

**“CONSULTORÍA ESPECIALIZADA EN DISEÑO DE AEROPUERTOS, NEGOCIOS DE AVIACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE QUE LLEVE A CABO LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS A FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELDORADO II, LA ESTRATEGIA DEL NEGOCIO DE AVIACIÓN Y LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL (TÉCNICA, JURÍDICA, FINANCIERA, PREDIAL, AMBIENTAL, SOCIAL Y DE RIESGOS) QUE PERMITA EL OTORGAMIENTO DE UNA CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE APP, DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA ELDORADO II FASE I Y II DEL PLAN MAESTRO, EN CONJUNTO CON LAS PISTAS Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL ELDORADO DE LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.”**

## **ANEXO 4.1 METODOLOGÍA Y PLAN DE CARGAS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DEL CONTRATO DE CONSULTORÍA**

# **COMPONENTE FERROVIARIO**

CONCURSO DE MÉRITOS No. VJ-VE-CM-XX-2016

OCTUBRE DE 2016

Página 1 de 102

## ANEXO TÉCNICO PARA LA ETAPA DE PRE - FACTIBILIDAD AVANZADA CONEXIÓN FERROVIARIA

El presente Anexo Técnico contiene las exigencias generales que deben cumplir los estudios y diseños a ser desarrollados con un nivel de pre-factibilidad avanzada, con el fin de generar la información suficiente para determinar la viabilidad técnica, legal y financiera de la implantación de un ARL – Airport Rail Link para la conexión ferroviaria entre el aeropuerto existente Eldorado 1 y el futuro aeropuerto Eldorado 2, teniendo en cuenta los mecanismos establecidos en la normatividad sobre la materia.

### 1. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA

Son los estudios y diseños que debe elaborar el CONSULTOR, los cuales deben contemplar el diseño constructivo de la infraestructura requerida para la operación ferroviaria incluyendo el material rodante, los análisis y descripción de las obras a ejecutar, materiales, cantidades de obras, especificaciones de materiales y de construcción, presupuestos, identificación y programación de actividades principales y secundarias, definición de tiempos de construcción y de posibles riesgos durante las etapas subsiguientes. Este producto deberá materializarse en resultados tales como planos, documentos y memorias de cálculo, entre otros, que le garanticen a la Entidad Estatal información detallada y confiable para preparar los correspondientes procesos contractuales.

Los estudios de pre-factibilidad avanzada que deberá llevar a cabo el Consultor Especializado se definen en este anexo como la conformación de dos niveles de estudios, tal como se enuncia a continuación:

1. Estudios a nivel de Factibilidad:
  - a) Capítulo 4 – Geotécnica y Geología
  - b) Capítulo 5 – Hidráulica, Hidrología y Socavación
  - c) Capítulo 6 – Topografía y alineamiento geométrico
  - d) Capítulo 7 – Diseño geométrico de la vía
  - e) Capítulo 8 – Estudio ambiental, social y predial
  - f) Capítulo 9 – Áreas social y predial
  - g) Capítulo 11 - Inventario y diseño de la relocalización de redes de servicios
2. Estudios a nivel de pre-factibilidad haciendo uso de información secundaria proporcionada por la Agencia Nacional de Infraestructura que se encuentra a nivel de factibilidad.
  - a) Capítulo 10 – Puentes, pontones y viaductos

- b) Capítulo 12 – Infraestructura y superestructura de vía
- c) Capítulo 13 – Diseño de la plataforma de vía
- d) Capítulo 14 – Diseño de estaciones y edificaciones
- e) Capítulo 15 - Sistema de Suministro Eléctrico
- f) Capítulo 16 – Sistema de distribución de energía
- g) Capítulo 17 - Sistema de seguridad, señalización y control de trenes
- h) Capítulo 18 - Patios y talleres
- i) Capítulo 19 - Sistemas de comunicación para el sistema de señalización
- j) Capítulo 20 - Puesto de control central operacional – PCO
- k) Capítulo 21 - Material rodante
- l) Capítulo 22 - Operación y mantenimiento del sistema
- m) Capítulo 23 - Análisis de los componentes de mantenimiento y operación de la concesión.
- n) Capítulo 24 - Presupuestos y programación
- o) Capítulo 25 - Determinación del cronograma de ejecución del proyecto

Nota: Los estudios que deberá llevar a cabo el consultor para la entrega de los capítulos 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25 se realizarán con información secundaria suministrada por la ANI y en tal sentido la dedicación y el trabajo a invertirse por parte del consultor en dichos capítulos es proporcional a la que se invierte en un estudio de pre-factibilidad. No obstante, es importante aclarar que la información secundaria que proporcionará la ANI se encuentra a nivel de factibilidad y en tal sentido el alcance final de los estudios de cada uno de los capítulos relacionados en el presente anexo será de Factibilidad.

## 2. FUENTES DE INFORMACIÓN PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS

El CONSULTOR deberá revisar la información que tiene disponible la Nación, la Gobernación y el Distrito, referente a los planes, programas, políticas, normas, códigos que permitan formular el trazado del corredor propuesto en el estudio de pre factibilidad para la Región Capital, principalmente de los siguientes estudios y componentes:

- Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018
- Planes de Desarrollo de los municipios afectados
- Planes Maestros de Movilidad
- Encuestas de Movilidad
- Planes de Ordenamiento Territorial
- Sistemas Generales de los municipios afectados:
  - ✓ Movilidad (Vial, transporte)

- ✓ Espacio público y equipamientos urbanos
- ✓ Acueducto, saneamiento básico y alcantarillado
- ✓ Energía eléctrica (generación, transmisión, distribución y alumbrado público)
- ✓ Telecomunicaciones
- ✓ Gas Natural Domiciliario
- Sistema de Movilidad - Subsistema vial
  - ✓ Malla Vial Arterial
  - ✓ Malla Vial Intermedia
  - ✓ Malla Vial Local
  - ✓ Alamedas y pasos peatonales
  - ✓ Red de ciclorutas y corredores de movilidad local
  - ✓ Malla Vial Rural
- Sistema de Movilidad - Subsistema de transporte
  - ✓ Red de transporte masivo Metro
  - ✓ Red de corredores troncales de buses y sus rutas alimentadoras
  - ✓ Red de transporte público colectivo
  - ✓ Tren de cercanías
  - ✓ Transporte individual público y privado
  - ✓ Red de estacionamientos públicos en vía y fuera de vía de propiedad pública, privada o mixta
  - ✓ Terminales de pasajeros de transporte urbano e interurbano
  - ✓ Terminales de carga
  - ✓ Aeropuertos Eldorado 1 y Eldorado 2
- Plan Especial de Manejo y Protección Centro Histórico
- Plan de Revitalización del Centro Histórico y Tradicional IDPC
- Tipología de los corredores viales (arterial e intermedia)
- Condiciones territoriales y ambientales para el trazado de nueva infraestructura
- Disponibilidad del suelo para el trazado de la nueva infraestructura
- Medio ambiente físico (topografía, suelos, cursos de agua, condiciones geológicas, etc)
- Medio ambiente biótico (flora, fauna, humedales, zonas de reserva)
- Patrimonio cultural, arqueológico, histórico y arquitectónico
- Socio-culturales (presencia de etnias o comunidades)
- Instrumentos de planificación territorial (usos del suelo y tratamientos)
- Proyecciones de crecimiento de población (plan centro, plan norte, plan nuevo Usme, planes de renovación urbana y otras zonas para asentamiento nuevo de población en residencia, industria y comercio principalmente)
- Planes y programas viales y de transporte
- Normas (nacionales e internacionales) para gestión de tráfico en vías férreas
- Cartilla de espacio público y amueblamiento urbano.

Igualmente deberá revisar y estudiar los documentos y proyectos que se hayan desarrollado a nivel internacional en el diseño, construcción e implementación de trenes ligeros en proyectos urbanos, que tengan características similares.

Los documentos y estudios que deberá entregar el CONSULTOR durante la etapa de factibilidad son los siguientes:

### **3. ESTUDIO DE DEMANDA**

#### **3.1. REQUERIMIENTOS PARA EL TRANSPORTE EXCLUSIVO DE PASAJEROS ENTRE LOS DOS AEROPUETOS**

Considerando que tanto la infraestructura a diseñarse como el material rodante a cuantificarse en la conexión ferroviaria se usaran de forma exclusiva para los pasajeros que requieran transportarse desde Eldorado 1 al Dorado 2 o viceversa, la entidad no requiere que se realice un estudio de demanda enfocado a la captación de viajeros que un ferrocarril de las características de un ARL podría generar para los habitantes de Bogotá, Funza, Mosquera y Madrid.

Por lo anterior, el presente anexo técnico no establece requerimientos técnicos a tenerse en cuenta en el estudio de demanda y se limita a indicar que el insumo que se deberá usar para la elaboración de los capítulos técnicos restantes relacionados en este documento corresponde al resultado del estudio de demanda establecido en el Anexo 4. Requerimientos técnicos, metodología y plan de cargas de trabajo para el desarrollo del contrato de consultoría.

### **4. GEOTECNIA Y GEOLOGÍA**

El CONSULTOR deberá realizar los estudios geotécnicos y geológicos de la franja y el área de influencia, con el objeto de diseñar para concesión en el corredor férreo, la plataforma de vía, las obras de estabilidad y estabilización de taludes y servir de apoyo entregando información que se pueda correlacionar para el diseño para concesión de las cimentaciones para las diversas estructuras a tener en cuenta al nivel de diseño para concesión de puentes, muros, obras hidráulicas, fuentes de materiales, botaderos, entre otras actividades necesarias para el corredor.

Partiendo del corredor seleccionado y luego del análisis para lograr el diseño del eje en planta, el eje en perfil y las secciones transversales, se debe realizar perforaciones in situ, apiques, geofísica, correlaciones y demás actividades para completar la investigación geológica y geotécnica del

corredor, en la subrasante, sobre las explanaciones para cortes y llenos, en las zonas inestables, en sitios críticos, ponteaderos, fuentes de material y botaderos identificados en el área de influencia del proyecto.

La principal finalidad de esta área, es realizar la exploración y analizar detalladamente las características de la geotecnia, geología y suelos, vegetación, clima, uso de la tierra, riesgo sísmico y volcánico de la zona de influencia del proyecto, con la finalidad de obtener la mayor información posible en los anteriores aspectos, para que durante la estructuración del contrato de concesión, se logre asignar y administrar de la mejor manera los riesgos geotécnicos, geológicos, constructivos y de operación asociados al corredor.

El CONSULTOR deberá realizar los estudios geotécnicos de la subrasante en los sitios críticos identificados, caracterizar los posibles materiales a emplear en la construcción, y efectuar los diseños preliminares de las estructuras de soporte de las líneas de rieles, así como para los pasos a desnivel (corredor férreo y líneas que se cruzan) con el fin de poder valorar la incidencia en los presupuestos preliminares.

Así mismo, se busca satisfacer las siguientes necesidades:

- Investigación geológica y geotécnica del corredor, zonas inestables, ponteaderos, fuentes de materiales y botaderos identificados para los Proyectos.
- Taludes más favorables para garantizar condiciones adecuadas de estabilidad de las explanaciones para las diferentes zonas de comportamiento homogéneo, teniendo en cuenta las posibles fuentes de amenaza o riesgo.
- Comportamiento de los cauces naturales en relación con la socavación, transporte y sedimentación de materiales.
- Estabilidad de la fundación de los terraplenes y otras estructuras, teniendo en cuenta las fuentes de amenaza.
- Medidas preventivas para mantener razonablemente la estabilidad de las explanaciones.
- Procedimientos y etapas constructivas para reducir la inducción de inestabilidad durante la construcción teniendo en cuenta los parámetros geológicos, geotécnicos y ambientales.

El CONSULTOR debe recopilar los estudios existentes que permitan la caracterización de los suelos de la subrasante del corredor en un ancho mínimo de 8 metros a partir del eje central del corredor a lado y lado. En caso de no existencia de información o dudas sobre la información existente, el CONSULTOR deberá realizar los estudios geotécnicos necesarios para dicha caracterización.

Se deberá efectuar la recopilación y análisis de toda la información que represente o sea de alguna utilidad para el proyecto, contenida en otros estudios, bien sea del IDU o cualquiera otra entidad pública, respecto a aspectos geológicos y geotécnicos.

Para poder caracterizar el corredor se tomará algunas muestras de los materiales de subrasante existente, así como la ejecución de ensayos de campo, que permitan definir las principales características de los materiales de subrasante y de las diferentes capas de la infraestructura de vía, sus espesores y condiciones de trabajo en general.

Se deberán efectuar perforaciones manuales o mecánicas, referenciadas a la nomenclatura urbana o por coordenadas del levantamiento topográfico que se efectúe a la profundidad, separación y condiciones de trabajo y estado general.

Cuando se efectúen ensayos de campo estos también deberán quedar debidamente referenciados como se indicó anteriormente.

De las capas de materiales que se encuentren en la ejecución de los apiques y/o sondeos y/o perforaciones (de acuerdo con el tipo de estructura a diseñar – cimentación profunda, cimentación superficial, estructura de soporte, se deberá ejecutar como mínimo los siguientes ensayos de acuerdo las normas aplicables al caso en cuestión.

- Humedad natural.
- De clasificación: granulometrías, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de tal forma que permita efectuar su clasificación de acuerdo con los métodos AASHTO y USCS.
- De compactación: ensayos de proctor modificado y densidades en el terreno.
- Ensayos de capacidad portante: de los diferentes materiales representativos encontrados en los apiques, se ejecutarán ensayos de CBR de laboratorio, para cada 500 ml de la longitud del corredor férreo, por cada tipo de material de subrasante y de las capas granulares de la infraestructura y superestructura de vía existente. Si la longitud total es igual o menos a 500 ml, por lo menos deberán ejecutarse dos ensayos de CBR y más si la variabilidad en la calidad de los materiales los requieren.
- Se empleará el Método I del CBR, para aquellos materiales que al ser clasificados mediante el sistema USCS presenten el sufijo S (arena) o G (Grava), de lo contrario se aplicará el Método II.

#### **a. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Todos los ensayos de laboratorio se consignarán en cuadros resúmenes, para cada uno de los tramos estudiados, ordenados en forma consecutiva de tal manera que permitan su clasificación.

#### **b. PERFILES ESTRATIGRAFICOS**

Con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y el criterio de la AASHTO, se condensarán en perfiles estratigráficos los resultados obtenidos por apiques, sondeos o perforaciones, debidamente referenciados con la correspondiente localización dentro del proyecto e indicando claramente la delimitación de cada estrato con sus respectivas cotas.

Las convenciones a emplear serán las que se utiliza, en carreteras, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS de Colombia.

#### **c. CONTENIDO MÍNIMO DE LOS ENTREGABLES**

Los siguientes elementos servirán de base para producir los entregables especificados en los numerales de esta sección. También constituirán entregables que la Empresa Férrea Regional S.A.S. – EFR S.A.S.- recibirá como tal.

- Planos cartográficos de la zona en estudio (ya mencionados en otros volúmenes de estudio).
- Información geológica regional de la zona donde se localiza la vía férrea.
- Información geológica y geotécnica tomada directamente sobre la vía férrea en estudio.
- Exploración, análisis y evaluación de la información de suelos, por medio de apiques, perforaciones, geofísica y demás procedimientos normalizados que permitan obtener las principales variables geotécnicas y geológicas para el diseño para concesión de la plataforma de vía, la estabilidad de taludes, las explanaciones, las fundaciones de puentes, muros, entre otros.
- Informe sobre antecedentes de sucesos geotécnicos o geológicos sobre la vía férrea.

#### **d. INFORMES Y ENTREGABLES**

Los estudios de campo se presentarán de acuerdo con los alcances señalados, con reconocimiento geológico y geotécnico de superficie, exploración del subsuelo, ensayos "in situ" o en el laboratorio de tal manera que se tenga la caracterización geológica del corredor, Geotécnica zonificada identificando las principales fuentes generadoras de inestabilidad, se identifiquen las fuentes de materiales, los sitios de disposición de sobrantes y las condiciones geológicas particulares de los sitios de ponteadero.

Para determinar las características del subsuelo se deberá tener en cuenta la descripción geológica a lo largo del corredor, indicando los tipos de rocas predominantes y su disposición estructural,



acompañados de los ensayos de laboratorio para clasificación, como son Granulometría y Límites de Atterberg, humedad natural y de resistencia y deformación a lo largo del perfil del suelo. Igualmente, de requerirse, se realizarán los ensayos necesarios para conocer la resistencia y deformación o compresibilidad del suelo de fundación, anexando los resultados.

Para el Perfil Estratigráfico, las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema de clasificación de suelos (USC) y las rocas se describirán incluyendo identificación, grado de fracturamiento y demás información útil desde el punto de vista de ingeniería, condensándola en perfiles estratigráficos. Se debe presentar el perfil estratigráfico para obras especiales y para los suelos de la subrasante a lo largo del proyecto, se clasificarán utilizando el criterio utilizado en proyectos viales carreteros que se basan en lo dispuesto por AASHTO y la USC.

Se debe presentar un mapa de caracterización de zonas inestables y de zonas de riesgos a lo largo del corredor, identificando históricamente y la situación actual, de los posibles riesgos geotécnicos y geológicos sobre el proyecto. Además, se debe establecer las posibles causas de los fenómenos de inestabilidad e identificar el problema de tal forma que se pueda conocer su mecanismo de falla, los factores detonantes y contribuyentes a la inestabilidad.

Con base en el estudio geológico y teniendo en cuenta aspectos como pendientes del terreno, hidrología, cobertura vegetal, uso del suelo, se determinarán zonas homogéneas que permitan definir modelos geológicos - geotécnicos preliminares a lo largo de los corredores y las condiciones generales de las zonas de disposición de sobrantes. Para el caso de sitios críticos y como resultado del reconocimiento de la zona, se podrán establecer las posibles causas de los fenómenos de inestabilidad y se identificará el problema de tal forma que se pueda establecer su mecanismo de falla y los factores detonantes y contribuyentes a la inestabilidad.

En caso de que se detecten situaciones especiales del suelo, como la presencia de suelos orgánicos, expansivos, suelos susceptibles que licuefacción o cualquier otro estado que implique inestabilidad de la estructura, se indicará su ubicación y se darán recomendaciones específicas sobre el tratamiento que debe recibir este suelo en particular, con el objetivo de mitigar riesgos y evitar futuros colapsos.

- Inventario de taludes, y de las obras de estabilización y estabilidad, protección y contención en el cual se especifique su estado actual.
- Informe sobre antecedentes de sucesos geotécnicos o geológicos sobre la vía. Propuestas de actividades de mantenimiento, repotenciación, rehabilitación, cambios o construcción para garantizar la correcta operación de lo identificado en el inventario.
- Mapa de caracterización de zonas inestables y de zonas de riesgos.

- Identificación de sitios críticos y necesidades respecto a obras de estabilización, protección y contención.
- Estudio de fuente de materiales y botaderos.
- Diseño para concesión de obras incluyendo sitios críticos.
- Informe de descripción de alcances, especificaciones, presupuesto y programación.

**e. DISEÑO PARA CONCESIÓN DE CIMENTACIONES DE OBRAS.**

Con la información obtenida, se debe realizar el análisis geotécnico, evaluando a nivel de diseño para concesión las alternativas, el tipo, profundidad y las características geométricas de la cimentación; incluyendo todos los elementos requeridos en el diseño para concesión. Además, en caso de requerirse por su impacto en el proyecto, se debe realizar el análisis de estabilidad de las estructuras de contención, así como el análisis sísmico sobre las estructuras.

Se debe adelantar la exploración y caracterización de los suelos, en los sitios en que se ubicarán obras, de tal manera que permitan obtener información mediante ensayos o correlaciones para determinar las principales variables del diseño para concesión de cada una de las respectivas obras.

Para los sitios más críticos y en las obras más representativas del proyecto, se debe realizar el análisis de socavación local del cauce, presentando los resultados obtenidos, los cuales se tendrán en cuenta para definir el sistema de cimentación de dichas obras principales.

**f. DISEÑO PARA CONCESIÓN DE TALUDES Y OBRAS DE ESTABILIZACIÓN.**

El CONSULTOR debe establecer un plan de intervención indicativo donde:

- Plantee una tipología de propuestas de solución y atención de las zonas inestables (con recomendaciones llevadas a nivel de diseño para concesión), recomendando para cada sitio crítico, las obras de estabilización necesarias para garantizar condiciones adecuadas de estabilidad y operación durante el periodo de diseño de la vía férrea.
- Proponga alternativas para formular las medidas preventivas y correctivas adoptadas como solución a los problemas de inestabilidad, realizando todos los requerimientos del diseño para concesión de las mencionadas obras de atención y prevención de inestabilidades en sitios críticos y tratamientos de taludes.

**g. DISEÑO PARA CONCESIÓN DE ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA DE VÍA**

Con la caracterización geotécnica y perfil estratigráfico de la subrasante, se debe determinar y caracterizar mediante ensayos las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos representativos de la subrasante y homogenizar mediante los resultados de CBR, por medio de la sectorización adecuada cuando las condiciones geomorfológicas del terreno lo requieran.

Durante los ensayos, en caso de ser posible, se podrá correlacionar por medio de la realización de ensayos de CBR in situ, CBR remoldado o cono dinámico, o deflectometría (para el caso de vías existentes), la determinación del CBR para realizar el diseño para concesión de la estructura de la plataforma de vía basado en CBR, pre dimensionando cada una de sus capas y definiendo las características técnicas principales de materiales, procesos constructivo, cálculo de cantidades, especificaciones, entre otras.

Deberán incluirse los planos de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales de la plataforma de vía, a saber: corte en cajón, corte a media ladera y terraplén, indicándose las características más importantes, así como situaciones particulares. Todos los dibujos (de todos los componentes del presente estudio) deben hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.

#### **h. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES Y BOTADEROS.**

Con base en información secundaria, recolección de información de campo de tipo técnica, ambiental y geotécnica, debe realizar el análisis sobre las posibles alternativas, localización, georeferenciación, selección, cubicación y clasificación de fuentes de materiales para la construcción de la vía férrea, zonas de préstamos, así como zonas de botaderos para la disposición de material sobrante.

Además, se deberá realizar un análisis sobre los permisos ante las autoridades ambientales, mineras y territoriales necesarios para la aprobación de las zonas, identificando los criterios y requisitos de dichas autoridades.

Se debe realizar el diseño para concesión de la fuente de materiales y del botadero. Cada fuente de materiales y botadero debe tener los siguientes datos básicos:

- Nombre del predio
- Dueño del mismo
- Área del predio
- Localización en un mapa a escala 1: 25.000
- Municipio, y concesión minera si se tiene

- Si está o no en explotación
- Maquinaria y equipos
- Productos y precios.

Se debe definir el acceso a la fuente, el estado y características del mismo y la distancia por carretera o ferrocarril al Proyecto.

#### **i. TIPOS DE ENSAYOS Y MUESTREOS**

Debe entregar un informe sobre la descripción del tipo de perforaciones, apiques, geofísica o ensayos realizados, su localización y abscisado, número, profundidad y resultados. No se limita el número de ensayos, lo importante es obtener toda la información necesaria para lograr el conocimiento geotécnico y geológico de la zona de influencia y con especial interés e información más detallada, en los sitios críticos del corredor.

El número y tamaño de las muestras y tipo de ensayo, deberá ser suficiente para determinar la clasificación de suelos, geología y geotecnia, las muestras tomadas serán representativas de las características existentes a lo largo del corredor en estudio. La definición de ubicación, separación, tipo de muestra y de ensayo y sectorización homogénea, será autonomía del CONSULTOR, por lo que debe responder por el resultado del conocimiento integral de la geología, geotecnia y de los suelos, para dar solución a las obras requeridas, cumpliendo con los estándares de las normas vigentes del Instituto Nacional de Vías y, para las pruebas no contempladas por ellas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este orden.

Para los sitios inestables, deberá realizar por lo menos cuatro perforaciones mecánicas en cada sitio inestable, las cuales deberán llevarse a profundidades tales que permitan precisar la posición de la superficie de falla, o espesores de las capas de suelos involucradas en los movimientos, los materiales presentes y posición de niveles de roca o suelos competentes y la localización de los niveles freáticos.

Se complementará la exploración mediante sondeos geofísicos, empleando sísmica de refracción y sondeos geo eléctricos, con el objeto de tener una geología detallada en estos sitios.

Se deben presentar los planos y memorias descritas anteriormente, con las características físicas del suelo, geología y geotecnia y con los resultados del diseño para concesión de la plataforma de vía, de estabilidad de taludes y cimentaciones. Incluyendo una propuesta de recomendaciones constructivas y riesgos evidenciados.

Se presentarán en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, durante la estructuración y ejecución del Proyecto.

## **5. ESTUDIOS DE HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN**

El CONSULTOR deberá realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos, incluyendo los de socavación, con el objeto de diseñar para concesión las obras de drenaje mayores y menores (viaductos, puentes, pontones, alcantarillas, cunetas, etc.) y las obras de protección necesarias para el Proyecto.

Partiendo del corredor seleccionado y luego del análisis para lograr el diseño del eje en planta, el eje en perfil y las secciones transversales, se debe realizar el análisis de las obras de drenaje superficial y sub-superficial de las estructuras como puentes y muros de contención, de la plataforma de vía, entre otros. Además, debe determinar cualitativa y cuantitativamente la cantidad de agua superficial y sub-superficial del área de influencia directa e indirecta del proyecto para realizar los respectivos análisis y diseños para concesión.

La principal finalidad de este estudio es analizar las características Hidrológicas e Hidráulicas de la zona de influencia del corredor y el impacto de los futuros Proyectos en la vía férrea para definir su mitigación y manejo adecuado del agua. Esto con la finalidad de obtener la mayor información que sea posible, para que durante la estructuración del contrato de concesión se logren asignar y administrar de la mejor forma los riesgos técnicos, constructivos y de operación asociados a cada Proyecto.

Además se busca con el estudio, definir a nivel de diseño para concesión, sus principales elementos técnicos que garanticen la correcta operación de la vía férrea por aspectos asociados al agua, con la finalidad de conocer una aproximación de los costos de construcción, de operación, programación y tiempos de ejecución, especificaciones y requerimientos técnicos para la operación y demás elementos necesarios de cada Proyecto.

### **a. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL ÁREA DE HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN**

- Identificación de cuencas de las corrientes de tipo perenne (y/o identificables en los planos a escala 1:25.000 o a mayor escala si los hubiere) que sean atravesadas por cada corredor férreo.
- Identificación de estaciones climatológicas e hidrométricas del área aferente a cada corredor férreo, operadas por el IDEAM o por entidades gubernamentales o privadas.
- Fotografías aéreas de los sitios de cruces más relevantes de las corrientes de tipo perenne, a escala 1:50.000 o mayor.
- Información de utilidad para los análisis de estabilidad de canales y de socavación: clasificación de la corriente, transporte de sedimentos, potencial de socavación, estabilidad del curso, materiales existentes en el lecho y las orillas, etc.

#### **b. CONTENIDO MÍNIMO DEL ENTREGABLE**

- Inventario de las cuencas y fuentes hidráulicas existentes a lo largo del corredor, análisis de su estado actual y registro histórico de su comportamiento.
- Inventario de las obras hidráulicas, hidrológicas y de socavación existente en el cual se especifique su estado actual.
- Informe sobre antecedentes de sucesos hidrológicos y/o hidráulicos sobre el corredor.
- Propuestas de actividades de mantenimiento, repotenciación, rehabilitación, cambios o construcción para garantizar la correcta operación de lo identificado en el inventario.
- Identificación de sitios críticos y necesidades respecto a obras de arte nuevas.
- Diseño para concesión de obras incluyendo sitios críticos.
- Informe de descripción de alcances, especificaciones, presupuesto y programación.
- Análisis de patrones de drenaje, cantidad de cauces mayores y ponederos.
- Reconocimiento aéreo o terrestre que permita corroborar para cada corredor el patrón de drenaje, las condiciones reales de los ponederos definidos como puntos secundarios de control, y todos los demás aspectos que considere necesario valorar, como: el clima, suelos, vegetación, comportamiento de obras, estudios anteriores, etc.
- Definición de las características de las cuencas, estableciendo con precisión los límites y el tamaño del área aferente de cada una, las áreas de drenaje, la pendiente del curso de agua más importante y la pendiente media de cada cuenca y demás características geométricas de las mismas, el uso actual y previsto de la tierra, y se identificarán, entre otros, los tipos de suelos y su clasificación.
- Registro y evaluación de cualquier trabajo que se esté realizando en el lugar o que se tenga previsto y que cambie las características hidráulicas de una corriente de agua, con el fin de determinar su efecto sobre ella. En particular, se debe allegar información sobre: alineamiento y sección transversal del ferrocarril, coeficientes de rugosidad de la corriente,

planos de inundación, estructuras que generen obstrucciones, áreas de almacenamiento potencial de agua, etc.

- Levantamiento topográfico de los cauces cruzados por ponederos.

La información suministrada con relación al alcance, metodología y las actividades a realizar, debe interpretarse como una guía general al CONSULTOR, para la ejecución de los estudios de cada corredor, pero como mínimo deberá explicar en sus entregables, el contenido y análisis desarrollado acerca de los siguientes elementos:

- Aspectos hidráulicos a estudiar paralelamente con el proceso de diseño geométrico:
  - Estudios de hidrología, hidráulica y socavación de cauces
  - Diseño para concesión para la ubicación, espaciamiento máximo y demás elementos de diseño conceptual de las alcantarillas
  - Cota mínima de rasante en cada sitio de ponedero.
- Aspectos relacionados con el estudio de drenaje en la vía férrea:
  - Caracterización hidro-climatológica general y de detalle de la zona en relación con el drenaje.
  - Inventario de las corrientes identificables en restituciones Aero fotogramétricas en escala 1:25,000 o mayor, que crucen el corredor estudiado.
  - Plano general a escala 1:100,000 y/o 1:25,000 de localización de la alternativa del corredor analizado; delimitación de las cuencas, y localización de las estaciones climatológicas e hidrométricas aferentes al proyecto.
  - Estudio hidrológico, a nivel de estimación de caudales de crecientes e hidráulico, con alcance de pre-dimensionamiento de las estructuras del sistema de drenaje. Para ello se deben elaborar los siguientes diseños para concesión:
    - ✓ Diseño para concesión: el cual podría basarse en diseños tipo de alcantarillas, cunetas, aliviaderos, bordillos, disipadores de energía, dispositivos de drenaje sub-superficial y demás elementos de drenaje superficial y subterráneo que se requieran.
    - ✓ Diseño para concesión de pontones, puentes y muros de contención. Estos incluyen el pre-estudio de fundaciones y, en el caso de pontones y puentes, el de una eventual socavación.
- Estudio Hidrológico:

#### ANEXO 4.1 EL DORADO II - FERROVIARIO

- Análisis de lluvias y climatológico. Con base en la información de precipitación y los registros climatológicos obtenidos en el IDEAM o en otra entidad, el documento incluirá un análisis de los registros precipitación de cantidad e intensidad que permita dar valores de tipo local y regional, para conocer el comportamiento espacial y temporal del fenómeno. Así mismo, deberá presentar los análisis y la caracterización de los principales parámetros climatológicos, como temperatura, humedad relativa, número de días con lluvia, etc. La cuantificación se aplicará en la determinación de un fenómeno evidente en la superficie como es el caudal de drenaje para un periodo de retorno específico y definido según el proyecto. También, se deberán informar los datos necesarios sobre intensidades de lluvia para los ajustes geométricos.
- Análisis de caudales. Los caudales de drenaje de diseño para los diferentes periodos de retorno se analizarán, en lo posible, a partir de información hidrométrica disponible en el IDEAM o en otra entidad. En caso de que no se disponga de registros de caudales, se aplicarán métodos indirectos convencionales, como modelos lluvia - escorrentía o estudios regionales de crecientes, entre otros.
- Justificación de las fórmulas empleadas. Debido a la diversidad de fórmulas con que cuenta la hidrología para el cálculo de caudales, cuya aplicación depende en gran parte del criterio del proyectista, el estudio presentará la debida justificación del empleo de cada una de ellas.
- Aplicación de las teorías y métodos de predicción. Se presentarán las distribuciones de frecuencia más adecuadas para los análisis de los fenómenos de lluvia, caudal, temperatura, etc., indicando el método de predicción finalmente adoptado. Esta labor es de gran importancia, puesto que cuantifica un fenómeno que incide directamente en el dimensionamiento de las obras.

➤ Estudio Hidráulico:

La finalidad es el diseño para concesión de estructuras de capacidad apropiada utilizando los caudales generados en el estudio hidrológico. Las estructuras pueden ser de desvío, control, protección, remoción o de cruce bajo una vía férrea. El informe debe incluir lo siguiente:

- Geomorfología - Dinámica Fluvial Obras menores
- Drenaje subsuperficial. Siempre que el estudio lo requiera, el documento incluirá un análisis del drenaje subterráneo, primordialmente en todos los sitios donde haya evidencia de agua subterránea excesiva. Se presentarán las soluciones concretas respecto al tipo de obra que se deba utilizar. Igualmente,



presentará propuestas concretas para el manejo de las aguas que se infiltren en la plataforma de vía a través de la capa de balasto.

- Hidráulica de obras mayores.

➤ Estudio de Socavación:

Los estudios de socavación tienen por objeto determinar las profundidades críticas de tipo erosivo inducidas por las corrientes alrededor de pilas, estribos, etc. para las obras más representativas y aspectos más críticos del corredor.

Los análisis que se requieran, deben garantizar la obtención de los valores adecuados de socavación que aseguren la estabilidad de las estructuras proyectadas, sin redundar en cimentaciones extremadamente costosas. En ese contexto, el informe final deberá tener el siguiente contenido:

- Análisis de la información de campo.
- Aplicación de las teorías de socavación

Se deberá presentar un resumen sucinto de todos los resultados encontrados a través del estudio, principalmente aquellos que requieran de su utilización en otras especialidades o que generen conclusiones inmediatas; por ejemplo, milímetros promedio de precipitación multi-anual de la zona, caudal y niveles de diseño de "X" corriente, temperatura promedio multi-anual, zonas críticas para el drenaje, etc.

## 6. TOPOGRAFÍA Y ALINEAMIENTO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

El CONSULTOR realizará los estudios topográficos que requiera (para los cuales deberá presentar antes de iniciar los trabajos el Certificado de Calibración de los equipos), apoyándose en una poligonal de control debidamente abscisada y ligada a las coordenadas establecidas por Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Se tomará información topográfica en el ancho del corredor definido para los proyectos de acuerdo al POT y su área de influencia.

El levantamiento topográfico deberá contener todos y cada uno de los detalles existentes en la zona tales como: postes, hidrantes, cajas, válvulas etc. En los planos de levantamiento deberán identificarse las redes matrices de acueducto y alcantarillado, de alta y media tensión, gas y comunicaciones con sus características.

El CONSULTOR incluirá en la información a entregar el levantamiento topográfico detallado, donde incluye la planimetría y altimetría de la franja de estudio determinada para cada sector de cada corredor, en el cual, debe quedar plasmada la información necesaria de tipo de terreno, niveles y alineamientos viales, contornos de predios, inventario y ubicación de redes de servicios públicos existentes, construcciones, taludes, ríos, sitios críticos, obras de drenajes, estructuras, muros de contención, ancho de calzadas, zonas verdes, andenes, separadores, arborización, señalización y demás elementos que marquen discontinuidades en el terreno.

Partiendo de la poligonal ajustada y verificada, el CONSULTOR deberá elaborar un modelo tridimensional digitalizado con la topografía detallada del área del proyecto, en donde se ubique en 3 dimensiones, los volúmenes de los elementos existentes, para identificar los cortes, llenos, traslados y los impactos que se generan por la implantación de las nuevas infraestructuras en el área del corredor. Es importante que se presente en los registros la poligonal de amarre que sea fácilmente verificable en campo y en oficina.

El modelo en tres dimensiones, se llevará a cabo mediante radiación con ET (Estación total), GPS (sistema de posicionamiento global) o LIDAR (Light Detection And Ranging) o equipos similares (siempre y cuando su precisión sea la suficiente para justificar su uso en lugar de equipos convencionales).

Según el tipo de intervención para los sectores de cada corredor, se definirá una franja de vía a detallar topográficamente, la cual, se plantea que partiendo de una vía existente, el trabajo de topografía, se desarrollará sobre una franja de mínimo 400 metros, es decir, mínimo 200 metros a cada lado del eje de la vía.

Estas dimensiones podrán ser reducidas en casos puntuales, en aquellos sitios donde sea pertinente siempre y cuando el CONSULTOR proponga de manera argumentada dicha reducción.

Las poligonales de control deben ser cerradas en las placas de partida, y su aproximación no deberá ser menor de 1:10000.

Los trabajos topográficos que se deben realizar son:

- Levantamiento topográfico planimétrico detallado, en el ancho del corredor y área de influencia del proyecto de acuerdo con lo que se especifique en las condiciones particulares.
- Nivelaciones topográficas de todo tipo.
- Investigaciones de redes de acueducto, alcantarillado, energía, teléfono, semaforización y gas natural.

- Localización de ejes para proyectos viales urbanos.

El levantamiento topográfico deberá presentar la silueta de las vías, levantando con exactitud los sardineles de confinamiento, los paramentos, bermas donde existan, sardineles de separadores, pasos a desnivel peatonales y vehiculares (incluyendo las pilas y apoyos de los mismos), árboles, postes, construcciones, incorporar los planos que suministren las empresas de servicios públicos ESP's, para identificar la interferencia con las redes matrices, redes de alta y media tensión y las dificultades de posibles traslados, así como los planos de proyectos que tengan diseños en el Distrito.

Una vez terminado el trabajo de orientación de la nivelación y la contra nivelación se realizará la toma de secciones transversales, cada 50 m (cuando el CONSULTOR considere necesario realizar mediciones de sección a una menor distancia que la establecida anteriormente, está en plena libertad de realizarlo como su responsabilidad que tiene de producir unos estudios y diseños de detalle con calidad que garanticen el nivel de detalle requerido), de tal manera que puedan ser representativas de cada cuadra. Estas secciones deberán ser tomadas con niveles de precisión (nivelación geométrica o directa), y deberán cubrir como mínimo los siguientes detalles:

- El borde del andén izquierdo - sobre el andén
- El borde la zona verde izquierda si la hay
- El sardinel en el paramento contra la calzada parte alta sobre el sardinel, lado izquierdo
- El paramento del sardinel parte baja sobre la calzada, lado izquierdo
- El centro de la calzada
- El paramento del sardinel parte baja sobre la calzada, lado derecho
- El sardinel en el paramento contra la calzada, parte alta sobre el sardinel, lado derecho
- El borde de la zona verde derecha si la hay
- El borde del andén derecho - sobre el andén
- Para las vías de varias calzadas se repite lo que sea pertinente en todas las calzadas.
- Para las redes matrices de acueducto y alcantarillado, se debe detallar los siguientes aspectos:
  - Diámetros de las tuberías
  - Distancias horizontales entre pozos.
  - Cotas rasantes de los pozos.

#### a. CONTENIDO MÍNIMO DE LOS ENTREGABLES DE TOPOGRAFÍA

Los planos en planta se presentarán a escala 1:10.000 y los planos de perfil se presentarán a escala H: 1:5.000 y V: 1:500 o menor, definiendo en ellos puntos de control topográfico de seguimiento del

fenómeno, debidamente referenciados con mojones de concreto. Es importante que se presente en los registros la poligonal de amarre que sea fácilmente verificable en campo y en oficina.

Para los sitios críticos se realizará el levantamiento topográfico, que abarque la zona afectada y se presentarán planos con curvas de nivel entre uno y cinco metros, según sea el caso. Los planos de puntos críticos se harán a escala 1:200 a 1:500.

Se debe entregar la información digitalizada en un modelo donde las coordenadas de la vía existente deben pertenecer al nuevo Marco Geocéntrico Nacional de referencia MAGNA- SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y en un sistema de información de última tecnología que permita la administración y propiedad de la información por parte del Beneficiario Final.

Dentro de la información entregada el CONSULTOR deberá identificar los puntos de interés que sean representativos y generen algún impacto sobre el corredor.

Los entregables deberán incluir como mínimo:

- a) Metodología y Actividades Realizadas
- b) Levantamiento altiplanimétrico de la franja de vía estudiada
- c) Mapas topográficos, geológicos e hidrológicos en escalas reducidas
- d) Fotografías aéreas a escala 1:50.000 o menor
- e) Restituciones Aero fotogramétricas a escala 1:10.000 con curvas de nivel cada veinticinco metros (25 m) ó menos
- f) Imágenes de satélite u otro sistema de información geográfica
- g) Trabajo de Campo: En la información de campo levantada y en el modelo del terreno digitalizado con una distancia entre puntos no superior a 10 metros, se deben encontrar como mínimo:
  - Identificación de placas IGAC para coordenadas.
  - Identificación de placas de nivelación.
  - Ubicación de puntos de estación o bases de topografía.
  - Referenciación y nivelación de la línea de base.
  - Criterios para la determinación de la franja del corredor a detallar.
  - Localización del eje del corredor.
  - Referencias para replanteo del eje con su registro fotográfico.
  - Topografía adicional para completar el modelo topográfico en los sitios de interés especial.
  - La información para la localización del eje definitivo en planta
  - Listado de las bases de topografía utilizadas para el levantamiento topográfico del corredor de ruta, con su correspondiente referenciación e información:

- Identificación de la base de topografía.
- Coordenadas X, Y, Z.
- Cartera de localización del eje en planta con las coordenadas de cada abscisa del eje del Proyecto, para tramos rectos y en curva.
- Cartera de coordenadas de las bases topográficas.
- Carteras de localización para el eje definitivo en planta.
- Plano de ubicación de la vía localizada, que contenga la siguiente información:
- Mapa del departamento o zona administrativa del país, con la ubicación de la capital, de la vía localizada y de los principales municipios cercanos a la misma.
- Vías de acceso a la vía localizada.
- Poblaciones o sitios que une la vía localizada.
- Ríos principales que atraviesa la vía localizada.
- Sitios de interés especial (críticos, taludes, ríos, etc)
- Plano reducido con el índice de planos a escala 1:10.000, donde se localicen los planos que contiene el estudio.
- Planos Planta-Perfil, preferiblemente en escala horizontal 1:2.000 y vertical 1:200.
- Plano con el dibujo de las secciones transversales en escala 1:100 tanto horizontal como vertical.

Considerando la definición realizada en los anexos para los sitios críticos, además se realizará el levantamiento topográfico que abarque la zona afectada y se presentarán planos con curvas de nivel entre uno y cinco metros, según sea el caso. Dichos planos se harán a escala 1:500, definiendo en ellos puntos de control topográfico de seguimiento del fenómeno, debidamente referenciados con mojones de concreto. Igualmente, se deberá indicar todo tipo de corrientes de agua existentes en la zona y la posición de la corona, sus flancos, pata y los escarpes principales y secundarios.

La entrega del trabajo de campo se realizará en libretas de topografía (tránsito y nivel), y digitalizadas donde las coordenadas deben pertenecer al nuevo Marco Geocéntrico Nacional de referencia MAGNA-SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y modelado digitalmente en sistema de información de última tecnología, que permita la administración y propiedad de la información por parte del Beneficiario Final.

## 7. DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA

El CONSULTOR, utilizando la información topográfica procesada, deberá ejecutar el Diseño Geométrico de acuerdo con las normas y criterios establecidos en la sección 7.4.

Cuando exista discrepancia entre las normas indicadas, se dará preferencia a aquella que tenga las condiciones más restrictivas para garantizar la máxima seguridad del sistema.

La principal finalidad de este Diseño Geométrico, es definir según los criterios técnicos establecidos en este numeral, el corredor y las características de la vía, que sirvan de referencia para determinar los estudios previos, el alcance técnico, las especificaciones y el análisis de riesgos durante el proceso de estructuración integral del contrato de concesión en cada corredor.

**a. CONTENIDO MÍNIMO DE LOS ENTREGABLES CORRESPONDIENTE AL ÁREA DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

1. Diseño del eje en planta localizado teniendo en cuenta previamente la sección transversal seleccionada. El eje así localizado y nivelado será la base para el proyecto de rasante.
2. Diseño en perfil con base en los resultados obtenidos en la nivelación del eje para ajustar el diseño de la rasante derivadas del proceso de la localización del eje.
3. Diseño de las secciones transversales en todo el abscisado del proyecto, teniendo en cuenta el ancho de la plataforma de vía, hombros de balasto, cunetas, la inclinación de los taludes de corte y terraplenes, muros de contención, obras de drenaje, puentes, estaciones, patios de maniobras, apartaderos y ramales. Las secciones transversales se generan a partir del modelo digital en tres dimensiones y complementadas con todos los elementos antes descritos.
4. Cálculo del movimiento de tierras utilizando el modelo del terreno, partiendo de los valores obtenidos, los cuales además sirven de base para el cálculo de cantidades de obra.
5. Limitaciones encontradas durante el proceso de diseño, que desvirtúen el objetivo trazado inicialmente, en lo pertinente a garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía.
6. Criterios de selección de todas las alternativas de diseño propuestas y desarrolladas dentro del estudio.
7. Formulación de las recomendaciones a tener en consideración durante la etapa de construcción.

**b. PRODUCTOS A ENTREGAR**

Se deberán entregar los siguientes productos (en físico y magnético), los cuales deberán contener como mínimo la información que se describe a continuación:

- (i) Planos de planta - perfil de construcción, en escalas H: 1:2000 y V: 1:200
- (ii) Reducido del proyecto: Deben permitir identificar, de forma rápida, los distintos aspectos generales de la planta tales como: accesos, ramales, posición de obras especiales como muros de contención y estructuras importantes, túneles, cruces y características generales del relieve de la vía principal. Se presenta el eje o los ejes diseñados, abscisados cada cien metros (100 m) y mediante curva de nivel cada cinco metros (5 m) y a escala 1:10.000

**A. Planos de Planta**

- Distribución de planchas de localización del Proyecto con su respectiva numeración. Abscisado cada 250 metros.
- Referencia detallada de las abscisas de iniciación y terminación del Proyecto.
- Localización con sus respectivos nombres de ríos y quebradas de importancia.
- Ubicación y nombre de accidentes geográficos, municipios y corregimientos que tengan comunicación con el Proyecto.
- Layouts de estaciones y patios de maniobras
- Orientación del Proyecto (norte- sur) Esquema de la sección transversal típica

**B. Planos de Perfil**

- Perfil longitudinal del terreno
- Localización de puentes, pontones y muros
- Pendientes del proyecto
- Abscisado cada 250 metros.
- Resumen de cantidades de obra cada 5 km.

- (iii) Estos planos permiten la identificación y localización del diseño vial, el análisis y funcionalidad del mismo y el cumplimiento de los objetivos del Proyecto. Se presentarán planos en los formatos planta- perfil con los respectivos listados de campo y deben contener:

**A. Planta**

- Escala 1:2.000
- Eje del proyecto rotulado con abscisas de los puntos singulares y cada 100m.
- Sección transversal típica

#### ANEXO 4.1 EL DORADO II - FERROVIARIO

- Ancho de plataforma de vía hasta la terminación de los hombros de balasto (línea continua)
- Ancho de zona Referencias BMs
- Escalas gráficas
- Elementos de curvaturas del proyecto, incluye coordenadas de los PR
- Localización de alcantarillas, pontones, puentes y muros proyectados. Cunetas revestidas (línea continua) con indicaciones de su entrega y descole. Localización de filtros y entregas
- Zonas de inestabilidad geotécnica
- Abscisado cada 100 m., con indicación del km., dentro de un círculo
- Velocidad de diseño
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas
- Clase de vegetación

**Nota:** Ancho de zona, Ancho de banca, Escala de referencias, BMs con referenciación y cota.

#### B. Perfil longitudinal

- Escalas V 1:200
- Perfil de terreno existente por el eje
- Proyecto de rasante con indicación de pendientes
- Elementos de curvas verticales (Abscisas, cotas de PIV y Longitud)
- Nombres de ríos y quebradas
- Muros de contención

#### (iv) Secciones Transversales Típicas:

- Se presentarán las secciones mixtas, en tangente o en curva, en cada plano de planta y deberá contener:
- Ancho de la plataforma de vía
- Hombros de balasto
- Pendientes transversales.
- Espesores y especificaciones para cada una de las capas de la infraestructura y la superestructura de vía
- Dimensiones de la cuneta respecto al borde de pavimento.

#### (v) Secciones Transversales



- Las Secciones Transversales del estudio, se deben presentar en planos de 1.0 \* 0.7 m. y deben contener:
- Escalas horizontal y vertical 1:200.
- Se presentarán cada 250 metros, intercalando los sitios donde se localizan muros, sitios potencialmente inestables, obras de drenaje menores con esviaje y sin esviaje que no requieren topografías especiales, del ancho necesario que permita el diseño total de las obras de encole y descole.
- Indicar en cada sección la abscisa, las cotas de rasante y del terreno natural, así como el área de corte y/o de terraplén.

**(vi)** Listados de los proyectos y de replanteo

Se deberá presentar los listados contenidos en el capítulo denominado "Criterios de presentación de las memorias" del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS; como mínimo para los siguientes:

- Localización del eje horizontal el cual incluya los puntos singulares de las curvas, empleando sistema de coordenadas, a partir de las bases de replanteo obtenidas del poligonal eje de topografía.
- Listado de cotas en los vértices y en el eje. Replanteo de la totalidad de la sección transversal.
- Listado de replanteo de la estructura de la plataforma de vía.

Se debe entregar la memoria de cálculo del diseño y la información del trabajo de campo digitalizadas en el modelo sobre el cual se llevó a cabo el diseño, donde las coordenadas del proyecto deben pertenecer al nuevo Marco Geocéntrico Nacional de referencia MAGNA- SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y en un sistema de información de última tecnología que permita la administración y propiedad de la información por parte del Beneficiario Final. Todo el resultado de todos los componentes de los estudios, deberán quedar incluidos en el sistema de información.

El trazado deberá ser realizado con software de diseño que permita realizar la visualización de planta, perfil y sección transversal de forma simultánea, así como cada modificación que se realice en alguno de estos elementos se actualice en los otros dos.

El software deberá permitir realizar modelaciones 3D de forma rápida con el fin de verificar y validar los criterios planteados. Estas modelaciones deberán ser presentadas y entregadas durante el proceso de diseño. Deberá entregarse una modelación del diseño final.

### c. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA

A continuación se enmarcan los requerimientos para elaborar el alineamiento geométrico de la vía.

El alineamiento geométrico del trazado deberán ser realizado de acuerdo al tipo de servicio y a los estándares de la vía planificados para el proyecto, para lo cual, el CONSULTOR deberá relacionar en este capítulo un diagnóstico de los siguientes componentes geométricos, así como la corrección geométrica de los mismos:

- Curvas en planta;
- Curvas verticales;
- Longitud y parámetros de curvas de transición;
- Perfil longitudinal;
- Acuerdos en planta;
- Peraltes de la vía;
- Geometría de los aparatos de vía;
- Alabeo;
- Ancho de vía;
- Alineación y Nivelación de la vía;
- Velocidad de diseño en cada curva y en los tramos rectos.

Es importante aclarar que el CONSULTOR hará el diagnóstico de la vía férrea en su condición actual y luego deberá presentar los parámetros geométricos del nuevo proyecto utilizando herramientas computacionales para generar los planos descritos a continuación, utilizando las siguientes escalas:

- Plano reducido a escala 1:10.000, donde se localicen los planos que contiene el estudio.
- Planos Planta-Perfil, preferiblemente en escala horizontal 1:1.000 y vertical 1:100.
- Plano con el dibujo preliminar de las secciones transversales en escala 1:100.

## 8. ESTUDIO AMBIENTAL

### 8.1. Alcance en el área ambiental

El alcance general y las actividades específicas en el área ambiental que deberá desarrollar el consultor se encuentran relacionadas en el numeral 5 del Anexo 4.4.

## 9. ÁREAS SOCIAL Y PREDIAL

### 9.1. Alcance en el área social

El alcance general y las actividades específicas en el área social que deberá desarrollar el consultor se encuentran relacionadas en el numeral 5 del Anexo 4.2.

### 9.2. Alcance en el área predial

El alcance general y las actividades específicas en el área predial que deberá desarrollar el consultor se encuentran relacionadas en el Anexo 4.3.

## 10. PUENTES, PONTONES Y VIADUCTOS

Se busca con el estudio, definir en diseño para concesión las actividades propuestas de mantenimiento, rehabilitación, cambios o construcción, con la finalidad de conocer una aproximación de los costos de construcción, de mantenimiento y operación, programación y tiempos de ejecución, especificaciones y requerimientos técnicos para el mantenimiento y operación y demás elementos necesarios del proyecto. Además, se deben definir los posibles riesgos.

El CONSULTOR deberá ejecutar el estudio de Puentes y Viaductos para los corredores que por sus condiciones morfológicas y técnicas así lo requieran, basado en el contenido específico que se presenta a continuación y considerando la normatividad aplicable. Deben contener como mínimo los siguientes estudios: trazado geométrico, geología y geotecnia, hidrológicos, hidráulicos y socavación, diseño para concesión de la superestructura.

La principal finalidad del Estudio de Puentes y Viaductos es analizar las características geométricas y pre dimensionamientos con base en la información geotécnica, hidrológica y la pre modelación estructural. Esto con la finalidad de obtener la mayor información posible en los anteriores aspectos, para que durante la estructuración del contrato de concesión, se logre administrar y asignar de la mejor manera los riesgos técnicos y constructivos asociados al proyecto, para los sectores que requieren nuevos puentes.

Además se busca con el estudio, diseñar para concesión los principales elementos técnicos que garantizan la correcta operación cada puente y de la vía, con la finalidad de conocer una aproximación de los costos de construcción, de operación, programación y tiempos de ejecución, especificaciones y requerimientos técnicos para la operación y demás elementos necesarios de los Proyectos.

**a. CONTENIDO MÍNIMO DEL ENTREGABLE CORRESPONDIENTE AL ÁREA DE PUENTES Y VIADUCTOS**

- Inventario de los puentes, pontones y viaductos en el cual se especifique su estado actual.
- Informe sobre antecedentes de operación y comportamiento estructural de cada puente.
- Propuestas y descripción de actividades de mantenimiento, rehabilitación, cambios o construcción para garantizar la correcta operación de lo identificado en el inventario
- Diseño para concesión de obras.
- Estudios y análisis de los puentes superiores a 20 metros de longitud, en los que se analice la capacidad estructural, hidráulica, hidrológica, socavación, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos a la operación
- Informe de descripción de alcances, especificaciones, presupuesto y programación.

**b. PUENTES NUEVOS**

Para los puentes nuevos el CONSULTOR de la propuesta deberá elaborar y entregar los siguientes estudios, diseños y documentos para su análisis y aprobación.

**A) Estudio de Topografía y Diseño Geométrico**

Este informe debe seguir los requerimientos antes descritos para las áreas de Topografía y Diseño Geométrico descritas anteriormente.

Al describir la zona por donde atravesará el Proyecto y los puntos geográficos que se van a vincular, para los puentes más importantes y representativos, se realizará el levantamiento de 500 metros antes y después del puente, y 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo, de tal forma que abarque la localización de los nuevos puentes.

Se deben definir los parámetros de diseño, luego materializar la localización definitiva de los apoyos, con todas las características geométricas planta-perfil. Se determinarán las características de las secciones transversales tipo de acuerdo con el tren de diseño que satisfaga la demanda a movilizar, geometría, gálibo mínimo, de acuerdo con la normatividad vigente.

Dentro de los productos a entregar, junto con las memorias de cálculo se espera como mínimo planos de:

- Ubicación geográfica del Proyecto e identificación de todos los puentes existentes y de los nuevos puentes requeridos
- Reducido del Proyecto. Se presentará a escala 1:10.000.
- Planta - perfil de construcción a escalas H: 1:2000 y V: 1:200 con el alineamiento horizontal y vertical, los elementos de curvatura y superestructura.
- Localización en planta- perfil con las respectivas carteras de campo y deberán contener el diseño geométrico de los puentes y sus obras requeridas para los accesos.

#### **B) Estudio de Geología y Geotecnia para Puentes y viaductos**

Según las especificaciones descritas para el área de Geología y Geotecnia, el CONSULTOR deberá realizar el análisis para los puentes nuevos, con especial particularización de los puentes más importantes y significativos del corredor, y además deberá contener las memorias de cálculo y planos, como mínimo de los siguientes aspectos:

Reconocimiento geomorfológico de las zonas aledañas a los puentes, a fin de determinar características y propiedades generales de los diferentes estratos o depósitos geológicos, con información sobre fallas, pliegues, diaclasas, sitios de inestabilidad potencial o cualquiera otra circunstancia que ponga en peligro la estabilidad de los puentes. Espesor y características de los perfiles de meteorización, y descripción de cada uno. Localización, descripción y análisis de todas las formas y fenómenos de inestabilidad, y clasificación práctica de estos procesos

#### **C) Estudio Hidrológico, Hidráulico y de Socavación para Puentes**

Para los puentes nuevos se debe realizar los estudios hidrológico, hidráulico y de socavación, con especial particularización de los puentes más importantes y significativos del corredor.

Parte de los análisis y resultados que se deben presentar con referencia a estos aspectos son: niveles máximos de aguas, velocidades medias y coeficientes de rugosidad, arrastres, socavación general en condiciones naturales y la producida por las pilas, análisis de inundaciones, y debido a la capacidad hidráulica, analizar los aliviaderos y la geomorfología de la corriente.

#### **D) Estudio del diseño del puente y superestructura**

Además de parámetros mínimos descritos en el presente Anexo Técnico para la superestructura, se debe realizar el diseño de los puentes para el tren de diseño, de acuerdo con la demanda a movilizar el modelo operacional de trenes.

El CONSULTOR entregará los mismos productos definidos en las especificaciones para el diseño de la superestructura, que como mínimo incluyen:

- Memorias de los cálculos realizados
- Planos de las secciones transversales de los puentes con las especificaciones de la superestructura.
- Recomendaciones generales sobre el mantenimiento.

#### **E) Estudio estructural y dimensionamiento**

Se debe seleccionar la tipología de puente a estudiar, proceso constructivo, y materiales definiendo sus principales ventajas particulares.

Se debe realizar el diseño para concesión de la estructura del puente y las obras complementarias y de los elementos estructurales con su respectiva geometría.

Deberá diseñar para concesión cada uno de los puentes nuevos, para lo cual, se deben definir los criterios técnicos que llevaron a esta selección, el pre-dimensionamiento, y caracterización de los materiales, procesos constructivos, cantidades de obras y demás actividades que componen el diseño para concesión, para los siguientes elementos:

- Infraestructura: Estribos, Pilas o cualquier tipo de cimentación seleccionada
- Superestructura: Tablero, vigas, traviesas, sujeciones, placas, barandas, juntas, refuerzo y demás elementos que componen la superestructura.
- Accesos: Empalmes, aproches, vías de accesos y demás elementos que den continuidad a la vía.

En las Memorias de Cálculo se debe indicar el registro descriptivo de los cálculos requeridos por el diseño para concesión de la estructura, lo cual soporta y fundamenta las dimensiones y refuerzos determinados. Comprende además, lo siguiente: Descripción del Proyecto, Códigos y reglamentos tomados como base para la elaboración del Proyecto, Especificaciones de materiales a utilizar en la estructura, Criterio para el análisis de cargas, dimensionamientos, Análisis sísmico, Memoria de cálculo, y demás componentes definidos para los diseños para concesión.

Se deben entregar los planos de cada una de las obras que contempla el Proyecto.

Se deben calcular las cantidades de obra para cada ítem se calcularán con base en los planos, memorias y especificaciones.

presupuesto a la fecha de presentación del estudio. Adicionalmente se estudiarán los posibles costos especiales en caso de existir.

### **11. INVENTARIO Y DISEÑO DE LA RELOCALIZACIÓN DE REDES DE SERVICIOS (INCLUYENDO OLEODUCTOS Y POLIDUCTOS)**

De acuerdo con el alcance establecido en el presente anexo, se deben estudiar las redes de servicios públicos con el fin de detallar el grado de interferencia con las redes matrices y principales, las dificultades de posibles traslados, e identificar proyectos futuros, que permitan evaluar la incidencia de estas obras en la ejecución del proyecto.

El CONSULTOR adelantará un trabajo de campo de levantamiento topográfico, de acuerdo a las especificaciones del levantamiento topográfico, y la identificación de las redes e instalaciones de servicios públicos en el área de influencia del corredor férreo, utilizando como referencia los levantamientos topográficos y planimétricos y altimétricos, en donde se incluirán las siguientes redes e instalaciones de servicios públicos domiciliarios:

1. Acueducto
2. Alcantarillado pluvial, sanitario y/o combinado
3. Energía eléctrica
4. Telefonía y telecomunicaciones
5. Semaforización.
6. Gas domiciliario
7. Televisión y datos por cable
8. Oleoductos y/o poliductos de Ecopetrol
9. Otras redes relevantes,

A partir del levantamiento y geo-referenciación de todos los componentes de las redes existentes en la zona de influencia de las estaciones y de la línea férrea, El CONSULTOR hará las gestiones que sean necesarias ante los organismos competentes del Departamento, Distrito, Municipios del área de influencia del corredor y las empresas prestadoras de servicios públicos para la obtención de los planos de redes existentes, los proyectos previstos en el sector, con el fin de comparar la información tomada en campo con el catastro de redes de cada empresa y complementarla con la información de los proyectos de expansión, incorporándola en los planos de levantamiento de las redes..

El CONSULTOR realizará la consolidación de los datos en un sistema de información geográfico.

Como resultado del diagnóstico, El CONSULTOR presentará el plan de acción y alternativas para solucionar dichas interferencias, y desarrollará los pre diseños de reubicación de redes de servicios públicos domiciliarios con los presupuestos preliminares que implique su traslado, construcción, mantenimiento y puesta en servicio. Definirá además los protocolos y cronogramas de gestión ante las entidades correspondientes, tanto para su diseño definitivo como para su traslado y/o construcción.

El pre diseño de las redes debe hacerse en coordinación con cada empresa de servicio y es obligación del CONSULTOR elaborar los pre diseños de las interferencias, incorporar los diseños de las redes proyectadas y elaborar el costo aproximado de estas redes.

El CONSULTOR, deberá solicitar los datos técnicos a la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, y demás empresas prestadoras de servicios públicos, los cuales deberán ser tenidos en cuenta para la elaboración de los pre-diseños y presupuesto de las obras.

El sistema de cotas del diseño debe ser el mismo sistema del proyecto geométrico; si este sistema es diferente al de la Empresa de Acueducto, debe hacerse el empalme o ecuación respectiva.

Para las redes eléctricas, el CONSULTOR debe presentar el pre diseño eléctrico validado por las Empresas afectadas tales como CODENSA, EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA o la empresas que determine la UAESP en caso de que CODENSA no sea la entidad competente.

Dentro del alcance de los trabajos a presentar por parte el CONSULTOR están:

- Realizar el levantamiento de las redes existentes tanto aéreas como subterráneas, de media y alta tensión. Igualmente el consultor debe realizar un planteamiento del Alumbrado Público y Traslado de redes MT y AT, interferencias y obras que tenga proyectado ejecutar CODENSA o la Empresa de Energía de Cundinamarca, teniendo en cuenta las normas y especificaciones editadas por esa entidad y la UESP.
- Igualmente deberá establecer el presupuesto para el proyecto:
  - Normas aplicables editadas por Codensa: Normas de Construcción de Redes Subterráneas, Normas de Construcción de Redes Aéreas, Normas de Construcción de Redes Rurales, Normas de Construcción de Acometidas y Subestaciones. Además, se debe tener en cuenta el Manual de Alumbrado Público, de la UESP.



Para las redes de telecomunicaciones, el pre diseño de las redes será realizada basado en los planos de redes existentes y proyectos a ejecutar entregados por la E.T.B y demás empresas operadoras, diseñando el traslado de las interferencias que se causen y elaborando el presupuesto preliminar de estas obras.

Igualmente, el CONSULTOR debe efectuar los tramites con las demás empresas de teléfonos, como lo son: COLOMBIA TELECOMUNICACIONES S.A., EPM, EMTELCO, CLARO, Telefónica, etc.

Para las redes de gas, el CONSULTOR deberá solicitar mediante oficio dirigido a la oficina de Planeación Técnica de la Compañía GAS NATURAL la incorporación de las redes de gas natural existentes y proyectadas del diseño geométrico del proyecto elaborado en medio magnético.

El proyecto debe tener una consideración general de renovación de redes de alcantarillado sanitario y acueducto, eléctricas, telecomunicaciones y gas, unido a las alternativas que se deben explorar con la posibilidad de desarrollo de proyectos urbanos integrales a lo largo del corredor, actividades que deben desarrollarse en este tipo de proyectos, tal como lo define el POT.

#### **a. DIAGNÓSTICO DE INTERFERENCIA CON REDES**

El Diagnóstico de Interferencia con redes de servicios públicos deberá contener:

- Diseño e implementación del sistema de información geográfico (SIG) de las redes de servicios públicos, especificando:
  - la plataforma tecnológica utilizada,
  - el diseño de las bases de datos,
  - el diseño de alternativas de ingreso de la información obtenida al SIG (según sean planos físicos o diferentes formatos de medios digitales),
  - la integración y procesamiento de la misma, y
  - las interfaces de salida y consulta correspondientes.
  
- **Recolección y procesamiento de información secundaria de las redes existentes:**

El CONSULTOR adelantará el proceso de recolección de información secundaria consistente en la recopilación de los planos en planta y en perfil de las redes existentes de servicios públicos localizadas en un corredor de 40 metros de ancho a lo largo de la línea del corredor. Lo mismo hará para los casos especiales de áreas de análisis mayores a dicho corredor que requieran un estudio más amplio como en el caso de las estaciones, talleres, patios y cocheras.

Será responsable de coordinar la gestión a través de las entidades Departamentales, distritales y municipales (Municipios del área de influencia), con el objeto de recopilar la información más actualizada disponible y en las escalas apropiadas ante las empresas y entidades a cargo de las redes de servicios públicos. La información recopilada en medio físico y digital se incorporará al SIG de las redes de servicios públicos que permita su procesamiento y análisis integrado.

➤ **Recolección y procesamiento de información secundaria de los planes de expansión de las empresas de servicios públicos.**

De manera similar al punto anterior, El CONSULTOR gestionará la consecución y procesamiento de los planos en planta y en perfil de las redes de servicios públicos que no se encuentran aún construidas pero que están incluidas dentro de los proyectos de corto y mediano plazo de las entidades a cargo de las mismas, para ser reemplazadas, relocalizadas, ampliadas, rehabilitadas y/o modificadas. Será necesario efectuar reuniones técnicas con las entidades propietarias o administradoras de las redes, para sustentar y verificar la información a analizar.

➤ **Recolección y procesamiento de información en campo:**

El CONSULTOR conformará comisiones de inspección en campo para tomar datos de las redes localizadas dentro del mismo corredor de 40 metros a los largo del trazado de la línea propuesta o en las áreas de análisis definidas.

Para tal efecto debe coordinar esta actividad con las labores de topografía en planimetría y altimetría que adelante el CONSULTOR dentro de los estudios de topografía y que permitan la localización y toma de niveles (cotas) de tuberías, accesorios, estructuras, cables, postes, semáforos, pozos de inspección, cajas, tableros y demás elementos relevantes constitutivos de los diferentes tipos de redes.

El CONSULTOR deberá emplear los mejores métodos disponibles para asegurar la adecuada localización de las redes que incluye la utilización de equipos de medición de alta precisión, equipos de sondeo, cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV) y otras tecnologías apropiadas, según cada caso, de acuerdo con los requerimientos de la normatividad establecidas por las empresas de servicios públicos.

También conformará un banco de fotografías y medios audiovisuales que documente la localización en el terreno de las redes de servicios públicos. El CONSULTOR adelantará apiques y actividades de apertura de elementos de inspección cuando sea necesario, pero sólo con la autorización y acompañamiento de las entidades o empresas administradoras de las redes y será responsable de restituir la integridad de las superficies y componentes de los elementos intervenidos, así como de

la limpieza de las áreas inspeccionadas. Igualmente será responsable de los planes de seguridad y manejo de tráfico que impliquen dichas inspecciones.

➤ **Integración y procesamiento de la información primaria y secundaria en el SIG:**

El CONSULTOR integrará toda la información secundaria y primaria obtenida en el SIG, conforme a los puntos anteriores, para que pueda ser procesada y analizada con las herramientas del mismo.

➤ **Diagnóstico integrado:**

El CONSULTOR realizara el análisis de interferencias mediante la utilización de matrices detalladas, el estudio de casos especiales, elaborará los esquemas descriptivos y adelantará un proceso de confirmación y retroalimentación con todas las empresas de servicios públicos que tengan redes con afectación significativa.

➤ **Propuesta de soluciones a las interferencias identificadas.**

El CONSULTOR deberá presentar los planes de desvíos, relocalizaciones, tratamientos especiales a nivel de pre diseños, con los respectivos presupuestos, cronogramas, planes de contingencias y estudios recomendados, para solucionar las interferencias identificadas. Elaborará los planos de los pre diseños en las escalas reglamentadas por cada una de las entidades y empresas de servicios públicos, desarrollando los cálculos y análisis correspondientes que permitan sustentar las mejores alternativas de solución, para lo cual se deberán presentar la respectiva evaluación técnico – económica de las alternativas propuestas.

➤ **Protocolos de gestión ante las entidades de servicios públicos.**

Se elaborará la descripción de las hojas de ruta con los trámites y gestiones que debe adelantar el diseñador y constructor final ante las entidades de servicios públicos para ejecutar los trabajos de solución a las interferencias de redes identificadas. Se deberá elaborar un compendio completo de las normas técnicas y de procedimientos de cada una de las entidades de servicios públicos afectadas.

**b. PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE REDES DE SERVICIOS**

A continuación se describen los procedimientos a seguir para llevar a cabo la investigación de redes de servicios públicos con el objetivo principal de evitar daños en las redes construidas e interferencias entre redes proyectadas y construidas; dichos inconvenientes generarían no solo

problemas con las diferentes empresas de servicios públicos sino también la ejecución de trabajos adicionales, acarreando sobrecostos que pueden ser evitados desde el diseño mismo de los proyectos, mediante una buena investigación de redes de servicios públicos.

El trabajo de investigación de redes es un proceso que consta de tres etapas básicas:

1. Se inicia con la búsqueda de información secundaria en las diferentes empresas de servicios públicos; continúa con la investigación complementaria necesaria y confrontación en campo y finaliza con la generación de los planos que contengan la información de las redes existentes en terreno.

Para desarrollar la primera etapa, cada empresa de servicios públicos cuenta con una dependencia encargada del registro aproximado de todas las obras ejecutadas o en proyecto, ya sean: planos de redes existentes, récord de obra ejecutada y recibida, planos de proyecto, esquinas o cualquier otro tipo de información que facilite la localización en terreno de los diferentes elementos que conforman las redes de servicios públicos como válvulas, pozos, cajas, cámaras, etc.; es importante verificar todas las obras ejecutadas no incorporadas en las planchas generales de construcción y de los proyectos de implementación y/o renovación a ser ejecutados a futuro y que se encuentren dentro del área de influencia del estudio. Esta información debe ser adquirida por el CONSULTOR, directamente en las empresas de servicios públicos.

2. La segunda etapa consiste en la confrontación en terreno de toda la información cartográfica recopilada, complementándola con la observación en campo y apoyados con las labores de levantamiento topográfico, efectuadas simultáneamente en el desarrollo del estudio.
3. Finalmente, toda la información recolectada debe ser procesada, ajustada y consignada en planos de redes existentes, para cada tipo de servicio público, que garantice determinar las condiciones reales de la infraestructura existente en terreno.

Los distintos operadores de servicios serán consultados por correo y posterior visita, así como los servicios técnicos de la ciudad con el fin de sintetizar, en un fichero único, y posteriores planos de color, los diferentes servicios afectados. Las soluciones superficiales para un Tren Ligero suponen también el desvío de todos aquellos servicios que se encuentren a menos de 80cm bajo la plataforma a menos que el CONSULTOR presente un estudio que soporte que esto no se requiere. La aprobación de esta condición deberá ser aprobada por las entidades competentes.

Por otra parte es necesario evitar que pozos, registros diversos se puedan encontrar bajo la plataforma. Tras definir los principios de desvío de servicios se podrá estimar y valorar los desvíos

necesarios. Se establecerá una clasificación de estos servicios en función del nivel afección al trazado.

Generalmente los servicios afectados no condicionaran el trazado, sin embargo, en algunos casos, podrá ser económicamente interesante, que el trazado tome en cuenta algún servicio, (alta tensión, gas, fibra óptica, colectores importantes) con el fin de evitar su reposición. Esta valoración tendrá que ser realizada en breve plazo al inicio de los trabajos.

El reconocimiento de los servicios afectados podrá dar lugar a levantamientos topográficos locales. En cuanto al reconocimiento de los servicios afectados de primera magnitud (aquellos que puedan motivar una variación de trazado) serán tomados en cuenta desde el estudio funcional.

Una de las labores fundamentales del trabajo en este campo será la coordinación de diferentes servicios y la gestión de estos con los titulares de los mismos.

Al terminar el segundo mes, el CONSULTOR deberá presentar un informe y los planos de los levantamientos topográficos e investigación de las redes.

## **12. INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA DE VÍA**

### **13. DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE VÍA**

#### **A) DISEÑO GENERAL**

El CONSULTOR deberá definir y presentar el trazado de la vía del corredor, cumpliendo los siguientes requisitos:

- Definición completa a nivel de proyecto constructivo del trazado del eje de la línea.
- Ubicación de accesos y estaciones.
- Definición completa del trazado de cada una de las vías de línea.
- Esquema de vías y situación de los diferentes aparatos de vía.
- Análisis de la posible conexión con otras líneas futuras y con los patios y talleres necesarios para el mantenimiento del corredor férreo.
- Definición de la línea de reserva, la cual corresponde a la delimitación de los predios que pueden tener afectación por el desarrollo del proyecto.

#### **B) DISEÑO GEOMÉTRICO**

El CONSULTOR realizará el diseño geométrico de la línea, teniendo en cuenta el trazado geométrico de la línea actual, tratando de conservar en todo lo que sea posible el eje de la vía central actual,

con el objeto de minimizar interferencias en el diseño del sistema propuesto con instalaciones y/o construcciones cercanas al corredor actual disponible.

En general y de acuerdo con la propuesta de pre factibilidad presentada por el CONSULTOR de la propuesta de APP a nivel de factibilidad, indicamos a continuación los que consideramos deben ser los parámetros de diseño para el trazado final de la propuesta en cuestión.

### **Trazado en planta**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Ancho de vía   | 1.435 mm              |
| Velocidad de la línea Interurbana                                | 100 -110 km/h         |
| Velocidad de la línea Urbana                                     | 60 – 70 km/h          |
| Aceleración transversal no compensada máxima                     | 0,65 m/s <sup>2</sup> |
| Jerk máximo  | 0,4 m/s <sup>3</sup>  |
| Peralte máximo   | 140 mm                |
| Rampa de peralte máxima  | 2 mm/m                |
| Curva de transición  | Clotoide              |
| Radio mínimo normal (Velocidad limitada a 80 km/h) en zona rural | 300 m                 |
| Radio mínimo (Velocidad limitada a 50 km/h) en zona urbana       | 150 m                 |
| Radio en estaciones  | ∞ (recta)             |
| Longitud mínima en recta para estación                           | 180 m                 |
| Longitud mínima en recta   | 20 m                  |

### **Trazado en alzado**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Pendiente máxima                                   | 3%                    |
| Pendiente en estaciones                            | 0 ‰                   |
| Radio mínimo del acuerdo vertical (Kv)             | 2.500 m               |
| Aceleración vertical máxima en acuerdos verticales | 0,20 m/s <sup>2</sup> |

El trazado así definido requerirá su posterior comprobación y ajuste de detalle con el avance del desarrollo del proyecto, como consecuencia del análisis de otros condicionantes de tipo geotécnico, hidrológico, afectaciones a servicios, gálibos del material rodante, características de la infraestructura y de los componentes de la superestructura, instalaciones, etc., que deberán ser tratados como interfaces internas en el desarrollo del proyecto.

Las secciones transversales se establecerán teniendo en cuenta los gálibos para el material rodante, la totalidad de conducciones e instalaciones, así como las condiciones para el mantenimiento e

inspección del tramo, de manera coordinada con los condicionantes de tipo urbanístico que se puedan dar, su adaptabilidad y accesibilidad, así como las disponibilidades resultantes.

El Diseño Geométrico debe realizarse en forma conjunta, armoniosa y simultánea con las correspondientes áreas involucradas en el proyecto vial.

La velocidad de diseño utilizada será de 110 km/h en el tramo interurbano y de 60 km/h en el tramo urbano, con el objetivo de dejar la infraestructura con condiciones aptas para alcanzar altas velocidades máximas y lograr velocidades promedio competentes.

### C) DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE VÍA

La subestructura ferroviaria tiene como función básica proporcionar el apoyo a la superestructura de la vía, de modo que ésta no sufra deformaciones que impidan o influyan negativamente en la explotación, bajo las condiciones del tráfico que determinan el trazado de la vía. Por lo tanto, los problemas que la subestructura presenta pueden agruparse en dos aspectos:

- **Determinar su capacidad portante**
- **Conocer las causas y efectos de las deformaciones y asentamientos**

El primero de estos aspectos incide directamente sobre el dimensionamiento de la vía, en particular sobre el espesor óptimo de balasto; el segundo, sobre la degradación geométrica de la vía con el tráfico y el consiguiente incremento de los gastos de conservación.

El diseño y construcción de esta base de apoyo implica la existencia en la plataforma, de unas ciertas características resistentes, que deberán alcanzarse por tratamientos especiales cuando el suelo no alcance los niveles requeridos para resistir las cargas por eje calculadas y la frecuencia de circulación de trenes.

El CONSULTOR deberá indicar:

- **Calidad del suelo**

En principio el CONSULTOR deberá identificar la capacidad portante del suelo que conformara la infraestructura del corredor férreo, el CONSULTOR deberá elaborar una clasificación de los suelos a partir de muestras en el corredor tomadas al menos cada (1) kilómetro para calcular el CBR.

Adicionalmente se verificará que las tensiones admisibles de las muestras tomadas de los suelos estén en un rango entre 0.6 y 1 kg/cm<sup>2</sup>, que generalmente suelos no cohesivos como gravas y arenas poseen sin problemas.

Con base en los resultados de los ensayos y teniendo en cuenta otras propiedades mecánicas de los suelos tales como el coeficiente Deval y el Coeficiente de los Angeles, el CONSULTOR deberá identificar la calidad del suelo. Se recomienda utilizar la metodología utilizada por las normas RENFE en la Sección N.R.V 2-1-0.0.

Si los materiales existentes en el terreno natural no cumplen las condiciones de capacidad portante, se procederá a su sustitución por suelos de mejor calidad o a su tratamiento.

➤ **Actuaciones de mejora de la calidad del suelo**

En caso de identificar sectores de plataforma de capacidades portantes bajas, el CONSULTOR deberá proponer actuaciones que permitan el mejoramiento de la capacidad a través de soluciones como la instalación de capas de arena, filtros anticontaminantes, tratamientos con capas impermeabilizantes, tratamiento con cal, riego asfáltico, etc.

➤ **Movimiento de tierras**

Con los resultados del estudio geotécnico se determinarán:

- Sección o secciones tipo.
- Estabilidad y características de los taludes en terraplén y desmonte si los hubiera.
- Diagrama de compensación de tierras, indicando los volúmenes previstos de préstamos y vertederos, señalando además sus posibles emplazamientos.
- Características de los diferentes materiales: para reutilización en la propia traza, para vertedero, procedentes de préstamo. Prescripciones y recomendaciones para los trabajos del movimiento de tierras.

#### **D) DRENAJE DE LA PLATAFORMA**

El agua es la principal influencia en la estabilidad del suelo que compone la plataforma de vía y la subrasante, y por lo tanto la escorrentía y las filtraciones de agua deben ser consideradas como un factor determinante en el diseño la plataforma de vía.

El CONSULTOR deberá elaborar el diseño del drenaje con base en lo establecido por la norma AREMA en la sección 1.2.4.



El conjunto de las obras tendrá previsto los correspondientes sistemas de drenaje longitudinal y transversal de modo que no haya puntos de retención de agua que puedan derivar en desperfectos en las mismas.

Se justificarán debidamente los caudales adoptados y, en su caso, se calcularán las capacidades hidráulicas de cada una de las obras de drenaje necesarias, tanto en su estado definitivo de servicio como durante las fases de ejecución de los trabajos.

Los puntos de acometida de los drenajes proyectados deberán ser analizados con el fin de justificar su conveniencia. Si fuera el caso, se estudiarán los drenajes ya existentes justificando su conveniencia o bien su necesidad de mejora, así como las interrupciones que se produzcan en los mismos por las obras, tanto en su estado de ejecución como definitivo.

Los cálculos justificativos de las soluciones proyectadas presentadas se entregaran en los estudios justificativos de los diseños.

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

Con base en los estudios de hidráulica e hidrología el CONSULTOR deberá relacionar las obras necesarias para implementar un eficiente y adecuado drenaje a la plataforma de vía:

- Cunetas
- Sección de cunetas
- Pendientes longitudinales de las cunetas
- Puntos de desagüe
- Revestimiento de cunetas
- Drenes
- Tipos de tubería para construir drenes
- Metodologías constructivas para la colocación de tubos
- Características y colocación de materiales filtrantes
- Drenajes profundos
- Etc.

## E) ESTRUCTURAS

El CONSULTOR estudiará y definirá las diferentes obras que configuran la nueva Línea de Metro Ligero a implementar, incluyendo explanaciones, estructuras, obras necesarias para solucionar interferencias con otras obras, afecciones a servicios y edificaciones colindantes, etc. Deben entenderse incluidas en este capítulo las obras auxiliares necesarias para la realización de las obras principales.

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

#### **F) CAPA DE SUBBALASTO**

El CONSULTOR deberá indicar y justificar con base en las cargas por eje calculadas y la frecuencia de circulación de trenes, así como lo identificado en el estudio geotécnico del suelo de la subrasante y el diseño de la plataforma de vía las siguientes propiedades de la capa de sub-balasto:

- Espesor
- Pendiente transversal del límite superior de la capa para el drenaje
- Propiedades de los materiales usados para conformar la capa de sub-balasto
- Curva granulométrica del sub-balasto
- Fuentes de materiales

#### **G) CAPA DE BALASTO**

El CONSULTOR deberá indicar y justificar con base en las cargas por eje calculadas y la frecuencia de circulación de trenes, así como lo identificado en el estudio geotécnico del suelo de la subrasante, el diseño de la plataforma de vía y el diseño de la capa de sub-balasto, las siguientes propiedades de la capa de balasto:

- Espesor de la capa de balasto
- Tipos de materiales usados para conformar la capa de sub-balasto y que se localicen en el área del proyecto
- Propiedades de los materiales
- Granulometría del material
- Fuentes de materiales

#### **H) RIELES**

Las propiedades requeridas en materia de rieles se indican a continuación:

- Perfil del riel
- Pero por longitud del riel
- Vida útil del riel con base en el tráfico ferroviario y las cargas por eje

## I) TRAVIASAS

Con base en las cargas por eje, la selección del perfil de rieles y la trocha a adoptar en el proyecto, el CONSULTOR deberá indicar y justificar el tipo de traviesas a instalar en el corredor férreo del proyecto propuesto.

A partir de ese análisis el originar deberá relacionar los siguientes aspectos:

- Material de la traviesa (madera, concreto, acero, materiales sintéticos)
- Tipo de traviesa (monobloque, bibloque)
- Peso de la traviesa
- Propiedades aislantes (fundamental para los sistemas de detección de trenes)
- Durabilidad
- Elasticidad
- Espaciamiento de las traviesas

En caso que el CONSULTOR seleccione y justifique que el material a utilizar para la fabricación de traviesas sea la madera, este deberá adicionalmente indicar el tipo de madera o árbol teniendo en cuenta los aspectos relacionados anteriormente, así como aspectos ambientales y un análisis que permita identificar si existe la disponibilidad de alguna especie de árbol en Colombia con características apropiadas para su uso en la fabricación de traviesas.

Generalmente, la tendencia mundial se inclina al uso de traviesas de concreto por su gran durabilidad. Sin embargo la selección de otro tipo de materiales, especialmente de aquellos sintéticos, se deberá justificar exhaustivamente mediante un cuadro comparativo de ventajas y desventajas en términos económicos que deberán tener en cuenta las intervenciones de mantenimiento necesarias para conservar las especificaciones objetivo.

## J) OTROS ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA:

El CONSULTOR realizará un análisis de la selección de cada uno de los elementos que conforman la superestructura que no han sido evaluados en los numerales anteriores. Los elementos a analizar se enuncian a continuación:

- Sujeciones de vía
- Almohadillas
- Pernos
- Tirafondos
- Clavos rieleros
- Eclisas
- Aparatos de vía
- Cambiavías

#### **K) IDENTIFICACIÓN DE CRUCES DE OTRO TIPO DE INFRAESTRUCTURAS CON EL CORREDOR FÉRREO**

El CONSULTOR deberá identificar todos los cruces del corredor férreo con infraestructura carretera, infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones, alcantarillados, acueductos, pasos peatonales, etc., y elaborar un diagnóstico que indique como los cruces de otros tipos de infraestructura afectan al corredor férreo para la operación planificada en el proyecto.

Se deberá verificar que los cruces que se realicen de forma subterránea con corredor, tales como redes eléctricas y tuberías de agua potable o aguas servidas, no alteren las propiedades de la infraestructura y la superestructura de vía y en caso de identificar cruces que causen inconvenientes, el CONSULTOR deberá proponer actuaciones para cada caso.

Respecto a los tipos de infraestructura que cruzan el corredor férreo por vía aérea, tales como cables de alta tensión y puentes, entre otros, se deberá verificar en lo posible que los soportes (Postes, Torres, Pilas, Columnas, etc.) no ocupen la faja de vía y obligatoriamente se verificará que de ninguna manera este tipo de estructuras afecten el galibo estructural del corredor férreo, el cual será propuesto por el CONSULTOR de acuerdo a los requerimientos del anexo 3.

Por otro lado, el CONSULTOR deberá analizar más a profundidad todos los cruces a nivel del corredor férreo con infraestructura carretera para lo cual deberá, en primera instancia, clasificar todas las carreteras nacionales, departamentales y municipales de primer orden, de acuerdo a lo dispuesto por la ley 1228 de 2008, que cruzan el corredor férreo y se verificará lo siguiente:

- Las carreteras identificadas de primer orden deberán cruzar el corredor férreo a desnivel respetando obligatoriamente el galibo estructural.
- En caso que las carreteras de primer orden crucen el corredor férreo a nivel o su paso afecte el galibo estructural de la línea férrea, el CONSULTOR deberá proponer las actuaciones necesarias para su solución.

Para aquellas carreteras nacionales, departamentales y municipales que sean clasificadas como de segundo orden y que cruzan el corredor férreo analizado, el CONSULTOR deberá hacer un diagnóstico del cruce con base en el TPD actual y proyectado de la carretera y la frecuencia ferroviaria actual y proyectada del corredor férreo con el fin de determinar si se hace necesario implementar un paso a desnivel. En caso contrario, el CONSULTOR deberá entregar los diseños del paso a nivel, así como la señalización en la carretera de acuerdo a lo dispuesto por el código de Transito del Ministerio de Transporte y de acuerdo a prácticas internacionales que el CONSULTOR considere adecuado implementar en pro de la seguridad.

#### L) PRODUCTOS A ENTREGAR

El CONSULTOR definirá el nivel de detalle requerido por la Administración de las características geométricas del trazado desarrollado y de los diferentes elementos complementarios, el cual no podrá ser inferior a lo aquí indicado:

- Planta del eje a escala 1:1.000. Replanteo del eje.
- Perfiles longitudinales a escala H 1:1000 / V 1:100.
- Perfiles transversales en función de los datos geométricos y geotécnicos recopilados.
- Definición completa y características de los elementos y puntos singulares del trazado (en planta, y perfil).
- Cálculo del movimiento de tierras con listado de mediciones.
- Planta y alzado general de estructuras, incluyendo replanteo básico.
- Esquema de la red de drenaje y conexión a la red general urbana e interurbana.
- Distancias del eje respecto a edificaciones existentes y previstas, viales, cauces, conducciones y redes, etc.
- Situación (en planta y perfil) de accesos y estaciones.
- Definición de la reposición de las vías afectadas por las obras de la línea del sistema ARL propuesto
- Definición completa del trazado (planta y perfil) de cada una de las vías de la línea del sistema ARL propuesto.
- Esquema de vías y situación de los diferentes aparatos de vía con sus características.
- Análisis de la posible conexión con otras líneas futuras y con los patios y talleres proyectados para la línea del sistema ARL.
- Definición completa del trazado (planta y perfil) de las vías en Patios y Talleres del sistema ARL.

Además, en los emplazamientos de estaciones y de otras estructuras anexas se presentarán los elementos del diseño Urbano – Paisajístico y acabado, tales como andenes, pasillos, aceras, etc.

Todos los planos, y en particular las secciones transversales, incluirán información de los paramentos de las edificaciones próximas al trazado, indicando la situación de sótanos y cimentaciones.

#### **14. DISEÑO DE ESTACIONES Y EDIFICACIONES**

Criterios generales respecto a la localización de estaciones y al diseño de las mismas:

- Localización de las estaciones combinando las condiciones de demanda y las condiciones de acceso en los diferentes sitios seleccionados.
- Condiciones de accesos en superficie y urbanismo exterior, incluyendo los corredores o vías existentes tanto vehiculares como peatonales.
- Vestíbulos y conexiones con andenes y demás facilidades o servicios que ofrezca la estación (locales comerciales, interconexiones, servicios, etc),
- Andenes y resto de sección de la estación (en superficie o viaducto),
- Dependencias técnicas y resto de espacios asociados a la estación.
- Distribución funcional de los espacios;
- Definiciones geométricas de todos los elementos constitutivos de la estación.;
- Procesos constructivos;
- Soluciones estructurales pre dimensionadas;
- Caracterización de materiales y acabados;
- Especificación de los equipos en el interior de las estaciones tales como: escaleras, ascensores, climatización, iluminación, señalización, entre otros, con su respectivo pre dimensionamiento y previsión de espacios técnicos y pasos de servicios;

#### **15. SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO**

El sistema ARL propuesto deberá disponer de los Sistemas de alimentación eléctrica que permitan el correcto funcionamiento de todos los sistemas alimentados con energía eléctrica del sistema propuesto con los niveles de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad adecuados para conseguir la prestación de un servicio de transporte de viajeros de calidad.

Es por ello, que es vital el diseño de un sistema robusto y fiable, que garantice la continuidad de suministro de todos los consumos, tanto en condiciones de funcionamiento normal, como en el caso de funcionamiento degradado por avería o falta de disponibilidad de alguno o varios de los elementos que forman parte del sistema eléctrico

La continuidad del suministro resulta esencial en todas las áreas de actividad de la explotación ferroviaria, tanto en las dependencias técnicas con o sin personal permanente, como en los sistemas de tracción, sistemas de comunicaciones, señalización ferroviaria, así como en los espacios de acceso de los usuarios.

El diseño ha de recoger las siguientes características fundamentales:

- Seguridad de la explotación.
- Fiabilidad de la operación.
- Facilidad de la operación y del mantenimiento.
- Criterios de eficiencia energética.

La facilidad de la operación ha de garantizar una rápida recuperación del suministro eléctrico en el caso de fallo o avería de cualquier parte de la instalación. El diseño teniendo en cuenta la facilidad del mantenimiento aumenta la disponibilidad del sistema, mediante la reducción de los tiempos de reparación entre averías.

### **15.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN**

De acuerdo a lo indicado por el CONSULTOR, El sistema de suministro eléctrico, suministrará energía eléctrica a todos los consumidores del sistema de transporte ferroviario.

El sistema eléctrico del sistema ARL Propuesto se conectará a la red eléctrica de Alta Tensión de la región de la sabana de Bogotá y de la ciudad de Bogotá mediante Subestaciones Alimentadoras. Estas subestaciones transformaran la energía eléctrica de entrada de alta tensión a la tensión de distribución. La energía eléctrica se distribuye a través de los anillos de distribución hasta los diferentes puntos de consumo, siendo el recorrido de los mismos paralelos a los ejes de las vías, ya sean las secciones de la plataforma del tipo superficie o viaducto.

### **15.2 UBICACIÓN Y NÚMERO DE SUBESTACIONES ALIMENTADORAS**

La ubicación y número de subestaciones alimentadoras es uno de los estudios fundamentales iniciales que deberá abordar el CONSULTOR para conseguir un funcionamiento correcto y racional del sistema eléctrico de la red del sistema.

El CONSULTOR deberá demostrar que la solución para funcionamiento normal y degradado sea razonable técnica y económicamente, con el planteamiento indicado en la propuesta que indica:

### 15.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ALIMENTADORAS

Las subestaciones Alimentadoras deberán estar dimensionadas de manera que en caso de fallo o pérdida de suministro de una de ellas, las otras Alimentadoras puedan garantizar el funcionamiento normal del servicio y en el caso de fallo de dos de las tres Alimentadoras la Alimentadora que quede en funcionamiento debe permitir el mantenimiento de un servicio degradado.

El dimensionamiento de las Alimentadoras dependerá, además de las redundancias planteadas, de las cargas que deban suministrar a los dos anillos de distribución (tracción e instalaciones), así como del suministro necesario para los servicios auxiliares propios de la Alimentadora.

El CONSULTOR deberá tener en cuenta e indicar las soluciones técnicas en términos de eficiencia y economía respecto a los siguientes aspectos:

- Descripción funcional general de las subestaciones alimentadoras
- Conexión a la red de alta tensión
- Diseño de las salas de alta tensión
- Equipamiento para la transformación de energía
- Distribución de energía hacia el exterior
- Servicios auxiliares
- Anillos de distribución de energía
- Dimensionamiento de las subestaciones de tracción y criterios de seguridad, mantenimiento y funcionamiento
- Puesta a tierra de las instalaciones
- Protección contra incendios en el sistema de electrificación

### 15.4 ENTREGABLES Y CONTENIDO

Los entregables correspondientes al sistema de suministro eléctrico serán:



**Memoria de desarrollo de los diseños:** Incluirá los procedimientos y metodologías desarrolladas para el diseño, supuestos, diagnóstico del inventario de la red existente, datos de entrada y el resumen de datos generales:

- Estudio de número y ubicación de subestaciones alimentadoras:
- Dimensionamiento de las potencias necesarias en las subestaciones alimentadoras
- Simulación eléctrica de la red de tracción
- Elección de la tensión de distribución de los anillos de distribución
- Configuración de los Centros de Transformación
- Determinación del sistema para garantizar la alimentación de los servicios críticos de la subestación alimentadora
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para las diferentes subestaciones alimentadoras.
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de las soluciones para los anillos de distribución.
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para los centros de transformación.
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de las soluciones para las subestaciones de tracción.
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para la Línea Aérea de Contacto.
- Criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de las soluciones para la Puesta a Tierra de las Instalaciones, los cálculos de malla a tierra de acuerdo a las normas eléctricas..
- Planos necesarios para la completa definición del proyecto.
- Análisis de precios unitarios y los presupuestos por instalación, totales.
- Listado con las especificaciones y normas que deben cumplir los equipos para control de instalación y precio.

## **16. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA – LÍNEA AÉREA DE CONTACTO (CATENARIA)**

Este capítulo deberá considerarse como un complemento del capítulo SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO, ya que entre ambos definen todas las características de la electrificación del sistema ARL propuesto.

La línea aérea de contacto o catenaria es la encargada de transportar la energía entre la subestación de tracción y el material rodante que circula por la línea. El retorno de la energía entre

el material rodante y las subestaciones de tracción se hará a través del llamado circuito de retorno, constituido por los rieles y de ser necesario por cables adicionales.

La tensión de alimentación de la catenaria será aquella que resulte de los estudios que realizará el CONSULTOR en la etapa de factibilidad, no obstante, se sugiere que no sea superior a los 1500Vdc.

El CONSULTOR deberá presentar en los estudios los diseños de los siguientes elementos de la catenaria:

- Hilo de contacto
- Sustentador (si lo requiere)
- Feeders de acompañamiento (si es necesario)
- Péndolas
- Postes de catenaria
- Cimentaciones de los postes de catenaria
- Ménsulas
- Equipos de compensación

## 17. SISTEMA DE SEGURIDAD, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Los sistemas de señalización ferroviaria están compuestos por todos los elementos y materiales destinados a obtener que el movimiento de los trenes se efectúe en condiciones de seguridad y sin accidentes sin interferir en forma irrazonable con la eficiencia de los movimientos de los trenes.

Todas las instalaciones de señalización que el CONSULTOR vaya a implementar en el proyecto deberán ser concebidas y diseñadas con técnicas de seguridad intrínseca (fail-safe). Esta es una condición imperativa e imprescindible. Lo que significa que cualquier falla que se presente en los equipos de señalización, tales como cortocircuitos, circuitos abiertos, variaciones de frecuencias, disminución o falta de tensión, degradación de componentes electrónicos, degradación de resistencias o condensadores, fallas de aislación, fallas de suministro y fallas mecánicas provocará siempre una condición más restrictiva e incluso la detención del tren.

El CONSULTOR deberá considerar los siguientes factores para definir el tipo de control y señalización a implementar en el corredor.

- Características físicas del trazado de la vía (para el sistema de enclavamientos)

- Naturaleza del transporte que se efectúa por estas líneas (pasajeros, carga, etc.)
- Densidad del tráfico
- Velocidad de circulación
- Complejidad de las maniobras
- Tipo de material rodante
- Modo de tracción

Una vez sean analizados todos los componentes relacionados, haciendo énfasis especial en la densidad de tráfico para obtener la frecuencia, la longitud de los trenes y la distancia de frenado, dato que se obtiene a partir de las pruebas de frenado del material rodante y la velocidad de circulación, el CONSULTOR calculará los cantones de vía e indicará el sistema de control y señalización óptimo a partir de un análisis costo-beneficio que bajo ninguna circunstancia ponga en riesgo la seguridad de la operación ferroviaria estimada en todo el corredor.

Una vez se tengan identificados los cantones de vía, el CONSULTOR deberá proponer en este capítulo un sistema de detección de trenes, que deberá estar al nivel del estado del arte a nivel mundial (con posibilidades de ampliación y/o adaptabilidad a nuevas y mejores tecnologías a futuro) de acuerdo a las necesidades de la operación en términos de la frecuencia de circulación. El CONSULTOR deberá sustentar la selección del sistema de señalización y control de trenes, entre los cuales se relacionan algunos de los que más utilizados en las redes ferroviarias del mundo:

El CONSULTOR deberá presentar una propuesta de Señalización y Señalética propios del Sistema de Tren Ligero, que sea acorde con el Manual de Señalización de INVIAS y el Manual de Señalética del Sistema TransMilenio, al igual que para las vías de tráfico mixto, andenes, ciclorutas y vías que se intersectan.

El CONSULTOR deberá realizar los diseños para la integración de los sistemas de control de paso niveles de los cruces que queden habilitados en el sistema del metro ligero propuesto, al igual que integrara en el diseño el equipamiento (hardware) y Software que sea necesario para una interface apropiada, con prioridad para el sistema ferroviario, con la red semafórica que controla el tráfico vehicular en las intersecciones que subsistan con el sistema metro ligero a implementar, de acuerdo a los resultados de los estudios de tránsito.

Inicialmente el CONSULTOR deberá realizar un pre diseño del sistema adaptando la solución a los requerimientos operacionales y otras indicaciones de la nueva línea. Realizará una especificación funcional del mismo para lo cual deberá realizar simulaciones de marcha con los parámetros que caractericen el sistema ARL propuesto y adaptara el diseño con base en los resultados obtenidos.

Posteriormente deberá realizar una descripción general de los sistemas ATC, ATS y ATP a implementar, enclavamientos, y elementos de campo que permitan el funcionamiento en modo normal y degradado. Así se deberá realizar, como puntos principales: la descripción de las funcionalidades y de la arquitectura del sistema, la descripción de todos los elementos propuestos y su cableado así como los planos preliminares de aparatos, vías y cables.

El CONSULTOR deberá especificar la implementación de todas las interfaces, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

El CONSULTOR deberá especificar los condicionantes del plan de implantación del sistema completo, la forma de implantación, la planificación de los trabajos y los procedimientos de calidad a utilizar de la siguiente manera:

- Descripción funcional del sistema de seguridad, señalización y control de trenes
- Modos de conducción (automático, marcha a la vista)
- Arquitectura del sistema de señalización y control de trenes
  - Circuitos de vía/ contadores de ejes:
  - Accionamientos de aguja;
  - Señales de protección de aguja (o señales indicadoras de la posición de las agujas).
  - Balizas (en caso de utilizarse en el sistema)
  - Señalización mecánica
  - Sistema de Enclavamientos.
- Intercambio de datos recibidos por los elementos de campo con los niveles funcionales superiores como ATP y ATC de forma segura y fiable.
- Funciones de supervisión de las condiciones de explotación para asegurar que no se da ninguna situación contra la seguridad con arquitectura totalmente redundante.
- Elementos de vía enlazados como accionamientos de aguja, señales indicadoras de aguja, circuitos de vía, puertas de andén y balizas.
- Sistema de Protección Automática de Trenes (En caso de ser propuesto)
- Equipamiento de Software.
- Equipamiento ATP requerido
- Sistema de comunicación bidireccional tren – tierra
- Cableado del sistema de seguridad, señalización y control de trenes

#### 17.1. PRODUCTOS A ENTREGAR EN LA FASE DE FACTIBILIDAD

El CONSULTOR deberá hacer entrega en el plazo indicado para el estudio de factibilidad, los siguientes documentos entregables:

- **Proyecto Básico de Diseño Constructivo, que deberá incluir:**
  - Simulaciones de marcha: incluirán las curvas velocidad/espacio y tiempo/espacio para un material móvil tipo.
  - Especificación funcional detallada del sistema, arquitectura y esquemas de principio de los diferentes subsistemas o elementos que conforman el sistema de señalización y control de trenes.
  - Especificación técnica de todos los elementos que conforman el sistema.
  - Especificación de las interfaces con otros sistemas y con obra civil.
  - Planos preliminares de aparatos de vía y cables.
  - Planos tipo de los equipos.
  - Especificaciones del plan de Implantación y planificación.
  - Especificaciones de los planes de soporte y mantenimiento del sistema.
  - Especificación de las directrices y requisitos mínimos del plan de capacitación, referente a la operación y mantenimiento del sistema.

#### **a. HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO**

Para el mantenimiento del equipamiento del Sistema de Seguridad, Señalización y Control de Trenes, el CONSULTOR deberá indicar que es posible realizar las siguientes gestiones:

- Monitorización del estado de todos los equipos.
- Generación y gestión de alarmas.
- Diagnóstico de incidencias mediante herramientas que indiquen cuál es el elemento hardware averiado o el error software que se ha producido.
- Acceso a los equipos para efectuar tareas de mantenimiento preventivo como puede ser mantenimiento de software, cambios de configuración o parámetros, etc.
- Tareas de mantenimiento correctivo como pueden ser modificaciones en el software, resets de máquinas, etc.

## **18. PATIOS Y TALLERES**

### ➤ **Talleres**

En la zona de talleres habrá equipamiento que hará las funciones de enclavamiento. La seguridad de la circulación de los trenes deberá estar cubierta por el correcto funcionamiento del sistema de

enclavamiento, que permitirá establecer con seguridad los itinerarios a seguir por las circulaciones, actuando convenientemente sobre los aparatos y elementos de señalización.

La zona de talleres estará controlada desde el Puesto de Control Local de Talleres (PCLT) y deberá localizarse en los mismos talleres. Desde este puesto de control se deberá poder realizar la monitorización de todos los elementos de campo, control de accionamientos de aguja, control de señales y establecimiento de itinerarios.

➤ **Patios de Estacionamiento**

La zona de patios de estacionamiento deberá estar totalmente señalizada, con las mismas características que la vía general. Por lo tanto, esta zona se equipará como el resto de la línea para el cumplimiento de las funcionalidades de señalización y control de trenes, debiendo preverse su futura automatización.

## 19. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN PARA EL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN

Toda la función integral del sistema de Señalización y Control de Tráfico interactúa constantemente y depende absolutamente del sistema de comunicaciones ferroviarias a adoptar en el proyecto.

Existen diversos tipos de sistemas de comunicaciones que se han desarrollado y adaptado para las funciones específicas que se requieren con el fin de controlar el tráfico ferroviario. Sin embargo, como sucede en todos los elementos que conforma el control de tráfico en ferrocarriles, el volumen de tráfico y las frecuencias de circulación determinarán el nivel de tecnología que se requerirá para definir el sistema de comunicaciones de la red ferroviaria.

Los aspectos a considerar por el CONSULTOR con base en los elementos considerados anteriormente respecto a la señalización, el sistema de enclavamientos, la ubicación de los puestos de control, el material rodante y por supuesto el volumen de tráfico, serán los siguientes:

- Radiocomunicación y telefonía de trenes con puestos de mando y estaciones
- Transmisión de datos, información y alarmas de los sistemas de seguridad, señalización y control de trenes
- Sistema de cableado
- Subsistemas de comunicación especializados entre infraestructura y material rodante

### 19.1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES

El CONSULTOR para cada uno de los subsistemas del sistema de comunicaciones en la fase de factibilidad incluirá como mínimo lo siguiente:

- Arquitectura del subsistema incluyendo el equipamiento del PCO
- Especificación funcional del sistema
- Esquemas y planos tipo, de los sistemas, subsistemas, equipos y componentes de cada subsistema
- Esquemas y planos tipo, incluyendo distribución y ubicación de los diferentes equipos en las estaciones de pasajeros
- Especificación de la metodología de implantación
- Especificación de los procedimientos de calidad a aplicar
- Especificación de los condicionantes de formación de usuario y personal de mantenimiento, etc.
- Estudios técnicos de justificación/aclaración de las soluciones técnicas propuestas en el Proyecto de Diseño definitivo

El Sistema de Comunicaciones del sistema ARL propuesto, deberá incluir como mínimo los subsistemas indicados a continuación, el CONSULTOR podrá en su momento prescindir en la propuesta de factibilidad de algunos de los subsistemas aquí indicados, pero deberá justificar ante los supervisores de los estudios de factibilidad dicha supresión.

- **Redes de comunicación:**
  - Red de Transmisión Física (Fibra Optica)
  - Red de Transmisión de Voz y Datos
  - Red de Radiocomunicaciones de Voz y Datos
- **Subsistemas de comunicación:**
  - Telefonía
  - Interfonía
  - Megafonía
  - Sistemas de Información al Información al Viajero
  - Sistema de Video vigilancia (CCTV)
  - Control de Accesos
  - Sistema de Recaudo
  - Cronometría
  - Supervisión unificada – Sistema Anthintrusion
- Integración de sistema de comunicación:
  - Criterios generales de diseño

- Normativa
- Definición de interfaces
- Requerimientos de integración
- Cableado
- Sistemas Auxiliares

#### A) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Mapa de cableado
- Definición de interfaces
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas.
- Entregables de HW definidos en la Norma EN 50129.
- Entregables definidos en el sistema o gestión RAMS

##### 19.1.1. RED DE TRANSMISIÓN VOZ Y DATOS

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos contempla la implementación de una red móvil de alta seguridad para servicios de voz y datos en baja velocidad a lo largo de toda la línea del sistema ARL.

Deberá proveer un servicio de radiotelefonía privada que permita la comunicación bidireccional móvil en la línea entre el distinto personal de explotación (operadores, maquinistas, personal de mantenimiento y seguridad,...) y proporcione capacidades, entre otras, para la creación y gestión de grupos cerrados de usuarios y el envío de mensajes cortos de textos y datos.

Adicionalmente, este sistema será utilizado como red de transporte tren-tierra con el fin de dar servicio de conectividad a sistemas embarcados de baja velocidad, como por ejemplo interfonía, megafonía o supervisión técnica embarcada. (en caso de que se decida implementar estas facilidades)

La red de transmisión de voz y datos operará como la red de transporte principal de la línea, debiendo tener la capacidad y prestaciones adecuadas para el transporte de voz y datos asociados a todos los sistemas de comunicaciones así como cualquier otro sistema ajeno.



El CONSULTOR deberá tener en cuenta en el diseño de la red los requisitos y restricciones de todos los servicios transportados

Dada su funcionalidad básica, la red de transmisión de voz y datos deberá dar cobertura a la totalidad de zonas del sistema ARL a través niveles funcionales:

- Nivel de acceso, destinado a ofrecer los puntos de acceso finales de red, tanto a nivel de estaciones, talleres y patios de estacionamiento, interior de las unidades de material móvil o PCO.
- Nivel de distribución, destinado a ofrecer comunicación dentro de una estación o entre estaciones pertenecientes a grupos así como entre unidades o grupos de unidades de material rodante y PCO.
- Nivel de backbone, destinado a ofrecer comunicación de alta capacidad para la conexión de grupo de estaciones con el PCO o con otras redes de comunicación.

La red de transmisión de voz y datos podrá hacer uso de diferentes tecnologías y medios físicos a fin de adaptarse a las necesidades de cada servicio. No obstante, el diseño deberá ser considerado global. Se aplicarán los niveles de redundancia adecuados a fin de garantizar una red de alta fiabilidad y disponibilidad.

Finalmente, la red de transmisión de voz y datos deberá ofrecer un amplio abanico de mecanismos y funcionalidades avanzadas (seguridad, gestión de recursos, aplicación de políticas de calidad), de forma que puedan satisfacerse cualquier requerimiento actual o futuro por parte de los servicios transportados.

#### **A) Entregables**

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Descripción Funcional del Sistema
- Arquitectura y Topología de la Red
- Redundancia
- Requisitos de Transmisión
- Integración al Material Rodante
- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de instalación de los emplazamientos
- Planos de ubicación de los emplazamientos.

- Planos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Definición de interfaces
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas.
- Estudio técnico de requisitos de transmisión
- Plan de direccionamiento IP
- Estudio de cobertura radio (Cobertura, Regiones de Handover, Interferencias, en estaciones y demás edificios del explotador)
- Plan de Frecuencias preliminar
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Análisis de interferencias con otros sistemas radios.
- Entregables de SW definidos en la Norma EN 50128.
- Entregables de HW definidos en la Norma EN 50129.
- Data-sheet de equipos y documentación de todo el SW de gestión.
- Entregables de RAMS

#### 19.1.2. SISTEMA DE TELEFONÍA

Sistema concebido como un servicio de comunicación de voz para usos exclusivamente administrativos y de explotación dentro de las dependencias de la línea, en particular en el PCO y oficinas, talleres y patios de estacionamiento, estaciones, subestaciones eléctricas y otras dependencias técnicas.

El CONSULTOR deberá indicar la definición de la integración de este sistema con los siguientes sistemas:

- Interfonía (si se implementa) y radiocomunicaciones de voz y datos
- Red telefónica pública conmutada
- Grabación de voz integrada
- Consola de voz integrada

#### A) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de ubicación de teléfonos.
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas

- Esquema de interconexión con otros subsistemas
- Definición de interfaces
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Estudio de integración de sistemas de voz
- Plan de Numeración Integrado acorde con el de radiocomunicaciones e interfonía.
- Plan de Implantación y planificación
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128.
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129.
- Datasheet de equipos e documentación del SW de Gestión
- Entregables de RAMS

### 19.1.3. SISTEMA DE MEGAFONÍA

El sistema de Megafonía operará como una herramienta fiable y eficiente para la difusión a grandes zonas de la línea de mensajes de audio en tiempo real o pregrabados.

Mediante este sistema, un operador del PCO o un jefe de estación, podrán emitir uno o varios mensajes en simultáneo a diferentes zonas de la línea pudiendo seleccionar el modo de emisión (manual o automático) y la naturaleza del mensaje (vocal o pregrabado).

Las principales zonas de cobertura de este sistema serán estaciones, talleres, patios de estacionamiento y material rodante.

Así mismo, este sistema deberá ser considerado crítico por parte del CONSULTOR, dado que podrá ser usado como mecanismo para la emisión de alertas de emergencia y/o evacuación de las instalaciones por parte de los viajeros. Por tanto, este sistema deberá ser considerado como un sistema de emergencia tal y como se define en la normativa EN 60849.

Por otro lado, la difusión de mensajes de información deberá estar totalmente sincronizada con otros sistemas de información al viajero, especialmente cuando se emiten mensajes vinculados al estado del tráfico.

El puesto de operación del sistema en el PCO deberá estar totalmente integrado con el puesto de operación del sistema de información al viajero, de forma que un operador del PCO pueda gestionar ambos sistemas de forma conjunta y transparente.

#### A) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Planos de instalación de megáfonos.
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Definición de interfaces
- Esquema de interconexión con otros sistemas
- Estudio electroacústico
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Datasheet de equipos y documentación del SW de gestión.
- Entregables de RAMS

#### 19.1.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO

El Sistema de Información al Viajero ofrecerá al explotador una herramienta para la difusión de mensajes de información y/o de emergencia en zonas concretas de estaciones y en el interior de las unidades móviles. También permitirá ofrecer la hora oficial de la línea.

Los mensajes informativos serán de tipo multimedia, por lo que podrán difundirse imágenes estáticas, textos alfanuméricos, videos o difundir fuentes multimedia externas.

El sistema permitirá al operador confeccionar y almacenar, bien de forma centralizada o distribuida en estaciones y material rodante, cualquier tipo de mensaje multimedia, decidiendo en todo momento el momento y zona de difusión. Adicionalmente, el operador podrá programar una secuencia automática de emisión y reproducción de mensajes así como verificar en su consola la correcta visualización en destino.

Las zonas de cobertura del sistema se centrarán en estaciones (vestíbulos, pasillos de interconexión, andenes) y unidades de material rodante.

A fin de ofrecer un completo servicio al viajero, el sistema deberá poder emitir información referente a horarios y estados de tráfico así como horarios y estados de sistemas de transporte ajeno, especialmente en estaciones con interconexiones o multimodal.

Dado que el sistema de información al viajero deberá complementarse con el sistema de megafonía, deberá asegurarse la coherencia de mensajes emitidos en ambos sistemas.

A nivel de control, el sistema de información al viajero deberá ofrecer una aplicación de control y gestión totalmente integrada con el sistema de Megafonía, de forma que ambos sistemas puedan ser operados por los operadores del PCO de forma conjunta y transparente.

El sistema de Información al Viajero deberá dar cobertura de servicio a los siguientes emplazamientos:

- Estaciones
- Material Móvil

Dado que las estaciones disponen de diferentes zonas funcionales, será requerida una segmentación en como mínimo las siguientes zonas:

Accesos a la estación

- Vestíbulos y pasillos de interconexión
- Andenes

Respecto al material rodante, el CONSULTOR deberá basarse en los siguientes criterios a efectos de determinar las zonas:

- Deberá poder emitirse un mensaje en una unidad de material rodante concreta
- Deberá poder emitirse un mensaje a todas las unidades de material móvil que se encuentren en una zona geográfica de la línea concreta, pudiéndose fijar dicha zona y actualizar constantemente las unidades de material móvil destino del mensaje
- Deberá poder emitirse un mensaje en todas las unidades de material móvil de la línea

#### **A) Criterios de visualización**

El sistema de Información al Viajero deberá permitir la visualización de mensajes de texto, alfanuméricos, multimedia o en distintas plataformas de visualización asegurando en cada plataforma el máximo nivel de calidad de visualización.

Deberá contemplar las distintas ubicaciones de visualización (estaciones y material rodante) bien a nivel de espacio físico y distancia de visualización como bien a nivel de iluminación.

#### **B) Integración con el sistema de tráfico**

El sistema de Información al Viajero deberá disponer información periódica y en tiempo real sobre el estado del tráfico en la línea así como de los horarios planificados del día.

Mediante el conocimiento de dicha información, el sistema deberá ser capaz de generar automáticamente mensajes de información al viajero que varían en base a la zona de visualización y al criterio del operador. Como mínimo, el sistema deberá presentar la siguiente información:

- Identificación de las próximas unidades de material móvil entrantes / salientes así como su itinerario previsto pudiéndose visualizar en una misma pantalla más de una unidad.
- Hora de llegada / salida de una o varias unidades de material móvil. Deberá poder ser seleccionado por el operador el formato de visualización, que podrá ser:
  - ✓ Unidad absoluta
  - ✓ Cuenta atrás pudiéndose seleccionar el orden de descuento (minutos, segundos,..)
- Mensajes especiales, como por ejemplo:
  - ✓ Tren sin parada
  - ✓ Tren no acepta pasaje
  - ✓ Final de línea
  - ✓ Último tren
  - ✓ Posibles conexiones (Aeropuerto, ferrocarril,..)
- Estado general del tráfico

### **C) Integración con el sistema de Megafonía**

Los sistemas de Información al Viajero y Megafonía son dos sistemas complementarios destinados a proporcionar al usuario información (visual y sonora) importante que facilita su desplazamiento a través de la infraestructura del sistema ARL propuesto.

Por tanto, es fundamental que la información presentada en ambos sistemas esté correctamente sincronizada, evitando posibles incoherencias que pueden llevar a situaciones de confusión y mal interpretación de la información difundida.

Así mismo, dada su naturaleza, ambos sistemas tendrán que disponer de forma integrada sus puestos de operación, de forma que un operador del PCO tenga capacidad para operar de forma conjunta y transparente ambos sistemas.

### **D) Integración con el sistema de cronometría**

El sistema de Información al Viajero permitirá la visualización en los distintos formatos de visualización existentes la hora oficial de la línea.

A fin de sincronizar todos los puntos de visualización, la hora oficial de la línea será obtenida del sistema de cronometría, de forma que el sistema deberá ser compatible con el formato de difusión de la señal de sincronismo de la central horaria.

La hora oficial de la línea deberá poder ser visualizada tanto en formato digital como analógico.

### E) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Definición de interfaces
- Planos de instalación de los paneles de información
- Planos de ubicación de los paneles.
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas.
- Entregables de SW definidos en la Norma EN 50128.
- Entregables de HW definidos en la Norma EN 50129.
- Data-sheet de equipos e documentación de todo el SW de gestión.
- Plan de control de calidad
- Entregables de RAMS

## 20. PUESTO DE CONTROL CENTRAL OPERACIONAL - PCO

El CONSULTOR propondrá la ubicación del PCO, y se considerará la opción de implementarlo en un edificio existente (estación, talleres) o en uno independiente creado específicamente para dicho uso, manteniendo en todos los casos el carácter unitario con el resto de edificaciones de la línea.

El sistema deberá diseñarse de tal manera que permita su ampliación a medida que fuera necesaria para solventar las exigencias de control de un sistema de transporte público que crecerá en un futuro próximo.

Por tanto, el PCO será dotado de las instalaciones y sistemas necesarios para realizar una explotación eficiente y segura y sobretodo escalable de la línea a través de procesos automatizados, sistemas de integración y aplicaciones de control y operación por parte de los operadores.

A fin de hacer efectiva esta funcionalidad, el PCO se dotará de las siguientes salas específicas:

- Sala de Operación de la línea
- Sala de Simulación y Formación de telemandos
- Sala de Mantenimiento
- Sala Técnica de Servidores

Desde el PCO se realizarán las siguientes funciones y tareas de explotación de la línea:

#### **Operación**

- Gestión del tráfico y del material móvil
- Gestión de las instalaciones y la energía
- Atención virtual al cliente
- Vigilancia de las instalaciones

#### **Simulación y formación**

- Estudiar el impacto de posibles cambios en los sistemas a través de órdenes de telemando
- Revisar sucesos o eventos ocurridos entre dos puntos temporalmente distantes
- Simular alteraciones y modificaciones del programa de circulación de trenes
- Formar futuros operadores de telemando y tráfico

#### **Mantenimiento**

- Monitorización de los sistemas de la línea a través de sus respectivas plataformas de gestión
- Gestionar la configuración y parametrización de los sistemas a través de sus respectivas plataformas de gestión

A tal efecto, se equiparan todos los puestos de operación, simulación y formación con las herramientas y aplicaciones requeridas, como por ejemplo:

- Elementos y equipos de operación de los sistemas de comunicaciones
- Aplicaciones software de integración, unificación de servicios y operación multi-sistema
- Aplicaciones software de telemando y control remoto
- Aplicaciones software ofimáticas y corporativas comunes



Estarán incluidos dentro del alcance del sistema la especificación de los sistemas de control locales de estaciones y talleres, que deberán permitir el acceso al control y supervisión de los elementos finales por parte de los operadores para cada uno de los sistemas.

Así mismo, a nivel local se establecerán los terminales de mando locales, equipos portátiles destinados a dotar a los agentes de estación o de zona, con alta movilidad, de capacidades locales de operación y explotación de las instalaciones.

El CONSULTOR deberá realizar un diseño completo del sistema PCO, segmentando el diseño en los distintos subsistemas identificados así como en los módulos funcionales que se consideren oportunos. El diseño deberá incluir como puntos principales:

- Grado de cobertura de las funcionalidades
- Arquitectura detallada del sistema tanto a nivel hardware como software
- Descripción de todos los elementos y equipos propuestos en la arquitectura
- Definición de todos los procesos, servicios e IHM software de los diferentes sistemas de mando y control
- Especificación técnica hardware y software

Deberán especificarse la implementación de todas las interfaces, tanto internas como externas, hardware o software, detallándose su solución técnica y las funcionalidades que proporcionarán.

Deberán proporcionarse planos y esquemas detallados que permitan entender el diseño especificado. Deberán presentarse tanto planos de tipo funcional y general como planos de detalle, especialmente para aquellos que hacen referencia a interconexión de equipos modulares o esquemas de conexionado. Los planos deberán ser presentados en una escala adecuada que permita valorar las dimensiones reales de los elementos dibujados.

Todos los planos deberán estar normalizados tanto a nivel de nomenclaturas como a nivel de formato.

Respecto a las aplicaciones software, deberá darse especial énfasis en la descripción de modo de operación de la aplicación desde el punto de vista de usuario, detallándose claramente las capacidades y funcionalidades que ofrecerá así como su visualización por parte de los usuarios.

Así mismo, deberán ser presentadas las especificaciones y estrategia para la realización de un plan de capacitación del sistema. Deberá establecerse las bases para la redacción de un calendario tipo donde deberá reflejarse los cursos de formación necesarios, la entrega y contenido de

documentación (manuales de producto, manuales de operación y mantenimiento,...) y la realización de prácticas en campo.

El CONSULTOR deberá realizar un análisis completo de las actuales tendencias tecnológicas de mercado con el fin de ofrecer, mediante un estudio técnico-económico, la mejor recomendación tecnológica para el desarrollo del PCO de las líneas del sistema ARL a implementar en la sabana de Bogotá

El Puesto Central de Operaciones, las estaciones, estacionamientos, intercambios de medios, edificios de servicio, patios y talleres tendrán una imagen corporativa uniforme, estética y con el carácter formal de acuerdo con las actividades que en ellos se desarrollarán.

El diseño del Puesto Central de Operaciones PCO, deberá ajustarse al conjunto de las instalaciones de telemandos que se deberán integrar en una misma sala. El objetivo del diseño deberá ser el de clarificar y simplificar el funcionamiento y el control de estas instalaciones de telecomunicación.

La organización del Puesto Central de Operaciones, así como la implantación de las diferentes infraestructuras se hará teniendo en cuenta sus funcionalidades.

El Puesto Central de Operaciones deberá estar preparado para asumir y adaptar los posibles futuros crecimientos de la red, asumiendo los retos planteados por la introducción de nuevas estaciones, kilómetros de vía y material rodante. La creciente complejidad de la red, requerirá la constante adaptación y mejora de sus instalaciones de control, así como la existencia de vías alternativas que garanticen la continuación del servicio en el caso de que por algún incidente los medios habituales quedaran inutilizados.

En el proyecto, el CONSULTOR deberá definir:

- a) Plano en planta del esquema de las vías a controlar.
- b) Ubicación del puesto de mando.
- c) Áreas geográficas de influencia.
- d) Cantones de vía y sus circuitos de vía, si procede.
- e) Señales a controlar.
- f) Aparatos de cambio a controlar.
- g) Relación con otras instalaciones.
- h) Listado de maniobras locales.
- i) Listado de maniobras centralizadas.
- j) Listado de comandos por ruta, si procede.
- k) Características de la movilización en las interestaciones.

- l) Maniobras y rutas alternativas ante situaciones de emergencia.
- m) Tablas de enclavamiento.

#### **A) Estudios Funcionales**

Se destacarán los criterios utilizados en el diseño del Puesto de Control Central, especificando especialmente:

- Criterios de funcionalidad, movilidad y accesibilidad.
- Criterios de confort al personal de servicio.
- Criterios de seguridad. Debe tenerse en cuenta que el PCC es el centro neurálgico del sistema metro y demás sistemas cuya operación se radique en el, por lo tanto en su diseño y funcionalidad se deberán tener en cuenta altos estándares de seguridad desde el punto de vista de la obra civil tales como protección contra atentados, explosivos etc.
- Criterios de mantenimiento de la explotación.
- Criterios estéticos/arquitectónicos.

En base a estos criterios, se realizará una definición funcional y volumétrica del Puesto Central de Operaciones, así como la distribución y dimensionado de los diferentes espacios: accesos, vestíbulos, Sala de operaciones, locales de servicio, etc.

#### **B) Descripción Funcional y criterios de diseño**

El diseño arquitectónico deberá responder adecuadamente a las necesidades requeridas por el programa funcional previsto.

En el Puesto Central de Operaciones se encuentran integrados todos los dispositivos de control, tanto de las instalaciones de vía y señalización ferroviaria, como de las instalaciones de distribución de energía, instalaciones electromecánicas y electrónicas. Asimismo, sus sistemas de gestión para afrontar emergencias, la regulación de trenes y los sistemas de normalización de las instalaciones ante incidencias (alarmas, apertura y cierre al público de las instalaciones, falta de corriente eléctrica, etc.) están dotados de lógicas de control y procedimientos que los convierten en sistemas inteligentes dentro de un complejo sistema para la gestión de este sistema de transporte.

La Sala de operaciones deberá integrar todas las instalaciones requeridas para el Puesto Central de Operaciones, así mismo deberá garantizar una distribución, forma y volumetría acorde a las necesidades de dichas instalaciones. La posición de su mobiliario y equipamiento fijo serán de trascendental importancia para garantizar el óptimo funcionamiento para el control de las instalaciones de telemando.

Toda la gestión centralizada de la explotación de la red se realizará desde el Puesto Central de Operaciones. En él operaran un supervisor del sistema durante todas las horas de servicio y operación incluidas las labores de mantenimiento del sistema que normalmente serán realizadas en horario nocturno, operadores de tráfico, operadores de energía, operadores de comunicaciones y operadores de seguridad.

El edificio que será sede del PCO del sistema ARL deberá contar con salas u oficinas que alojarán los equipos y sistemas que integrarán el Sistema de Mando Centralizado. Estas salas son:

- Sala de Operación
- Sala de Técnica de Servidores y Equipos de Comunicaciones
- Salas de Mantenimiento
- Sala de UPSs
- Despachos
- Salas de reuniones
- Sala de presentaciones
- Instalaciones hidrosanitarias y vestuarios para el personal
- Salas de descanso
- Salas de formación y biblioteca
- Almacén para material y equipos

El CONSULTOR con base en el diseño y las especificaciones técnicas de cada subsistema, elaborará la propuesta de amueblamiento y dotación de cada sala, con base en lo cual definirá las dimensiones y distribución final de cada sala.

### C) Entregables

El Proyecto de diseño, que deberá incluir, como mínimo, de los documentos siguientes:

#### Memorias y anexos

- Memoria
- Anexo Antecedentes
- Anexo Cartografía y topografía
- Anexo Geología y geotecnia
- Anexo Planeamiento e urbanismo
- Anexo Climatología, hidrología y drenaje
- Anexo Movimiento de tierras

- Anexo Estructuras
- Anexo Diseño Arquitectónico
- Anexo Instalaciones
- Anexo Estudio técnico-económico recomendación plataforma tecnológica
- Anexo Especificación técnica y funcional hardware y software detallada
  - ✓ Entregables de SW definidos en la norma EN 50128.
  - ✓ Entregables de HW definidos en la norma EN 50129.
  - ✓ Arquitectura de red, esquemas y planos tipo.
  - ✓ Definición de interfaces y esquema de interconexión con otros subsistemas
  - ✓ Plan de sistemas unificado
  - ✓ Datasheet de equipos y documentación del SW
- Anexo Especificaciones de planes
  - ✓ Especificaciones del Plan de Implantación y planificación
  - ✓ Especificaciones de Manuales de Operación, mantenimiento y formación.
  - ✓ Especificaciones Plan de control de calidad
- Anexo Documentos RAMS

#### Planos

- Plano índice y de situación general.
- Puesto de Control de Operaciones:
- Plano general de implantación urbana
- Planos de definición geométrica (plantas y alzados)
- Planos de definición de materiales (plantas y alzados)
- Detalles constructivos
- Cuadros de carpintería
- Estructuras
- Instalaciones
- Saneamiento
- Planos de ubicación y distribución de equipos en salas y puestos
- Instalaciones y equipamientos no ferroviarios

#### Especificaciones Técnicas de Construcción.

## 21. MATERIAL RODANTE

El CONSULTOR deberá definir todos los parámetros, requerimientos, especificaciones, datos y normatividad aplicable, necesarios para el diseño y construcción del material rodante para el sistema ARL propuesto.

Se seguirán las directrices de la ficha UIC 505-1 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:

- 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 de metro.
- 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.

La aptitud del material para circular en curvas de pequeño radio con el menor gálibo dinámico posible se debe tener en cuenta, concretamente optimizando la arquitectura del vehículo en lo referente a la posición de los conjuntos de rodadura, el número y la posición de las articulaciones entre cajas, así como la forma de las mismas, especialmente en sus extremos.

El equipo embarcado de señalización y comunicaciones deberá ser compatible con los equipos de tierra.

En el interior de los trenes deberán estar implementadas las funciones de radiocomunicaciones de voz y datos, de información al viajero, de la megafonía y el CONSULTOR analizará de ser posible la posibilidad de implementar el sistema de video-vigilancia a bordo.

Los vehículos, así como sus diferentes elementos y componentes, estarán proyectados para soportar temperaturas extremas de + 60°C a -15°C, pero deberán tenerse en cuenta temperaturas más altas que puedan alcanzarse en interiores de cajas y aparatos para las que deberán estar preparados los equipos, una humedad relativa que puede llegar al 95% y debe diseñarse el vehículo para poder circular a velocidades máximas con vientos laterales de hasta aproximadamente 100 km/h.

Los componentes del material rodante estarán diseñados de acuerdo a la categoría T3 de la norma EN 50125.

La composición de los trenes deberá adaptarse al modelo de operación de la línea y a la demanda en hora pico por sentido.

En la elección de la tecnología se deberá considerar tomar todo tipo de precauciones con el fin de preservar el vehículo de toda perturbación de funcionamiento o desgaste prematuro, en especial debido a la corrosión, por la presencia de dicha polución y polvo en el ambiente.

### 21.1. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO

El CONSULTOR indicara las siguientes especificaciones del material rodante propuesto:

- Tensión de tracción
- Ancho total teniendo en cuenta las condiciones del gálibo.
- Longitud total
- Altura vehículo
- Capacidad unitaria del vehículo con plazas sentadas y de pie, para una densidad de ocupación de 6 pasajeros de pie/m<sup>2</sup>.
- Velocidad máxima de servicio en la parte interurbana y en la parte urbana
- Capacidad de aceleración y deceleración.
- Niveles de redundancia, para asegurar altos niveles de fiabilidad y disponibilidad.
- Aceptabilidad de composición doble (conducción múltiple con dos unidades acopladas).
- Indicar áreas de piso bajo
- Nivel de acceso (Lo más bajo posible para reducir al máximo la altura de los andenes).
- Vida útil del equipo.
- El coeficiente de motorización y los esfuerzos de frenado
- Consumo de energía

### 21.2. DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE CARGA

La capacidad del material rodante quedará especificada de acuerdo a las siguientes definiciones sobre las condiciones de carga y características sobresalientes:

- Carga en vacío.
- Carga de “confort”: plazas sentadas ocupadas al 100% + 2 pasajeros a pie por metro cuadrado.
- Carga “media”: plazas sentadas ocupadas al 100% + 4 pasajeros a pie por metro cuadrado.
- Carga “normal hora pico”: plazas sentadas ocupadas al 100% + 6 pasajeros a pie por metro cuadrado.

- Carga “excepcional”: plazas sentadas ocupadas al 100% + 8 pasajeros a pie por metro cuadrado. Este estado de carga se utilizaría a efectos del cálculo estructural.

### **21.3. MODOS DE CONDUCCIÓN DEL VEHÍCULO**

#### **A) Confort y comportamiento dinámico**

El comportamiento dinámico deberá ser conforme a la filosofía y forma de validación de la norma EN 14363. El confort dinámico cumplirá las especificaciones de la ficha UIC 513 a la velocidad máxima de explotación.

### **21.4. RUIDO Y VIBRACIONES**

Tanto el ruido como las vibraciones tanto en estático como en dinámico se minimizarán cumpliendo con las normas internacionales aplicables.

Las interacciones de las unidades con las vías y las superficies habrán de reducir al máximo la transmisión de vibraciones a través de la plataforma a los edificios circundantes durante el paso de vehículo. Las vibraciones inducidas por el sistema deberán de ser imperceptibles en la proximidad o en el interior de los edificios circundantes y minimizados a través de un diseño apropiado de la infraestructura y superestructura de vía.

Las condiciones de medida de las presiones sonoras se definirán teniendo como referencia las normas ISO 3095 tanto para el exterior del vehículo ISO 3381 como para el interior del vehículo. Los valores a obtener serán acordes al estado de la tecnología.

### **22.5. FIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MANTENIBILIDAD Y SEGURIDAD**

El vehículo estará concebido para durar 40 años a razón de 60.000 km/año.

El CONSULTOR calculará y definirá el recorrido medio entre incidencias expresadas en kilómetros (MKBF), que será un requisito contractual.

La disponibilidad del material móvil deberá ser compatible con los objetivos globales de disponibilidad global del sistema. Los vehículos deberán diseñarse en base a tecnologías fiables y



contrastadas y con soluciones constructivas (subconjuntos independientes, redundancia, etc.) que permitan reducir, e incluso eliminar, el impacto de las averías en la operación.

El CONSULTOR realizará y entregará los estudios pertinentes RAMS (FDMS Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad) siguiendo los criterios de la norma EN 50126, EN 50128 y EN 50129, cuyos resultados serán sometidos a la administración para su aprobación antes de definir completamente el diseño de los vehículos de pasajeros.

## 21.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO

### A) Normativa aplicable

Las unidades se ajustarán a las leyes y normas obligatorias que les sean aplicables. Las unidades tendrán que cumplir las Normas Europeas (EN) ya existentes, así como los proyectos de Normas Europeas (prEN) en la última versión disponible en el momento de desarrollar el proyecto. Así mismo, las unidades tendrán que cumplir las normas UIC.

Además de todos los documentos o normas anteriormente citados, en el proyecto y construcción de las unidades se aplicarán también todas las normas correspondientes, ISO, CEI, así como las correspondientes a la legislación colombiana.

### B) Resistencia estructural

La estructura de las cajas deberá estar dimensionada según los requerimientos de la categoría P-IV de la norma EN 12663, para la condición de carga AW4. Así mismo, se realizará un ensayo extensométrico.

### C) Resistencia al choque

El vehículo estará dimensionado para cumplir con los escenarios de colisión definidos para la categoría C-III de la norma EN 15227.

## 1. Ruedas y ejes

La anchura de llanta y el diámetro de rueda serán compatibles con los aparatos de vía. La vida de la rueda debe ser la mayor posible.

La rueda podrá ser enteriza o elástica, teniendo siempre en cuenta que deberán cumplirse las exigencias en cuanto a ruido y vibraciones que se estipulen.

#### **D) Sistemas de suspensión**

La suspensión del vehículo estará formada por dos etapas, primaria y secundaria, garantizando entre ambas un adecuado grado de confort en el departamento de viajeros y correcta circulación del bogie tanto en curva como en recta, salvaguardando al vehículo de las posibles irregularidades de la vía, conjugando el confort con el comportamiento vertical y transversal, teniendo en cuenta el galibo máximo admisible del corredor y las aceleraciones verticales máximas permitidas por la normativa.

#### **E) Sistema de freno**

El sistema de freno estará dimensionado siguiendo los principios de la norma EN 13452. El material está equipado con al menos los siguientes tres tipos de freno:

- Un freno eléctrico que se puede regular, permitiendo su ejecución mediante freno regenerativo, o freno reostático. Este freno funciona normalmente como freno de recuperación y cuando la red no puede absorber toda la energía de frenado recuperada, se utiliza el freno reostático con apoyo del freno mecánico cuando se requiera.
- Un freno mecánico ajustable será dimensionado con el fin de respetar el rendimiento óptimo sin calentamiento anormal. En sus funciones de socorro y de estacionamiento, el freno mecánico será el de seguridad.
- Un freno por patín electromagnético, alimentado por la fuente autónoma del vehículo (la batería).

#### **F) Sistema de antipatinaje y antideslizamiento**

Los dispositivos de antipatinaje y antibloqueo optimizarán los rendimientos de tracción y de frenado en todas las condiciones de adherencias.

En particular, en frenado el sistema deberá permitir que no haya deslizamiento ni bloqueo de rueda

#### **G) Bucles de seguridad**

Los bucles de seguridad estarán constituidos por un cableado que enlace en serie todos los contactos.

La detección de averías que ponen en peligro la seguridad de un vehículo se realizará mediante el corte inmediato de los diferentes lazos de seguridad.

Estas provocarán, por su inhibición, la activación del frenado de emergencia o de socorro. Las funciones o equipos vigilados por estos lazos y las acciones resultantes se definirán en los estudios de seguridad del funcionamiento.

En especial, y al menos, las funciones de frenado, puertas, hombre muerto serán vigiladas mediante bucles de seguridad.

La aparición del frenado de emergencia o socorro debido al corte de un bucle de seguridad deberá traducirse igualmente a través de una información proporcionada al agente de conducción sobre el origen de la solicitud de frenado.

#### **H) Hombre muerto**

Esta función permite a los transportes guiados, la conducción con un solo conductor. El funcionamiento del dispositivo que asegurará el control de vigilancia del conductor, deberá autorizar el desplazamiento del vehículo, solamente si el agente mantiene pulsado intermitentemente el dispositivo instalado sobre el panel de conducción.

Este sistema será de doble seguridad, de acuerdo con las prescripciones de la ficha UIC 641-2-0.

#### **I) Registrador de eventos**

Este dispositivo permite registrar los diferentes parámetros característicos de la marcha en operación, tales como la velocidad, el sentido de la marcha, las acciones del conductor o los viajeros que concierne a la seguridad, la hora exacta, etc.

Los datos se graban permanentemente en un aparato con memoria estática compatible con una computadora tipo PC. El tamaño de la memoria (que deberá ser ampliable) permitirá registrar los parámetros durante un cierto tiempo.

Estará protegido contra golpes y aceleraciones, de forma que no se dañe en potenciales accidentes.

#### **J) Estanqueidad al agua**

No deberá producirse penetraciones de agua (rastros de humedad) en los espacios para viajeros y las cabinas de conducción cuando el elemento está en parada o en circulación.

#### **K) Protección contra la corrosión**

Se evitará la formación de corrosión en los elementos, mediante pintura y otras protecciones.

La pintura y los revestimientos exteriores serán capaces de resistir sin alteración alguna los lavados repetidos.

#### **L) Protección contra incendios**

La concepción del vehículo en lo que respecta a la protección contra incendios se realizará siguiendo la especificación técnica TS 45545 u otra norma similar, clasificando el vehículo en función de la explotación del Corredor.

El conductor poseerá en cabina los medios de intervención para tratar de apagar cualquier incendio en el vehículo cualquiera que sea la causa. Tendrá a su disposición un extintor de polvo. Existirán también extintores en el compartimento de pasajeros.

El conjunto de los materiales que componen el vehículo estarán concebidos según la norma NF F 16-101, en lo que respecta a su reacción contra el fuego, la opacidad del humo y el nivel tóxico de los gases emitidos.

Los equipos eléctricos responderán a las especificaciones de la norma NF F 16-102.

La descripción del Material Rodante deberá contener entre otros elementos técnicos los siguientes:

- Características de funcionamiento
- Características Físicas
- Diseño Interior
- Confort, control del clima, ruido y aislamiento de vibraciones
- Sistema de Puertas para acelerar el embarque
- Acceso de pasajeros con discapacidad o movilidad reducida
- Indicadores de Velocidad
- Indicadores de Confiabilidad
- Indicadores de nivel de rendimiento
- Sistemas de Seguridad
- Sistemas de evacuación rápida
- Características de Seguridad Operacional
- Otros datos relevantes.

Además, el CONSULTOR debe describir las características técnicas del material rodante y las relaciones con el sistema propuesto desde un punto de vista estratégico, soportado en los análisis estadísticos y comparaciones, considerando las variables individuales de la ciudad capital y los aspectos relevantes de seguridad operacional y protección a los ocupantes.

### **21.7. SELECCIÓN DE UNIDADES DE MATERIAL RODANTE**

A partir del modelo operacional, que tiene en cuenta las especificaciones de trazado identificadas en el diseño geométrico y la demanda estimada calculada en el anexo 2, el CONSULTOR podrá identificar el material rodante tractivo y remolcado necesario para llevar a cabo el proyecto.

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, ya sea nueva, rehabilitada o existente, estableciendo su relación con la superestructura de la vía, la alimentación eléctrica, las señales y comunicaciones y las modalidades de la operación ferroviaria.
- La evolución esperada en la tecnología ferroviaria en el ámbito espacial y temporal del proyecto, para evitar la obsolescencia prematura de los equipos.
- La relación del proyecto con los sistemas ferroviarios conectados o afines y las características actuales y previstas a futuro de éstos.

### **21.8 INTERRELACIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y LA INFRAESTRUCTURA**

Adicionalmente, se requerirá que el CONSULTOR indique los componentes del material rodante, que se relacionan a continuación, y analice cada uno de ellos para determinar su incidencia en el diseño de otros subsistemas ferroviarios tales como la infraestructura, la superestructura, el alineamiento geométrico, el galibo estructural, el diseño de estaciones, puentes, obras de arte, etc.

- Definición de Parámetros Básicos del material rodante
- Gálbo
- Gálbo en Recta

- Gálibo en Curvas
- Conicidad de la Superficie de Rodado de Llantas o Ruedas
- Peso de los Equipos Rodantes
- Potencia
- Resistencia al Rodado
- Capacidad de Tracción de los Equipos
- Velocidad de Circulación
- Características del Rodado
- Capacidad de Frenado
- Solicitaciones de la Vía Sobre el Equipo Rodante
- Solicitaciones del Equipo Rodante Sobre la Vía
- Circulación de los Vehículos en las Curvas
- Sistemas de Alimentación para la Tracción
- Altura del Piso
- Enganches
- Otras especificaciones que el CONSULTOR considere analizar

En términos generales, los componentes que más inciden, de todos los relacionados en el listado, en el diseño de la infraestructura de un proyecto ferroviario se indican a continuación:

- Gálibo, o sección transversal, que determina el contorno de las obras de arte, entrevías y elementos accesorios de la vía, tales como instalaciones de electrificación y señalización.
- Peso, que determina la sección de los rieles y el dimensionamiento de puentes y otras obras de arte.
- Potencia, que determina las gradientes máximas en que podrán operar los vehículos en condiciones de eficiencia razonable, así como algunas características geométricas de la vía.
- Velocidad de circulación, que determina la morfología de las curvas.
- Características del rodado, que determina elementos como la forma del perfil de los rieles, el tipo de sujeciones y otros factores.
- Sistema de alimentación eléctrica de tracción, que determina el diseño de catenarias y subestaciones eléctricas.

## 22. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El CONSULTOR deberá definir y presentar con análisis justificado las hipótesis fundamentales y cálculos realizados para determinar el Plan de Operación y Explotación comercial del sistema Metro

Ligero a implementar, partiendo de sus análisis y justificación de la demanda, entre otros aspectos deberá incluir.

- Simulación de las marchas de los vehículos de pasajeros, con base a los parámetros del trazado y características técnicas de los vehículos de pasajeros, en la hora pico y horas valle
- Calculo de tiempos de recorrido
- Calculo de los tiempos de parada con base en la demanda por estaciones
- Cálculos de la flota de trenes requerida para las horas poico y valle
- Cálculos de los intervalos y/o frecuencias de operación en las diferentes horas del día
- Determinar las necesidades de personal de conducción
- Calculo, definición y caracterización del personal requerido para las labores de Dirección, Gestión, operación, mantenimiento y limpieza tanto de las instalaciones físicas como del material rodante principal y auxiliar
- Cálculo y Definición de los escalones de mantenimiento de las instalaciones fijas y del material rodante
- Descripción de cada uno de las fases y escalones de mantenimiento
- Calculo con indicación y justificación de las hipótesis de los costos de operación y explotación comercial del sistema
- Calculo de los costos de energía y combustibles para el sistema
- Calculo de los ingresos por concepto de la explotación comercial del sistema

Para la presentación de los costos de explotación de la línea, el CONSULTOR agrupara los mismos en los siguientes conceptos.

1. Costes de Personal de Dirección/Gestión.
2. Costes de Mantenimiento de la Infraestructura de las obras civiles, instalaciones físicas y Estaciones.
3. Costos de mantenimiento del material rodante principal y auxiliar.
4. Costes de Operación del Servicio.

El CONSULTOR presentara para calcular los costos de mantenimiento del sistema el Plan de mantenimiento de las Instalaciones fijas y del material rodante principal y auxiliar (para el mantenimiento de las instalaciones fijas), los servicios de Mantenimiento incluirán todas las actividades asociadas al Mantenimiento Predictivo, Preventivo y en su caso al Mantenimiento Correctivo, y las limpiezas técnicas asociadas a las instalaciones y al material rodante.

El alcance de las actividades asociadas al Mantenimiento incluirá tanto la aportación de la mano de obra como la de los materiales, repuestos, insumos y consumibles necesarios para los siguientes trabajos:

- Las actividades de Mantenimiento Predictivo, conforme a las consistencias y frecuencias determinadas.
- Las actividades de Mantenimiento Preventivo, conforme a las consistencias y frecuencias determinadas.
- Las actividades de Mantenimiento Correctivo, derivadas del deterioro normal provocado por la explotación, tras concluir los periodos de garantía e incluyendo la asistencia en línea cuando sea necesaria.
- La eventual asistencia en línea necesaria para la completa cooperación en la resolución de incidencias de explotación (accidentes, descarrilamientos, enganches de pantógrafo, etc.) que se presenten. Servicio de Asistencia en vía consiste fundamentalmente en la presencia de personal de mantenimiento en puntos estratégicos de la línea durante las horas críticas de servicio.

El CONSULTOR presentara el análisis de los ingresos por concepto de la explotación comercial del sistema agrupados en los siguientes conceptos:

1. Ingresos por tarifa
2. Ingresos por concepto de publicidad y mercadeo del sistema
3. Otros ingresos, desagregándolos por los diferentes conceptos propuestos

### **23. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA CONCESIÓN.**

A partir del estado en que deben quedar los Proyectos o del diagnóstico inicial en caso de existir, el CONSULTOR debe proponer parámetros de servicio funcionales, estructurales y operacionales para la concesión y metas asociadas con cada uno de ellos.

Definir requerimientos para la operación de la vía férrea, incluyendo costos de construcción y gestión de estaciones, patios de maniobra, puestos de control, casetas de pasos a nivel y otros relevantes. Presentar un estimado de los costos de operación durante la concesión.

El CONSULTOR, deberá inicialmente identificar, evaluar y utilizar los índices empleados por el Gobierno de Colombia en el transporte ferroviario. Al mismo tiempo, si amerita, el CONSULTOR deberá proponer, justificar y utilizar índices alternativos o complementarios que considere adecuados. Los parámetros deben estar asociados con el servicio y confort de los usuarios y con la durabilidad de largo plazo de la obra teniendo en cuenta los índices de calificación de la vía tales como la metodología AAR (Track Quality Index – TQI), la metodología ADIF (Calificación de la vía) o algún equivalente. Parámetros operacionales incluyen velocidad de operación, ton-km



transportadas, capacidad de la vía, número de incidentes, número de accidentes, índices de mortalidad, estado de los equipos de control y monitoreo, entre otros.

Realizar análisis de sensibilidad sobre los costos de rehabilitación, mantenimiento y operación. Dentro de estos costos se tendrán en cuenta aquellos relacionados con la infraestructura y equipos para la operación.

Proponer una estrategia para el mantenimiento y operación de los Proyectos, que involucre estándares en descripción de actividades, metodologías, presupuestos, programaciones, sistema de seguimiento, formas de pago, entre otras.

Definir los componentes de mantenimiento y operación, determinando las actividades, cantidades de obra, especificaciones, características técnicas, costos, programación, requerimientos técnicos y demás elementos necesarios para la ejecución de dichas actividades en el Proyecto teniendo en consideración las metodologías utilizadas por las normas AREMA.

#### 24.1. Operaciones Ferroviarias

La adecuada planificación de las operaciones ferroviarias y sus subsistemas garantizaran la seguridad en la circulación de trenes mediante el uso apropiado de un sistema confiable de señalización, un sistema eficiente de comunicaciones y la capacitación del personal ferroviario a cargo de las operaciones.

En consecuencia a lo anterior, el CONSULTOR deberá hacer entrega de un Informe que en primera instancia indique el modelo operacional con base en la demanda a movilizar (calculada en el Anexo 1) y el material rodante a utilizar (calculado en el capítulo anterior) y a partir de dicho modelo, deberá indicar todos los componentes que se deben tener en cuenta para que los sistemas que garantizan la seguridad en las operaciones ferroviarias sean satisfactorios.

#### 24.2. Modelo operacional

Para elaborar el modelo operacional, el CONSULTOR deberá utilizar los resultados del alineamiento óptimo calculado en el diseño geométrico y la demanda estimada en todas las etapas del proyecto, la cual es calculada a través del análisis del anexo 2. Las variables que deberá seleccionar e indicar en este modelo se relacionan a continuación:

- Longitud total del trazado.
- Diagrama de pendientes.
- Longitud de los apartaderos.
- Localización (indicando la abscisa de inicio y terminación) de cada apartadero.

- Velocidad de diseño sectorizada en el corredor teniendo en cuenta sectores de la vía en los cuales la velocidad puede ser restringida como puede ser el caso en los pasos a nivel, pasos por estaciones, cruces por áreas pobladas, circulación a través de curvas excepcionales, puentes, etc.
- Localización de estaciones (indicando la abscisa de inicio y terminación).
- Demanda proyectada en todas las etapas del proyecto.
- Desintegración de la demanda por productos.
- Identificación de origen y destino de los productos (indicando las abscisas correspondientes en el corredor).
- Tiempos de duración de cargue y descargue de las mercancías a transportar en el tren según su configuración (Análisis que se requiere en el capítulo de Material Rodante).
- La capacidad de arrastre del material tractivo a utilizar en el proyecto (Análisis que se requiere en el capítulo de Material Rodante).

Con base en la recopilación de las variables, el CONSULTOR elaborará el modelo operacional que a su vez deberá indicar los el tiempo total del ciclo de operación y con base en los ciclos de operación se deberán calcular las frecuencias de paso en el corredor.

El modelo operacional deberá considerar los inconvenientes reales que se generan en la operación de una red ferroviaria, por lo cual la disponibilidad de tiempo real se debe reducir con el fin de considerar en el modelo un factor de seguridad que se tiene en cuenta por interrupciones en el servicio causados por huelgas, accidentes, condiciones climáticas desfavorables, periodos dedicados al mantenimiento, entre otros.

Con base en los resultados del modelo operacional, el CONSULTOR deberá indicar las necesidades del material rodante para satisfacer la demanda identificada en el anexo 2 e indicar la configuración del tren tipo (aspecto que se desarrollara más a fondo en el capítulo de material rodante).

El modelo operacional deberá incluir la entrega de las mallas de circulación preliminares (Graficas espacio – temporales) de la operación de los trenes y un horario estimado de la hora de llegada y de salida de los trenes en cada estación del proyecto.

Por otro lado, el CONSULTOR deberá hacer entrega de todo el personal necesario para ejecutar las actividades relacionadas con la operación ferroviaria, así como las funciones que son ejecutadas a través del funcionamiento de los subsistemas de enclavamientos, comunicaciones y señalización.

## 24. PRESUPUESTOS Y PROGRAMACIÓN

El CONSULTOR deberá desarrollar la información de ingeniería necesaria para estimar en el corredor objeto de la propuesta a ser estructurada, todas las estimaciones de costos, características, y programación de las diferentes etapas de cada Proyecto para proporcionar elementos técnicos y financieros para continuar con la estructuración y análisis de la factibilidad.

El CONSULTOR deberá entregar un presupuesto de referencia que describa los componentes que deben tenerse en cuenta para la implantación y mantenimiento de un corredor de tren ligero y sea la base para estimar el costo del corredor que se escoja desarrollar. El presupuesto debe tener en cuenta y sin limitarse a estos, los siguientes componentes:

- Infraestructura (excavaciones, pavimentos, puentes, túneles, rampas de acceso y salida, barreras, señalización, redes de servicios públicos, planes de manejo ambiental y social, planes de manejo de tráfico y adecuación de desvíos, espacio público, puentes o túneles peatonales, etc).
- Sistema de cobro y comunicaciones.
- Sistema de control de tráfico.
- Mantenimiento.
- Otros.

Producto de esto se debe estimar un costo de inversión por km de tren ligero y que incluya todos los sistemas y subsistemas que lo componen.

El CONSULTOR, basado en los estudios, planos y diseños para concesión debe desarrollar los siguientes temas:

- Calcular las cantidades de obra
- Desarrollar el análisis de precios unitarios
- Identificar las especificaciones generales de construcción aplicable al Proyecto.
- Calcular el A.I.U. (Administración, Imprevistos y Utilidad)
- Calcular el presupuesto para las diferentes etapas del Proyecto
- Elaborar el programa de trabajo e inversión
- Calcular los costos ambientales y sociales aplicables al Proyecto (estudios, licencias, gestión)
- Calcular los costos prediales

El CONSULTOR deberá, entre otros, definir los siguientes costos que forman parte de la estructura de los Proyectos analizados:

**Costos de rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura férrea.** Con base en los estudios y diseños para concesión, se calcularán cantidades de obra a nivel de ítem de construcción, y de acuerdo con las especificaciones a utilizar; se establecerán los precios unitarios de cada uno, con su respectivo análisis, y con estos dos elementos se elaborará el presupuesto de inversión por este concepto. De igual manera se elaborará la programación de obra, teniendo como meta el desarrollo progresivo del Proyecto, acorde con los crecimientos estimados de la demanda, definiendo los eventos o hitos que darán inicio a la ejecución de inversiones. Se confeccionará igualmente el flujo de inversión anual.

- a) Costos de mantenimiento rutinario, periódico, y preventivo de la infraestructura y superestructura. Con base en el plan de mantenimiento se calcularán cantidades de obra a nivel de ítem de mantenimiento; se establecerán los precios unitarios de cada uno, con su respectivo análisis, y con estos dos elementos se elaborará el presupuesto de mantenimiento por este concepto. De igual manera se elaborará la programación de mantenimiento anual, acorde con los estándares de calidad y niveles de servicio que se vayan a exigir. Se confeccionará igualmente el flujo de inversión anualizado.
- b) Costos de equipos e infraestructura para la operación. Con base en el diseño para concesión del sistema de operación se calcularán las cantidades de equipos a nivel de ítem, de acuerdo con las especificaciones a utilizar; se establecerán los precios unitarios de cada uno de acuerdo con precios de mercado, con su respectivo análisis o soportes de cotizaciones, y con estos dos elementos se elaborará el presupuesto de inversión por este concepto. De igual manera se elaborará la programación de adquisiciones, teniendo como meta el desarrollo progresivo del Proyecto, acorde con los crecimientos estimados de la demanda. Se confeccionará igualmente el flujo de inversión anual.
- c) Costos de mantenimiento de equipos e infraestructura para la operación. Con base en el plan de mantenimiento de equipos e infraestructura y superestructura se calcularán los costos, de acuerdo con las especificaciones a utilizar; se establecerán los precios, con su respectivo análisis, y con estos dos elementos se elaborará el presupuesto de operación y mantenimiento de equipos e infraestructura y superestructura. De igual manera se elaborará la programación de mantenimiento anual, acorde con los estándares de calidad y niveles de servicio que se vayan a exigir. Se confeccionará igualmente el flujo de inversión anualizado.
- d) Costos de operación. Con base en la estructura orgánica y en el diseño de operación de trenes para concesión definidos se calcularán los costos mensuales y anuales de la administración, control de tráfico, que incluirán los costos de personal, equipos, programas, servicios y seguros necesarios para el funcionamiento del sistema y la protección del proyecto. Se confeccionará igualmente el flujo de inversión anualizado.

- e) Costos de implementación de gestión de predios. Con base en el análisis predial y avalúos comerciales promedio se calcularán los costos de adquisición de terrenos en caso de ser necesario. Se confeccionará igualmente el flujo de caja de este costo conforme a la programación de obra y requerimientos prediales.
- f) Costos de implementación de gestión ambiental. Con base en el análisis ambiental y las actividades requeridas se calcularán los costos ambientales como estudios, licencias y demás trámites. Se confeccionará igualmente el flujo de caja de este costo conforme a la programación de obra y requerimientos propios del tema.
- g) Costos de implementación de gestión social. Con base en el análisis de la situación social se calcularán los costos de las campañas necesarias para atender estos aspectos, implementación de Planes de Manejo Ambiental o Estudio de Impacto Ambiental y demás trámites. Se confeccionará igualmente el flujo de caja de este costo conforme a la programación de dichas actividades.
- h) Costos de consultoría. Para llevar a cabo el Proyecto a nivel de estudios y diseños para construcción el concesionario del proyecto incurrirá en costos de consultoría que deben ser estimados para incorporarlos a la evaluación del Proyecto. Se confeccionará igualmente el flujo de caja anual de este costo.
- i) Otros costos. El CONSULTOR deberá establecer la presencia de otros costos que afecten el Proyecto, calcularlos e incluirlos en este análisis.

**Cronograma de inversiones:** El CONSULTOR con base en los costos y la programación de inversiones de cada una de las actividades señaladas elaborará el cronograma general de inversiones del Proyecto. La unidad temporal mínima para este cronograma de inversiones será anual, de tal forma que sirva de insumo para el modelo financiero.

## 25. DETERMINACIÓN DEL CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El CONSULTOR deberá establecer los cronogramas para la ejecución y puesta en funcionamiento del proyecto:

- a) Cronograma de ejecución de las obras de construcción y de inversión de los recursos.
- b) Cronograma de adquisición y puesta en funcionamiento del material rodante y de inversión de los recursos.

- c) Cronograma de ejecución de pruebas y puesta en funcionamiento del servicio.
- d) Cronograma de inversiones a ejecutar en mantenimientos periódicos y reposiciones tanto de la infraestructura como del material rodante.

Estos cronogramas deberán permitir elaborar proyecciones financieras de las inversiones requeridas para la ejecución de las obras del proyecto, la adquisición y puesta en servicio del material rodante y la proyección de los ingresos del proyecto durante su fase de implementación, así como de las inversiones requeridas en reposición y mantenimiento durante la ejecución del proyecto.

## 27. INFORME FINAL DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

En el Informe Final, el CONSULTOR integrará todos los estudios mencionados a continuación. Este informe constará de los siguientes capítulos.

- a) Estudio de topografía y geometría
- b) Estudio de hidráulica, hidrología y socavación
- c) Estudio geotécnico y geológico
- d) Diseño para concesión de túneles
- e) Diseño para concesión de puentes, pontones y viaductos
- f) Análisis ambiental, Social y Predial
- g) Estudios y análisis adicionales
- h) Presupuestos y Programación

A su vez, parte de este entregable será un resumen ejecutivo que contendrá de manera resumida el alcance de cada uno de los estudios enunciados, las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones formuladas, así como los planos, gráficos y cuadros que faciliten la comprensión del informe. Además debe contener la descripción de la localización, importancia y la ficha técnica del Proyecto.

El Informe Final de Estudios y Diseños contendrá el contenido requerido en cada uno de los estudios enunciados en las presentes especificaciones.

Este documento también constará de las fichas técnicas indicativas que servirán para la preparación de los procesos de licitación de los futuros Proyectos.

Además, deberá entregar una presentación con videos, renders, y demás expresiones gráficas, donde muestre las principales características del proyecto definido, descripción, localización y la ficha técnica.

Dentro del plazo previsto para la ejecución de los estudios, deberá entregar los documentos en original y 1 copia (textos en tamaño carta, papel blanco bond base 20 o de 75 gramos, con tapa dura de cartón de 2.5 milímetros, forrada en percalina o cuerina, con tornillo en aluminio, debidamente marcadas y los planos de tamaño de un pliego de 70 centímetros por 100 centímetros, el original en papel mantequilla de 120 gramos y por lo menos una copia en papel de seguridad presentado en porta planos) y 2 copias en medio magnético (en CD o DVD de todos los documentos del proyecto de planos y documentación escrita.).

## 28. NORMATIVIDAD APLICABLE

El CONSULTOR debe considerar la normatividad aplicable para la preparación tanto de su trabajo de estructuración como para las labores que espera lleve a cabo el futuro concesionario de los diferentes Proyectos. El siguiente es un listado no exhaustivo de la normatividad que podría ser aplicable:

- a) Resolución 4577 del 23 de septiembre de 2009, adición al Manual de Señalización de señales turísticas.
- b) Resolución 24 del 7 de enero de 2011, Manual de Drenaje para Carreteras (2009).
- c) Resolución 3290 del 15 de agosto de 2007, Normas de Ensayo de Materiales.
- d) Resolución 3288 del 15 de agosto de 2007, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.
- e) Resolución 7106 del 2 de diciembre de 2009, Guía de Manejo Ambiental.
- f) Resolución 3600 de 1996 del INVIAS. CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES de 1995 (CCP-200-94) y el Adenda No. 1 de 1996
- g) NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR10.
- h) Resolución No. 1050 del 5 de mayo de 2004 del Ministerio de Transporte. Manual de señalización vial y reglamento.

- i) Manual for Railway Engineering de la American Railway Engineering and Maintenance of way Association – AREMA.
  - j) Manual of Standards and recommended practices de la Association of American Railroads – AAR.
  - k) Regulación de la Union Internationale des Chemins de Fer – UIC (Leaflets).
- Los criterios de diseño a adoptar en los estudios especificados serán propuestos por el CONSULTOR y verificados por la entidad contratante o a quién esta delegue.

**Normatividad técnica específica:**

- Norma UNE-EN 13848-1:2004+A1:2009 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE VÍA. PARTE 1: CARACTERIZACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE VÍA.
- Norma UNE-EN 13848-5:2009+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA. PARTE 5: NIVELES DE CALIDAD GEOMÉTRICA. PLENA VÍA.
- Norma NRV 0-2-0.1. GEOMETRÍA DE LA VÍA. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS EN VÍA DE ANCHO INTERNACIONAL. Renfe. 1985.
- Norma NRV 1-0-1.0. ESTUDIO PREVIO GEOLOGICO. Renfe. 1985.
- Norma NRV 1-0-2.0. HIDROLOGÍA. Renfe. 1980.
- Norma NRV 7-1-0.1 - VÍA. REPLANTEO DE LA VÍA. Renfe. 1982.
- Norma INV E-172-07, Instituto Nacional de Vías
- MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ, INGEOMINAS, 1997.
- Decreto 523 de 16 de Diciembre de 2010, por el cual se adopta la MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ D.C., Alcaldía de Bogotá D.C.



- MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS” del INVIAS (Instituto Nacional de Vías, del Ministerio de Transporte), de 2009.
- Norma AREMA, CAPÍTULO 3 (NATURAL WATERWAYS) DEL CAPÍTULO 1 (VÍA Y BALASTO) DEL VOLUMEN 1
- METODOLOGÍA GENERAL PARA LA PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES, expedida por el Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial conforme Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010.
- Norma UNE-EN 13803-1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. PARÁMETROS DE PROYECTO DEL TRAZADO DE LA VÍA. ANCHOS DE VÍA DE 1 435 MM Y MAYORES. PARTE 1: PLENA VÍA.
- UIC leaflet 713. DESIGN OF MONOBLOCK CONCRETE SLEEPERS. 2004
- Norma NRV 3-4-1.0 - BALASTO DIMENSIONADO DE LA BANQUETA. Renfe. 1985.
- Norma NRV 3-6-0.0 - DESVÍOS DESCRIPCIÓN GENERAL. Renfe. 1991.
- UIC leaflet 715-2. RECOMMENDATIONS FOR MANAGEMENT OF RAIL. 2003
- Norma UNE-EN 15273-1:2013 (Partes 1 a 3) - APLICACIONES FERROVIARIAS. GÁLIBOS.
- Norma UNE-EN 13230-4:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. TRAVIESAS Y SOPORTES DE HORMIGÓN. PARTE 4: SOPORTES PRETENSADOS PARA APARATOS DE VÍA.
- Norma UNE-EN 13145:2001+A1:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍAS. TRAVIESAS Y SOPORTES DE MADERA.

- Norma UNE-EN 13481-2:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS CONJUNTOS DE SUJECIÓN. PARTE 2: CONJUNTOS DE SUJECIÓN PARA LAS TRAVIESAS DE HORMIGÓN.
- Norma NRV 3-4-1.0. MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA, BALASTO Y DIMENSIONADO DE LA BANQUETA. Renfe. 1985.
- Norma NRV 2-1-0.0. OBRAS DE TIERRA. CALIDAD DE LA PLATAFORMA. Renfe. 1980.
- Norma NRV 2-1-1.0. OBRAS DE TIERRA. DRENAJE Y SANEAMIENTO. Renfe. 1980.
- Norma NRV 2-1-2.0. OBRAS DE TIERRA. TRATAMIENTO DE LA PLATAFORMA. Renfe. 1982.
- Norma UNE-EN 13848-6:2014 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE VÍA. PARTE 6: CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE GEOMETRÍA DE LA VÍA.
- Norma NRV 7-1-0.0 - MONTAJE DE VÍA. SECUENCIA DE TRABAJOS. Renfe. 1993.
- Norma NRV 7-1-0.2 - MONTAJE DE VÍA. MÉTODOS DE REPLANTEO. Renfe. 1994.
- Norma NRV 7-1-0.3 - VÍA. MONTAJE DE LA VÍA. Renfe. 1983.
- Norma NRV 7-1-3.1 - MONTAJE DE VÍA. INSTALACIÓN DE LA VÍA. Renfe. 1995.
- Norma NRV 7-1-4.1 - MONTAJE DE VÍA. LIBERACIÓN DE TENSIONES. Renfe. 1993.
- UIC leaflet 719. EARTHWORKS AND TRACK BED CONSTRUCTION FOR RAILWAY LINES. 2008
- Norma N.R.V.3-2-2.0. SUJECIONES DE CARRILES Y DE APARATOS DE VÍA. SUJECIÓN ELÁSTICA HM. Renfe. 1982.
- Norma N.R.V.3-2-1.0. SUJECIONES DE CARRILES Y DE APARATOS DE VÍA. SUJECIÓN ELÁSTICA RN. Renfe. 1982.
- Norma N.R.V.3-1-2.1. TRAVIESAS. TRAVIESAS MONOBLOQUE DE HORMIGÓN. Renfe. 1982.
- Norma N.R.V.3-0-1.0. CARRILES. BARRAS LARGAS. Renfe. 1981.

- Norma NRV 3-3-2.1 - JUNTAS DE CARRILES. SOLDADURAS ALUMINOTÉRMICAS. Renfe. 1982.
- Norma NRV 3-4-0.0 - BALASTO CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD. Renfe. 1987.
- Norma NRV 6-0-1.0 - PASOS A NIVEL SUPERFICIE DE RODADURA. Renfe. 1982.
- UIC leaflet 720. LAYING AND MAINTENANCE OF CWR TRACK. 2005
- UIC leaflet 722. METHODS OF IMPROVING THE TRACK FORMATION OF EXISTING LINES. 2011
- UIC Leaflet 712. RAIL DEFECTS
- Norma AREMA, Parte 2 (Balasto) del Capítulo 1 (Vía y Balasto) del Volumen 1 (Vía). Apartado 2.11.2
- Norma UNE-EN 13481-5:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS CONJUNTOS DE SUJECIÓN. PARTE 5: CONJUNTOS DE SUJECIÓN PARA VÍA EN PLACA SIN BALASTO O VÍA CON CARRIL EMBUTIDO EN UN CANAL.
- Norma UNE-EN 13230-2:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. TRAVIESAS Y SOPORTES DE HORMIGÓN. PARTE 2: TRAVIESAS MONOBLOQUE PRETENSADAS.
- Norma UNE-EN 13230-4:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. TRAVIESAS Y SOPORTES DE HORMIGÓN. PARTE 4: SOPORTES PRETENSADOS PARA APARATOS DE VÍA.
- Norma UNE-EN 13145:2001+A1:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍAS. TRAVIESAS Y SOPORTES DE MADERA.
- Norma UNE-EN 13481-2:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS CONJUNTOS DE SUJECIÓN. PARTE 2: CONJUNTOS DE SUJECIÓN PARA LAS TRAVIESAS DE HORMIGÓN.
- Norma UNE-EN 13146-9:2011+A1:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN. PARTE 9: DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ.
- Norma UNE-EN 13146-5:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN. PARTE 5: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA.

- Norma UNE-EN 13146-7:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN. PARTE 7: DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE APRIETE.
- Norma UNE-EN 13146-1:2012+A1:2015 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN. PARTE 1: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL AL DESLIZAMIENTO DEL CARRIL.
- Norma UNE-EN 13146-2:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN. PARTE 2: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TORSIÓN.
- Norma UNE-EN 14811:2007+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CARRILES PARA FINES ESPECIALES. CONSTRUCCIÓN ASOCIADA Y ACANALADA.
- Norma UNE-EN 13674-3:2007+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CARRILES. PARTE 3: CONTRACARRILES.
- Norma UNE-EN 13232:2007+A1:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. APARATOS DE VÍA.
- Norma UNE-EN 13848-2:2007 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE VÍA. PARTE 2: SISTEMAS DE MEDICIÓN. VEHÍCULOS DE REGISTRO DE LA VÍA.
- Norma UNE-EN 13848-3:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE VÍA. PARTE 3: SISTEMAS DE MEDICIÓN. MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN Y DE MANTENIMIENTO DE LA VÍA.
- Norma UNE-EN 13848-4:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. VÍA. CALIDAD DE LA GEOMETRÍA DE VÍA. PARTE 4: SISTEMAS DE MEDICIÓN. DISPOSITIVOS MANUALES Y DE BAJO PESO.
- Norma UNE-EN 50126-1:2005 CORR:2010. - APLICACIONES FERROVIARIAS. ESPECIFICACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA FIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD, LA MANTENIBILIDAD Y LA SEGURIDAD (RAMS). PARTE 1: REQUISITOS BÁSICOS Y PROCESOS GENÉRICOS
- NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES (CCP-14)

- NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR10.
- El Documento del Sistema de Puentes de Colombia – SIPUCOL, realizado para el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS por la Dirección de Carreteras de Dinamarca.
- El Documento de Actividades para la Rehabilitación y Conservación y/o mantenimiento de puentes desarrollado por la Subdirección de Conservación del INVIAS en mayo de 2000.
- MANUAL DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS adoptado mediante Resolución No 1049 de 11 de abril de 2013 del Ministerio de Transporte.
- MANUAL DE SEÑALIZACIÓN – DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORUTAS DE COLOMBIA. Adoptado por Resolución 4577 de 2009 del Ministerio de Transporte.
- LAS DISPOSICIONES QUE CONTEMPLAN LOS PLANES DE ORDENACIÓN TERRITORIAL (POT) EN RELACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO
- UIC leaflet [776-2](#). DESIGN REQUIREMENTS FOR RAIL-BRIDGES BASED ON INTERACTION PHENOMENA BETWEEN TRAIN, TRACK AND BRIDGE
- UIC Leaflet [776-1](#). LOADS TO BE CONSIDERED IN RAILWAY BRIDGE DESIGN
- UIC leaflet [774-3](#). TRACK - BRIDGE INTERACTION. RECOMMENDATIONS FOR CALCULATIONS
- UIC leaflet [774-2](#). DISTRIBUTION OF AXLE-LOADS ON BALLASTED RAILWAY BRIDGES.
- UIC leaflet [774-1](#). RECOMMENDATIONS FOR THE FATIGUE DESIGN OF RAILWAY BRIDGES IN REINFORCED AND PRESTRESSED-CONCRETE.

- Norma UNE-EN 15273-1:2013 (Partes 1 a 3) - APLICACIONES FERROVIARIAS. GÁLIBOS.
- ACI 318-08 Requisitos de reglamento para concreto estructural.
- Internacional Building Code 2012 (IBC 2012)
- AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications
- AREMA 2014 Manual for Railway Engineering
- EUROCÓDIGO 8: DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMORESISTENTES.
- EUROCÓDIGO 1: ACCIONES EN ESTRUCTURAS (Partes 1 y 2).
- EUROCÓDIGO 2: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
- EUROCÓDIGO 3: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- EUROCÓDIGO 4: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y CONCRETO.
- CÓDIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE adoptado mediante Decreto Ley 2811 de 1974, y sus decretos reglamentarios.
- LEY AMBIENTAL - Ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios.
- RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO FORESTAL establecido mediante el Decreto 1791 de 1996.
- GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA. SUBSECTOR VIAL adoptada mediante la Resolución 7106 de 2009 del Instituto Nacional de Vías.

- Guía de manejo ambiental para el desarrollo de proyectos de infraestructura en Bogotá, D.C. Bogotá: IDU
- Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura en el área rural del Distrito capital. Bogotá: IDU.
- NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES (CCP-14)
- NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR10.
- El Documento del Sistema de Puentes de Colombia – SIPUCOL, realizado para el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS por la Dirección de Carreteras de Dinamarca.
- El Documento de Actividades para la Rehabilitación y Conservación y/o mantenimiento de puentes desarrollado por la Subdirección de Conservación del INVIAS en mayo de 2000.
- MANUAL DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS adoptado mediante Resolución No 1049 de 11 de abril de 2013 del Ministerio de Transporte.
- UIC leaflet 777-1. MEASURES TO PROTECT RAILWAY BRIDGES AGAINST IMPACTS FROM ROAD VEHICLES, AND TO PROTECT RAIL TRAFFIC FROM ROAD VEHICLES FOULING THE TRACK
- UIC leaflet 776-3. DEFORMATION OF BRIDGES
- American Standards for Testing and Materials – ASTM
- American Concrete Institute – ACI
- American Institute of Steel Construction – AISC

- Instituto Colombiano de Productores de Cemento – ICPC
- CÓDIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE adoptado mediante Decreto Ley 2811 de 1974, y sus decretos reglamentarios.
- LEY AMBIENTAL- Ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios.
- RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO FORESTAL establecido mediante el Decreto 1791 de 1996.
- GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA. SUBSECTOR VIAL adoptada mediante la Resolución 7106 de 2009 del Instituto Nacional de Vías.
- Guía de manejo ambiental para el desarrollo de proyectos de infraestructura en Bogotá, D.C. Bogotá: IDU
- Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura en el área rural del Distrito capital. Bogotá: IDU.
- UIC leaflet 760. Level crossings - Road signs and signals. 2007.
- UIC leaflet 761. Guidance on the automatic operation of level crossings. 2004
- Norma UNE-EN 16494:2015 - APLICACIONES FERROVIARIAS. REQUISITOS PARA LAS PLACAS ERTMS A LO LARGO DE LA VÍA.
- UIC leaflet 736. SIGNALLING RELAYS
- UIC leaflet 737-1. COMBINATION OF TRACK CIRCUITS AND TREADLES



- UIC leaflet 755-1. LAYING OF TELECOMMUNICATIONS AND SIGNALLING CABLES AND THEIR PROTECTION AGAINST MECHANICAL DAMAGE
- UIC leaflet 731. INSPECTION OF SIGNALLING INSTALLATIONS
- UIC leaflet 737-2. MEASURES TO BE TAKEN TO IMPROVE TRACK CIRCUITS SHUNTING SENSITIVITY
- UIC leaflet 737-3. APPLICATION OF THYRISTORS IN RAILWAY TECHNOLOGY - MEASURES FOR THE PREVENTION OF FUNCTIONAL DISTURBANCE IN SIGNALLING INSTALLATIONS
- UIC leaflet 738. PROCESSING AND TRANSMISSION OF SAFETY INFORMATION
- UIC leaflet 750. RAILWAY TELECOMMUNICATIONS LINKS - IMPROVEMENTS TO BE EXPECTED FROM THE USE OF TELECOMMUNICATIONS FOR OPERATING PURPOSES
- UIC leaflet 753-2. GENERAL TECHNICAL REGULATIONS GOVERNING ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF COMMUNICATION CAPACITY OVER THE RAILWAY TELECOMMUNICATIONS NETWORK OF UIC MEMBERS
- UIC leaflet 753-2. GENERAL PROCEDURES GOVERNING MAINTENANCE, OPERATING AND PERFORMANCE CRITERIA FOR THE UIC MEMBER RAILWAYS TELECOMMUNICATION NETWORK
- Norma UNE-EN 50126-1:2005 CORR:2010. APLICACIONES FERROVIARIAS. ESPECIFICACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA FIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD, LA MANTENIBILIDAD Y LA SEGURIDAD (RAMS). PARTE 1: REQUISITOS BÁSICOS Y PROCESOS GENÉRICOS
- UNE-EN 50121-3-1:2007 - APLICACIONES FERROVIARIAS. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA. PARTE 3-1: MATERIAL RODANTE. TREN Y VEHÍCULO COMPLETO.

- UNE-EN 50155:2007 CORR:2010. APLICACIONES FERROVIARIAS. EQUIPOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS SOBRE MATERIAL RODANTE
- UIC leaflet [704](#). Railway Transport Systems - Electromagnetic Compatibility (EMC)
- UIC leaflet 794-1. PANTOGRAPH/OVERHEAD LINE INTERACTION FOR DC - ELECTRIFIED RAILWAY LINES
- UIC leaflet 796. VOLTAGE AT THE PANTOGRAPH
- UNE-EN 50126-1:2005 CORR:2010. APLICACIONES FERROVIARIAS. ESPECIFICACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA FIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD, LA MANTENIBILIDAD Y LA SEGURIDAD (RAMS). PARTE 1: REQUISITOS BÁSICOS Y PROCESOS GENÉRICOS
- UIC leaflet 791. QUALITY ASSURANCE OF OVERHEAD LINE EQUIPMENT
- UIC leaflet 791-1. MAINTENANCE GUIDELINES FOR OVERHEAD CONTACT LINES
- UIC leaflet 791-2. DIAGNOSIS OF THE OCL CONDITIONS
- UIC leaflet 791-3. SAFETY MEASURES TO BE ADOPTED WHEN WORKING ON OR NEARBY OVERHEAD CONTACT LINE
- UIC leaflet 791-4. EVALUATION OF INCIDENTS ON THE RAILWAY ENERGY SYSTEM
- UIC leaflet 793. WORKING METHODS FOR MECHANISED OVERHEAD LINE INSTALLATION
- Norma UNE-EN 16185-1:2015 - APLICACIONES FERROVIARIAS. SISTEMAS DE FRENADO PARA UNIDADES AUTOPROPULSADAS. PARTE 1: REQUISITOS Y DEFINICIONES
- DIN 5510 PREVENTIVE FIRE PROTECTION IN RAILWAYS VEHICLES

- Norma UNE-EN 12663-1:2011+A1:2015 - APLICACIONES FERROVIARIAS. REQUISITOS ESTRUCTURALES DE LAS CAJAS DE LOS VEHÍCULOS FERROVIARIOS. PARTE 1: LOCOMOTORAS Y MATERIAL RODANTE DE VIAJEROS (Y MÉTODO ALTERNATIVO PARA VAGONES DE MERCANCÍAS). EN LO QUE RESPECTA A CATEGORÍA PIII A 800 KN A COMPRESIÓN).
- Norma UNE-EN 15827:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. REQUISITOS PARA BOGIES Y ÓRGANOS DE RODADURA.
- Norma UNE-EN 15273-1:2013 (Partes 1 a 3) - APLICACIONES FERROVIARIAS. GÁLIBOS.
- Norma UNE-EN 15427:2009+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. GESTIÓN DE LA FRICCIÓN RUEDA/CARRIL. LUBRICACIÓN DE LA PESTAÑA DE LA RUEDA.
- Norma UNE-EN 16028:2013 - APLICACIONES FERROVIARIAS. GESTIÓN DE LA FRICCIÓN RUEDA/CARRIL. LUBRICANTES PARA LAS APLICACIONES A BORDO Y EN LA VÍA
- Norma UNE-EN 15179:2008 - APLICACIONES FERROVIARIAS. FRENADO. REQUISITOS DEL SISTEMA DE FRENADO DE LOS COCHES DE VIAJEROS.
- Norma UNE-EN 15595:2009+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. FRENADO. PROTECCIÓN CONTRA EL DESLIZAMIENTO DE LA RUEDA.
- Norma UNE-EN 13452:2004 (Partes 1 y 2) - APLICACIONES FERROVIARIAS. FRENADO. SISTEMAS DE FRENADO PARA TRANSPORTES PÚBLICOS URBANOS Y SUBURBANOS.
- Norma UNE-EN 13261:2009+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. EJES MONTADOS Y BOGIES. EJES. REQUISITOS DE PRODUCTO.

- Norma UNE-EN 13749:2012 - APLICACIONES FERROVIARIAS. EJES MONTADOS Y BOGIES. MÉTODOS PARA ESPECIFICAR LOS REQUISITOS ESTRUCTURALES DE LOS BASTIDORES DE BOGIE.
- Norma UNE-CEN/TS 15718:2013 EX - APLICACIONES FERROVIARIAS. EJES MONTADOS Y BOGIES. REQUISITOS DE PRODUCTO PARA RUEDAS EN ACERO MOLDEADO.
- Norma UNE-EN 13715:2007+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. EJES MONTADOS Y BOGIES. RUEDAS. PERFIL DE RODADURA.
- Norma UNE-EN 15153-1:2014 - APLICACIONES FERROVIARIAS. DISPOSITIVOS EXTERNOS DE AVISO, ÓPTICOS Y ACÚSTICOS, PARA TRENES. PARTE 1: LUCES DE CABEZA, DE POSICIÓN Y DE COLA DE TREN.
- Norma UNE-EN 15153-2:2014 - APLICACIONES FERROVIARIAS. DISPOSITIVOS EXTERNOS DE AVISO ÓPTICOS Y ACÚSTICOS PARA TRENES. PARTE 2: AVISADORES SONOROS.
- Norma UNE-EN 12299:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. COMODIDAD DE VIAJE PARA LOS PASAJEROS. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN.
- Norma UNE-EN 14750-1:2007 - APLICACIONES FERROVIARIAS. AIRE ACONDICIONADO PARA MATERIAL RODANTE URBANO Y SUBURBANO. PARTE 1: PARÁMETROS DE CONFORT.
- Norma UNE-EN ISO 3095:2014 - ACÚSTICA. APLICACIONES FERROVIARIAS. MEDICIÓN DEL RUIDO EMITIDO POR VEHÍCULOS QUE CIRCULAN SOBRE CARRILES. (ISO 3095:2013).
- Norma UNE-EN ISO 3381:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. ACÚSTICA. MEDICIÓN DEL RUIDO EN EL INTERIOR DE VEHÍCULOS SOBRE CARRILES. (ISO 3381:2005)

- Norma UNE-EN 15610:2010 - APLICACIONES FERROVIARIAS. EMISIÓN DE RUIDO. MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LOS CARRILES RELACIONADA CON LA GENERACIÓN DE RUIDO DE RODADURA.
- Norma UNE-EN 12082:2008+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. CAJAS DE GRASA. ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO.
- Norma UNE-EN 12081:2008+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. CAJAS DE GRASA. GRASAS LUBRICANTES.
- Norma UNE-EN 12080:2008+A1:2011 - APLICACIONES FERROVIARIAS. CAJAS DE GRASA. RODAMIENTOS.
- EN 15227 Railway applications – collision safety requirements for railway vehicle bodies 01/2011
- BOStrab REGULATIONS:
  - BOStrab, issue 11/2007
  - BOStrab TRBr-technical rules for the measurement and testing of brakes for BOStrab vehicles; issue 12/2008
  - Track system guidelines (OR) for BOStrab operation; issue 10/2008
  - BOStrab alignment guidelines; issue 05/1993
  - Tracking guidelines (SpR) for track railways pursuant to BOStrab; issue 1994
- DIN 5566-3 Railway vehicles driver's compartment part 3 (Visibility)

- VDV 154 Noises from urban railway vehicles according to BOStrab