería que, debe generar y regular la corriente y tensión necesarias para la carga de batería.
  - Debe proporcionar la alimentación eléctrica de todos los equipos y circuitos de la unidad que se conecten o dependan de la batería.

- **Convertidor de alta tensión aplica para los trenes que sean alimentados con energía eléctrica proveniente de catenaria:**

Cada unidad irá dotada de un convertidor que se debe alimentar eléctricamente de la alta tensión. El convertidor debe generar y regular la corriente alterna necesaria para:

- Alimentar y soportar los circuitos de aire acondicionado de la cabina de conducción de las locomotoras o en trenes pasajeros, de los coches motores y la mitad de los equipos del remolque.
- El motor del compresor neumático
- El cargador de batería en el caso de que sea del tipo AC/DC
- Otros equipos que puedan surgir durante la fase de proyecto (ventiladores de tracción, etc.)

- **Convertidor de baja tensión:**

La generación de la tensión de 24 Vcc se efectuará por medio de un convertidor estático del tipo DC/DC, a partir de la tensión de batería.

- **Alimentación de la ventilación de emergencia para trenes de pasajeros:**

Se debe especificar un convertidor estático del tipo DC/AC, que funcionará a partir de la tensión de batería, para asegurar que en caso de falla de la alimentación principal de energía, funcione la ventilación de emergencia del compartimento pasajeros y aquellos otros dispositivos que se consideren oportunos.

4.2.11.5 Equipo de tracción

La cadena de tracción se dimensionará teniendo en cuenta la velocidad máxima de servicio del tren. Cuando el tren alcance una velocidad prefijada, se cortará de forma automática la tracción.

El equipo de tracción proporcionará una aceleración uniforme por locomotora o coche motor, en todo el margen de carga (desde vacío a carga máxima), en vía horizontal.

El equipo de tracción proporcionará sus prestaciones nominales en un margen de temperatura ambiente de –15ºC hasta +45ºC

Cada locomotora o coche motor dispondrá de un equipo de tracción completo, compartiendo con el otro u otras locomotoras o coches motores de su unidad autónoma sólo los elementos de captación de energía y el disyuntor, para los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria. Los fabricantes podrán presentar y ofertar otras configuraciones de tracción siempre que demuestren su eficiencia en la operación de sistemas de transporte de carga y pasajeros ya en servicio.

En los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria, durante el frenado, la recuperación de energía eléctrica hacia la línea será siempre prioritaria a cualquier otra forma de frenado.

Como mínimo se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- **Control de tracción y protecciones**: El control de la tracción de cada locomotora o coche motor se efectuará mediante un equipo controlado por microprocesador.

- **Antipatinaje-antibloqueo en locomotoras y coches motores**: La función de antipatinaje en tracción y de antibloqueo, tanto en freno eléctrico como neumático, de los ejes de las locomotoras y los coches motores, estará controlada por su equipo de tracción.

- **Disyuntor** (aplica para los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria): El disyuntor debe estar concebido como el elemento encargado de garantizar en cualquier circunstancia, el seccionamiento del circuito de alta tensión asociado a los equipos de tracción de la unidad de tren, con respecto a la toma de alta tensión y debe actuar en ambos sentidos de corriente (tracción y frenado).

- **Contactor principal** (aplica para los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria): Cada equipo de tracción incorporará un contactor principal, cuya misión será aislar el circuito de tracción de la alta tensión cuando el tren esté fuera de servicio, o cuando exista cualquier tipo de anomalía que impida su conexión a la catenaria. El contactor principal, cuando se cierre, cortocircuitará las resistencias de precarga, conectando directamente el condensador de filtro a la entrada de alta tensión.

- **Contactor de precarga** (aplica para los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria): Existirá un contactor

de precarga del equipo de tracción que, al cerrar, provoque la carga de los condensadores del filtro de alta, a través de resistencias de precarga que limitará la punta inicial de corriente a un valor que no afecte al propio equipo de tracción, ni a otros equipos internos o externos del tren conectados a la catenaria.

- **Motores de tracción:** deben diseñarse, fabricarse y proveerse los motores de tracción para cada tipo de tren, considerando las potencias nominales y efectivas para garantizar la capacidad de arrastre de los trenes. En los casos en que los motores sean alimentados por energía eléctrica de la catenaria, los motores de tracción serán de corriente alterna, trifásicos, asíncronos del tipo jaula de ardilla.

- **Emisor de consigna**: El emisor de consigna será un equipo diseñado con filosofía *"fail-safe"* (falla segura) para codificar y transmitir la demanda de tracción o freno a los equipos del tren que precisen de dicha información.

4.2.11.6 Mando de Freno Neumático

El sistema de frenado debe estar compuesto por, al menos, los siguientes elementos:

- **Equipo de control del freno neumático**

Cada coche debe estar dotado de un equipo de control de freno neumático, el cual regulará la presión neumática de freno a aplicar, con objeto de que la desaceleración obtenida en cada vehículo motor o remolque sea idéntica a la demandada.

- **Antibloqueo en coches remolque**

En los coches remolque existirá un equipo de antibloqueo cuya función será corregir el deslizamiento de uno o más ejes del coche en freno (evitando la aparición de planos), y controlar que no pueda aplicarse freno neumático en el remolque cuando éste circula a una velocidad mayor de 30 Km/h., siendo este valor ajustable en función de la eficiencia del freno principal.

Este equipo debe actuar con la rapidez necesaria para garantizar que se recupera de forma inmediata la adherencia entre rueda y carril, en los ejes afectados por deslizamiento.

- **Mando del freno de estacionamiento**

El mando del freno de estacionamiento podrá ser de 2 tipos: local o remoto. Con freno de estacionamiento aplicado, el tren no debe traccionar.

- **Mando del freno de retención**

Se dotará al tren de freno de retención, para evitar el desplazamiento del tren cuando se retira el freno de estacionamiento y se ordena tracción. El freno de retención se activará cuando en conducción manual se mantenga accionado un

pulsador situado en el puesto de conducción con mando de tren, destruyéndose de forma automática cuando el tren alcanza los 5 km/h.

El freno de retención evitará el movimiento del tren, incluso en condiciones de pendiente máxima de la línea y con carga máxima, aplicando la presión necesaria en los cilindros de freno.

4.2.11.7 Mando y Seguridad de Puertas en Trenes de Pasajeros

Las puertas de pasajeros estarán accionadas por un motor alimentado por la batería, que estará controlado por una tarjeta electrónica de mando individual para cada puerta.

Las puertas del tren deben disponer de detección del estado de puerta cerrada con tolerancia cero, mediante un sistema mecánico con enclavamiento seguro. A tal efecto, cada hoja de puerta dispondrá de los elementos *"fail safe"* necesarios para detectar que las puertas están correctamente cerradas.

El tren estará dotado de un circuito de seguridad de puertas que reconocerá que todas las puertas están correctamente cerradas y enclavadas.

Se debe proponer por parte del Consultor todas las medidas que sean necesarias para que las hojas de las puertas no puedan abrirse, ni siquiera forzándolas, cuando la señal de velocidad señalice movimiento del tren. Así mismo, se establecerá un criterio de seguridad fail safe de forma que ningún tipo de avería mecánica, eléctrica o de software pueda provocar que las puertas se abran de forma involuntaria o intempestiva.

4.2.11.8 Accionamiento y mando compresor neumático

El tren estará recorrido por una canalización neumática para alimentar los equipos que requieran de aire comprimido que previamente habrá pasado por columnas de secado. Cada unidad de tren tendrá un grupo compresor de forma que su funcionamiento se realizará alternativamente con el resto de los grupos compresores del tren.

Los compresores podrán ser alternativos o de tornillo según oferta del fabricante que debe presentar la fiabilidad de sus aparatos en explotación en otros corredores férreos.

El mando del compresor principal lo realizará el Sistema automático de Mando y Monitorización del tren. Este debe garantizar el funcionamiento de los compresores, aunque exista avería en los canales de comunicaciones o en los procesadores, debiéndose contemplar este extremo en el diseño de los modos degradados del sistema de monitorización y control.

4.2.11.9 Circuitos y dispositivos de seguridad:

- **Bucle de Seguridad**

Avenida Calle 24A Nro. 59-42 Torre 4 Piso 2.

PBX: 4848860 – www.ani.gov.co
Nit. 830125996-9. Código Postal ANI 110221.

El bucle de seguridad es un circuito eléctrico que recorre el tren de extremo a extremo, conectando todos los circuitos, el cual se debe incorporar a los sistemas del material rodante. Normalmente este bucle o lazo está cerrado eléctricamente, pero cuando alguno de los elementos abre el circuito, se activa el freno neumático de forma que el tren es sometido a la máxima desaceleración.

- **Botón de emergencia**

Se incluirá un botón de emergencia El cual consiste en un pulsador con enclavamiento situado en el puesto de conducción, que permite la aplicación de freno de emergencia desde el puesto con mando del tren, en aquellas situaciones que se consideren que afectan a la seguridad del tren.

- **Circuito de seguridad de corte de tracción**

El circuito de corte de tracción podrá ser implementado mediante una línea cableada hardware clásica, o mediante el sistema informático embarcado, siempre que se justifique la seguridad intrínseca en la propuesta técnica efectuada.

- **Dispositivo de Señal de Alarma en Trenes de Pasajeros**

Cada puerta debe estar equipada con un dispositivo de señal de alarma, que transmita a la consola de conducción la señal de activación con el identificador del dispositivo activado.

- **Dispositivo de Liberación de las Puertas en Emergencia en Trenes de Pasajeros**

Cada puerta del tren deberá tener un dispositivo de liberación de puertas adyacente para ser usado en casos de emergencia

Los dispositivos de señal de alarma y de liberación de las puertas en emergencia deberán ser dos sistemas independientes, de tal forma que se usen dos comandos diferentes para su activación, y que las fallas en uno de los dispositivos no afecten el otro

- **Equipo de registro de datos del tren (caja negra)**

Se debe incluir, en cada locomotora o unidad de tren de pasajeros (dos por tren), un equipo de registro de datos o eventos (caja negra).

- **Detector de incendios**

Los trenes deben estar dotados de sensores para la detección de incendios en el interior de las locomotoras, los coches de pasajeros y bajo bastidor o en las cajas de aparatos eléctricos y electrónicos.

4.2.11.10 Sistemas de Conducción

Se definirán los sistemas de conducción a embarcar en función de conducción manual (ATP-ATO) y conducción semiautomática (GoA2) compatibles con los equipos de vía.

4.2.11.11 Sistema Informático Embarcado

Las locomotoras y los trenes de pasajeros incorporarán un sistema informático que centralice las funciones de mando, monitorización y control del tren. Dicho equipo debe estar homologado para aplicaciones ferroviarias de mando.

4.2.11.12 Iluminación

Los principales sistemas de iluminación a tener en cuenta son:

- **Faros y pilotos externos**

A cada lado de la parte inferior del testero de cabina, se situará un doble faro para iluminación del túnel (luz blanca), con lámparas, cortas y largas, de larga duración.

En cada lado de la parte superior del testero se colocarán dos grupos ópticos de leds blancos y rojos.

- **Iluminación interna en Trenes de Pasajeros**

El alumbrado del compartimento de pasajeros se realizará por medio de iluminación led.

4.2.11.13 Mando del aire acondicionado y de la ventilación

El mando de los equipos de aire acondicionado, en caso de que se incluyan, deben ser controlados desde la cabina de conducción. Mediante los pulsadores correspondientes situados en los armarios de las cabinas de conducción se podrán realizar los comandos u órdenes de puesta en marcha o desconexión en sus diferentes modalidades (manual o automática).

El sistema informático gestionará el normal funcionamiento en servicio del equipo de aire acondicionado, estableciendo una lógica de control que no permita el arranque simultáneo de cargas conectadas en paralelo que pudieran generar sobrecarga en los convertidores estáticos.

El sistema de ventilación de emergencia estará alimentado por onduladores que trabajarán a partir de la tensión de batería, la cual debe garantizar su funcionamiento como mínimo durante 60 minutos.

Para trenes de pasajeros la ventilación de emergencia será independiente en cada coche y permanecerá en servicio siempre que exista llave de gobierno conectada (mando manual) o el sistema de conducción semiautomática esté

conectado en los trenes y no esté en marcha el equipo de aire acondicionado. Se debe contemplar una temporización de la conexión de la ventilación de emergencia, con objeto de evitar solapes con el aire acondicionado en las transiciones de arranque y paros de corta duración del mismo. El fabricante debe justificar esta temporización.

4.2.11.14 Sistemas de Comunicaciones

Los sistemas de comunicación a implementar en el tren se deben clasificar en función del tipo de información a transmitir. Sin embargo, ello no implica que físicamente tengan que ser equipos diferentes o que los canales de comunicación bidireccionales tren-tierra a implementar tengan que estar diferenciados en función del tipo de información transmitida. Los tipos de información a transmitir son:

- Transmisión de voz y mensajes acústicos
- Transmisión de órdenes desde el Puesto Central de Control al tren
- Transmisión de datos del tren hacia el Puesto Central de Control
- Transmisión de imágenes de vídeo (interna en tren y bidireccional tren-tierra) (opcional)
- Transmisión de mensajes de texto (opcional)

Esta información se transmitirá por redes inalámbricas descritas en las especificaciones técnicas de los sistemas de comunicación. Los equipos embarcados serán compatibles con los equipos de suelo de estas redes.

4.2.11.15 Aparellaje eléctrico

Se especificarán los tipos y las calidades, de acuerdo con la normativa a aplicar del aparellaje eléctrico a utilizar en todas las instalaciones eléctricas; cables y canalizaciones, interruptores de botoneras, seccionadores de unidades, conectores, y tomas de masa y retornos de corriente

4.2.11.16 Equipo Neumático

Las características generales de la instalación neumática del vehículo se pueden considerar bajo dos aspectos:

- Producción y almacenamiento de aire comprimido que engloba lo referente al compresor, depósitos, instalación, regulación y protecciones.
- Consumo de aire comprimido, es decir, equipo de freno, suspensión secundaria, circuitos auxiliares, etc.

El sistema a proponer deberá ser un conjunto integral que actúe correcta y eficazmente en concordancia con el resto de los circuitos y sistemas del vehículo.

El sistema neumático será del denominado de "tubería única" de la cual saldrán las ramificaciones para los diversos circuitos. Cada circuito quedará protegido por su correspondiente válvula de retención y grifo de aislamiento.

Los depósitos principales estarán en comunicación con la única tubería, estableciéndose un equilibrio de presiones a lo largo del tren.

Los grupos motor-compresor encargados del suministro del aire comprimido, tendrán un funcionamiento simultáneo en cada tren.

Tanto para los depósitos principales, como para aquéllos que pudiesen necesitar los diversos circuitos, se seguirá el criterio de máxima simplificación a fin de reducir su número y volumen, haciendo que los circuitos considerados auxiliares puedan alimentarse, convenientemente protegidos, de depósitos de reserva comunes. Este principio debe ser aplicado siempre y cuando la funcionalidad y seguridad de los diversos sistemas no quede comprometida.

Se especificarán las normativas que debe cumplir el equipo neumático en general y en particular el sistema de frenado.

El sistema de producción y almacenamiento de aire comprimido debe estar compuesto, como mínimo, por los siguientes elementos:

- **Compresor**:

En cada locomotora y unidad de tren se montará un grupo motor-compresor para producir el aire comprimido. Se especificarán las condiciones que debe cumplir el compresor.

- **Depósitos:**

Se propondrán los depósitos necesarios para abastecer a toda la instalación neumática de la unidad con la presión mínima nominal del compresor, de forma que puedan efectuarse, como mínimo, cinco frenados consecutivos a fondo, con parada completa de la unidad en el caso de no funcionar el compresor.

Existirán depósitos auxiliares para los usos más frecuentes del sistema: equipos de la catenaria (en caso de los motores sean alimentados por energía eléctrica de catenaria), equipo de freno, suspensión neumática, etc.

El material de los depósitos será de acero con protección interior y exterior mediante galvanizado, cadmiado, fosfatado, o similar, que impida la formación de óxidos o cascarilla.

- **Instalación**:

El sistema deberá permitir que el aire, inmediatamente después de ser comprimido, pase por un refrigerador, por un separador del aceite en suspensión y por un secador de doble columna. Se añadirá a este sistema una purga adecuada cuyos vertidos no incidirán sobre los rieles y cuyo funcionamiento podrá estar asociado, o no, al propio funcionamiento del compresor. Después debe pasar a los depósitos principales y de ahí a la tubería de alimentación.

Por lo que respecta a los materiales, se tendrá en cuenta que sean los adecuados para el trabajo a realizar en los rangos de clima que se presentan en los diferentes tramos del corredor.

- **Regulación y protecciones**:

Las locomotoras y los coches que lleven el grupo compresor deben tener un regulador, ajustado entre las presiones de trabajo requeridas y cuya actuación permita la conexión o desconexión de los contactores del compresor. Se debe tener en cuenta la protección de la instalación neumática del exceso de presión originado por averías en los dispositivos de regulación.

- **Consumo**:

Se debe calcular y dimensionar la instalación del aire comprimido para dar servicio al equipo de freno neumático, a la suspensión neumática y a los circuitos auxiliares.

- **Ayuda al mantenimiento**:

Los equipos más importantes eléctricos/electrónicos, neumáticos y mecánicos debe disponer de sistemas de ayuda al mantenimiento, así como elementos de chequeo, pruebas o simulación, compatibles con los sistemas informáticos más usuales (PC, sistema operativo Windows, etc.)

5 PRODUCTOS

5.1 DEBIDA DILIGENCIA

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 las diferentes tipologías del Material Rodante, considerando su validez, pertinencia y vigencia.

Dentro de los resultados obtenidos de la Debida Diligencia se debe indicar y determinar la validez de la información consultada, describiendo y justificando claramente las razones técnicas que soporten la respuesta sobre qué información es posible utilizar, cómo se va a utilizar durante la elaboración de los diseños de factibilidad y en qué medida cumple con lo requerido.

5.2 FACTIBILIDAD: MATERIAL RODANTE

El Consultor debe entregar un informe detallado que contenga, como mínimo:

- Estudio para la definición de la tipología de los motores y de la tracción de los trenes: el consultor debe realizar un estudio de evaluación costo/beneficio de las diferentes alternativas de tipologías de motores y de tracción de los

trenes, entre ellas, de: motores diésel de última generación (Euro V o Euro VI), motores diésel- eléctrico y motores eléctricos.

- Características generales de la Línea: se suministrarán datos básicos sobre: gálibos y perfil longitudinal, características de la vía, suministro de energía y catenaria (en caso de que los motores de los trenes sean alimentados por energía eléctrica proveniente de la catenaria), sistemas de señalización y control de trenes con el equipo embarcado y las condiciones ambientales.
- Características generales del servicio: composición de los trenes, aceleraciones y desaceleraciones, velocidades, exigencias en modo degradado (averías), y los modos de explotación.
- Características técnicas del material rodante, incluyendo: locomotoras, vehículos de carga (plataformas, tolvas, cisternas, etc.), vehículos tractivos y remolcados para el transporte de pasajeros: en este capítulo se detallarán las características técnicas de cada una de las tipologías de material rodante a solicitar a los fabricantes, para cada uno de los equipos y los sistemas que lo conforman, que garanticen la compatibilidad con las especificaciones técnicas de la infraestructura de la vía férrea.
- Se desarrollarán extensamente los requisitos para: caja, enganches, bogies, bastidores y equipos eléctricos, diésel-eléctrico, neumáticos y motores de tracción.
- Requerimientos de Pruebas y Puesta en servicio, de documentación y de capacitación.
- Informe de simulación de ahorro de energía o combustible, según aplique.
- Descripción de procedimientos de los modos degradados.
- Descripción de las velocidades y los modos de conducción.
- Además, se añadirá toda aquella información adicional que se crea necesaria para mejorar el cuaderno de especificaciones, en cuanto a: seguridad, disponibilidad, fiabilidad, garantías, etc.
- Normativas internacionales o nacionales para aplicar en el proceso de fabricación. Pruebas y puesta en marcha del material rodante.

Los parámetros, las especificaciones funcionales y operacionales, al igual que los requerimientos técnicos mínimos que el Consultor debe considerar para la elaboración de los diseños de factibilidad del material rodante del proyecto para la operación de servicios de carga y pasajeros dentro del corredor, deberán ser estructurados con el objetivo de asegurar la compatibilidad e interoperabilidad con la red férrea nacional.

Una vez definida la estructura de la transacción del Proyecto en la Fase 1 y se cuente con la definición del número de contratos de APP o Concesión a estructurar en la Fase 2, el consultor deberá elaborar, en el marco de este entregable, los insumos para presentar un informe ejecutivo con los resultados finales de factibilidad que recojan los ajustes resultantes de las observaciones de entidades que intervienen en la aprobación del proyecto (DNP, Hacienda, MT, etc.), para cada uno de los contratos a estructurar en la Fase 2, los cuales deberán ser revisados y aprobados por la Interventoría.