

**PROYECTO BOGOTRAM – IMPLANTACIÓN DE UNA LIGHT RAIL TRANSIT EN
BOGOTÁ. CORREDOR DE OCCIDENTE**

ANEXO No. 1

**ESPECIFICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO
GUÍA FACTIBILIDAD APP**

APENDICE TÉCNICO PARA LA ETAPA DE FACTIBILIDAD EN PROYECTOS FERROVIARIOS

El presente Anexo Técnico contiene las exigencias generales que deben cumplir los estudios y diseños a ser desarrollados en la etapa de Factibilidad, con el fin de generar la información suficiente para determinar la viabilidad técnica, legal y financiera de la implementación del proyecto sistema LRT para el corredor de occidente: Estación de la Sabana – Facatativá, a través de unos de los mecanismos establecidos en la normatividad sobre la materia. Estos requerimientos son generales para cualquier tipo de estructuración y se podrán solicitar durante el periodo de factibilidad mayor o menor cantidad y profundidad de información.

Para la aplicación de los siguientes anexos técnicos, se debe tener en cuenta la siguiente definición:

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONCESIÓN:

Son los estudios y diseños que debe elaborar el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA, los cuales deben contemplar: 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, análisis de precios unitarios, 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.

De conformidad con lo señalado en el Decreto 1467 de 2012, en la etapa de factibilidad se profundizan los análisis y la información básica con la que se contaba en etapa de prefactibilidad, mediante investigaciones de campo y levantamiento de información primaria, buscando reducir la incertidumbre asociada al proyecto, mejorando y profundizando en los estudios y ampliando la información de los aspectos técnicos, financieros, económicos, ambientales y legales del proyecto.

Si el originador de la iniciativa privada no hace entrega de la información en etapa de factibilidad en un plazo de nueve (9) meses, la iniciativa se considerará fallida.

Para la presentación del proyecto en etapa de factibilidad, el originador del proyecto deberá presentar la información indicada en el presente anexo.

ALCANCE DETALLADO DE LOS ESTUDIOS

El Originador deberá revisar la información que tiene disponible la Nación, la Gobernación y el Distrito en cabeza de la SDM, el IDU y demás entidades del 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 de Desarrollo Distrital 2012 – 2016
- Plan Maestro de Movilidad
- Encuesta de Movilidad 2011
- Plan de Ordenamiento Territorial
- Sistemas Generales de la ciudad:
 - ✓ 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 y Guaymaral
- 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 Originador durante la etapa de factibilidad son los siguientes:

1. INFORMACIÓN DEL ORIGINADOR DEL PROYECTO:

1.1. NOMBRE DEFINITIVO.

El Originador propondrá el nombre del proyecto, para lo cual debe tener en cuenta los acuerdos estratégicos suscritos entre el Departamento de Cundinamarca, el Distrito Capital de Bogotá y la Nación.

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

El Originador debe presentar, en planos cartográficos actualizados, el trazado del sistema propuesto para el corredor férreo de occidente, incluyendo ubicación de las estaciones, talleres, patios de estacionamiento y sede(s) administrativa(s), incluyendo el puesto o puestos de control operacional. En el mismo plano se debe incluir o resaltar los sitios y espacios rurales y urbanos característicos y representativos de cada zona.

Los planos deben ser realizados en las siguientes escalas: Trazado en planta, escala 1:10.000 y los planos de perfil se presentarán a escala H: 1:5.000 y V: 1:500.

La Empresa Férrea Regional S.A.S., con base en la solicitud presentada por el municipio de Facatativá, requiere que el ORIGINADOR prolongue la línea propuesta en aproximadamente 1 km. más al occidente de la estación actual de Facatativá, para llegar al nuevo terminal de transporte multimodal proyectado en dicho municipio.

1.2.1. DISEÑO GEOMÉTRICO BÁSICO

El Originador deberá presentar un esquema de la implementación en planta con base cartográfica y topográfica. Se deberá elaborar diversos esquemas de red que respondan a las necesidades de movilidad actual y futura en el plazo horizonte que se defina,

contemplando tanto las soluciones en superficie como posibles tramos soterrados, analizando su impacto sobre la explotación y la seguridad. Se deberá presentar la sección transversal a implementar durante la construcción de la infraestructura del tren ligero.

La Definición de la alternativa de trazado deberá considerar las siguientes variables para su evaluación:

- Viabilidad técnica de trazado
- Limitaciones de trazado en planta y perfil longitudinal
- Condicionantes geológicos y geotécnicos
- Condicionantes establecidos por los servicios públicos afectados.
- Integración con otros modos de transporte y proyectos que la ciudad plantea desarrollar como la Valorización que se encuentra en curso.
- Movilidad de los corredores que cruzan y son paralelos al corredor.
- Criterios que afectan a la demanda
- Carga global de la Red
- Accesibilidad de la alternativa estudiada
- Impacto sobre el sistema de transporte
- Ahorros de tiempo en el sistema
- Intermodalidad
- Criterios de contexto urbano
- Impacto sobre la circulación
- Análisis de integración urbana
- Compatibilidad con proyectos urbanos y desarrollo urbanístico
- Estudio de ocupación de espacio
- Criterios ambientales
- Impacto ambiental: emisiones
- Impacto ambiental: ruido
- Cruce con quebradas y cuerpos de agua
- Costos estimados
- Condicionantes establecidos por el plan de explotación
- Análisis de rentabilidad económico-social y financiera.
- Impacto del proyecto sobre el oleoducto de Ecopetrol.
- Opciones de modificar el trazado en tramos que se comparten con otros proyectos férreos.
- Otros factores.

1.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS CORREDORES

El Originador deberá realizar un análisis general e identificación de tramos o zonas homogéneas según sus características urbanísticas y socio-económicas, así como una descripción de la norma de usos, tratamientos urbanísticos y edificabilidad, aplicable a los predios colindantes y área de influencia.

A continuación se presentan algunos puntos a tener en cuenta por parte del Originador en lo relacionado con la mitigación de impactos y la oportunidad de equilibrar el territorio por la

construcción del sistema, asociados a los 4 sistemas generales que componen la estructura funcional y de servicios de la ciudad, en este documento también se expone la necesidad de realizar una identificación y reconocimiento de nodos urbanos existentes o generados por la implantación del proyecto y de oportunidades de revitalización acorde con lo consignado en el Acuerdo 489 de 2012 por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social y Ambiental del Distrito Capital "Bogotá Humana".

1.3.1. SISTEMA DE ESPACIO PUBLICO

Teniendo en cuenta que el artículo 21 del Decreto Distrital 190 de 2004 define el Sistema de Espacio Público del Distrito Capital como: “el conjunto de espacios urbanos conformados por los parques, las plazas, las vías peatonales y andenes, los controles ambientales de las vías arterias, el subsuelo, las fachadas y cubiertas de los edificios, las alamedas, los antejardines y demás elementos naturales y construidos definidos en la legislación nacional y sus reglamentos”

Los proyectos que se presenten para desarrollar sistemas de transporte masivo sobre los corredores de alta capacidad de la ciudad deben constituirse como eje estructurante del sistema de espacio público de la ciudad en la zona de influencia del proyecto, por lo cual el Originador debe identificar posibles intervenciones en el marco de la APP que configuren una actuación integral sobre el territorio, con el objetivo de generar una red de espacio público y zonas peatonales, mitigando los posibles impactos más allá de las áreas cercanas a las estaciones y andenes del corredor. En este sentido, es conveniente que la propuesta contenga acciones que permitan la accesibilidad peatonal masiva hasta un rango de 500 metros y la operación de modos complementarios en los corredores de alta capacidad de la ciudad.

1.3.2. SISTEMA DE MOVILIDAD

El Originador al hacer la identificación de tramos o zonas homogéneas del proyecto debe involucrar un análisis de la vocación del corredor y la interacción de este como corredor de transporte de alta capacidad con la estructura vial arterial de la ciudad, identificando nodos de conexión con los demás componentes del SITP.

1.3.3. CONEXIÓN CON OTROS CORREDORES DE ALTA CAPACIDAD Y MODOS COMPLEMENTARIOS.

En concordancia con los artículos 12 y 13 del Plan Maestro de Movilidad, los corredores de transporte de alta capacidad y los sistemas de transporte que sobre ellos se desarrollen, deben estar articulados a las dinámicas urbanas y de movilidad de toda la ciudad. Por este motivo, es necesario que como parte del Originador se evalúen alternativas de integración física (Subsistema vial peatonal), tarifaria y/o operacional en las estaciones en las cuales confluyan el sistema propuesto con los corredores de transporte masivo tipo BRT existentes y futuros además de las posibles conexiones con el tren pesado que está proyectado en la ciudad y con las líneas diferentes de Metro Ligerero y Tren de Cercanías.

Adicional a lo anterior debe evaluarse la posibilidad de incluir en el área de influencia del proyecto sistemas de bicicletas públicas y otros modos complementarios con el objetivo de fortalecer la movilidad en red para Bogotá, alimentando al metro ligero o conectándolo con el Sistema TransMilenio, con el futuro proyecto de metro pesado y demás componentes del SITP donde sea necesario.

Otro factor importante a tener en cuenta es la identificación de posibles zonas de intercambio modal con los modos de transporte privado (Automóvil particular-Bicicletas), ya sea con parqueaderos disuasorios en los portales y/o terminales y/o en los puntos donde confluiría el sistema de transporte propuesto con la red de ciclo rutas de la ciudad y otras vías de la malla vial arterial.

Tener en cuenta: Malla vial arterial, intermedia y local, CicloRutas y redes de Transporte masivo existentes y futuras.

1.4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO Y SUS FASES.

El originador a nivel de factibilidad del proyecto debe hacer entrega de los siguientes productos o resultados, además de los indicados en otros puntos del presente apéndice técnico:

1.4.1. ESTUDIO DE DEMANDA

El desarrollo del estudio de oferta y demanda de pasajero para el sistema LRT caracterizará las demandas de actuales y futuras de la infraestructura requerida para garantizar el mejoramiento de los niveles de servicio del servicio de la red involucrada, facilitar la movilidad, favorecer la accesibilidad, considerando la importancia del LRT, la morfología urbana y rural y los usos y estratos socioeconómicos con fines de garantizar el óptimo funcionamiento, la disminución de la accidentalidad y la protección del espacio público.

El Originador, incluirá para los análisis de oferta y demanda los Planes de Ordenamiento Territorial – POT's, Planes de desarrollo, Planes maestros de movilidad y transporte y proyectos específicos que afecten la demanda del sistema, de los entes territoriales del área de influencia del corredor.

A partir de la información primaria y secundaria se obtendrán estimativos de carga máxima para el periodo de modelación pico de la mañana y valle de un día hábil y se harán estimativos del número de pasajeros transportados que utiliza la RML en un día hábil y al año y pasajeros que realizan el primer pago en la misma para los mismos dos periodos. Se obtendrá un pronóstico de pasajeros que transborda a otros modos de transporte público integrado de la ciudad

Para este proceso, el ORIGINADOR debe preparar el estudio de demanda, a partir de información primaria de campo, determinando como mínimo: (i) la demanda de los

corredores y proyección de la misma en la zona de influencia. Para este punto, el ORIGINADOR deberá tener en cuenta y soportarse en los estudios realizados por la firma Steer Davis – Validando modelo de demanda regional con corredores de metro, trenes ligeros y SITP - de 2009 y sus actualizaciones posteriores, incluyendo análisis comparativo con estudios de Concol 2008 y 2009 e INECO 2011. En caso de ser necesario el ORIGINADOR deberá complementar los estudios de demanda con conteos, encuestas y aforos complementarios, que le permitan llegar a un nivel de certidumbre con la que asuma el riesgo de la misma, (ii) la viabilidad económica de los corredores y tarifas.

El estudio de oferta y demanda deberá considerar como mínimo los siguientes aspectos:

- a) Descripción y características generales de la zona en evaluación. (Zonificación para el análisis del proyecto, la cual debe coincidir con la zonificación de la sabana de Bogotá utilizada para los estudios de demanda existentes.)
- b) Explicación de la metodología utilizada para la determinación de la demanda, la cual se hará a partir de información primaria en campo (encuestas, censos, conteos etc.),
- c) Identificación de las fuentes de información utilizadas para la modelación y determinación de la demanda, así como las variables que permitan explicar el crecimiento de la demanda en el horizonte de análisis, dentro de las que se deberá considerar PIB Nacional, PIB Regional, Población, entre otras.
- d) Toma de información, análisis y diagnóstico. Se debe dar preferencia a la información existente en las instituciones del Distrito Capital, especialmente el modelo de cuatro etapas.
- e) Análisis comparativo de la demanda con y sin proyecto.
- f) Identificación de clientes potenciales, orígenes y destinos.
- g) Elaboración de matrices O – D.
- h) Analizar mediante la utilización de un software especializado que permita simular el comportamiento de la demanda ante variación de los diferentes parámetros que afectan a la misma (análisis de sensibilidad antes modificaciones en tarifas, tiempos de espera, velocidad, frecuencia, confort, etc.), los efectos generales del proyecto para la situación del año base y las proyectadas, considerando los proyectos establecidos en los POT de entes territoriales del área influencia del proyecto.
- i) Presentación de escenarios (Alto – Medio – Bajo) con proyecciones mínimas a 30 años, donde se identifiquen las cargas inducidas o de otros proyectos.
- j) Determinación de puntos de transferencia intermodal entre los distintos componentes del SITP.
- k) El estudio de demanda deberá contener el análisis de demanda capturada por el sistema LRT, tanto en transporte público como en transporte privado, indicando en cada caso el número de vehículos que dejan de circular por el corredor por la demanda captada por el nuevo sistema.
- l) Validar y o establecer con base en el análisis de la oferta y la demanda, la localización de las estaciones de pasajeros.
- m) El originador debe entregar en representación esquemática, en planos a escala conveniente todo aquello que ayude a interpretar fácilmente lo descrito en el informe de demanda, como son: volúmenes de pasajeros por estación por hora

sentido, ordenamiento vial, inventarios de infraestructura vial, de transporte, puntos críticos y propuestas de soluciones.

- n) Presentar en forma desagregada el pronóstico de pasajeros que transborden entre los diferentes modos de transporte público y del transporte privado.
- o) Construir el escenario de oferta de transporte público para el año base y su proyección a 30 años, incluyendo en el intervalo los nuevos sistemas que entren en operación como: nuevas líneas de Transmilenio, otros corredores con sistema LRT, metro pesado, sistema de cable, etc.

1.4.1.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA DEMANDA ANTE VARIACIONES EN LA TARIFA TÉCNICA Y TARIFA AL USUARIO A APLICAR AL NUEVO SISTEMA

El estudio de demanda deberá tener un capítulo específico en donde se presente y se haga análisis comparativo de la variación de la demanda para este sistema cuando se realicen cambios en la tarifa para a aplicar para el nuevo sistema, en particular se deberán presentar valores de demanda para:

- Una tarifa inferior a la actual
- Una tarifa igual a la actual
- Tarifa superior actual

Como resultado de este análisis el originador deberá tomar la decisión de cuál es la tarifa óptima a aplicar al sistema para que se viabilice el presente proyecto

1.4.1.2. ACTIVIDADES ESTUDIO DE DEMANDA

El Originador debe realizar para el estudio de demanda, entre otras las siguientes actividades mínimas:

- (i) Definición del modelo a aplicar para el estudio de demanda, en caso de utilizar el modelo de 4 etapas de Distrito Capital, ejecutar diagnóstico modelo actual.
 - Realizar la apropiación del modelo de transporte de la ciudad de Bogotá para la construcción del modelo futuro en el que se incorporará la red del metro ligero.
 - En esta fase se debe recolectar y revisar la información y herramientas disponibles para el proceso de validación y calibración del modelo de transporte. Generar un análisis que permita definir la necesidad de una toma de información primaria. O sí por el contrario, se usará la información secundaria disponible en las entidades del Distrito.
 - Describir detalladamente los modelos desarrollados, las formulaciones contenidas, los supuestos de partida y el nivel de calibración alcanzado. Así mismo, debe documentar toda aquella información que estime pertinente para una mejor comprensión del modelo y sus estimaciones.

- (ii) Calibración y validación de modelo.

- El Originador debe evaluar la conveniencia de introducir la capacidad de pago como elemento endógeno del modelo y la elasticidad de la demanda a los cambios en el ingreso.
- El Originador debe preparar el modelo de forma tal que proporcione los indicadores necesarios para una correcta evaluación y valoración de impactos, que permita la comparación y priorización del proyecto objeto de evaluación.
- El Originador debe revisar las proyecciones de las variables explicativas y establecer escenarios de crecimiento bajo, medio y alto en función de las políticas públicas de desarrollo en la región capital. Lo anterior, teniendo en cuenta variables como proyección de población, empleos y los resultados de la encuesta de movilidad del 2011, bases de datos fundamentales para la construcción del modelo en su componente de demanda (matrices O-D).
- Es importante conocer los aspectos tarifarios (desde el punto vista técnico) establecidos para la modelación, como es el caso del cobro de trasbordo y penalidad de trasbordo. Lo anterior teniendo en cuenta que si se integra con el sistema BRT y el trasbordo es gratis, incide directamente en la estimación de la demanda y de los ingresos que se podrían obtener por el cobro de las tarifas a los usuarios.
- Se debe considerar la incorporación de los proyectos de revitalización urbana planteados en los documentos de prefactibilidad, dado que este parámetro interfiere en la construcción de las matrices O-D para los años horizonte de evaluación.
- Deberá considerar el Plan de Revitalización del Centro y el proyecto Ministerios de la ERU, al igual que las proyecciones de crecimiento poblacional que tiene la Secretaria Distrital de Planeación.

(iii) Construcción y evaluación de escenarios de modelación.

- En esta fase el Originador, de común acuerdo con la Administración, debe construir los escenarios de evaluación de los proyectos de interés. El consultor debe construir y estimar la información de entrada del modelo para los años y escenarios a evaluar.
- El modelo recalibrado y validado, debe tener la capacidad de representar, estimar y evaluar los proyectos factibles de ser valorados por la APP en conjunto con los establecidos en el CONPES 3677 y Plan Marco de 2010 de Transmilenio. Lo anterior para determinar la capacidad del sistema, carga del corredor férreo evaluado y carga máxima encontrada, transferencias entre los diferentes modos de transporte generados en el marco del SITP, y en general aquellos que sean necesarios para la viabilidad del proyecto.
- Los resultados de cada uno de los escenarios evaluados deben presentarse con un Diseño Operacional asociado al sistema evaluado.

El estudio de demanda será entregado por el originador al terminar el tercer mes.

(iv) Elaboración de manual operacional para el uso del modelo.

(v) Elaboración de anexo técnico para el modelo de demanda.

1.4.2. ESTUDIOS DE TRANSITO

El objetivo general del estudio de tránsito es el de determinar la factibilidad técnica y económica de ejecutar las obras para adecuar el corredor del tren ligero o tranvía, en concordancia con las determinaciones establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital y en función de la demanda de transporte actual y futura y de las vías que conforman su área de influencia directa, de manera que garantice el mejoramiento de los niveles de servicio de la red involucrada, facilite la movilidad de los usuarios y favorezca la accesibilidad, considerando la importancia de los diferentes modos de transporte, la morfología urbana y los usos y estratos socioeconómicos de los diferentes sectores de la ciudad.

El resultado de este estudio proporcionará la información técnica de tránsito y transporte que permita seleccionar la alternativa que mejores condiciones representa para el sistema de transporte, tráfico mixto y peatones. El Originador deberá:

- Determinar la zona de influencia del proyecto.
- Realizar una evaluación integral desde el punto de vista de tránsito, de la operación del corredor bajo las condiciones actuales, su conectividad con las vías transversales principales y la accesibilidad a los barrios de la zona de influencia del proyecto. Con base en este análisis el Originador deberá plantear alternativas de corto, mediano y largo plazo que permitan garantizar la funcionalidad del futuro corredor, mejorando los aspectos movilidad, accesibilidad y conectividad.
- Cuantificar la demanda de transporte actual (situación sin proyecto) y futura (situación con proyecto) del corredor.
- Realizar análisis de capacidad y niveles de servicio sobre los tramos homogéneos identificados en el corredor, en las intersecciones semafóricas y en las intersecciones a desnivel ubicadas sobre el corredor, sobre corredores alternos e intersecciones principales ubicadas en la zona de influencia del proyecto.
- Identificar sitios críticos para la movilidad, accesibilidad y conectividad de las diferentes zonas que conforman el área de influencia del corredor.
- Plantear alternativas de solución.
- Realizar el análisis, evaluación y recomendación de intersecciones a desnivel y el número de carriles mixtos requerido en los diferentes tramos del corredor, considerando las rutas de transporte público colectivo, que de acuerdo al análisis realizado deberían mantenerse para garantizar la prestación del servicio en cada una de las etapas de construcción propuestas.
- Se deberán determinar los beneficios obtenidos con la implementación de intersecciones a desnivel, orejas y conectantes ó con el cambio o implementación de intersecciones semafóricas, intercambiadores, cruces en canales y líneas férreas, con el ahorro en los tiempos de desplazamiento de los usuario, ahorros en costos de mantenimiento de los vehículos y estudiar su relación con el costo de la obra.

- Se deberán consultar los proyectos que tiene previstos la Administración en el área de influencia del proyecto.
- Recomendar las alternativas que desde los puntos de vista técnico, económico y urbanístico sean las más favorables. La comparación de las alternativas de solución propuestas, debe realizarse tomando como escenario base la situación actual, a partir de parámetros técnicos y económicos (relaciones B/C, VPN, TIR).
- Analizar, mediante la utilización de modelos de transporte y tránsito (EMME3, Transcad, Tranus, Lisa, Transyt u otros que proponga el Originador) y con base en información primaria y secundaria, los efectos generales del proyecto sobre la red vial involucrada para la situación del año base y las proyectadas, considerando los proyectos establecidos en el POT para cada escenario.
- Recomendar las adecuaciones viales necesarias sobre el área de influencia para optimizar el funcionamiento del proyecto.

El Originador para realizar este estudio, deberá tener en cuenta dentro del alcance las siguientes actividades:

- Recopilar, procesar y analizar información primaria y secundaria de tránsito, necesaria para el desarrollo del estudio.
- Las proyecciones de tránsito deben corresponder al uso de modelos de Planeación de Transporte apropiados para este tipo de estudios y de conocida aplicación en el campo del tránsito y el transporte, sobre los cuales ya exista amplia experiencia a nivel Distrital en cuanto a su disponibilidad, aplicación y alcance.
- Las proyecciones de tránsito y su correspondiente composición vehicular, serán la base para establecer las características de la sección transversal requerida en cuanto al número de carriles necesarios para atender las demandas de tráfico, debiendo ser considerada la geometría propuesta en los análisis y teniendo en cuenta la posible permanencia de rutas de transporte público colectivo sobre el corredor, así mismo se estimarán los volúmenes peatonales y de bicicletas para dimensionar y ubicar los pasos peatonales y cicloviales.
- La caracterización operacional del tránsito sobre la red vial afectada, con y sin proyecto, se deberá realizar mediante la utilización de modelos o paquetes de computación con capacidad de analizar redes viales bajo condiciones de congestión.
- Definición de diferentes alternativas de solución o de mejoramiento de las condiciones prevalecientes de la malla vial y los requerimientos de las demandas futuras.
- Evaluación y recomendación de los planes de circulación (ordenamientos viales) en el área de influencia del proyecto.
- Selección de las alternativas de mayor viabilidad desde el punto de vista de Ingeniería de Tráfico, para lograr el uso racional de la malla vial de la ciudad.
- Sustentar las propuestas con análisis de capacidad y niveles de servicio que permitan definir las condiciones operacionales de las vías afectadas.
- Realizar la evaluación económica que permita analizar el comportamiento de una red vial de tránsito urbano sujeta a nuevas condiciones de operación, estimando la

nueva distribución de los flujos, determinando si se justifica o no la inversión de su construcción.

- Evaluar y proporcionar pasos peatonales y cicloviales seguros sobre el corredor.
- Determinar con base en una evaluación económica y en función de las demandas actuales y futuras los requerimientos viales necesarios sobre el corredor troncal. Con base en esta evaluación la alternativa propuesta para la fase de Diseño deberá garantizar como mínimo el nivel de servicio D para el final del periodo de análisis.

1.4.2.1. ÁREA DEL ESTUDIO

El Originador deberá definir el área de influencia del proyecto, considerando aspectos tales como:

- Configuración y operación de la malla vial actual y futura.
- Condiciones socioeconómicas, usos del suelo y predios que podrán hacer uso de la vía, en concordancia con las políticas formuladas por el plan de ordenamiento territorial (POT).

Se examinarán dentro del área de influencia posibles integraciones con senderos peatonales, ciclo rutas, otros modos de transporte, desde las cuales se podrá atraer pasajeros al tren ligero, así como desarrollos futuros de actividades socioeconómicas que puedan generar flujos vehiculares tanto particular como de transporte público.

1.4.2.2. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

A efectos de lograr dar alcance de una manera eficiente al objeto del estudio de tránsito, en la etapa de toma de información y viabilidad técnica, se deben desarrollar las siguientes actividades:

- a) Caracterización física del corredor y de la malla vial de su área de influencia
- b) Caracterización e identificación de la infraestructura física del corredor en estudio y la red vial asociada que contemple la identificación de las vías arterias principales y secundarias existentes y proyectadas que cruzan el corredor y las que son alternas al mismo; proyectos en las vías de la malla vial intermedia existentes y proyectados, relevantes para el óptimo desempeño del proyecto y las vías locales que tienen función colectora en el área de influencia para garantizar su adecuada articulación con el corredor en estudio, indicando:

- Tipo de vía
- Carácter de la vía
- Caracterización de la sección transversal
- Radios de giro
- Pendientes
- Distancia entre intersecciones
- Pasos peatonales

- Equipamiento
 - Señalización
 - Sentidos viales
 - Usos del suelo
 - Nomenclatura
- c) Caracterización operacional del corredor y su área de influencia.
- d) Identificación de las condiciones operacionales, teniendo en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos:
- Plan de circulación de la zona de influencia.
 - Sistemas de transporte
 - Configuración geométrica del corredor
 - Períodos de máxima demanda
 - Identificación de sitios críticos
 - Definición de tramos homogéneos
 - Intersecciones semaforizadas, movimientos que se permiten y que se realizan.
 - Sentidos de mayor carga
 - Clasificación vehicular y direccional del tránsito
 - Puntos de mayor concentración de la demanda de pasajeros y de mercancías, paraderos, estaciones, parqueaderos y terminales de transporte.
- e) Características del Sistema Vial y de Transporte existente y proyectado.
- f) Identificar, de acuerdo con el POT, Plan de Inversiones del IDU y demás sistemas de transporte, los componentes de los sistemas generales y, en particular, de los sistemas de transporte y espacio público que forman parte de la intersección y la red vial asociada. Entre otros:
- Sistema integrado de Transporte Público (SITP)
 - Sistema Metro Pesado.
 - Sistema de ciclorrutas.
 - Sistema de tren de cercanías
 - Sistema de estacionamientos públicos
 - Terminales de transporte

1.4.2.3. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para el proceso de toma de información, se deben utilizar formatos prediseñados, los cuales además de la información particular de cada estudio deben incluir como mínimo los siguientes datos: nombre del estudio, localización o dirección, esquema de localización respecto al norte geográfico, fecha, condiciones climáticas, hora inicial y final de diligenciamiento del formato, sentidos de flujo, nombre del aforador o encuestador, nombre del supervisor, número de la hoja que se esté empleando y el número total de hojas.

El Originador deberá presentar a la Secretaría Distrital de Movilidad para aprobación, la localización de las estaciones de aforo con los movimientos y la metodología de campo que

empleará, para la toma de información, procesamiento de datos y generación de resultados en desarrollo de los estudios de campo requeridos. Sin la aprobación de la metodología por parte de dicha entidad no se podrán iniciar las labores de campo correspondientes.

La metodología empleada para la toma de información, procesamiento y generación de resultados, estará acorde con la establecida en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá, de la SDM.

El Originador deberá acoger las modificaciones, cambios o ampliación a la metodología propuesta para la toma de información de campo, procesamiento de datos y obtención y análisis de resultados solicitados por la SDM.

Para garantizar la confiabilidad de la información, el Originador deberá capacitar a los aforadores y realizar pruebas piloto, las cuales serán exigidas por la SDM.

1.4.2.4. ESTUDIO DE TRÁNSITO A DESARROLLAR

a) Volúmenes vehiculares

Se realiza con el objeto de determinar el número de vehículos y su composición y el número de ciclistas y motociclistas, que usan el corredor en estudio, las vías alternas y las vías de la zona de influencia.

La toma de información debe cubrir como mínimo todas las intersecciones semaforizadas y a desnivel sobre el corredor. Deben aforarse en cada estación todos los movimientos que se realicen.

La toma de información debe cubrir todos y cada uno de los sitios que presentan conflicto y donde se detecten entradas y salidas de volúmenes vehiculares importantes.

En la definición de los puntos de aforo, se solicita tener en cuenta los puntos donde se realizan maniobras operativas especiales (de convergencia y divergencia desde y hacia el corredor: intercambiadores entre otros)

La toma de información debe cubrir los puntos requeridos fuera del corredor, sobre cada uno de los corredores de la malla vial arterial e intermedia del área de influencia donde se hayan detectado movimientos vehiculares importantes que puedan ser atraídos al proyecto o que puedan albergar el tránsito de vehículos de deberán ser trasladados a vías alternas.

El estudio debe contemplar los aforos vehiculares, de bicicletas y motocicletas en cada una de las estaciones de aforo, clasificados por movimiento y tipo de vehículo así: autos, colectivos, buses, camiones, bicicletas y motos. Se debe establecer la composición del transporte público según el nivel de servicio y la clasificación de los camiones de acuerdo al número de ejes.

El Originador deberá establecer con la SDM los sitios de toma de información sobre las vías alternas y dentro del área de influencia del proyecto.

La toma de información debe ser simultánea en la zona de estudio o sector y su área de influencia.

La toma de información se realizara dentro del periodo del año considerado como típico, para no tener efectos de estacionalidad. En el caso de tomar la información en periodos del año atípicos del comportamiento del tránsito, la información deberá ser ajustada por estacionalidad.

Como mínimo el Originador debe establecer dos (2) estaciones maestras (24 horas de aforo) representativas, con el objeto de establecer los factores de expansión.

En los otros puntos de aforo seleccionados, se debe tomar la información en periodos de 16 horas consecutivas, donde se incluyan los 3 picos: mañana, mediodía y tarde, durante dos días típicos y uno atípico consecutivos, ninguno de los cuales debe ser festivo. Los días típicos deben cumplir con las características exigidas desde el punto de vista técnico.

La información obtenida se deberá llevar a vehículos equivalentes, con el fin de trabajar en unidades similares (P.C.U.) a las utilizadas por el Grupo de Semaforización de la SDM, para lo cual se deberán utilizar como factores de conversión establecidos por la SDM para autos, buses, camiones, motos, bicicletas, BRT.

Con la información de campo de aforos vehiculares se debe configurar la base de datos según el modelo que será suministrado por la SDM.

La presentación impresa de los resultados de los aforos vehiculares, deberán ajustarse al diseñado por la SDM.

Se debe presentar como resultado del estudio de volúmenes vehiculares la siguiente información:

- Volúmenes para periodos de 15 minutos, para cada día y para cada acceso y salida en vehículos mixtos y equivalentes y clasificados por movimiento y tipo de vehículo.
- Volúmenes para periodos de 15 minutos, utilizados para el análisis (día pico), en vehículos mixtos y equivalentes y clasificados por movimiento y tipo de vehículo.
- Volúmenes horarios para cada acceso y para la intersección, clasificados por movimiento y tipo de vehículo y totalizados en vehículos mixtos y equivalentes.
- Distribución horaria en vehículos mixtos y equivalentes en los accesos y salidas de cada intersección y para la intersección.
- Volumen horario máximo por acceso y para la intersección Hora de máxima demanda y cálculo del Factor de Hora Pico por acceso y para la intersección.
- Volumen total para el periodo de conteo.
- Composición vehicular tanto para las horas pico como para los periodos de aforo.
- Factores de expansión.

- Tránsito Promedio Diario - TPD.
- Diagramas de volúmenes vehiculares en los accesos y en las salidas de la intersección.
- Histogramas de volúmenes horarios.
- Esquemas con los volúmenes direccionales en las horas pico.
- Esquemas con los volúmenes utilizados en el análisis horarios (hp) y diarios para el año base, y los años 5, 10, 15 y 20 años.

b) Estudio de volúmenes peatonales

Los objetivos de este estudio son:

- Identificación y cuantificación de los principales pasos peatonales a nivel y a desnivel.
- Identificar los sitios críticos de flujos peatonales y aglomeración al interior de la estructura urbana en un marco de 200m de distancia.
- Servir de base para la definición y el dimensionamiento de la infraestructura adecuada para la circulación peatonal.

La toma de información debe cubrir como mínimo todas las intersecciones semafóricas, pasos peatonales a desnivel y cruces peatonales a riesgo señalizados con sendero o regulados con paleteros ó donde se detecten cruces importantes sobre el corredor. Deben aforarse en cada estación todos los movimientos peatonales que se realicen.

Los volúmenes se deben aforar siguiendo los procedimientos incluidos en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte en Bogotá D.C., de la SDM.

La duración de los períodos de conteo será de 16 horas, donde estarán incluidos los periodos pico de la mañana, mediodía y tarde en intervalos de 15 minutos, durante un día típico y uno atípico.

Se debe presentar como resultado del estudio de volúmenes peatonales la siguiente información:

- Totalización de los conteos por sentido y por acceso para intervalos de 15 minutos
- Elaboración de tablas y esquemas resumen, tal como se hacen en los estudios de volúmenes vehiculares.
- Volúmenes para períodos de 15 minutos, para cada día y para cada acceso clasificados por movimiento.
- Volúmenes para períodos de 15 minutos, utilizados para el análisis (día pico), para cada día y para cada acceso clasificados por movimiento.
- Volúmenes horarios para cada acceso y para la intersección, clasificados por movimiento.
- Distribución horaria por acceso y por movimiento.
- Volumen horario máximo por acceso y para la intersección Hora de máxima demanda por acceso y para la intersección.

- Volumen total para el período de conteo.
- Diagramas de volúmenes peatonales en los accesos y en las salidas de la intersección.
- Histogramas de volúmenes horarios.
- Esquemas con los volúmenes direccionales en las horas pico.
- Esquemas con los volúmenes utilizados en el análisis horarios (hp) y diarios para el año base, y los años 5, 10, 15 y 20 años.
- Cálculo del Nivel de Servicio
- Propuesta de alternativas, análisis de alternativas, recomendaciones y conclusiones
- Definición de soluciones a los pasos peatonales, localización y tipo de solución (señalización, semaforización o paso a desnivel). Dichas soluciones deberán ser incluidas en los planos de señalización y diseño geométrico según corresponda y se recomendará si la construcción debe ser inmediata, a corto o mediano plazo.

c) Estudio de velocidades por el método de las placas

El objetivo de este estudio es determinar la velocidad media de operación, en los diferentes tramos homogéneos del corredor y sobre las vías alternas del mismo.

Para procesar la información de campo, es conveniente contar con la ayuda de un programa de computador que permita realizar las comparaciones de placas entre las diferentes estaciones.

El método consiste en registrar el número de las placas y la hora de paso de una muestra representativa de vehículos, en los dos sentidos de flujo, en los periodos de máxima demanda vehicular, con cortes de 15 minutos, en los puntos de control predefinidos.

La determinación de la muestra se debe realizar por métodos estadísticos, para garantizar que sea representativa de la población.

La toma de información requiere el empleo de una grabadora portátil por cada observador. De manera simultánea se deben realizar conteos vehiculares, para realizar el ajuste a la muestra de cruce que finalmente se logre obtener (expansión de la muestra).

Se debe tomar la información en periodos pico o de máxima demanda de tres horas, de la mañana y de la tarde, durante un día típico y uno atípico de una semana típica. Los periodos picos serán los identificados en el estudio de volúmenes vehiculares.

Finalmente se expandirá la muestra al 100% de los volúmenes aforados y se confrontará o cruzará la información de placas que pasan por los puntos predefinidos.

El Originador conjuntamente con la SDM determinará los sitios de aforo para la toma de información requerida.

Se debe presentar como resultado del estudio de velocidades la siguiente información:

- Cálculo del tiempo promedio de recorrido entre puntos de control, para cada sentido, para cada calzada y para el corredor.

- Histogramas por sentido, por calzada y por tramos o intersecciones que reflejaran los puntos críticos del corredor.

1.4.2.5. ESTUDIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Tiene como objetivo la realización de la toma de información para evaluar la situación actual y futura en cuanto a oferta y demanda de transporte y determinar la localización de los paraderos de transporte público en el corredor en los tramos donde se mantengan las rutas. El Originador deberá tener en cuenta las rutas de transporte público que circularán dentro del SITP y establecer cuales se mantienen, se eliminan, se trasladan y se crean, recomendando los posibles corredores alternos, a los cuales se reasignarán las mismas. Así mismo en el caso de no existir corredores alternos, se deberán recomendar de manera clara los tramos del corredor a compartir con TransMilenio. Dentro de esta evaluación deberá incluir la información de diseño operacional entregado por TRANSMILENIO S.A. en donde se detalla la localización de estaciones, tipología de las mismas y demás parámetros operacionales necesarios para la evaluación.

a) Volúmenes vehiculares de transporte público

El objetivo de este estudio es determinar el volumen de vehículos de transporte público que operan en el corredor, clasificados por tipo de vehículo y nivel de servicio.

El principal producto del estudio es la composición vehicular, el nivel de servicio ofrecido y el número total de vehículos en operación, los cuales deberá consultar en TRANSMILENIO S.A.

b) Inventario de rutas

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Recopilar la información básica existente de todas las rutas de transporte público colectivo.
- Obtener la caracterización básica del sistema de rutas diseñadas por el SITP en cada uno de los corredores con la definición del servicio, frecuencias en periodos pico y valle, origen, destino.
- Hacer el levantamiento de información básica de operación de las rutas identificando claramente los sitios de ingreso y salida del corredor, origen, destino y recorridos.
- Detectar servicios de transportes irregulares e ilegales.

Para la toma de información de campo se requiere un trabajo de planeación y coordinación con la SDM y TRANSMILENIO S.A. con el fin de a) determinar el número rutas de transporte público que prestan el servicio en el corredor en estudio, b) identificación de los itinerarios de las diferentes rutas sobre el corredor y el área de estudio.

Es necesario identificar los puntos donde se realizará el levantamiento de información (sitios donde se presente la mayor concentración de las rutas de transporte público), que

deben coincidir con los puntos de aforo definidos para el estudio de intervalos de paso y ocupación visual.

El inventario de Transporte Público debe indicar el número de la ruta, el tipo de vehículo y nivel de servicio.

Como resultados del estudio se debe presentar:

- Listado de Rutas por empresa.
- Tipo de vehículo y nivel de servicio por ruta.
- Longitudes de ruta y representación esquemática de las rutas sobre la zona de estudio.
- Diferencias entre rutas autorizadas y en operación
- Diferencias entre flota autorizada y en operación.
- Diferencias entre frecuencias de servicio autorizadas y realmente atendidas.

1.4.2.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para el desarrollo del proyecto se debe revisar la información contenida en los siguientes estudios y extraer los aspectos relevantes para el desarrollo del presente estudio:

- Plan de Ordenamiento Territorial.
- Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)
- Información de número de vehículos, rutas y frecuencias del SITP
- Demás estudios existentes en el Distrito relacionados con el tema.

1.4.2.7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA

Mediante el procesamiento de la información primaria y secundaria se procederá a caracterizar los flujos de tránsito actuales sobre el corredor y la malla vial conexas dentro del área de influencia del proyecto.

Para establecer la demanda actual expresada en tránsito promedio diario -TPD, se expandirá la información correspondiente a los períodos de aforo a las veinticuatro (24) horas, utilizando la información de aforos en las estaciones maestras.

1.4.2.8. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

Se realizarán mediante el proceso de modelación para el año base y los escenarios considerados a 5, 10, 15 y 20 años. Para los escenarios de 25 y 30 años, el Originador deberá proponer la metodología que utilizará para hacer estas proyecciones.

1.4.2.9. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL TRÁNSITO SOBRE LA RED VIAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA, PARA LA SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO

Evaluar las condiciones de operación para la situación proyectada y considerar:

- a) La evaluación para la situación del año base y escenarios a 5, 10, 15 y 20 años, atendiendo el desarrollo programático que se establezca para el proyecto.
- b) La evaluación del efecto de los proyectos considerados en el Plan de Ordenamiento Territorial y que incidan sobre la vialidad en el área de influencia.
- c) La evaluación del efecto de los proyectos de la malla vial intermedia, que mejoren la operación sobre el corredor.
- d) Proyectos incluidos en el Plan de Inversiones del Instituto de Desarrollo Urbano.

Para tal fin, será indispensable la modelación de cada uno de los escenarios considerados con base en las estimaciones y proyecciones del tránsito y las características de la infraestructura vial actual como la proyectada, de manera que de estos análisis se determinen los requerimientos y operabilidad de la infraestructura vial planteada. Se debe considerar la información de oferta y demanda de transporte, disponibles.

En el desarrollo de las actividades para lograr los objetivos buscados, se deberán considerar los siguientes aspectos:

1.4.2.10. MODELACIÓN

Para la asignación de tránsito en la red vial y la estimación del tránsito futuro, es necesario utilizar un modelo computacional de planeación del transporte. Para la ejecución de esta actividad se recomienda la aplicación de los modelos utilizados recientemente en la ciudad, los cuales han sido calibrados con la información disponible. Los volúmenes de tránsito vehicular obtenidos a partir de las asignaciones del modelo deben ser compaginados con las proyecciones consolidadas de tránsito desarrolladas a partir de los conteos actuales y de información secundaria en el sector.

Con respecto al componente de demanda de transporte, referido a las matrices origen-destino tanto de transporte privado como de transporte público, se recomienda utilizar información secundaria proveniente de los últimos estudios realizados en el Distrito, que estén enmarcados dentro de las políticas y planes formulados en el Plan de Ordenamiento Territorial vigente. Esta información debe ser revisada, especialmente en las zonas ubicadas en el área de influencia del proyecto y se deben realizar los ajustes a que haya lugar.

La información de oferta a utilizar en el proceso de modelación, debe considerar la infraestructura vial dada por la red vial actual y futura, de acuerdo con los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial ajustados al Plan de Inversiones del IDU. En los arcos que representan el proyecto y su área de influencia inmediata, es necesario detallar la configuración geométrica prevista. En el caso que dentro del estudio se produzcan cambios sustanciales en la configuración geométrica, se deben realizar los ajustes y ejecutar nuevamente las asignaciones.

Para la modelación de tránsito será necesaria una modelación urbanística que revise en perspectiva la conformación, cambio o consolidación de áreas de actividad, generadoras

de empleo, sectores residenciales y en general de las diversas actividades que origina vectores de transporte y generan aglomeraciones de diferente tipo, de actividades específicas o de cantidad de población flotante.

Las principales actividades a desarrollar son las siguientes:

Calibración. Debe contarse con un modelo calibrado que este más actualizado que corresponda a la situación actual, considerando la información de volúmenes vehiculares y de velocidades registradas en campo y la recolectada en el área de influencia directa e indirecta del proyecto. El Originador deberá tener en cuenta el efecto de las obras del tren ligero en ejecución al momento de la toma de información y realizar los ajustes correspondientes para las proyecciones a realizar. Se debe presentar como mínimo el valor del coeficiente de correlación R^2 , para volúmenes y velocidades.

Asignaciones a la red vial de los escenarios considerados. El modelo debe considerar en forma integral los componentes de demanda para transporte particular y transporte público.

Se deben determinar las demandas por arco y sentido para transporte privado en cada uno de los escenarios y alternativas analizadas.

La información secundaria utilizada en el proceso de modelación debe ser validada previamente por las entidades competentes. En caso de ser necesario, deberá ser complementada. Igualmente las Herramientas computacionales deben ser aceptadas previamente por estas entidades.

Estas asignaciones alimentan el análisis operacional a realizar con la aplicación de un modelo de redes de tránsito.

Como resultado del proceso de modelación se debe presentar en archivo magnético la siguiente información para el escenario base de calibración y los escenarios futuros de modelación:

- Red vial geo referenciada con descripción de los campos utilizados en la modelación.
- Precarga
- Tiempo de viaje a flujo libre
- Velocidad a flujo libre
- Parámetros de calibración
- Restricciones de giro
- Campos con volúmenes utilizados en la calibración
- Capacidad vial
- Archivos de red de modelación extensión *.net.
- Resultados de la modelación: Asignación de vehículos y velocidad final.
- Matrices base y futuras.

1.4.2.11. ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR Y LA RED VIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

La caracterización operacional del tránsito sobre la red vial afectada, con y sin proyecto, se deberá realizar mediante la utilización de modelos o herramientas de computación con capacidad de analizar redes viales bajo condiciones de congestión (modelos de micro simulación)

Para la interpretación de los resultados de la modelación se deberá hacer una presentación comparativa de los parámetros operacionales referidos para las horas pico de la mañana y de la tarde determinadas para el estudio, de las redes involucradas, para diferentes propuestas de diseño, para el conjunto de los vehículos en circulación, para la situación sin proyecto y para cada uno de los escenarios considerados. Entre los parámetros a considerar se encuentran:

- Tiempos de viaje (veh-h/h)
- Demoras totales (veh/-h/h y seg/veh)
- Demoras medias (seg/veh)
- Velocidad del sistema
- Costos de operación (\$/hora)
- Consumo de combustibles (galones/hora)
- Índices de saturación de intersecciones y accesos vehiculares.
- Eficiencia de coordinaciones de red
- Y otros que se estimen convenientes.

A partir de los resultados de la modelación de la red evaluada se deberán presentar los análisis operacionales de cada una de las intersecciones de la red estudiada, en función de las características particulares previstas para la intersección, como son: volúmenes y movimientos direccionales por acceso, diseño geométrico, tipo de regulación y su integración con los diferentes componentes del sistema de transporte. Con base en la información resultante se deberán proponer las adecuaciones necesarias para garantizar, como máximo, niveles de servicio C para la situación del año base y niveles de servicio D para el final del periodo de análisis.

Se deberán presentar, en forma gráfica y en cuadros comparativos, resultados de los análisis de capacidad vial y niveles de servicio de tramos homogéneos del corredor bajo estudio, en las zonas desprovistas de intersecciones a nivel, como sustento de la propuesta de diseño de las secciones viales correspondientes.

Para el diseño de las intersecciones, se deben tener en cuenta las zonas de reserva definidas por la Secretaria Distrital de Planeación.

Para las intersecciones a desnivel se debe realizar este análisis para cada uno de los elementos que lo conforman, tales como rampas, entrecruzamientos, cruces peatonales, etc., para esto se recomienda utilizar el Manual de Capacidad Americano (HCM 2000)

El análisis de estos resultados persigue dos objetivos básicos: el primero, identificar puntos críticos en la red vial analizada y proponer alternativas de solución eficientes, y el segundo, establecer la capacidad, los niveles de servicio y las ventajas y desventajas económicas de cada alternativa en términos de los siguientes indicadores: ahorros en tiempos de viaje, ahorros en consumo de combustible y ahorros en costos de operación que el diseño físico y operativo resultante ofrecerá a las demandas de tráfico previstas en el estudio para los diferentes escenarios y alternativas de evaluación. Cada indicador deberá cuantificarse en términos anuales tomando como base las condiciones de operación para periodos pico y periodos valle, detectados a lo largo del día.

Con base en los pronósticos de la demanda, se deben realizar los análisis de capacidad y niveles de servicio sobre cada una de las calzadas y elementos de la vía estudiada.

Basados en la cuantificación de los ahorros propuestos y los costos de construcción, se deben comparar la alternativa de solución propuesta en este estudio con la situación actual mejorada (soluciones de corto plazo y baja inversión), con el fin de evaluar y recomendar la solución que le convenga implementar a la ciudad.

El Originador debe establecer con base en parámetros como: B/C, VPN y TIR, cuál de las alternativas representa, en el horizonte considerado, la solución más conveniente. La evaluación debe hacerse para 5, 10 y 20 años, considerando tasas de descuento de 8%, 10% y 12%, con el fin de realizar un análisis de sensibilidad. Para efectos de valores RPC se deben utilizar las series aportadas por el Banco de la República, información secundaria de otros estudios a nivel regional o ajustar con base en los costos de construcción utilizados y el componente de mano de obra nacional, extranjera y equipo entre otros, la razón precio cuenta correspondiente a cada ítem considerado, dentro del costo de construcción.

El Originador debe proponer con base en la evaluación económica la alternativa a implementar en la fase de diseño de acuerdo a los siguientes escenarios:

La alternativa propuesta para la el diseño básico deberá garantizar como mínimo el nivel de servicio D para el final del periodo de análisis.

1.4.2.12. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL ESTUDIO

Para el desarrollo del estudio el Originador debe considerar, entre otros, los aspectos que se relacionan a continuación:

Las técnicas y procedimientos establecidos en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá de la SDM.

Se deben realizar mediciones de parámetros, adicionales a los volúmenes de tránsito y velocidades, como: longitudes de cola en intersecciones y grados de saturación, necesarios para calibrar los modelos que se utilicen. La magnitud y tipo de información

requerida para esta calibración, deberá hacer parte de la metodología puesta a consideración de la SDM.

Los modelos utilizados por el Originador, deben ser previamente aprobados por la Entidad competente y deben ser de conocida aplicación en el campo del tránsito y transporte.

Toda la información secundaria utilizada en el proceso de modelación, debe ser previamente validada y aceptada por las entidades competentes, y en caso de ser necesario deberá ser complementada.

La SDM se reserva el derecho de solicitar análisis complementarios, o modificaciones, del estudio de tránsito y transporte, en el evento que no satisfaga las condiciones establecidas en estos términos. Las entidades Distritales no aceptarán información que no sea validada con los parámetros técnicos y en concordancia con el marco legal vigente. El software utilizado para los trabajos de modelación y en general todos los programas que se utilicen durante el proyecto, deberán contar con la debida licencia legal. La SDM se reserva el derecho de solicitar copia de las mismas o confrontar la información con los distribuidores de los programas.

En el documento final, deben aparecer los nombres y firmas de los especialistas que realizaron los estudios.

El seguimiento de la normativa es solo una guía general y no exime al Originador de la responsabilidad legal que tiene sobre la calidad de los estudios y diseños, por lo que deberá profundizar, ampliar y cubrir todo aspecto técnico no contenido en ella que deba ser tenido en cuenta de acuerdo con el objeto del presente estudio.

Debe presentar el resumen de la información secundaria y las conclusiones y recomendaciones útiles para el estudio, consignados en estudios previos y en desarrollo, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Estudio de generación, modelación, simulación y evaluación de escenarios de desarrollo urbano del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) mediante la utilización de modelos integrales de usos del suelo y transporte. Modelisti C. A. Departamento Administrativo de Planeación Distrital. 2001.
- Malla Vial Intermedia para Bogotá. Camilo Santamaría Gamboa. Departamento Administrativo de Planeación Distrital. 2001.
- Plan Maestro de Transporte Urbano para Bogotá, Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA, 1996.
- Actualización de la demanda del Sistema Integrado de Transporte Masivo de la Sabana de Bogotá - SITM, Cal & Mayor - CPBI - ETSA, 1998 - 1999.
- Decreto #190 del año 2004, Plan de Ordenamiento Territorial.
- Parámetros de Diseño Operacional del Sistema TransMilenio para la Fase III
- Aforos en intersecciones sanforizadas, Secretaría de Tránsito y Transporte, 1997 a 2002.

De igual forma, debe tener en cuenta, para la realización del estudio entre otros los siguientes manuales, en concordancia con la normatividad vigente:

- Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá, de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, 1998.
- Manual de Señalización Vial (Dispositivos para el control del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia), del Ministerio de Transporte, Mayo de 2004.
- Legislación Vigente y demás estudios existentes relacionados con el tema.

El Originador deberá presentar las conclusiones y recomendaciones sobre el diseño físico y operacional del corredor y su área de influencia teniendo en cuenta los siguientes aspectos: accesibilidad, movilidad, conectividad y seguridad vehicular y peatonal.

Las recomendaciones y conclusiones deberán estar ampliamente desarrolladas dentro del documento final, de manera que se constituyan en una herramienta básica para la toma de decisiones relacionadas con el proyecto.

Como parte de la evaluación realizada por el Originador, se deberá analizar el comportamiento de la red vial en el área de influencia del proyecto, sujeta a condiciones particulares de operación, estimando la nueva distribución del Tránsito generado por las medidas de tránsito, transporte y cambios en la red vial, describiendo sus características en términos de tiempos de viaje y costos de operación.

El Originador deberá evaluar la validez de las alternativas propuestas y su funcionalidad en el tiempo.

Basados en el análisis de ahorros de operación de la alternativa propuesta, hacer las recomendaciones a que haya lugar.

Incluir dentro de las conclusiones del estudio, un cuadro resumen que contenga las siguientes columnas: intersección, situación actual, situación propuesta (año base), situación futura especificando obras requeridas y año de implementación. Si se proponen intersecciones sanforizadas especificar como se solucionan los giros izquierdos en cada cado. En las soluciones a desnivel especificar movimientos de solución de orejas y conectantes. Igualmente en las intersecciones que no se modifiquen, especificar como son solucionados todos los movimientos en la situación con proyecto.

1.4.2.13. Productos a entregar

Los productos que deberá entregar el Originador son los siguientes:

- Estudio Final de Tránsito y sus respectivos anexos.
- Un informe ejecutivo donde se presente de manera clara, específica y resumida los aspectos más relevantes del estudio realizado, con sus correspondientes conclusiones y recomendaciones.

El estudio de tránsito deberá considerar los siguientes aspectos:

La representación esquemática, en planos a escala conveniente, de todo aquello que ayude a interpretar fácilmente lo descrito en el informe, como son: Las asignaciones del tránsito sobre la red vial, ordenamiento vial, inventarios de infraestructura vial, de transporte y de señalización, puntos críticos y propuestas de soluciones.

Se deberán anexar en medio impreso los datos más relevantes de los procesos de modelación, con los datos de entrada y de salida, así como los archivos en medio magnéticos que contengan toda la información.

Presentar informes de avance quincenales a la SDM, con el fin de agilizar los procesos de revisión y aprobación correspondientes.

Para la entrega final del Estudio de Tránsito, se deben incluir en archivo magnético las bases de datos configuradas, según formatos suministrados por esta Secretaría, los esquemas: situación actual, situación propuesta, planes de circulación, el texto de documento, todos los anexos y los archivos que permitan reproducir los procesos de simulación adelantados en desarrollo del estudio.

1.4.3. GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

El ORIGINADOR 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 en sitio, 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 Originador 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 Originador debe recopilar los estudios existentes que permitan la caracterización de los suelos de la subrasante del corredor en un ancho mínimo de 20 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 Originador 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.

1.4.3.1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Todos los ensayos de laboratorio se consignarán en cuadros resúmenes, para cada una de las vías o tramos estudiados, ordenados en forma consecutiva de tal manera que permitan su clasificación de acuerdo con los métodos AASHTO y USCS.

1.4.3.2. 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.

1.4.3.3. 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.

1.4.3.4. 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.

1.4.3.5. 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.

1.4.3.6. DISEÑO PARA CONCESIÓN DE TALUDES Y OBRAS DE ESTABILIZACIÓN.

El ORIGINADOR 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.

1.4.3.7. 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.

1.4.3.8. 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.

1.4.3.9. 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 ORIGINADOR, 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.

1.4.4. ESTUDIOS DE HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN

El ORIGINADOR 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 subsuperficial, 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.

1.4.4.1. 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.

1.4.4.2. CONTENIDO MÍNIMO DEL ENTREGABLE

- Inventario de las cuencas y fuentes hidráulicas existentes a lo largo del corredor de occidente, 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 ponteaderos.
- Reconocimiento aéreo o terrestre que permita corroborar para cada corredor el patrón de drenaje, las condiciones reales de los ponteaderos 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 ponteaderos.

La información suministrada con relación al alcance, metodología y las actividades a realizar, debe interpretarse como una guía general al ORIGINADOR, 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 ponteadero.

- Aspectos relacionados con el estudio de drenaje en la vía férrea:
 - Caracterización hidroclimatológica 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 predimensionamiento 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 subsuperficial y demás elementos de drenaje superficial y subterráneo que se requieran.
 - ✓ Diseño para concesión de pontones, puentes y muros de contención. Estos incluyen el preestudio de fundaciones y, en el caso de pontones y puentes, el de una eventual socavación.

- Estudio Hidrológico:
 - 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.

1.4.5. TOPOGRAFÍA Y ALINEAMIENTO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

La experiencia en proyectos de trenes ligeros en entorno urbano orienta a pensar que es indispensable un levantamiento actualizado del corredor de fachada a fachada, que permita identificar los elementos que componen la sección transversal del todo el corredor. La ubicación en alzado de la plataforma está íntimamente ligada a detalles de la urbanización actual: entradas o salidas a predios, composición vehicular de los carriles de tráfico mixto, andenes, quebradas, urbanismo, separadores, trazado urbano y pendientes transversales, entre otros.

Para el desarrollo del estudio se propone al Originador en lo concerniente a la zona urbana de Bogotá, consultar y utilizar la topografía de los estudios que el IDU haya adelantado para proyectos previos, tales como los ejecutados para los corredores de la carrera 7ª, Av. Ciudad de Lima, obras de valorización sobre la Avenida NQS, y otros que considere relevantes en los puntos o zonas que requieran para desarrollar los estudios de ingeniería básica y conceptuales.

Para el área de Topografía y Alineamiento Geométrico del corredor de occidente, la Empresa Férrea Regional S.A.S. pone a disposición del ORIGINADOR el estudio contratado por el Departamento Nacional de Planeación – DNP – y que forma parte de su “Cuarto de Datos”: Estudio de levantamiento topográfico del corredor y diseño del alineamiento geométrico horizontal y vertical sobre el corredor férreo existente para una línea férrea doble de trocha estándar (1.435 mm.) entre: la estación de Facatativá y la Av. Ciudad de Cali en Bogotá.

El ORIGINADOR debe validar dichos estudios y desarrollar el levantamiento topográfico que incluya la planimetría y altimetría de la calzada existente de cada corredor, desde la avenida Ciudad de Cali hasta la Estación de la Sabana, en el cual debe quedar plasmada la información necesaria para realizar un inventario del corredor férreo, Adicionalmente realizará el diseño del alineamiento geométrico horizontal y vertical de las prolongaciones proyectadas para el sistema LRT propuesto.

El Originador realizará los estudios topográficos adicionales 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR 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 de la siguiente manera:

- Duplicación o desdoblamiento a vía doble, 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.
- Construcción de nuevo trazado de vía de una calzada o doble calzada (variante, o vía nueva): El trabajo de topografía, se desarrollará sobre una franja de mínimo 1000 metros.

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

En estos trabajos se deberá cumplir con las precisiones mínimas para los errores de cierre de poligonales y nivelación exigidos por el INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO – IDU.

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 Originador 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.

1.4.5.1. 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 ORIGINADOR 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.

1.4.5.2. DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA

El ORIGINADOR, utilizando la información topográfica procesada, deberá ejecutar el Diseño Geométrico de acuerdo con las normas y criterios establecidos en la Norma AREMA – Volumen 1, Capítulos 5 – Parte 3, Capítulo 6, Capítulo 14 (respecto a patios, estaciones y terminales), Normas UNE, CENELEC Y/O RENFE NRV1-2-1.0 cuando sean aplicables y lo dispuesto en las especificaciones de la UIC.

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.

El ORIGINADOR deberá analizar diferentes alternativas propuestas para la vía (no al trazado), con el objeto de lograr la mejor solución de la integración vial y férrea, partiendo de los criterios específicos definidos para cada corredor por parte de la Entidad Contratante, específicamente asociados a los siguientes condicionantes del trazado:

- Naturaleza del proyecto: transporte de pasajeros.
- Ubicación geográfica: estaciones terminales y localización aproximada del trazado

- Características geográficas y topográficas de la zona por atravesar
- Penetración o circunvalación de núcleos urbanos
- Ubicación de las estaciones y terminales
- Trocha del sistema
- Sistema de tracción: eléctrica
- Distribución del tráfico dentro del trazado
- Criterios sobre cruces con la vialidad
- Criterios sobre el confinamiento de la vía
- Requerimiento de líneas secundarias, desvíos y vías de servicio
- Velocidades de circulación
- Requerimientos de capacidad de las vías: vías dobles o múltiples

El ORIGINADOR deberá analizar diferentes alternativas para la vía, con el objeto de proponer la mejor solución. Los diseños deben estar amarrados al sistema de coordenadas como viene de la topografía, según el Marco Geocéntrico Nacional de referencia MAGNA-SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y desarrollados en software de última tecnología.

Como resultado de los estudios geológicos, geotécnicos y ambientales, sociales y prediales u otros sobre el corredor, y con el propósito de garantizar condiciones de estabilidad y sostenibilidad, podría suceder que durante el desarrollo de esta etapa, se efectúen modificaciones al diseño geométrico, cumpliendo con los requisitos previstos, de modo que el diseño geométrico final integre todos los impactos de los estudios del ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA y de sus consultores.

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.

1.4.5.3. 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.

1.4.5.4. 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
- 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.

1.4.5.5. 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR 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.

1.4.6. ESTUDIO AMBIENTAL, SOCIAL Y PREDIAL

1.4.6.1. ÁREA AMBIENTAL - ALCANCE GENERAL

Para el área ambiental, el consultor preparará información sobre los impactos de posibles intervenciones del proyecto por zonas así como sus formas de mitigación y costos.

También, revisará y evaluará la situación de licencias ambientales preexistentes, o de solicitud de licencias, así como pasivos e incumplimientos ambientales de dichas licencias preexistentes y requeridas. Describirá y propondrá las medidas de manejo, mitigación, prevención, compensación y seguimiento de los impactos ambientales durante las fases de construcción y operación del Proyecto y sus costos y programación.

El ORIGINADOR definirá los requerimientos para la eventual preparación de los Estudios de Impacto Ambiental por parte del concesionario del proyecto. Adicionalmente, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA preparará un Diagnóstico Ambiental de Alternativas de los tramos nuevos de la Iniciativa Privada (si existen) que así lo requieran. En tal sentido es necesario que los estudios técnicos elaborados se desarrollen siguiendo los lineamientos estipulados en los términos de referencia expedidos por la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales (ANLA) para DAA y EIA según sea el caso.

Para el área ambiental, el ORIGINADOR preparará información sobre los impactos de posibles intervenciones del proyecto por zonas así como sus formas de mitigación y costos. También, revisará y evaluará la situación de licencias ambientales preexistentes, o de solicitud de licencias, así como pasivos e incumplimientos ambientales de dichas licencias preexistentes y requeridas. Describirá y propondrá las medidas de manejo, mitigación, prevención, compensación y seguimiento de los impactos ambientales durante las fases de construcción y operación del Proyecto y sus costos y programación.

El Originador deberá recopilar las normas y documentos jurídicos o de acciones de la administración de la ciudad y la región (acuerdos, decretos, ordenanzas, resoluciones, etc.) en torno a los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios del área de influencia del corredor (Deberá tener en cuenta las modificaciones que se están proponiendo actualmente al POT del Distrito, 2013) – POT, Plan de Desarrollo vigente y demás normas ambientales que tengan relación con el proyecto del Metro Ligero.

La Empresa Férrea Regional S.A.S., pone a disposición del ORIGINADOR los estudios realizados a la fecha por el Departamento de Cundinamarca, especialmente el realizado por la Universidad Nacional de Colombia, el cual es un avance del estudio de impacto ambiental, los cuales tienen como fundamento el pronunciamiento realizado por el Ministerio de Ambiente señalando el requerimiento de licencia ambiental para el Proyecto del Metro Ligero Regional Urbano, antes Tren de Cercanías.

El ORIGINADOR complementará los estudios de impacto ambiental hasta el punto requerido por los organismos y entidades competentes para la expedición de la licencia ambiental. Adicionalmente, el ORIGINADOR preparará un Diagnóstico Ambiental de Alternativas de los tramos nuevos de la Iniciativa Privada (si existen) que así lo requieran. En tal sentido es necesario que los estudios técnicos elaborados se desarrollen siguiendo los lineamientos estipulados en los términos de referencia expedidos por la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales (ANLA) para DAA y EIA según sea el caso.

El ORIGINADOR debe revisar los aspectos ambientales, así como establecer la demanda de uso y aprovechamiento de recursos naturales, identificando las medidas para compensar, y mitigar, prevenir y corregir impactos ambientales por cada corredor e identificando aquellos que sean posibles obstáculos y formular las soluciones para el adecuado desarrollo de los Proyectos.

Definirá las actividades (obras de control y mitigación, compensación, corrección y monitoreo ambiental, entre otras), para prevenir afectaciones tales como, aumentos de

contaminación sónica en áreas residenciales, al igual que el impacto sobre la seguridad de la ciudadanía que habita o circula en inmediaciones de la vía férrea o que la utilizará. Dentro de estas actividades podrá definir la necesidad de ejecutar programas de educación ambiental, entre otras.

Revisará el estado y las necesidades de los permisos para uso y aprovechamiento de recursos naturales, levantamiento de veda y sustracciones forestales (privadas, regionales y nacionales) y licencias ambientales requeridas para el proyecto e incluirá dentro de la evaluación los aspectos ambientales que afecten el análisis de costos (incluyendo medidas de compensación) del proyecto y su ejecución.

Deberá identificar la presencia a lo largo del corredor de zonas de sensibilidad ambiental como son, parques naturales, áreas de reserva forestal, áreas protegidas, corredores biológicos, páramos, distritos de manejo integral (DMI), distritos de riego, senderos ecológicos, humedales, ciénagas, zonas de recarga hídrica, santuarios de flora y fauna, vías de parques naturales, distritos de conservación de suelos, entre otras, y realizar los estudios pertinentes según los requerimientos del PAGA (Programa de Adaptación de Guías Ambientales) y los establecidos en el Anexo 3

Producto: Deberá realizar los estudios para la obtención del PAGA, además de garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Anexo 3, presentando especial interés en la estimación del presupuesto (incluyendo costos por medidas de compensación) y programación para la implementación y el modelo financiero.

1.4.6.2. ÁREA AMBIENTAL - ALCANCE ESPECÍFICO

El ORIGINADOR revisará toda la información y estadísticas disponibles y llevará a cabo visitas de campo para realizar el siguiente análisis:

Diagnóstico Ambiental de Alternativas:

Con la información preparada para el análisis de los corredores el ORIGINADOR preparará un Diagnóstico Ambiental de Alternativas para ser sometido a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (de acuerdo a los términos de referencia expedidos por la misma). El documento incluirá recomendaciones sobre el plan de manejo ambiental que a su vez servirán como referencia al concesionario en la preparación de su plan de manejo. El Diagnóstico Ambiental de Alternativas será también preparado para los corredores férreos de la vía existente que por sus características (i.e. Cambios sustanciales del eje base del ferrocarril) requieran de aprobaciones adicionales por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales o requiera la construcción de variantes.

El Diagnóstico Ambiental de Alternativas será también preparado para los corredores férreos de la vía existente que por sus características (i.e. Cambios sustanciales del eje base del ferrocarril) requieran de aprobaciones adicionales por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales o requiera la construcción de variantes.

El ORIGINADOR deberá garantizar la aprobación por parte de la autoridad ambiental del D.A.A de la alternativa seleccionada. Así mismo el ORIGINADOR deberá garantizar que la información entregada en este anexo, sea de la más alta calidad, ya que una vez seleccionada la Alternativa antes de hacer la entrega a la Autoridad Ambiental para su respectiva aprobación, deberá hacer entrega en los tiempos establecidos (independiente de si se tiene o no la aprobación de la autoridad ambiental) y de manera paralela al trámite de presentación y aprobación del D.A.A que realizará ante la autoridad ambiental.

De acuerdo con lo anteriormente, la calidad en la presentación del D.A.A ante la autoridad ambiental competente será plena responsabilidad del ORIGINADOR, toda vez que estará por su cuenta y riesgo la escogencia de la alternativa ambientalmente más favorable que deberá ser aprobada por la autoridad ambiental. Así mismo, el ORIGINADOR deberá seguir tanto con los trámites establecidos para la obtención de la aprobación del D.A.A como con los estudios y diseños establecidos.

El ORIGINADOR tendrá la responsabilidad de realizar el trámite completo ante el Ente ambiental y llegará hasta la obtención de la aprobación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, pero teniendo en cuenta que lo anterior indica que una vez se tenga el informe de la alternativa seleccionada, de manera inmediata comenzará a realizar los estudios y diseños para concesión de la alternativa que el ORIGINADOR aprobó bajo su cuenta y riesgo, sin tener que esperar la aprobación del trámite por parte de la Autoridad Ambiental, ya que esta aprobación se realizará de manera paralela a las demás actividades que deberán realizarse como obligación del presente contrato.

Análisis del corredor férreo:

El ORIGINADOR realizará un análisis de los elementos claves asociados con estos corredores desde el punto de vista ambiental. Con esto se entiende que se deben identificar aspectos sociales a tener en cuenta en la toma de decisiones del corredor, como lo es la existencia de comunidades étnicas susceptibles de ser afectadas por el desarrollo del proyecto, el requerimiento de áreas con ocupaciones irregulares que ameritaran que en la licencia ambiental se determine el desarrollo de planes de reasentamiento poblacional y/o el desplazamiento de población con la implementación de Planes de compensaciones socioeconómicas.

Este análisis considerará la caracterización general de los corredores y su sectorización ambiental preliminar (áreas de exclusión, áreas de intervención con restricciones y áreas de intervención) así como una revisión del estado y factibilidad de obtención de licencias, permisos, autorizaciones y concesiones ambientales así como sus plazos estimados de obtención. Para ello, el ORIGINADOR deberá revisar las normas, y establecer una mesa de trabajo con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, para entender los requerimientos, limitaciones o condicionamientos que serían solicitados.

1.4.6.3. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SENSIBLES

El Originador debe revisar los POTs de los municipios del área de influencia del corredor y realizar la superposición de mapas del área de influencia del corredor de metro Ligero con la estructura ecológica principal y las áreas ambientalmente sensibles establecidas en los POTs, así como las áreas que las autoridades ambientales competentes hayan dispuesto como zonas de reserva o protección.

1.4.6.4. ELABORACIÓN DEL COMPONENTE AMBIENTAL QUE SE UTILIZARÁ EN LA MATRIZ MULTICRITERIO QUE PERMITA SELECCIONAR LA MEJOR ALTERNATIVA.

El originador debe elaborar los parámetros a evaluar en el componente, la matriz de impacto ambiental para selección de alternativas, justificar cada uno de los aspectos a evaluar de la matriz y establecer rangos y puntajes de calificación de acuerdo con los impactos ambientales. El Originador debe justificar el impacto ambiental genera el proyecto.

1.4.6.5. LINEAMIENTOS AMBIENTALES

El Originador debe definir los lineamientos ambientales para el proyecto, acordes con la estrategia de ordenamiento y la caracterización de las diferentes zonas de la ciudad y la región, con el fin de mitigar impactos y de contribuir al desarrollo de proyectos ambientales entorno al corredor.

Aunque el estudio de impacto ambiental será completo y de acuerdo a la normativa vigente, el hecho de que el ámbito de estudio sea eminentemente urbano, permite especificar unos impactos sobre otros. En particular, el equipo encargado del estudio ambiental se centrará en los siguientes impactos:

1.4.6.6. ATENUACIÓN DE RUIDOS Y VIBRACIONES

Cabe destacar estos aspectos porque suele ser, en proyectos tranviarios urbanos, los más sensibles en lo que a medio ambiente se refiere. En este proyecto, que atraviesa un entorno urbano, estos estudios tendrán una especial relevancia.

Se podrán prever diferentes sistemas de vías, en función de la amortiguación vibratoria que permiten. El sistema de vía tipo 1 no permite ninguna amortiguación, el sistema de vía tipo 2 permite una amortiguación de 10dBv y el sistema de vía tipo 3 de 20dBv.

Luego, a modo orientativo, los estudios conducen a menudo a la regla empírica siguiente para determinar el sistema de vía en función de la distancia d entre el eje del Metro Ligero y la fachada.

- Si $d > 12m$ = Sistema de vía tipo 1
- Si $7m < d < 12m$ = Sistema de vía tipo 2
- Si $d < 7m$ = Sistema de vía tipo 3

- Impactos acústicos y vibratorios de los trenes ligeros
- A1 – A2 Ruido de transmisión aérea al paso del Tren Ligero (Acústica clásica de los transportes ferroviarios)
- AC3 Ruidos singulares (Noción de molestia a los vecinos; o ruido no tomado en cuenta en A1)
- V1 Vibración respecto a edificaciones
- V2 Vibración respecto a las personas
- AV3 Zumbido respecto a las superficies

1.4.6.7. IMPACTOS SOBRE EL PATRIMONIO MONUMENTAL Y ARQUEOLOGÍA

El estudio del substrato arqueológico será un requisito previo para el trazado del futuro metro ligero. Para ello, un equipo específico realizará un análisis preliminar de carácter histórico, revisando las excavaciones convencionales y de urgencia que pudieran existir en el entorno del trazado. Se delimitará un área de afección y se recomendará, si ha lugar, la realización de actas previas en el eje del tren ligero.

1.4.6.8. OCUPACIÓN DE SUELO

Es uno de los impactos más relevantes. Como se ha indicado en el apartado dedicado a la urbanización, se realizará todo un análisis de la sección, de fachada a fachada, para establecer las nuevas bandas de uso por vehículos, transporte público y peatonal.

Asimismo, se establecerán espacios estanciales y se tratará de manera individualizada los tramos viarios en los que el metro ligero tenga una sección estricta que impida la libre circulación de personas o vehículos.

1.4.6.9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Los estudios desarrollados deberán cobijar las fases de diseño, construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, restauración final, abandono y/o terminación de ser necesarias. Los términos descritos a continuación cuentan como fuente los establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el sector de Infraestructura:

- 0 Resumen Ejecutivo
- 1 Generalidades
 - 1.1 Introducción
 - 1.2 Objetivos
 - 1.3 Antecedentes
 - 1.4 Marco normativo
 - 1.5 Alcances
 - 1.6 Metodología
- 2 Descripción del Proyecto
 - 2.1 Localización
 - 2.2 Características
- 3 Caracterización Área de Influencia del Proyecto

- 3.1 Área de Influencia Directa
- 3.2 Área de Influencia Indirecta
- 4 Condiciones territoriales y ambientales para el trazado de nueva infraestructura
 - 4.1 Medio abiótico
 - 4.1.1 Geología
 - 4.1.2 Geomorfología
 - 4.1.3 Suelos
 - 4.1.4 Materiales de construcción
 - 4.1.5 Escombros
 - 4.1.6 Residuos Sólidos
 - 4.1.7 Hidrología
 - 4.1.8 Calidad del agua
 - 4.1.9 Usos del agua
 - 4.1.10 Hidrogeología
 - 4.1.11 Aguas superficiales
 - 4.1.12 Aguas subterráneas
 - 4.1.13 Vertimientos
 - 4.1.14 Ocupación de cauces
 - 4.1.15 Geotecnia
 - 4.1.16 Atmósfera
 - 4.1.17 Emisiones móviles
 - 4.1.18 Emisiones Fijas
 - 4.1.19 Ruido
 - 4.1.20 Vibraciones
 - 4.1.21 Paisaje
 - 4.1.22 Espacio Público: Incluye el balance de zonas verdes y las alternativas de protección, generación o compensación.
 - 4.1.23 Ecourbanismo
 - 4.1.24 Diseños paisajísticos
 - 4.1.25 Nodos ambientales
 - 4.2 Medio biótico
 - 4.2.1 Estructura Ecológica Principal
 - 4.2.2 Sistema de Áreas Protegidas
 - 4.2.3 Otras áreas de interés ambiental
 - 4.2.4 Manejo de Arbolado Urbano. Censo de arbolado urbano en espacio público de uso público. Censo de arbolado urbano en espacio privado e institucional. Identificación de árboles patrimoniales.
 - 4.2.5 Manejo de Avifauna
- 5 Evaluación de Impactos Ambientales
- 6 Diagnóstico Ambiental de Alternativas
 - Evaluar las externalidades y la relación costo beneficio que presenten las diferentes alternativas del proyecto e identificar la opción que presente los mayores beneficios ambientales, sociales y económicos.
- 7 Zonificación de manejo ambiental
- 8 Plan de Manejo Ambiental
- 9 Programa de seguimiento y monitoreo

- 10 Plan de contingencia
- 11 Plan de restauración final

Complementando lo puntos antes indicados, a continuación relacionan los lineamientos y guías que han desarrollado la Secretaría Distrital de Ambiente y el Instituto de Desarrollo Urbano, los cuales deberán tenerse en cuenta en desarrollo del estudio de factibilidad:

- Lineamientos generales obras de infraestructura alianzas público privadas.
- Resolución 7142 de 2011, determinantes ambientales.
- Guía Construcción.

1.4.6.10. IDENTIFICACIÓN DE OTROS ELEMENTOS CLAVES A SER CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) Y DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECOMENDACIONES:

En caso de haber elementos adicionales a los mencionados arriba (Parques Naturales Nacionales, Reservas de la sociedad civil, humedales reservas forestales, DMI etc.) que deberían ser considerados en la elaboración de EIAs, el ORIGINADOR deberá identificarlos y explicar de qué forma deberían ser considerados en la preparación de EIAs, así como las entidades y/o autoridades ambientales implicadas en cada trámite.

Deben ser tenidos en cuenta los lineamientos mencionados en el análisis de la situación social para los Estudios Técnicos para Rehabilitación, Operación y Mantenimiento, tal como allí se menciona.

1.4.6.11. ESTIMACIÓN Y PROGRAMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN FUTURA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA):

El ORIGINADOR realizará una estimación y programación para la realización futura de un Plan de Manejo Ambiental que incluya como mínimo una descripción de las actividades, especificaciones, tiempos y costos (compensaciones, trámites ambientales por evaluación y seguimiento, gestión ambiental y servicios, entre otros), así como otros aspectos que considere relevantes.

1.4.6.12. ÁREAS SOCIAL Y PREDIAL

a) Alcance General:

Para ésta área en particular, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA, quien deberá contar con su equipo con personal experto en el área de manejo social, adquisición de predios y reasentamientos, preparará la información necesaria para la estructuración del Proyecto. Para ello, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA realizará un análisis de los aspectos sociales y prediales principales de los corredores y del Proyecto relacionado, incluyendo reasentamiento.

El alcance del estudio corresponde a realizar la evaluación de impacto social que determine la factibilidad del Tren Ligero, la cual debe tener en cuenta como mínimo: una

caracterización social preliminar del área de influencia directa e indirecta; la identificación y valoración de los impactos sociales (tanto negativos como positivos) que incluirá aspectos económicos, sociales, culturales, estimación preliminar de los predios requeridos por la compra de predios, entre otros; la selección del Proyecto socialmente más viable y la valoración del componente social dentro de la matriz multicriterio.

Esta evaluación se ejecuta bajo criterios preventivos, de optimización y racionalización en la búsqueda de la minimización y control de los impactos sociales; en este sentido.

La identificación del área de influencia directa y la valoración de los impactos se debe realizar para cada corredor respondiendo a su particularidad y considerando integralmente el contexto social.

Los aspectos que debe contemplar el originador social durante esta fase del estudio, son los siguientes:

b) Identificación del área de influencia social del corredor del Metro Ligeró

Caracterización del área de influencia indirecta: a través de la revisión de fuentes secundarias, elaborar una caracterización preliminar del área de influencia que contenga como mínimo: las características sociales, económicas y culturales de la población del área del proyecto, georeferenciación, identificación de localidades, unidades de planeamiento zonal, barrios, condiciones de legalidad y regularización de la zona, estratos, usos, equipamientos: comunitarios, sociales, comerciales, culturales; condiciones de seguridad, demografía, entre otros.

Caracterización del área de influencia directa: se refiere al espacio geográfico dentro del cual se estima que socialmente será afectable por cada corredor del Metro Ligeró, ésta se realizará atendiendo a criterios como: cambio en la movilidad, afectación a unidades sociales por compra de predios, afectación al patrimonio cultural, dinámicas sociales y/o económicas, durante la construcción y operación de los proyectos. Esta caracterización incluirá una identificación de los beneficios particulares de cada uno.

Caracterización de los predios de la zona: identificar de manera preliminar y con base en la información que la parte técnica presente, el número de predios comerciales, residenciales o de uso mixto que se encontrarían afectados por cada proyecto. Establecer tipologías por tramos, de acuerdo con el uso, describiendo someramente las características sobre actividades económicas, usos y potencialidades del suelo, tenencia, estratificación socio económica, entre otros; describiendo la población ocupante, las prácticas y grupos dominantes. En la zona del centro es necesario tener en cuenta que la carrera 7ª es un espacio de eventos de diferente naturaleza a lo largo del año que restringe el tránsito durante ciertos períodos de tiempo en las horas en la que ocurren eventos, marchas, desfiles, protestas, espectáculos y otros eventos que ocurren en cerca de 160 días del año y pueden generar restricciones en la operación del sistema.

Elaboración del componente social que se utilizará en la matriz multicriterio que permita seleccionar el corredor para Metro Ligeró.

Con base en la información anterior, el Originador debe diseñar y aplicar una matriz de evaluación de las ventajas y desventajas de la construcción del corredor de Metro Ligerero, identificando y evaluando las variables y su factibilidad social para la construcción.

c) Diagnóstico inicial del programa de reasentamientos requerido para el Proyecto

En particular para el tema de predios el Originador, a través de la información recolectada sobre las condiciones de legalidad y regularización de la zona, manzanas catastrales, densidad poblacional y sectorización de los proyectos por actividad; realizará una evaluación social del proyecto, identificando: un valor estimado del programa de reasentamiento, de acuerdo a las poblaciones identificadas (comercial, residencial u otro); las condiciones de legalidad de los predios que se plantean afectar, la viabilidad jurídica de la adquisición de predios y los impactos causados por el desplazamiento de unidades sociales que presten servicios a la población del sector.

d) Análisis de la situación social:

El análisis de la situación social se debe desarrollar con base en los siguientes lineamientos generales que son aplicables no solo para los Estudios Técnicos para Rehabilitación, Mejoramiento y Mantenimiento, sino también para Estudios Técnicos para Tramos Nuevos:

El ORIGINADOR deberá adelantar con Profesionales del área Social (Trabajadoras sociales, Psicólogo o sociólogo), las siguientes acciones:

Se deben evaluar las acciones de carácter social para lo cual se debe adelantar una caracterización de la zona de influencia impactada con base en la consulta de fuentes de información primaria y secundaria, identificando aspectos demográficos, económicos, de servicios públicos, vías de acceso y redes sociales e institucionales.

La información social debe ser analizada de manera cuantitativa y cualitativa, como resultado de este análisis deben establecerse los impactos sociales generados por el proyecto y las acciones de compensación y/o mitigación de los mismos; en tal sentido, se deben realizar como mínimo las siguientes acciones:

1. En caso de requerirse la adquisición de predios o franjas de terreno, se debe realizar en campo un inventario de viviendas y un censo poblacional (en el inventario de predios, incluir la estructuras familiares) en el área requerida para la ejecución de las obras, en el cual se identifique claramente las características socioeconómicas de la población sujeto y cuantificar de acuerdo con los lineamientos de las Resoluciones 545 y 077 de la Agencia Nacional de Infraestructura, dando un valor estimativo de la aplicación del plan de compensaciones, de la formulación y ejecución del plan social básico, y/o del reasentamiento poblacional en caso de presentarse unidades sociales ocupantes irregulares que puedan llegar a ser impactadas por la construcción de las obras.

2. Identificar y verificar la naturaleza jurídica y organizativa de las diferentes obras de equipamiento comunal que se verán afectadas, con el fin de cuantificar un valor estimado de los costos de las medidas de compensación que harán parte del plan de manejo ambiental (plan de gestión social); en la medida que los costos de la compensación y el manejo del equipamiento deben incluirse en las fichas del Plan de Gestión Social.
 - a. Se debe garantizar la participación real y efectiva de las comunidades ubicadas en el área de influencia directa y regional a través de: Articulación con los Entes Municipales ubicados en el área de influencia directa del corredor vial.
 - b. Revisar planes de Ordenamiento Territorial.
 - c. Identificar interlocutores válidos y los grupos poblacionales sujeto (organizaciones de base, líderes comunitarios, ONGs, veedurías ciudadanas, etc. que tengan presencia en la zona.
 - d. Identificación de comunidades étnicas (verificado en las bases de datos de cada municipio y solicitando los certificados de comunidades étnicas a la Dirección de Consultas Previas del Ministerio del Interior. El estudio debe determinar si de las actividades proyectadas en el corredor vial, se derivan impactos económicos, sociales o culturales sobre las comunidades indígenas o negras que requieran un Proceso de Consulta previa de conformidad con la Ley.
 - e. Acercamiento e información sobre el proyecto y sus implicaciones en el área de estudio, a las Autoridades Regionales y Locales, a los Ciudadanos y Comunidades Organizadas.

Las actividades anteriormente mencionadas se deberán formalizar mediante la entrega a la Empresa Férrea Regional S.A.S. de Documentos soporte de las actividades realizadas que sirvan de fuentes de verificación tales como:

- Oficios o cualquier otro medio de convocatoria que se utilice para la citación a reuniones.
- Agenda de cada una de las actividades que ejecute con la Administración municipal y las comunidades.
- Listados de Asistencia en formato para cada Municipio
- Actas o Memorias de las reuniones y talleres realizados (mínimo 20 representantes de la comunidad y un delegado de la Administración Municipal),
- Registros Fotográficos y Constancias del caso.

Revisará el estado y las necesidades de los permisos u otros y licencias sociales requerimientos de los Proyectos (como acciones de información, consultas y/o concertaciones) e incluirá dentro de la evaluación los aspectos sociales que afecten el análisis de costos de los Proyectos y su ejecución.

Deberá identificar la presencia a lo largo de los corredores de zonas de sensibilidad social como son: zonas urbanas, presencia de minorías étnicas, consejos comunitarios con títulos adjudicados colectivamente, entre otros y realizar los estudios pertinentes Producto: Deberá realizar las actividades de socialización previas de los Proyectos. Deberá realizar

los estudios para la obtención del PAGA (Programa de Adaptación de Guías Ambientales), además de garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Anexo 3, debe realizar un estimativo de los costos y requerimientos necesarios para la implementación de los instrumentos de gestión social a cargo de la Agencia como el Plan Social Básico y Plan de Compensaciones Socioeconómicas, presentando especial interés en la estimación del presupuesto y programación para la implementación y el modelo financiero

1.4.6.13. ANÁLISIS PREDIAL

La meta es utilizar el corredor o Derecho de Vía existente. Sin embargo, es necesario analizar el ancho de vía que se requerirá de acuerdo a los diseños para determinar la necesidad de adquirir terrenos, de igual manera verificar las situaciones de ocupación del corredor férreo, la necesidad de predios para intersecciones, y de áreas complementarias o de desarrollo conexo, en inmediaciones de las construcciones de edificios.

Deberá analizar mecanismos para generar recomendaciones que permitan al futuro concesionario realizar una debida gestión predial, agilizar la compra de predios y adelantar dicho procedimiento de manera eficiente, en caso de que se requiera.

Producto: Deberá identificar las necesidades prediales e inventario en cada corredor y deberá cumplir con los requerimientos establecidos en el Anexo 3, presentando especial interés en la estimación del presupuesto y programación para la implementación y el modelo financiero.

La Empresa Férrea Regional S.A.S. para el desarrollo de este capítulo, pone a disposición del Originador el “ESTUDIO PREDIAL DE LAS AFECTACIONES PREDIALES PREESTABLECIDAS Y DE LAS NUEVAS QUE SE ENCUENTRAN SOBRE EL CORREDOR FÉRREO DE OCCIDENTE, ENTRE LA AVENIDA NORTE-QUITO-SUR (NQS) – CRA. 30 EN BOGOTÁ Y EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, (ESTACIÓN DE LLEGADA DEL TREN)” realizado por la Universidad Nacional a través de convenio con la gobernación de Cundinamarca, cuyo objeto es el indicado y que tuvo el siguiente alcance:

“ALCANCE DEL OBJETO. La ejecución del objeto del presente convenio, comprende las siguientes actividades: 1º. Identificación de los predios ubicados en el área de influencia de la fase del proyecto, la caracterización y clasificación de los predios, ubicación, condiciones actuales de uso y de tenencia de los inmuebles, y los demás aspectos que resulten necesarios dentro de la identificación predial. 2º. Prediseño del alineamiento férreo en concordancia con las afectaciones preestablecidas sobre el corredor férreo de occidente entre la avenida norte-quito-sur (NQS) en Bogotá y el municipio de Facatativá. PARÁGRAFO PRIMERO. PRODUCTOS. Como consecuencia de las actividades realizadas, la Universidad deberá entregar al Departamento Secretaría de Transporte y Movilidad, lo siguiente: 1. FICHAS PREDIALES- Contenido. Identificación; contiene: Plano localización, Coordenadas planas (linderos), Número predial o Cédula catastral, Matrícula inmobiliaria, Dirección predio o nomenclatura. Aspectos Físicos, contiene: Área total predio, Edificaciones, Área ocupada (primeros pisos), Número de pisos, Área total construida,

Anexos (tipo de anexo, Área ocupada). Aspectos Jurídicos y Catastrales, contiene (Nombre propietario(s), Tipos de tenencia, Propiedad predio y construcciones, Arrendatario, Otras clasificaciones, Avalúo catastral, Área afectación franja corredor férreo, Clasificación por conflictos de tenencia y propiedad. Aspectos Socioeconómicos, contiene: Uso (destino económico) predios, Usos edificaciones, Usos anexos, Áreas construidas por tipo de edificación (según clasificación para avalúos), Áreas por tipo de anexos (según clasificación para avalúos), Estrato socioeconómico, Avalúo comercial. Observaciones; contiene (La información de detalle sobre áreas construidas, se refiere a los levantamientos suministrados por la Gobernación. Los aspectos jurídicos y catastrales se basarán en la información de registros 1 y 2 del IGAC y en las matrículas inmobiliarias de los predios que ameriten el análisis correspondiente. Los tipos de edificación y de anexos se basan en la clasificación utilizada para avalúos de inmuebles: comprenden la caracterización general de los inmuebles y anexos por su tipo de estructura, cubierta, cerramientos y servicios domiciliarios existentes. 2. MODELACIÓN URBANÍSTICA DEL CORREDOR FÉRREO DE OCCIDENTE.

El Originador deberá tomar como base para el desarrollo del análisis Predial del corredor de Occidente, el citado informe, partiendo de los estudios, investigaciones y resultados obtenidos en el.

A) Alcance Específico - Componente social

El componente social debe permitir que durante los estudios se estimen las necesidades reales y requerimientos sociales para los corredores.

El ORIGINADOR tendrá que cubrir los siguientes temas:

- Realizar un mapeo sectorizado de la población ubicada en el área de influencia de los corredores considerando sus principales características socioeconómicas.
- Para el análisis del componente social el ORIGINADOR deberá en primer lugar recopilar la información correspondiente en los Planes de Ordenamiento Territorial - POT o EOT según corresponda, con el fin de articular la información al desarrollo municipal y a las características socioeconómicas de los diferentes grupos poblacionales identificados en los POT, PBOT o EOT municipales.
- De igual manera, deberá solicitar al Ministerio del Interior la certificación de presencia de Comunidades Negras, Indígenas, Raizales o Palanqueras y al Incoder la certificación de territorios y resguardos legalmente constituidos y las zonas de baldíos.

En caso de requerirse la adquisición de predios o franjas de terreno, a partir del reconocimiento en campo establecer una priorización de áreas pobladas sensibles que puedan ameritar la formulación de programas de reasentamiento poblacional o de la implementación del plan de compensaciones socioeconómicas. En tal situación, se debe realizar con trabajo de campo y de información secundaria, para lograr tener una estimación aproximada sobre el inventario de viviendas y el censo poblacional en el área requerida, en el cual se estimen aproximadamente, las características socioeconómicas de

la población sujeto y estimar su cuantificación de acuerdo con los lineamientos de las Resoluciones 545 y 077 de la Agencia Nacional de Infraestructura, el valor estimativo de la aplicación del plan de compensaciones, de la formulación y ejecución del plan social básico, y/o del reasentamiento poblacional en caso de presentarse unidades sociales ocupantes irregulares que puedan llegar a ser impactadas por la construcción de las obras.

(Vale aclarar, que la estimación mencionada, busca aproximarse a encontrar situaciones reales, por lo cual, no es estrictamente obligatorio la aplicación de las Resoluciones 545 y 077, pero si se debe analizar a nivel de estimación su posible implementación, valorando costos, riesgos, tiempos, alcances y metodologías. Además, dicha estimación debe ser probabilísticamente corroborable, mediante un muestreo aleatorio, que deberá hacer el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA implementando las resoluciones y con especial interés, en las zonas de mayor sensibilidad o de riesgos socio prediales)

- Determinar la franja requerida total de afectación predial, con la respectiva ubicación de áreas por cada zona homogénea específica que se hablarán adelante y estimar de ser posible, sobre dicha franja, el inventario predial o identificación de cada área de cada predio dentro de la franja.
- Realizar un análisis de Línea de Base, mediante el cual se analice lo siguiente:
 - Demografía: población total, por edad y sexo.
 - Nivel de arraigo de las familias, su capacidad para asimilar cambios drásticos por efecto del proyecto (desplazamientos poblacionales u otros ordenamientos del territorio).
 - Dinámica en las relaciones de parentesco y vecindad con los demás habitantes de la zona. Base económica: identificar las actividades productivas principales y complementarias, economías de subsistencia, economías de mercado, tecnologías y productividad, niveles de ingreso, flujos e infraestructura de producción y comercialización, ocupación y empleo.
 - A nivel general, se debe realizar una análisis de las familias típicas, características o que sean homogéneas, y adicionalmente con especial interés, las que se identifiquen como familias sensibles socialmente, donde se debe analizar por grupos de familias:
 - ✓ Sitios de origen, movilidad y razones asociadas a ella
 - ✓ Permanencias en predios y en el área.
 - ✓ Estructuras familiares (tipo: nuclear, extensa, disfuncional, etc.), número de hijos y miembros.
 - ✓ Nivel de vulnerabilidad
 - ✓ Expectativas que las familias tiene frente al proyecto y al posible traslado.
 - ✓ Vinculación de los miembros a alguna de las organizaciones comunitarias a nivel veredal y cargo que ocupa en la actualidad.
- Para la identificación de impactos sociales en especial de los Proyectos que incluyen actividades de construcción, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA

PRIVADA debe iniciar el proceso de socialización con Entes municipales, líderes y organizaciones de base. La socialización permite retroalimentar el proceso de estructuración y validar con las comunidades la información y alcances de los Proyectos. Este trabajo se hará en coordinación de la ANI y el método establecido por la Gerencia Social y Ambiental de la VICEPRESIDENCIA DE PLANEACIÓN, RIESGOS Y ENTORNO

Lo anterior en la medida que a partir del conocimiento que se tenga de las reales condiciones sociales y económicas de la zona de influencia de los corredores, se pueden identificar mejor los impactos que se pueden generar con los Proyecto.

- Con base en la información de la Línea de Base y de la información secundaria (legislación ambiental, marco normativo de consultas previas y de intervención de patrimonio arqueológico, términos de referencia para la realización de estudios ambientales expedidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), y del análisis de las características sociales, económicas y culturales de las poblaciones y comunidades de la zona de influencia de los corredores, debe realizar caracterización y diagnóstico social en el cual se incluya.
 - Según el número estimado de Unidades Sociales del inventario de viviendas, estimar aproximadamente el costo del pago de compensaciones socioeconómicas de acuerdo con los factores sociales susceptibles a aplicar en la compra de los predios, teniendo en cuenta lo que resultaría de una aplicación de la Resolución 545 de 2008 expedida por la AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA.
 - La existencia de comunidades y territorios étnicos formalmente constituidos o territorios adjudicados colectivamente a minorías, certificados por Ministerio del Interior o Incodec. Y determinar estimativamente el tiempo y los costos del proceso consultivo con las comunidades, así como valorar aproximadamente los posibles impactos y una estimación de costos de implementación de medidas de mitigación requeridas para las minorías étnicas identificadas.
 - La existencia de Unidades Sociales Residentes y Productivas ocupantes irregulares de la zona de seguridad o de bienes de uso público de la Nación, que por estar fuera de todas las prerrogativas del derecho privado no pueden ser objeto de procesos de adquisición predial o expropiación judicial o administrativa, con el fin de determinar estimativamente el tiempo y los costos estimados de la formulación y posible ejecución de un Plan de Reasentamiento Poblacional Involuntario estimados, teniendo en cuenta como si se fueran a implementar los lineamientos de la Resolución 077 del 2012, el cual debería cumplir con las características de una medida de compensación que debería ser avalada por la Licencia Ambiental, de tal forma que la información para la estructuración sea la más ajustada posible a la realidad. Incluir la formulación de proyectos sociales productivos sostenibles, para el reasentamiento de conglomerados poblacionales con

actividades productivas que deban ser reasentados por la construcción de las obras.

- Establecer zonas arqueológicamente sensibles, identificar los bienes y servicios encontrados en los diferentes municipios de la Zona de Influencia del Proyecto, la dinámica organizativa regional: identificación de organizaciones sociales existentes, gremios y asociaciones.

Lo anterior en la medida que a partir del conocimiento que se tenga de las reales condiciones sociales y económicas de la zona de influencia de los corredores, se pueden identificar mejor los impactos que se pueden generar con el Proyecto.

Por lo tanto, se deben contemplar impactos tales como el desplazamiento poblacional para lo cual se debe estimar los posibles costos y tiempos de la implementación de programas de reasentamiento de población, considerando como si se fueran a implementar con la Resolución 077 de 2012 o de planes de compensaciones socioeconómicas con la Resolución 545 de 2008, afectación de comunidades étnicas, desarrollo de procesos de consulta previa, intervención de patrimonio histórico y cultural o zonas arqueológicamente sensibles, requerimiento de equipamiento comunitario entre otros.

Así mismo se debe estimar el costo de cada una de las acciones de manejo propuestas, así como el costo y programación de la implementación de los instrumentos de gestión social aplicables a los Proyectos de concesión como lo son: Plan Social Básico, Plan de Compensaciones Socioeconómicas y Plan de Gestión Social, entre otros aspectos.

En función de las características de los Proyectos, particularmente trazados preliminares de las obras de los corredores del ORIGINADOR, identificar los posibles impactos sociales que podrían ser generados, con especial atención en aquellos que podrían ir en detrimento de los grupos sociales y poblaciones identificadas.

El ORIGINADOR también deberá cumplir con las siguientes tareas:

- Identificar medidas para evitar y minimizar impactos (realineación de trazados, etc.).
- Analizar el cambio en la dinámica, productiva, comercial, social que podría ser generada en cada una de las regiones donde se encuentran los diferentes corredores, pues dependiendo de la variación serán los impactos indirectos que el Proyecto pueda causar. Desarrollar una matriz de riesgos y un plan de manejo de riesgos.
- Estimar un plan de mitigación de los impactos, estimación y evaluación de sus costos y posibles compensaciones. Especialmente para la estimación de costos del Plan de Compensaciones.
- El análisis deberá ser principalmente sectorizado, a menos que sean identificados grupos sociales con características muy particulares y/o de alto riesgo, para los cuales será necesario llegar a un nivel de mayor. El objetivo es identificar y dimensionar el nivel de riesgo de forma global y no hacer un análisis detallado de cada impacto.

- Identificar posibles riesgos sociales no relacionados con los Proyectos pero que podrían generar conflictos durante la implantación del mismo (por ejemplo, demandas no atendidas de comunidades por mejoras en servicios públicos, salud y/o educación, especulación de tierras).
- Identificar posibles grupos sociales objeto de reasentamiento y sus condiciones de organización interna.
- En particular, el ORIGINADOR deberá estimar las necesidades y posibilidades de reasentamiento de pobladores sin títulos de propiedad y vendedores informales en los corredores para liberar el derecho de vía actual y del derecho de vía que podría ser necesario por obras de expansión y variantes (obteniendo información del consultor de ingeniería sobre el posible trazado). Asimismo el ORIGINADOR debe analizar y estimar otras alternativas diferentes al reasentamiento de tal forma que permitan garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de las familias vulnerables.
- Preparar un marco general de reasentamiento, que incluya los principios y lineamientos para la preparación de un plan de reasentamiento detallado. Este marco ofrecerá directrices al concesionario para preparar el plan detallado una vez que inicie la concesión.
- Identificar comunidades de desplazados cuya situación no haya sido resuelta y presentar opciones para su gestión.
- Identificar problemas observados en concesiones pasadas en los temas anteriores y que deberían ser consideradas por el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA en la preparación de recomendaciones.
- Sugerir lugares donde sería conveniente organizar talleres informativos sobre el Proyecto a lo largo del corredor y el momento en que podrían ser realizados.

En caso que adicionalmente se realicen audiencias públicas, en especial durante el período de licitación, participación en estas audiencias, inclusive con posibilidad de su conducción.

Por otra parte, se debe garantizar el cumplimiento de los objetivos y programas establecidos en el "Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, "Prosperidad para todos," se deben aplicar los criterios para la aplicación de factores sociales establecidos en la Resolución 545 de 05 de diciembre de 2008, a demás que mediante la misma resolución también se definen los instrumentos de gestión social (Plan Social Básico y Plan de Compensaciones Socioeconómicas aplicables a unidades sociales objeto de procesos de adquisición predial de proyectos de infraestructura desarrollados por la Agencia. Igualmente deberá tener en cuenta los Planes de Desarrollo Departamental, del Distrito de Bogotá y de los municipios del área de influencia del corredor.

B) Estudio y planteamiento de espacio público y paisajismo

El Originador deberá realizar un planteamiento general de espacio público con el fin de poder determinar su incidencia en la afectación predial y estimar un valor de este componente en el presupuesto preliminar de las obras. Los diseños de detalle se realizarán en una fase posterior.

Adicional a lo anterior el Originador deberá realizar un estudio urbanístico donde identifique los proyectos existentes y proyectos potenciales a desarrollar (públicos y/o privados) a lo largo del corredor, enlazándolos con el urbanismo y espacio público del mismo, teniendo en cuenta la ubicación de las estaciones. Este estudio debe incluir un análisis preliminar de alturas y usos del suelo, vías con potencial peatonal, identificación de zonas verdes, espacios públicos adicionales y potenciales proyectos. Como resultado de este estudio se deben recomendar proyectos que generen nuevos espacios públicos y/o proyectos inmobiliarios, ya sea mediante renovación urbana o lotes en desarrollo.

El diseño debe estar acorde a los decretos 1003 del 2000 y 170 de 1999 (Cartilla de Andenes y Mobiliario). El prediseño de espacio público de cada alternativa, debe ser presentado al Taller del Espacio Público de la Secretaria Distrital de Planeación para su aprobación.

La recuperación y valoración de los espacios públicos mediante:

- Análisis de la situación actual de los espacios públicos, su papel local y urbano.
- Diseños para completar los sistemas de espacios públicos y su papel urbano.
- Diseños del espacio público y de zonas, con la idea de orden, confort y calidad de vida.
- Tratamiento coherente de todos los elementos urbanos.
- Aporte del espacio público existente a las estaciones de TRANSMILENIO
- El potencial de las estaciones del metro ligero para generar nuevos proyectos inmobiliarios y urbanísticos
- Estudios urbanísticos preliminares
- Análisis de impactos urbanísticos de las intersecciones a desnivel con las vías arterias que se requieran.
- Estudios y diseños realizados por el Distrito en el corredor.

El estudio de urbanismo y paisajismo pretende garantizar una interacción funcional entre la vía y el área de influencia a nivel urbano, para lo cual el originador deberá desarrollar los siguientes alcances:

- Establecer las características de la interacción, en la dimensión espacial, entre la vía y las áreas de influencia del proyecto en las cuales se presentan asentamientos humanos, edificaciones, e instalaciones con diferentes usos y en diferentes grados de densidad.
- Establecer el potencial de interacción funcional entre la infraestructura RML objeto de diseño y los usos identificados, en cuanto a flujos de tránsito vehicular, peatonal, en bicicleta, particularmente en zonas con alta densidad de población o actividades socioeconómicas.
- Identificar los posibles puntos de conflicto entre la infraestructura de la RML objeto de diseño y los usos identificados para cada uno de los flujos de tránsito.

- Generar y evaluar las alternativas de diseño para lograr una interacción altamente funcional entre la RML y la zona de influencia, en particular en los puntos o zonas críticos por su alto nivel de conflicto.
- El prediseño paisajístico de cada alternativa deberá contemplar:
- Unificar la vegetación con un criterio paisajístico apropiado para el proyecto dentro de los límites del contrato.
- Evaluar la situación general de la arborización, zonas verdes y separadores.
- Estudio previo del espacio urbano y del paisajismo, carácter e imagen de los proyectos dentro de los límites del contrato.
- Predefinición de los sistemas urbanos de drenajes sostenibles.
- Estudio previo de la distribución, morfología y mejoramiento de zonas verdes, parques, plazoletas y separadores, silueta urbana, colores, texturas, sismología y arte urbano, etc.
- Establecer criterios para el diseño paisajístico, con base en las características de las unidades de paisaje local, zonal determinadas en el Estudio Ambiental.
- Generar y evaluar las alternativas de criterios de diseño paisajístico para los diferentes componentes de la RML y en las diferentes unidades paisajísticas, incluyendo puentes y otras estructuras, taludes, áreas del derecho de vía, antejardines etc., definiendo los criterios paisajísticos por aplicar.
- Definir y delimitar el conjunto de sitios en los cuales se requiere la elaboración de diseño paisajístico específico.
- Desarrollar los diseños y especificaciones paisajísticos, incluyendo tanto los diseños tipo para los diferentes componentes de la infraestructura como los diseños específicos para los sitios que por su complejidad lo requieran.
- Incorporar las soluciones así desarrolladas en el diseño geométrico de la RML y en general en todos los aspectos pertinentes correspondientes a esta fase.

Para garantizar la idoneidad e identidad del corredor, es necesario establecer un programa general que determine preliminarmente elementos de recuperación del espacio público con un manejo de los procesos constructivos de forma organizada y unificada.

El mobiliario urbano comprende: teléfonos públicos, buzones, mogadores, bolardos, paraderos, semáforos, luminarias, bancas, protector de árbol, reloj, fuentes y surtidores de agua, muebles- kioscos de ventas, baño público, caneca, hidrante, baranda, rampas de minusválidos, barreras de control peatonal entre otros y su localización se estudiará teniendo en cuenta las características de cada elemento.

El planteamiento general de intervención en el Espacio Público, deberá ser presentado al Taller del espacio público de la Secretaría Distrital de Planeación, para su evaluación aprobación.

El Originador deberá proponer el tratamiento que requiere estudiarse a detalle en la siguiente etapa, para las siguientes obras:

- Adecuación de andenes, separadores y zonas verdes (gradas, plazoletas, rampas), y demás elementos ambientales y urbanos necesarios para el correcto funcionamiento de los proyectos dentro de los límites del contrato.
- Demolición y reconstrucción de andenes, sardineles, pavimentos, estructuras y redes de servicio que se afecten por la construcción de las obras.
- La propuesta cubrirá el perfil urbano del corredor de fachada a fachada, en caso de que existan parques o plazoletas anexos al corredor, estos elementos deberán considerarse.

El Originador deberá entregar junto con los prediseños de la propuesta de tratamiento de espacio público (documento técnico), establecer ítems que van a incorporarse en la matriz multicriterio, calificar los elementos antes mencionados, y elaborar el correspondiente presupuesto.

Todo lo anterior teniendo en cuenta lo establecido en el decreto 323/92 reglamentario del Acuerdo 6/90, el Plan de Ordenamiento Territorial (decretos 619/2000 y 469 de 2003) y lo contemplado en la Cartilla del Espacio Público.

El originador deberá presentar todos y cada uno de los aspectos enumerados a continuación:

Todo lo mencionado anteriormente, deberá quedar plasmado en los informes y planos de construcción, estos últimos deben incluir planos de detalles con secciones transversales típicas, de tal forma que quede claramente definido el tratamiento a utilizar con el fin de armonizar el nivel de la rasante, con el de los andenes, y el de las viviendas aledañas, tanto en forma longitudinal y transversal.

Se debe analizar urbanísticamente cuales son los potenciales que la ciudad construida le ofrece a la implantación de un sistema como son las estaciones del Metro Ligero. Estos potenciales son los parques, las plazas y los sobreechamientos existentes. Estos espacios deben aprovecharse urbanísticamente para que los accesos de las estaciones sean generosos y el sistema funcione mejor.

Las estaciones tienen el potencial de promover proyectos de desarrollo y de renovación urbana. En las estaciones es posible adquirir área adicional tanto para generar nuevos espacios públicos como nuevos proyectos inmobiliarios. Los proyectos inmobiliarios podrán ser mediante renovación-revitalización urbana ó en lotes de desarrollo. La teoría es que frente a la estación se desarrollen proyectos de comercio, oficinas y equipamientos, y que a una distancia de dos cuadras de la estación se generen proyectos de vivienda.

Se debe hacer un estudio preliminar de usos y alturas alrededor de las estaciones. De vías con potencial peatonal y de identificación de zonas verdes lineales (canales) y de parques en general.

Con estos elementos se podrán identificar cuáles son los potenciales que la ciudad tiene para que el Metro Ligero, contribuya con su desarrollo.

Los estudios urbanísticos preliminares deben recomendar a TRANSMILENIO en qué puntos se debe comprar más terreno del necesario. Esto con una visión de la futura valorización de los terrenos.

Analizar la implantación del sistema y su relación con los elementos urbanos existentes, el sistema vial y el sistema de espacio público, considerando entre otros, usos predominantes, centralidades urbanas, los equipamientos urbanos, sitios de interés cultural, malla vial principal, malla vial secundaria, acceso a barrios, alamedas, ciclorutas, plazas, plazoletas, parques y los elementos de la estructura ecológica principal.

Identificar los sitios de oportunidad para nuevos proyectos de usos urbanos como prestación de servicios, comercio, vivienda, equipamientos y demás, que puedan contribuir a la consolidación urbanística del entorno urbano donde se implante el sistema de transporte masivo.

La localización de una estación debe ser producto de los análisis de la operación del transporte, de los costos, y de los impactos urbanísticos tanto positivos como negativos. Se debe establecer unos indicadores de calificación para determinar entre varias alternativas cual es la localización ideal de una estación. De esta forma las estaciones podrán convertirse en motores de desarrollo de un sector, impactos como:

- Los posibles impactos sobre el aparcamiento, que puede ser importante de cara al comercio
- La disponibilidad de espacios para subestaciones de tracción
- Las posibilidades de conexión entre líneas futuras de transporte y conexiones intermodales
- Las posibilidades de puesta en servicio por etapas respecto a ese trazado
- La ubicación de los talleres y cocheras y su amplitud.
- La seguridad vial
- Los modos de explotación y su flexibilidad

C) Análisis predial

El alcance en esta área incluye:

- Se deben identificar los impactos prediales mayores, teniendo en cuenta por ejemplo si se trata de zona rural, urbana o suburbana, los centros o grupos poblaciones existentes, el nivel del desarrollo agropecuario y comercial. Esta identificación de impactos mayores, ofrece una primera visión de lo que será el impacto y el desarrollo de la gestión predial y la viabilidad y conveniencia socio predial del proyecto, dando los elementos para marcar la ruta a seguir en el desarrollo de los estudios prediales posteriores.

- Determinar la franja requerida total de afectación predial, con la respectiva ubicación de áreas por cada zona homogénea específica y estimar de ser posible, sobre dicha franja, el inventario predial o identificación de cada área de cada predio dentro de la franja.
- Zonificar los corredores de acuerdo con las características anteriores y las prioridades de adquisición de predios según el alcance, tiempos y desarrollo de las obras previstas.
- Para la realización de las zonas homogéneas específicas, es importante partir de los estudios de zonas homogéneas existentes, pero profundizar en criterios para minimizar esas zonas homogéneas y hacerlas comparables con la realidad de la adquisición predial, de tal manera que se involucren variables entre otras como de pendiente y tipo de terreno, uso del suelo, densidad de mejoras y construcciones, complejidades sociales o prediales, críticas o de riesgo, posibles valorizaciones o desarrollos futuros, etc.
- Diseñar e iniciar la implementación de la estrategia de socialización predial, la cual cubrirá toda la vida de los Proyectos, ya que se deben prever requerimientos prediales adicionales por obras adicionales, emergencias e inestabilidades.
- Realizar una identificación de los predios requeridos para el desarrollo del proyecto, (trazado predial en ortofotografías) con base en la información del IGAC.
- Estimar un diagnóstico preliminar partiendo de información secundaria y primaria - visitas de campo, el cual tendrá atención en: los procesos de ordenamiento territorial de los municipios para asegurar compatibilidad del trazado con la reglamentación de usos del suelo, la situación y relación de catastro- registro, los estudios existentes de zonas homogéneas del IGAC, los inconvenientes principales respecto a la titularidad y el saneamiento legal de los predios requeridos, el uso y funcionalidad de los predios, los accesos existentes y futuros, las compensaciones sociales y la proyección de costos del proceso predial, teniendo en cuenta la valoración de los terrenos, la infraestructura, mejoras y cultivos existentes dentro de los predios. Este diagnóstico preliminar permitirá determinar de manera específica y oportuna el alcance de los estudios prediales, en concordancia con los diseños conceptuales, los cuales han considerado además de los aspectos técnicos, la realidad socio predial de los corredores.
- Proporcionar directrices y recomendaciones para la adquisición de predios y mejoras, considerando zonas donde la adquisición de predios podría ser especialmente compleja y/o demorada con relación al cronograma de obra.
- Para las zonas homogéneas específicas, realizar estudios prediales avanzados frente las zonas identificadas como requeridas según el diseño al nivel realizado y demás criterios y consideraciones prediales a tener en cuenta. Adicionalmente a la estimación antes mencionada, deberá realizar mediante un muestreo aleatorio por

zona, realizando los estudios avanzados y detallados de algunos de los predios en cada zona, y con especial interés, en las zonas de mayor sensibilidad o de riesgos socio prediales

Para estos estudios por zonas homogéneas específicas y por predios del muestreo probabilístico, es necesario ya tener los diseños conceptuales propuestos por la Nación o la entidad. Estos estudios deben suministrar información estimada sobre las zonas homogéneas específicas, el número de predios, el estado legal de los mismos, las necesidades de saneamiento, el estado de la relación catastro-registro, los sectores de mayor complejidad predial, las áreas remanentes, los estudios y criterios para definir zonas homogéneas realizados, los tiempos requeridos para la adquisición, los riesgos, las estrategias y la proyección de costos de los predios, incluyendo infraestructura, mejoras, cultivos y el plan de compensaciones socioeconómicas. Básicamente se desarrollarán los siguientes aspectos a nivel general por zonas y a nivel específico en los predios de la muestra representativa para la corroboración probabilística:

- Recopilación de todos los documentos relativos a cada predio: registro 1 y 2, folios de matrícula inmobiliaria, escrituras públicas, certificados de cabida y linderos, ficha predial IGAC, estudios de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas existentes, planes de ordenamiento territorial, entre otros.
- Identificación y sistematización de la información catastral de los predios, incluyendo, entre otros:
 - Departamento, municipio, número de predio, tipo de registro, total de registros.
 - Folio de matrícula inmobiliaria y número de identificación catastral o Nombre del propietario, dirección. Área del terreno, área construida, características, uso. Otros criterios relevantes como el análisis de la relación catastro-registro y la eventual discrepancia de la información de las áreas.
- Identificación de los usos del suelo de la franja de vía estudiada conforme a los planes de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT).
- En caso de adquisición parcial de predios, estimar la funcionalidad de las áreas sobrantes no requeridas para evaluar la pertinencia de su compra. Tanto el tema de la funcionalidad, el uso, como las área sobrantes, los accesos a predios y las veredas, las condiciones sociales, las situaciones legales y las necesidades de saneamiento de los predios, deben estar directamente relacionados con la definición de los diseños y por ende determinarán el área requerida y a adquirir.

El consultor deberá obtener los certificados de libertad y otros documentos que sea posible obtener para determinar la titularidad de los predios, pero además, identificar situaciones de sucesiones, embargos, hipotecas, extinciones de dominio, o cualquier limitación del dominio que impida la enajenación voluntaria del predio y obligue al desarrollo del proceso de expropiación judicial o administrativa. Lo

anterior permite establecer desde un principio una estrategia legal de saneamiento, revisar quién figura como último propietario del predio y evaluar si existe alguna condición que obligue al predio a ser expropiado (por ejemplo, hipotecas o embargos).

- La información de los documentos anteriores será complementada con la información socioeconómica que se produzca por el área social, especialmente en lo relativo a las compensaciones a reconocer a los propietarios, mejoratarios y poseedores, según la Resolución 545 de 2008.
- Realizar una estimación de valoración de predios de manera sectorizada y siguiendo la normatividad vigente establecida para tal efecto considerando como referencia: (i) la caracterización física y social de los predios, efectuada con anterioridad (ii) los estudios de zonas homogéneas específicas (iii) información de mercado (iv) valores de adquisición de predios con características similares en otros proyectos. Adicionalmente se deberán realizar dentro de cada zona homogénea específica, un muestreo probabilístico de predios para realizar el avalúo de cada uno de ellos, siguiendo lo mencionado anteriormente para la selección de la muestra.
- Tomar en cuenta otros costos relacionados con la adquisición del predio (impuestos, costos notariales, etc.).
- Valorar las construcciones y mejoras de pobladores sin títulos de propiedad y vendedores informales ubicados en el derecho de vía.
- Ofrecer recomendaciones sobre la forma en que la gestión del riesgo predial podría ser manejada dentro de la concesión.
- Identificar problemas observados en concesiones anteriores relacionados con predios en concesiones anteriores que pudieran ofrecer enseñanzas para el proyecto. En particular, el ORIGINADOR determinará la figura legal de negociación predial y/o expropiación a operar (expropiación administrativa, judicial, u otra figura).

Como parte de los Estudios Prediales se entregará, entre otros, lo siguiente: (i) una base de datos con la información relativa a los predios requeridos con su información técnica, legal y social, y a las zonas homogéneas específicas (ii) un diagnóstico técnico, social y legal de los predios, (iii) las acciones a implementar para subsanar las limitaciones prediales, especialmente en lo legal (iv) las estrategias para desarrollar la gestión predial, (v) Una base de datos con la estimación y proyección de los costos de la adquisición de los predios, incluyendo infraestructura, mejoras, cultivos y compensaciones socioeconómicas.

ELEMENTOS DEL DIAGNOSTICO PREDIAL	DESCRIPCIÓN	ACCIONES A IMPLEMENTAR
Predios con información	Corresponde a los predios que	Verificar que la información

ELEMENTOS DEL DIAGNOSTICO PREDIAL	DESCRIPCIÓN	ACCIONES A IMPLEMENTAR
de Títulos en catastro.	contiene datos de matrícula inmobiliaria en la base de datos catastral	en catastro sea verídica, lo que permitirá iniciar el proceso de negociación voluntaria de manera inmediata.
Predios sin información de títulos en catastro.	Corresponde a los predios que NO contienen datos de matrícula inmobiliaria en la base de datos catastral.	Realizar convenio con el IGAC, a fin de obtener y o actualizar la información faltante.
Predios aparentemente baldíos.	Predios que según la base de datos catastral no tienen propietario. Y que a la fecha en las oficinas de la secretaría de hacienda municipal no han reportado pago de impuesto predial.	Realizar convenio con el INCODER, a fin de obtener la titularidad de esos predios a favor de la Agencia nacional de Infraestructura
Mejoras o invasiones sobre derechos de vía.	Ocupaciones indebidas del espacio público.	Adelantar ante la administración municipal correspondiente la solicitud de restitución de bienes de uso público
Predios con mejoras que ameritan saneamiento previo	Predios que según la base de datos catastral son mejoras, en terrenos ajenos.	Adelantar y asesor a poseedores en Procesos de saneamiento de inmuebles, a través de procesos de pertenecía.

1.4.7. PUENTES, PONTONES Y VIADUCTOS

El ORIGINADOR deberá realizar una inspección y diagnóstico del estado actual de todos los viaductos, puentes y pontones existentes en el corredor, para identificar la capacidad técnica y operativa y los problemas funcionales y estructurales. Se aclara que los puentes del ferrocarril del Atlántico fueron diseñados para trenes Cooper E-50¹. Para los demás corredores de las redes férreas existentes, el ORIGINADOR deberá realizar los respectivos análisis para determinar su capacidad portante.

Para los puentes del corredor, superiores a 20 metros de longitud, se deberá realizar un análisis de capacidad estructural sísmica, hidráulica, hidrológica y de socavación, análisis de apoyos estructurales demás elementos que generen riesgos a la operación.

¹ Complementación de los estudios de estructuración técnica, legal y financiera de los trayectos de concesión férrea ubicados al sur de Chiriguana. Consorcio CONCOL AA&A (mayo 2008)

Deberá proponer las actividades de rehabilitación, mantenimiento, cambios o construcción para garantizar la correcta operación de lo identificado en el inventario.

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 ORIGINADOR 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 AREMA Vol. 2 Cap. 7. 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.

1.4.7.1. NORMATIVIDAD APLICABLE

Las características técnicas que se definan para los puentes, se elaborarán de acuerdo con lo establecido en este documento y con las últimas versiones de las normas publicadas por la AREMA y que sean aplicables para el diseño y la construcción de puentes, las cuales deberán ser aplicadas de forma integral, es decir, sin mezclar especificaciones de diferentes instituciones

Para efectos de análisis, diseño y construcción, los puentes nuevos deben garantizar que los materiales poseen una durabilidad de 50 años.

1.4.7.2. 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.

1.4.7.3. PUENTES NUEVOS

Para los puentes nuevos el Originador 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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.

Para cada ítem deberá efectuarse el análisis del precio unitario correspondiente, para lo cual se obtendrá información de los costos básicos en la zona del Proyecto, tales como equipos, materiales y mano de obra, teniendo en cuenta, además, los factores de producción y las condiciones específicas de la región, como régimen de lluvias, acceso al sitio de los trabajos, sistemas de explotación y producción de los agregados pétreos, y todos aquellos factores que puedan incidir en la determinación del precio unitario de los diversos ítems. El análisis de los precios unitarios para cada ítem estará de acuerdo con las especificaciones, normas y planos de construcción.

Con los precios unitarios de cada ítem y las respectivas cantidades de obra, se determinará el presupuesto a la fecha de presentación del estudio. Adicionalmente se estudiarán los posibles costos especiales en caso de existir.

1.4.8. INSERCIÓN URBANA

La inserción urbana de un tren ligero supone en particular la respuesta a unas cuestiones básicas que lo distinguen de proyectos ferroviarios clásicos: por ejemplo, el hecho de su paso por corredores arteriales de la ciudad como lo son las Avenida Mariscal Sucre (Carrera 50) Avenida 68, Avenida Boyacá y Avenida Ciudad de Cali, al igual que otras corredores importantes de movilidad, requieren tener en cuenta lo siguiente:

- Inclusión en el sistema vial y urbano del corredor en los diferentes sectores que atraviesa.
- Los estudios de demanda deberán incluir análisis de escenarios de la integración del proyecto con las demás líneas de Tren Ligero y troncales de TransMilenio en el Plan de Desarrollo, con la primera línea del metro, con los proyectos de trenes de cercanías de la Gobernación de Cundinamarca, etc.
- Nivel de segregación respecto del resto del tráfico y traza urbana que atraviesa.
- Efecto de la catenaria como elemento visual y de costo, planteando si debe ser aérea (relación con la vía, si se aprovecha como soporte del alumbrado público), subterránea o si se da por tercer riel; localización de las subestaciones de energía eléctrica; localización de las estaciones accesibilidad peatonal, etc.
- Problemas de vibraciones y seguridad cerca de construcciones emblemáticas (patrimonio arquitectónico y cultural de la ciudad), vivienda, comercio y reservas forestales.
- Problemas de permeabilidad (estudio de sistemas de drenajes sostenibles – SUD) que se puedan generar a lado y lado del corredor; si la plataforma del tren ligero puede ser compartida con peatones y vehículos. En las zonas de patrimonio histórico, arquitectónico y cultural se debe tener un análisis más detallado para que la solución a implantar garantice un óptimo nivel de servicio para los peatones en esta zona, considerando la situación futura.
- Flujos peatonales que se tendrán principalmente a lo largo del corredor, donde se deberá garantizar la seguridad y comodidad de los peatones.
- Planes de Manejo de Tráfico (PMTs) durante las obras.
- Inserción urbana actuando de fachada a fachada para dar una nueva imagen al corredor, incluyendo diseño y dimensionamiento de las estaciones y terminales.
- Plan de comunicaciones y manejo de la conciencia social.
- Afectación predial en caso de ser necesaria la compra y/o adquisición de predios.

1.4.8.1. ESPACIOS COMPLEMENTARIOS AL SISTEMA DE EQUIPAMIENTOS

Generación de espacios complementarios al sistema de equipamientos en las zonas donde sistema de transporte es un eje estructurante del territorio.

Para la operación de un sistema de transporte masivo sobre un corredor de transporte de alta capacidad de la ciudad es necesario configurar una red de espacios adicionales a las zonas de venta de pasajes al interior de las estaciones, en estos espacios se deben localizar puntos de venta y recarga de tarjetas de viaje, servicios de policía, servicios administrativos o de gestión de la ciudad y de gestión, información turística y al usuario, zonas para prestar primeros auxilios y zonas de administración, parqueos seguros de bicicletas y servicio para los modos de transporte complementarios del sistema. Esto debe suplir las necesidades de los usuarios del sistema de transporte propuesto contribuyendo al fortalecimiento del sistema de equipamientos definido en el artículo 20 del decreto 190 de 2004.

Esta red debe estar determinada teniendo en cuenta las zonas de máxima demanda y las zonas de oportunidad que tienen que ser definidas en el área de influencia determinada

para el corredor, con el fin de descongestionar el sistema de transporte de la ciudad optimizando los desplazamientos, permitiéndole a los ciudadanos acceder a servicios necesarios en su vida cotidiana durante su viaje.

1.4.8.2. AMBIENTE Y ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL

Las propuestas que se presenten para estructurar sistemas de transporte masivo en la ciudad deben articularse con un planteamiento que tenga en cuenta además de las características propias del sistema, intervenciones que estructuren un “corredor verde” de transporte, evaluando opciones que trasciendan el tratamiento paisajístico del entorno urbano, integrándose al sistema de espacio público, al sistema hídrico y a la estructura ecológica de la ciudad, en donde haya lugar.

Para tal fin las propuestas deben incorporar el componente de gestión del riesgo, análisis de permeabilidad del suelo, propuestas de gestión de residuos de demolición y construcción, análisis de conectividad ecológica y las demás recomendaciones definidas en los proyectos del IDU.

Objetivos Específicos

- Recopilar y obtener información que permita describir las condiciones del medio ambiente físico, biótico y socioeconómico existente.
- Identificar áreas de manejo especial y/o ambientalmente crítico, sensible y de importancia ambiental o ecosistemas estratégicos que puedan ser afectados por el desarrollo del proyecto.
- Evaluar la oferta y sensibilidad ambiental de los sistemas naturales.
- Analizar y cuantificar la presencia de zonas verdes que puedan ser afectadas para su compensación.
- Identificación preliminar de los componentes e impactos ambientales y paisajísticos que se puedan presentar durante la etapa de construcción del proyecto.
- Realizar la definición de los componentes ambientales y la calificación de impactos ambientales, definiendo la viabilidad del proyecto, utilizando la técnica de matriz de evaluación ambiental a nivel de factibilidad.
- Definir la mejor alternativa, utilizando la técnica de Matriz de Evaluación Ambiental a nivel de factibilidad.
- Realizar recomendaciones ambientales y de mejora paisajística.
- Verificar el cumplimiento y la aplicabilidad de la normatividad ambiental vigente.
- Determinar los costos ambientales para el proceso constructivo del proyecto.
- Valorar y analizar la información disponible de los aspectos ambientales y paisajísticos del proyecto, para determinar probables causas y efectos negativos y/o positivos a los ecosistemas presentes en cada una de las alternativas propuestas, definiendo la mejor viabilidad, de tal manera que se pueda hacer la selección óptima utilizando la técnica de Matriz de Evaluación Ambiental a nivel de factibilidad.

Alcances

Suministrar la información para evaluar y comparar las diferentes opciones bajo las cuales sea posible desarrollar el proyecto, con el fin de aportar los elementos requeridos para seleccionar la alternativa o alternativas que permitan optimizar y racionalizar el uso de recursos, y evitar o minimizar los riesgos, efectos e impactos negativos que puedan generarse, orientando hacia un desarrollo urbano respetuoso del medio ambiente, con un carácter prospectivo y propositivo estimulando el desarrollo sustentable de proyectos.

Para el desarrollo de esto se tendrá en cuenta:

- El entorno geográfico y sus características socio ambientales, análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes a la obra o actividad.
- Las alternativas viables y aquellas áreas que presentan restricciones ambientales.
- Los impactos ambientales más significativos que pueden ser ocasionados por cada alternativa propuesta, potenciando los impactos positivos.
- La recopilación de información primaria y secundaria a partir de los diferentes métodos y técnicas de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio.
- La compatibilidad de las alternativas con el uso óptimo y racional de los recursos ambientales, con los planes de desarrollo local, regional y nacional.
- La compatibilidad de las alternativas viables, con el marco legal ambiental colombiano.
- Las acciones que deberá realizar ante la autoridad ambiental para darle cumplimiento.

1.4.8.3. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE NODOS URBANOS EXISTENTES O GENERADOS POR LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.

Los sistemas de transporte propuestos deben reconocer puntos en los cuales haya confluencia de actividades económicas, sociales y culturales que configuran actualmente nodos urbanos consolidados en los corredores. De igual manera, es conveniente que se realice una identificación de otros puntos o zonas que tengan potencial de consolidación, fortaleciendo la estructura funcional y de servicios de la ciudad con la operación del nuevo sistema de transporte, sistema vial, espacio público, redes de servicios públicos y estructura ecológica de la ciudad.

Por tal motivo es necesario que en los documentos técnicos el Originador de la propuesta de APP identifique y defina cuáles serían las actuaciones en estos puntos de dinámica económica social y cultural de los corredores, dentro de los cuales deben estar considerados además de los terminales del sistema, las zonas de intersección con los otros sistemas de transporte masivo y los nodos identificados como potenciales.

Identificación de oportunidades de revitalización acorde con lo consignado en el Plan de Desarrollo (Generación de demanda de transporte para el sistema y relocalización de población dentro del centro ampliado), y financiación del proyecto de transporte mediante gestión y desarrollo de proyectos urbanos integrales.

Los proyectos deben involucrar la identificación de áreas para la renovación-revitalización urbana en zonas de baja demanda de transporte, baja densidad urbana, deterioro urbanístico y áreas de oportunidad sobre las cuales se proponga realizar desarrollos inmobiliarios gestionados por el proponente, que tengan la posibilidad de financiar las obras del sistema de transporte masivo, en concordancia con la norma urbanística aplicable en la ciudad. Por lo anterior es necesario que los Originadores estudien áreas adicionales a las identificadas en los análisis de zonas homogéneas, haciendo énfasis en las que se encuentren al interior del perímetro del centro ampliado, explorando posibilidades dentro del tratamiento de renovación urbana, en las modalidades de reactivación y redesarrollo, sobre las cuales debe haber una consideración de obligaciones urbanísticas asociadas al sistema de espacio público, equipamientos y al subsistema vial.

La posibilidad de incluir instrumentos de gestión y financiación adicionales a la gestión y desarrollo de proyectos inmobiliarios debe tenerse en cuenta como alternativa de fuentes de financiación en la propuesta de APP para sistemas de transporte masivo en Bogotá.

En este sentido alternativas como peajes urbanos sobre las calzadas mixtas del corredor, que financien la construcción y el mantenimiento de la infraestructura vial vehicular y del sistema férreo que operaría sobre la vía, tienen que ser evaluadas e incorporadas como eventuales alternativas dentro de las propuestas.

Adicionalmente es necesario explorar mecanismos de financiación para la operación del sistema transporte masivo mediante la implantación de comercio en espacios análogos al espacio público y prestación de otros servicios sobre la zona de influencia del corredor, complementando los servicios propios del sistema.

El Originador deberá entregar los lineamientos y fundamentos para cada uno de los tramos identificados de acuerdo a las condiciones antes citadas, que a partir de la experiencia internacional en proyectos similares requieran este tipo de implantaciones, y presentar un informe al segundo mes que contenga:

- Identificación (caracterización) y propuesta de implantación del sistema en los diferentes tramos del corredor.
- Tipología de las vías y estándares de diseño:
 - Características de las secciones transversales para cada tipo de vía, incluyendo intersecciones a nivel (semafóricas) o a desnivel.
 - Clasificación de las secciones transversales.
 - Condiciones de la vía (nivel, viaductos, túneles, pasos a desnivel).
 - Integración y articulación con los sistemas de transporte de la ciudad. y demás equipamientos (estacionamientos, plazas, centralidades).
 - Definición y dimensión de las reservas viales.
 - Manejo de redes de servicios públicos (alumbrado, drenajes, comunicaciones).
 - Vías que cruzan el corredor.
 - Pendientes mínimas y máximas del corredor.
 - Anchos de carriles, bermas, separadores, accesos a predios.

- Distancia a obstáculos y condiciones de visibilidad.
- Caracterización de las áreas de espacio público y mobiliario urbano.
- Usos del suelo en torno a el área de influencia del corredor.
- Identificación de impactos urbanísticos en la implantación, basados en experiencias en otros proyectos.
- Recomendaciones de cómo integrar volumétricamente y relación de la edificabilidad de la ciudad con el corredor férreo.
- Dimensiones recomendadas para áreas de aislamiento ambiental y de ruido.
- Estrategias de potencialización de zonas aledañas al corredor para que asuman un nuevo rol en la dinámica de la ciudad.
- Estrategias de gestión de suelo en sectores consolidados.
- Parámetros operacionales del sistema a lo largo del corredor.

1.4.8.4. INTERFACES CON LOS ELEMENTOS DE LA MOVILIDAD VEHICULAR

Por otra parte, la implantación de un tren ligero supone numerosas interfaces con los elementos del sistema de movilidad. El originador deberá analizar, entre otros los siguientes aspectos:

- Impacto del material rodante frente al sistema vehicular (gálidos horizontal y vertical): trazado de vía, definición de gálibo libre de obstáculos, andenes, interacción con los carriles de tráfico mixto.
- Señalización ferroviaria y vial, detección.
- Ubicación de reservas para bucles de detección, reservas de espacios en superficie, tratamiento de cruces (refugios peatonales).
- Trazado de la línea y impacto en el corredor urbano, macizos de catenaria, servicios.
- Taquillas, equipos de paradas: diseño y mobiliario de las estaciones (paradas), obra civil e integración urbana.
- Imagen de la línea, su fiabilidad como modo de transporte, el ruido, la accesibilidad, la prioridad semafórica y la velocidad comercial, la seguridad, la gestión de terminales, la organización de cocheras, el mantenimiento y el sistema tarifario y de pago, deben ser tenidos en cuenta.

1.4.9. INVENTARIO Y DISEÑO DE LA RELOCALIZACIÓN DE REDES DE SERVICIOS (INCLUYENDO OLEODUCTO Y POLIDUCTO)

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 Originador 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 de occidente,

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. Oleoducto y/o poliducto 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR realizará la consolidación de los datos en un sistema de información geográfico.

Como resultado del diagnóstico, El ORIGINADOR 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 ORIGINADOR elaborar los pre diseños de las interferencias, incorporar los diseños de las redes proyectadas y elaborar el costo aproximado de estas redes.

El ORIGINADOR, 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 ORIGINADOR 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 Originador 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 Originador 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 Originador 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.

1.4.9.1. 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 ORIGINADOR 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 de occidente. 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR 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 Originador 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR 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 ORIGINADOR realizará 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 ORIGINADOR 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.

1.4.9.2. 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 Originador, 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 originador 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 ORIGINADOR deberá presentar un informe y los planos de los levantamientos topográficos e investigación de las redes.

1.4.10. INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA DE VÍA

1.4.10.1. DIAGNÓSTICO Y APROVECHAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EXISTENTE

En este capítulo, el originador analizará mediante un diagnóstico detallado todos los componentes de la infraestructura y de la superestructura de vía existente, con el fin de determinar cuáles pueden ser aprovechados de acuerdo al tipo de servicio planificado para el proyecto propuesto así como los estándares que el originador planea establecer (La carga por eje, la velocidad de circulación, la densidad del tráfico, etc.). Es importante considerar las acciones necesarias para aprovechar los componentes existentes, así como el costo que representan dichas actuaciones con el fin de determinar si al final el aprovechamiento resulta igual de costoso o más que utilizando materiales nuevos.

Los componentes a analizar se describen a continuación

A) CALIDAD DE LA PLATAFORMA DE VÍA:

Para determinar la calidad de la plataforma de vía el originador deberá elaborar una clasificación de los suelos a partir de muestras en el corredor tomadas al menos cada cinco (5) kilómetros.

La naturaleza del suelo se puede establecer con ayuda de los siguientes factores: identificación visual, granulometría, sedimentación, límites de Atterberg, estudio Proctor-CBR y, eventualmente, el equivalente de arena, contenido de CO₃ y Ca y materia orgánica.

Conocidos estos factores, es posible situar el suelo considerado dentro de la clasificación que la experiencia ha permitido efectuar para deducir algunas propiedades referentes a su comportamiento como elemento soporte.

Con base en la clasificación de suelos y en la calidad de la capa de forma (teniendo en cuenta su espesor) se elaborará la clasificación de las plataformas de acuerdo a su capacidad portante de la siguiente manera:

- Plataforma de mala capacidad portante: $CBR \leq 5$
- Plataforma de capacidad portante media: $5 < CBR \leq 20$
- Plataforma de buena capacidad portante: $CBR > 20$

En caso de identificar sectores de plataforma de capacidades portantes bajas, el ORIGINADOR 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., o efectuar una intervención total de la plataforma de acuerdo a las especificaciones relacionadas en el anexo 3.

B) CALIDAD DE LA CAPA DE SUBBALASTO:

Aunque la capa de balasto hace parte de la superestructura de vía, la calidad de la capa de sub-balasto se analiza con la capa de balasto, de acuerdo a las recomendaciones de AREMA en los capítulos 2.11.2.2 y 2.11.2.3.

El espesor de las dos capas se obtiene en función de la carga por rueda (carga por eje dividido por 2), la velocidad de circulación y el área de contacto de la traviesa con la capa de balasto.

En adición al espesor, la capa de sub-balasto depende de su compactación, la cual se recomienda no debe estar por debajo del 105% de la densidad del ensayo "Proctor normal". Así mismo se recomienda un coeficiente "Deval" en seco > 12 y en húmedo > 6 y un coeficiente de "los ángeles" < 28 .

Además de la verificación de las especificaciones anteriores, el originador deberá verificar que los materiales que componen la capa de sub-balasto se componen principalmente de piedra triturada, gravas trituradas, arenas naturales y/o manufacturadas o la mezcla de las anteriores.

En caso de identificar sectores de la capa de sub-balasto de calidades bajas, el originador deberá proponer actuaciones que permitan el mejoramiento de la capa de sub-balasto a través de soluciones como la limpieza del mismo, la compactación o el reemplazo por materiales nuevos de acuerdo a lo establecido en el anexo 3.

C) DRENAJE DE LA PLATAFORMA:

El ORIGINADOR hará una revisión de todos los componentes de la vía que intervienen en el drenaje del corredor férreo teniendo en cuenta:

- Cunetas (Sección y estado de las mismas)
- Terminación de la plataforma de vía (Pendiente que generalmente usa valores entre 3% y 4% para guiar las aguas filtrantes de la capa de balasto)
- Pendientes longitudinales de la cunetas
- Puntos de desagüe
- Drenes
- Alcantarillas
- Materiales filtrantes

Con base en el diagnóstico y el resultado del mismo, el originador evaluará las actuaciones necesarias para garantizar un adecuado drenaje en el corredor férreo, que es de vital importancia, para evitar problemas futuros por erosión de materiales, pérdida de capacidad portante, derrumbes, etc.

D) CALIDAD DE LA CAPA DE BALASTO:

El estado de la capa de balasto y su correcta colocación se realizará ejecutando un sondeo por secciones de 100 m al menos cada cinco (5) km de la vía a inspeccionar con el fin de identificar la calidad de la capa de balasto con base en el análisis de los siguientes elementos:

- Espesor bajo traviesa.
- Espesor limpio.
- Drenaje de la capa.
- Dimensiones de la banqueta de balasto.
- Volumen de balasto (m³) por ml de vía.

En adición a los elementos anteriormente descritos, el originador verificará el estado de las partículas (rocas) que componen el balasto y dará un concepto sobre los siguientes factores:

- Calidad de la roca que compone la muestra.
- Isotropismo de las rocas.
- Presencia de cavidades, cuerpos extraños y polvo.
- Porcentaje de superficie redondeada en las rocas que componen la capa de balasto.
- Granulometría.
- Capacidad de Compresión.
- Capacidad de Abrasión.
- Partículas planas y alargadas.
- Caras fracturadas.

Una vez se haga el análisis de cada uno de los factores de la capa de balasto en el corredor existente, el originador dará un concepto del balasto existente considerando los requisitos de calidad relacionados en la Norma AREMA – Capitulo 1, Parte 2 y con base en los resultados deberá proponer la actuación requerida para elevar las especificaciones de la capa de balasto a través de por ejemplo la limpieza de la capa, el reemplazo parcial o total de la banqueta teniendo en consideración el costo de las intervenciones.

E) CALIDAD DE LOS RIELES:

En primera instancia, el originador deberá hacer una clasificación de los rieles con el fin de identificar los rieles con pesos por longitud inferiores a 90 lb/yd o su equivalente en el sistema UIC (kg/m), en el caso que aplique, para descartarlos por ser considerados obsoletos principalmente en los servicios dedicados a carga. No obstante, lo anterior se aplicara para todos los servicios, aun cuando los proyectos sean propuestos para atender servicios exclusivos para el transporte de pasajeros.

Teniendo en cuenta lo anterior, el originador deberá tener en cuenta dentro de su propuesta toda la inversión de los rieles nuevos que deberán tener pesos por longitud superiores a (115 lb/yd) o su equivalente en el sistema UIC (kg/m) siempre y cuando se demuestre la compatibilidad de los rieles nuevos con los existentes, así como su compatibilidad con los asientos de las traviesas a utilizar en el corredor. No obstante, la selección del peso por longitud de los rieles la sustentará el originador de acuerdo al tipo de servicio, la velocidad de circulación, la frecuencia de trenes y la carga por eje estimada en el proyecto presentado.

Una vez se haya realizado la clasificación y por consiguiente se hayan desechado los rieles descritos en los párrafos anteriores, el originador continuará el diagnóstico de rieles con una inspección de los mismos para determinar su estado y proceder a clasificar nuevamente la sección de riel con capacidad y vida remanente para soportar las cargas del tráfico ferroviario propuesto por el originador en su iniciativa. El diagnóstico deberá elaborarse con el fin de identificar fallos y desgastes en los rieles tal como se indica a continuación:

- Desgaste vertical
- Desgaste lateral
- Deformación plástica
- Corrosión
- Desgaste inferior de la cabeza del riel
- Desgaste ondulatorio
- Aplastamiento
- Fisuras y roturas

Los defectos, fisuras y roturas que se generan en los rieles por el paso del tráfico ferroviario se pueden observar con detalle en el capítulo 4 de la norma AREMA – Sección 4.2.

El ORIGINADOR deberá tener especial atención en las uniones de los rieles (juntas o calas) si estos son eclisados puesto que generalmente el golpeteo por el paso de las ruedas genera defectos en los extremos de los rieles.

Una vez identificados los defectos en los rieles existentes, el originador deberá justificar si los rieles pueden ser usados para el tráfico, la velocidad y la carga por eje estimada en su propuesta con base en las tolerancias relacionadas en la norma AREMA en la sección 4.3.2 y 4.3.4 o alguna norma reconocida similar. Dicha justificación deberá indicar si el estado actual de los rieles permite su uso bajo condiciones aceptables de seguridad sin realizar actuaciones de mejora o efectuando por ejemplo un sesión de amolado de rieles para corregir defectos en la superficie de los mismos.

F) CALIDAD DE LAS TRAVIESAS:

El ORIGINADOR tendrá la responsabilidad de elaborar un diagnóstico integral que evalúe la función que ejercen las traviesas en un ferrocarril.

- Soporte de los rieles, fijando y asegurando su posición en lo referente a cota, separación e inclinación.
- Recibir las cargas verticales y horizontales transmitidas por los rieles y repartirlas sobre el balasto mediante su superficie de apoyo
- Conseguir y mantener la estabilidad de la vía en el plano horizontal (longitudinal y transversalmente) y en el vertical frente a los esfuerzos estáticos procedentes del peso propio y las variaciones de temperatura y a los esfuerzos dinámicos debidos al peso de los trenes. Mantener, siempre que sea posible, por sí mismo y sin ayuda de elementos específicos incorporados a la sujeción, el aislamiento eléctrico entre los dos hilos de rieles cuando la línea esté dotada de circuitos de señalización.

Para garantizar que las funciones descritas anteriormente funcionen adecuadamente se deben evaluar los siguientes componentes de las traviesas:

➤ **Material (Concreto o madera)**

Para las traviesas fabricadas en madera, el originador deberá identificar el tipo de madera o árbol utilizado para su fabricación, así como describir si las traviesas son aserradas y si fueron tratadas. En el caso de las traviesas de concreto se relacionará la resistencia del concreto utilizado y se identificará si el elemento es post-tensado o pre-tensado.

➤ **Espaciamiento**

El espaciamiento de las traviesas afecta directamente la distribución de la presión que es generada por las cargas producidas por el tráfico ferroviario sobre la capa de balasto y la infraestructura del corredor férreo, así como la

estabilidad lateral de la superestructura de vía. Por tal razón, se le requiere al originador que verifique el espaciamiento de las traviesas que de acuerdo a las recomendaciones de AREMA en la sección 1.3, este debe estar comprendido entre 45.7 cm y 76.2 cm.

➤ **Defectos en las traviesas**

El originador deberá realizar un diagnóstico sobre las traviesas para identificar defectos tales como pudriciones, quemaduras, agrietamientos, fracturas e imperfecciones que son causados por la terminación del ciclo de vida de las traviesas, por el mantenimiento inadecuado y poco cuidadoso o por descarrilamientos en el corredor férreo.

Se deberán rechazar las traviesas de madera que:

- Presenten grietas que vayan de una cara a otra con una longitud superior a 25 cm.
- Tengan grietas cuya anchura sea superior a 4 mm.
- Presenten grietas en las cabezas que atraviesen todo el espesor de la pieza.

También se deberán rechazar las traviesas de concreto que presenten cualquier tipo de agrietamiento o fracturas en cualquiera de sus caras.

➤ **Durabilidad (Vida útil de la traviesa)**

De acuerdo al material identificado de las traviesas y al tiempo de uso de las mismas, el originador deberá estimar la vida remanente de las traviesas existentes teniendo en consideración que las traviesas y sus especificaciones permita que estas lleven a cabo sus funciones adecuadamente.

➤ **Compatibilidad de las traviesas de concreto con los rieles y otros elementos de la superestructura**

Una vez realizada la clasificación de las traviesas de concreto que se pueden utilizar para el tipo de servicio y las especificaciones de vía propuestos por el originador, este deberá realizar un diagnóstico de su compatibilidad con nuevos elementos de la superestructura, principalmente con los rieles para lo cual se deberá verificar si los asientos en las traviesas de concreto diseñados para la colocación del riel cuentan con el ancho suficiente para ensamblar rieles de mayor peso por longitud, que es directamente proporcional al ancho de la base del riel.

Con base en el análisis de los componentes descritos anteriormente, el originador clasificará las traviesas que pueden ser utilizadas en el proyecto ferroviario propuesto en su iniciativa.

G) CALIDAD DE OTROS ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA

Se le exigirá al originador, un diagnóstico general de todos los elementos de 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

A través del diagnóstico, el originador deberá justificar la utilización de los elementos de superestructura con base en las especificaciones del proyecto propuesto en la iniciativa.

H) CALIFICACIÓN GENERAL DE LA CALIDAD DE LA VÍA

Finalmente y con el fin de evaluar el estado de la vía en general, el originador deberá seguir algún procedimiento que permita establecer la calidad de la vía existente con base en la metodología AAR (Track Quality Index – TQI), ADIF (Calificación de la vía) o algún equivalente.

I) OTRAS CONSIDERACIONES

En este anexo que se enfoca en la rehabilitación, el mejoramiento y el mantenimiento de ferrocarriles existentes no se exigirá el diagnóstico de subsistemas ferroviarios que si se deben analizar a nivel de factibilidad en el anexo 3 del presente documento. Dichos subsistemas deben ser diseñados para el proyecto propuesto y por tal razón no se requiere un diagnóstico de las condiciones iniciales o existentes.

Subsistemas Férreos:

- Material Rodante
- Señalización
- Comunicaciones
- Operaciones y Control de Tráfico

1.4.10.2. DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE VÍA

A) DISEÑO GENERAL

El ORIGINADOR deberá definir y presentar el trazado de la vía del corredor de occidente Estación de la Sabana – Facatativá, 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 ORIGINADOR 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 Originador de la propuesta de APP a nivel de factibilidad para el corredor de occidente, 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 ²
Jerk máximo	0,4 m/s ³
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 ²

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.

De acuerdo con lo indicado por el originador: En vertical la situación actual no presenta restricciones en cuanto a pendientes. Las pendientes más altas se encuentran entre Cartagenita y Facatativá con valores mayores al 2% pero que no sobrepasan el 3%. En general las pendientes son cercanas o menores del 1%.

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 originador deberá indicar:

➤ **Calidad del suelo**

En principio el originador deberá identificar la capacidad portante del suelo que conformara la infraestructura del corredor férreo, el originador deberá elaborar una clasificación de los suelos a partir de muestras en el corredor tomadas al menos cada cinco (5) kilómetros 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/cm², 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 originador deberá identificar la calidad del suelo. Se recomienda utilizar la normatividad AREMA en la parte 1.2 y 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 originador 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 originador 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 originador 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 Originador estudiará y definirá las diferentes obras que configuran la nueva Línea de Metro Ligerero 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 originador 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 originador 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

Para indicar las propiedades de la capa de sub-balasto el originador deberá aplicar la normatividad AREMA en las secciones 2.1.1.5.3 y 2.11.

G) CAPA DE BALASTO

El ORIGINADOR 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

Para indicar las propiedades de la capa de balasto el originador deberá aplicar la normatividad AREMA en el Capítulo 1 – Parte 2.

H) RIELES

Teniendo en consideración lo indicado en el anexo 2, los proyectos ferroviarios nuevos no serán construidos con rieles con pesos por longitud inferiores a 115 lb/yd o su equivalente kg/m. El originador deberá tener en cuenta lo anterior para la selección de los rieles a suministrar en el proyecto propuesto.

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

Para indicar las propiedades de la capa de balasto el originador deberá aplicar la normatividad AREMA en el Capítulo 4.

I) TRAVIESAS

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

A partir de ese análisis el originador 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 originador 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.

La normatividad que el originador deberá considerar para la selección de las traviesas y su justificación será la norma AREMA – Volumen 1, Capítulo 30.

J) OTROS ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA:

El originador 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

El originador justificará la selección de los elementos de superestructura, teniendo en consideración la normatividad AREMA – Volumen 1, Capítulo 5 y las normas UIC, EN y CENELEC.

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

El ORIGINADOR 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 el corredor férreo para la operación planificada en el proyecto.

Se deberá verificar que los cruces que se realicen de forma subterránea al 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 originador 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 originador de acuerdo a los requerimientos del anexo 3.

Por otro lado, el originador 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 originador 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 originador 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 originador 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 originador considere adecuado implementar en pro de la seguridad.

L) PRODUCTOS A ENTREGAR

El ORIGINADOR 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 LRT propuesto
- Definición completa del trazado (planta y perfil) de cada una de las vías de la línea del sistema LRT 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 LRT.
- Definición completa del trazado (planta y perfil) de las vías en Patios y Talleres del sistema LRT.

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.

1.4.11. ESTACIONES DE PASAJEROS Y EDIFICIOS

La administración departamental a través de la EFR S.A.S. pone a disposición del originador de la propuesta de APP los ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS ESTACIONES DEL TREN DE CERCANÍAS CORREDOR DE OCCIDENTE, hoy Metro Ligerero Regional Urbano para la sabana de Bogotá, realizados por la firma INECO para Fondecun y la Gobernación de Cundinamarca en el año 2011, el cual tiene un alcance consistente en la localización geográfica y la definición funcional de las siguientes estaciones del sistema LRT para el corredor de Occidente:

1. Estación en la avenida Ciudad de Cali (Estación de transferencia con el sistema de autobuses Transmilenio)
2. Estación de Fontibón-Aeropuerto
3. Estación en Catam
4. Estación de Funza
5. Estación de Mosquera
6. Estación de Madrid
7. Estación en el Corzo
8. Estación en Facatativá

Estas 8 estaciones se localizan en el tramo férreo de 32km. que discurre entre la localidad de Facatativá y el entronque de la vía con la Avenida Ciudad de Cali, en la ciudad de Bogotá.

El trabajo presentado se divide en dos partes claramente diferenciadas:

- Análisis y definición de la Localización de las estaciones en cada uno de los municipios
- Definición arquitectónica de las mismas
- Pre diseños y costeo a nivel de pre diseños

En los citados estudios están definidos los principales parámetros para el diseño de las estaciones. El Originador para el diseño y costeo de las estaciones a proponer en la implementación del sistema LRT por el corredor de Occidente en el tramo Estación de la Sabana – Facatativá, deberá partir de los mismos y tratar de seguir los diseños y lineamientos en el indicados, pues los mismos fueron aprobados por la administración departamental a nivel de pre factibilidad y por ende deberán servir como base y preconditionante para el diseño final de las mismas.

Sin embargo y a pesar de lo allí indicado el ORIGINADOR deberá tener en cuenta las siguientes premisas y/o condicionantes aquí indicados para el diseño de todas las estaciones del sistema incluyendo las estaciones del tramo faltante entre la Avenida Ciudad de Cali y la Estación de la Sabana.

1.4.11.1. ASPECTOS QUE EL ORIGINADOR DEBERÁ ESTUDIAR CONVENIENTEMENTE SEGÚN LAS PARTICULARIDADES DE CADA UNA DE LAS ESTACIONES:

- 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;
- Estudio de flujos de viajeros y relaciones intermodales (para aquellas estaciones que lo requieran);
- Estudio de movilidad de usuarios en el interior de la estación considerando las condiciones de acceso y salida de los mismos. Desvíos, restricciones de tráfico y planes de mitigación y Anexo de los corredores viales existentes y que se afecten con las obras de construcción.;
- Afectación de elementos preexistentes que incidan en el proyecto de forma importante;(edificaciones, monumentos, vías, equipamientos, servicios, etc),

1.4.11.2. DISEÑO FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICO

A) Criterios para la definición y distribución de los espacios

Los criterios generales para la definición y distribución de las estaciones son los siguientes:

- Todos los diseños cumplirán con las buenas prácticas de ingeniería y arquitectura.
- El diseño de las estaciones se adaptará a la solución de trazado definido.
- La concepción de los espacios garantizará una ejecución fácil y rápida, además del aprovechamiento máximo del espacio. En la medida de lo posible se reducirá la ocupación en planta para permitir la ejecución de las obras sin afectación a los edificios colindantes.
- Los diseños propuestos se integrarán de manera armónica al entorno urbano de tal forma que sirvan para propiciar mejoras urbanas en las zonas donde se localicen. La integración de jardines, áreas verdes, bancas y aceras, se diseñarán en los

conjuntos y edificios de acuerdo a lo indicado en las normas urbanas que apliquen al respecto.

- El diseño de las estaciones tendrá como objetivo minimizar y simplificar los recorridos de los viajeros..
- El acceso al andén se efectuará directamente desde el/los vestíbulos de acceso. Cualquier rampa que sea necesaria para salvar desniveles tendrá en todos los casos una pendiente máxima de 6% y una anchura superior a 1.50m, garantizando así el acceso a Personas de Movilidad Reducida.
- Todas las estaciones cumplirán la normativa vigente referente a supresión de las barreras arquitectónicas sobre accesibilidad para PMR (Personas con Movilidad Reducida).
- En todas las estaciones se establecerán rutas uniformes para aquellas personas con capacidades diferentes y de la tercera edad mediante señalización y acabados texturizados, de tal forma que se orienten siempre bajo los mismos criterios.
- Se aplicarán las normas de accesibilidad necesarias y en vigor en la ciudad de Bogotá. Para los invidentes se considerará un señalamiento en pisos que pueda detectar su bastón indicando la circulación continua, los cambios de dirección o la presencia de obstáculos, etc. Igualmente se colocará la señalización oportuna mediante el Sistema Braille para su perfecta orientación.
- El diseño de las estaciones debe facilitar la orientación del usuario por lo que se analizarán los recorridos habituales y de evacuación con sumo detalle. Se atenderán todas las medidas que garanticen la seguridad del usuario de transporte y del operador dentro de las estaciones.
- El Mobiliario de la estación deberá estar integrado al diseño del conjunto de la estación.
- La distancia mínima entre cualquier obstáculo fijo (papeleras, pasamanos, vallas publicitarias, muros de cierre bajo escaleras, escaleras, ascensores, etc) y el borde del andén será la que establezca la norma.
- Se considerará la posibilidad de emplazar locales comerciales para optimizar la explotación del sistema. La integración de estos se realizará respetando la funcionalidad de la estación, sin dificultar el movimiento de los viajeros en sus recorridos de acceso y salida.
- Se tendrán en cuenta en su diseño los aspectos relativos a la seguridad y protección contra incendios.

En las estaciones se pueden encontrar dos grandes zonas diferenciadas por su uso y calidad espacial: las de uso público y las de uso técnico.

B) Espacios de uso público

El objetivo de la zona de uso público es llevar al pasajero desde el exterior de las estaciones hasta el acceso a los trenes, y viceversa. Así mismo, se considerarán espacios de uso público aquellos que permitan la movilización de los usuarios para uso de los servicios diferentes al sistema LRT que ofrezcan las estaciones (comercio, vigilancia, oficinas, servicios sanitarios, etc.)

Será necesaria la definición de la geometría, esquemas de circulación, torniquetes, venta de tiquetes o boletos (ventanilla y/o dispensadores), y vigilancia, mobiliario y equipos al servicio del pasajero, atención de emergencias, entre otros.

En cualquier caso tomando como base los criterios indicados y considerando las características y volumen de utilización previstos, se deberá hacer un dimensionado particular para cada una de las estaciones. El resultado debe ser un dimensionado coherente de todos los elementos de la estación, de modo que no se produzcan cuellos de botella, partiendo del supuesto básico de no admitir la formación de largas filas en la entrada de ninguno de estos elementos.

Se deberá prestar especial atención al dimensionado (capacidad de evacuación) de la estación en caso de emergencia con los requerimientos indicados, considerando la ocupación de la estación en hora pico más la carga procedente de los trenes y la normatividad vigente a nivel internacional para la definición de las diferentes áreas, accesos y zonas de evacuación.

C) Accesos

Los accesos exteriores permitirán a los usuarios ingresar desde la vía pública hasta el vestíbulo, y viceversa. Las estaciones dispondrán de salidas alternas a la calle para ser utilizadas en caso de accidente.

Las estaciones serán totalmente accesibles y utilizables para personas con movilidad reducida (PMR) y habrán de cumplir los requerimientos normativos aplicables, asegurando:

- La accesibilidad física a todas las áreas durante la operación normal de la estación.
- Siempre habrá una escalera fija como camino alternativo a los ascensores, escaleras mecánicas y/o cualquier otra instalación de transporte vertical mecanizado.
- En aquellas estaciones que lo requieran se diseñarán y dimensionarán las zonas de parqueo y estacionamiento de vehículos particulares, alimentadores, buses, taxis y bicicletas. Acorde a los requerimientos que se establezcan en el respectivo análisis de tráfico y demanda en cada estación

En todas las estaciones los acabados de los accesos cumplirán, si es el caso, con la normativa municipal correspondiente.

No obstante, y en general, en las zonas públicas exteriores correspondientes al acceso a la estación hasta la puerta o reja de acceso, los requerimientos principales serán: de imagen, de durabilidad, y de fácil mantenimiento.

En el diseño de los accesos se evitarán los recorridos sinuosos y excesivamente largos que puedan suponer un riesgo para los usuarios. Estos deberán ser lo suficientemente anchos y estar bien iluminados para permitir la visión total del recorrido.

El pavimento de esta zona será preferentemente del mismo material que en el interior de la estación, pero con acabado flameado abujardado (acabado anti-deslizante) y con el espesor suficiente para resistir a la intemperie.

D) Vestíbulos

Las estaciones, según el caso, tendrán la configuración de uno o dos vestíbulos.

Cada uno de ellos se dividirá en dos zonas mediante la barrera de control de tiquetes:

- Zona de venta de billetes con acceso desde el exterior (zona no paga).
- Zona de conexión con los andenes, los cuales se hayan situados al mismo nivel que el túnel (en el caso de las subterráneas) y a 1,10m por encima de la cota de cabeza de riel (zona paga).
- En el vestíbulo existirán diversas áreas que permiten albergar las siguientes actividades:
- Área de servicios al cliente: venta de tiquetes y disposición de espacios de espera y de orientación.
- Zona comercial (opcional)
- Puntos o barreras de control para la entrada y salida del sistema de transporte.

Dentro del vestíbulo los diferentes espacios que lo componen han de estar dispuestos de tal manera que permitan el control de las zonas de uso restringido.

Todos estos elementos se enmarcan dentro de un contexto visual que permite al cliente reconocer e identificar el espacio de una manera simple y rápida; por ello, se utilizará una misma tipología de materiales y colores. No obstante, será necesario ver las características específicas de cada estación y de qué manera se pueden aplicar estos criterios sin llegar a modificar su esencia, adaptando el concepto o el nivel de implantación en cada una de las estaciones.

El área de servicios al cliente tiene especial importancia a causa de sus dimensiones y su ubicación preferente. En este espacio es necesario integrar el punto de información (tarifas + red de metro ligero + plano de zona) y las máquinas expendedoras de boletos.

La conexión entre el vestíbulo y el andén (en el caso de encontrarse a distinto nivel), una vez se traspasa la línea de peaje, se preverá mediante un ascensor para personas con movilidad reducida (independiente del que comunica con el exterior), además de escaleras fijas. También podrán existir escaleras eléctricas.

La renovación del aire de los vestíbulos se realizará en lo posible mediante la introducción de aire fresco de forma natural a través de los accesos.

E) Andenes

El ancho libre de los andenes se establecerá en función del volumen de usuarios previsto. En cualquier caso se recomienda que los andenes laterales tengan un ancho no menor a 4,00 metros y para el caso de los andenes centrales un ancho no inferior a 5,00 o 6,00 metros. De acuerdo con la tabla de parámetros y especificaciones de las estaciones

El nivel de los andenes coincidirá con el nivel del piso de los coches en su estado de carga máxima.

Los andenes estarán libres de elementos que obstaculicen la circulación de los usuarios. En caso de alguna excepción, se destacarán de manera ostensible.

El borde de andén, sobre el costado de las vías, se diseñará con un ancho mínimo de 60cm y deberá contar con un acabado antiderrapante y señalizado a todo lo largo del mismo con una franja de color altamente contrastante con un ancho mínimo de 10cm.

F) Cuartos técnicos

El Originador indicara para cada una de las estaciones del sistema la necesidad de los cuartos técnicos en cada una de ellas, indicando para los mismos lo siguiente:

- Ubicación preferente
- Espacios y áreas requeridas.
- Dimensiones: estos requerimientos normalmente se expresan como una superficie mínima, pero las dimensiones de las salas además de cumplir esta superficie mínima deberán garantizar su funcionalidad.
- Observaciones: Resumirá las condiciones más esenciales que han de tenerse en cuenta en el momento de ubicar la sala en la estación.

En general, los materiales utilizados en las salas técnicas (en pisos, paredes y techos) tendrán los mismos condicionantes que los materiales empleados en las salas de uso público excepto el condicionante estético, añadiendo otros como pueden ser: peso de la maquinaria de cada sala, posibilidad de caída de residuos tipo aceites o abrasivos, etc.

Por este motivo, los materiales a emplear en dichas salas técnicas vendrán fuertemente condicionados por el uso de la sala y, por ello, su validez deberá analizarse de manera independiente.

1.4.11.3. MATERIALES DE ACABADOS

Se deben considerar materiales unificados a lo largo de toda la línea, La utilización de un mismo material en toda la línea unifica el espacio en su diversidad funcional.

Estos espacios se caracterizarán por medio de los aspectos formales (textura y color de los materiales, etc.).

En las zonas de circulación y permanencia de público se deben proponer materiales en paramentos verticales y horizontales que garanticen los siguientes objetivos:

- Fácil mantenimiento y reparación (remoción de rayones, pinturas, ...)
- Buena respuesta a las agresiones y a un uso intensivo
- Buen comportamiento ante la suciedad (de fácil limpieza)
- Teniendo en cuenta la existencia de información sonora al público (megafonía) y el ruido producido por el propio material móvil, se aplicaran materiales que absorban o reflejen el ruido para obtener el nivel de confort adecuado.
- Tratamientos anti vandalismo sin deterioro del material (aplicación de productos antigraffiti)
- Según estos criterios, el Proyecto de ingeniería básica avanzada deberá definir los materiales a utilizar en las estaciones.

A) Materiales a considerar

La justificación en la elección de los materiales deberá contemplar tres aspectos básicos que serán el aspecto Técnico, Estético, y el Económico.

En el aspecto técnico, se deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- Poco y fácil mantenimiento.
- Resistencia al uso intenso.
- Materiales y equipamientos resistentes al vandalismo (graffiti, golpes y ralladuras) en zonas de alcance del público.
- La forma deberá facilitar la limpieza de los materiales.
- Materiales y esquinas sin aristas vivas, para evitar daños.
- Fijaciones ocultas o no accesibles de los materiales y equipamientos.
- Falsos techos registrables en zonas públicas y zonas restringidas.
- Pavimentos antiresbaladizos para el gran tráfico, con material antideslizante en escaleras y bordes de andén.
- Todos los vidrios empleados serán de seguridad.
- Garantizar un rápido suministro de recambio en caso de deterioro.

B) Cerramientos y divisiones

Todas las paredes deberán ser de un material estructuralmente estable y resistente al fuego. Los espesores de los muros divisorios serán de 0,15m o 0,20m de espesor, dependiendo del caso. Únicamente en vestidores y baños las divisiones podrán ser de 0,10m de espesor.

Para solucionar problemas de humedad producidos por filtraciones en los muros pantalla, deberá dejarse una cámara de aire ventilada entre la pantalla y el paramento vertical que permita disponer de una media caña para el drenaje de las aguas de filtración. Será necesario que ésta sea registrable, para su mantenimiento.

C) Revestimientos de paredes verticales

En zonas públicas interiores accesibles por los usuarios como vestíbulo, escaleras vestíbulo-andenes y andenes, se colocará preferentemente un sistema modular que permita el desmontaje individual con el objeto de facilitar los trabajos de sustitución de un panel dañado o de supervisión de las infraestructuras existentes detrás.

D) Revestimientos de paramentos horizontales. Pavimentos

Todos los pavimentos de las estaciones y especialmente los recorridos del tráfico de pasajeros tendrán una $Rd > 45$ (Resistencia a la resbaladidad según el ensayo del péndulo norma UNE-ENV126333:2003).

Los peldaños de las escaleras contarán con una tira de material antideslizante. Los peldaños dispondrán un canal lateral por ambos extremos con el mismo tipo de pavimento de 10cm de ancho y 5cm de fondo para facilitar la limpieza y el desguace del agua.

En el caso de que no se coloquen puertas de andén, deberá utilizarse una pieza de borde de andén diferenciada.

En todos los espacios de uso público de la estación se diseñaran caminos específicos donde se emplearán baldosas de piso con resaltes para marcar y facilitar los recorridos de aquellas personas con movilidad reducida y problemas de visión.

E) Revestimientos de paramentos horizontales. Falsos techos

En general, en los espacios públicos es preferible no disponer de falso techo. No obstante, para facilitar el mantenimiento de las instalaciones y la supervisión del estado de las infraestructuras, en el caso de disponer de un falso techo, éste deberá ser registrable. La altura libre mínima entre el techo y el piso acabado será de 3,50m; con una altura mínima libre de obstáculos de 2,20m según normativa. En los andenes es recomendable una altura libre mínima de 4,00m.

1.4.11.4. EQUIPAMIENTO

En el interior de las estaciones se empleará mobiliario antivandálico y de fácil limpieza y reposición.

Los bancos de los espacios interiores de la estación cumplirán lo dispuesto por la normativa de accesibilidad. Es conveniente que dispongan de respaldo, que no contengan aristas vivas y sin espacios inaccesibles.

Los barandales de las zonas públicas dispondrán de doble pasamanos de acero inoxidable y cumplirán con lo establecido en el código de accesibilidad vigente.

1.4.11.5. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Todas las medidas contra incendios deben tener como principal objetivo garantizar la evacuación de las personas en un tiempo mínimo. El consultor debe considerar los siguientes aspectos en el diseño de los sistemas contra incendio y las Medidas pasivas de protección contra incendios.

- Sistema de detección de incendios.
- Sistema de extinción de incendios.

A) Medidas pasivas de protección contra incendios

Las medidas pasivas son de tipo constructivo y se basan principalmente en la utilización de materiales no combustibles y/o auto extingüibles

Debe prestarse especial atención a los materiales utilizados en instalaciones, sobretodo eléctricas, debiendo ser éstas de baja emisión de humos, resistentes al fuego y auto extingüibles.

B) Sistema de detección de incendios.

- **Sistemas de detección de humos y gases.**

La elección de cada sistema concreto de detección de humos dependerá del tipo de espacio a cubrir, utilizándose en cualquier caso sistemas analógicos direccionables.

Los detectores se deben incluir entre otros, en andenes, vestíbulos, zonas de paso de usuarios y salas técnicas siendo preferentemente del tipo óptico. Los detectores deben enviar información permanente a los centros de control de la estación y al Puesto de Control central con el fin de recibir y emitir avisos y poder dar las instrucciones correspondientes a través del sistema de comunicación al público, En caso de recibir una alarma de incendio ya sea en modo manual o automático. Todas las señales de alarma se transmiten a una Central de Alarmas ubicada en el centro de control.

C) Sistema de extinción de incendios

Las estaciones deberán equiparse con los elementos de protección contra incendios que obligue la normativa nacional e internacional vigente teniendo en cuenta que todas las medidas a adoptar deben ir orientadas, en primer lugar, a garantizar la seguridad de las personas. Los sistemas de extinción que debe disponer la estación son:

- Sistema de hidrantes.
- Sistema de columna seca.
- Bocas de incendio equipadas.
- Extintores.
- Extinción automática.

1.4.11.6. ALUMBRADO GENERAL

El diseño del sistema de iluminación contempla su alimentación desde los sistemas de distribución de energía en baja tensión, los cuales en caso de ser necesario podrán ser duplicados trabajando en forma redundante:

- Servicio normal. Alimentado desde el tablero general de la red de baja tensión.
- Servicio preferencial o crítico. Este servicio garantiza, en caso de fallo del suministro general, un nivel de alumbrado mínimo no inferior al 30% del alumbrado general.

El alumbrado general (el cual consta de las luminarias incluidas en el servicio normal y en el servicio preferencial o crítico) deberá diseñarse contemplando una distribución de luminarias alternativa.

Será a base de luminarias fluorescentes o de tecnología led. En caso de ser del tipo fluorescente, serán ahorradoras de energía, a prueba de polvo, tipo arranque rápido, equipadas con balastro electrónico y tubo fluorescente, blanco frío y con una vida útil promedio de 30,000 horas.

El alumbrado en estaciones superficiales y recorridos en superficie será a base de luminarias de intemperie.

Los niveles de iluminación mantenidos a considerar cumplirán la norma UNE EN 12464.1 Siendo los siguientes:

	ÁREA/LOCAL	LUXES PROMEDIO
1	Andenes	300
2	Salas técnicas	300
3	Vestíbulos	200
4	Pasillos	200
5	Escaleras peatonales	250
6	Escaleras mecánicas	250
7	Sanitarios	150
8	Salidas de emergencia	150
9	Vestuarios	150
10	Salas de limpieza	150
11	Dependencias de personal	150
12	Salas de espera	150
13	Almacenes	75

	ÁREA/LOCAL	LUXES PROMEDIO
14	Salas de ventilación	50
15	Fosas sépticas	50
16	Pozos de bombeo	50
17	Túnel	50

A) Alumbrado de emergencia

Se contará con alumbrado de emergencia el cual tiene por objeto evitar el pánico y guiar al usuario fuera de la estación o a un lugar adecuado, en caso de fallo del sistema de alumbrado general.

El alumbrado de emergencia se realizará mediante aparatos autónomos. Estas luminarias se alimentarán directamente del Tablero general, por lo que, en caso de fallo de la alimentación de este cuadro, las luminarias autónomas entrarán en funcionamiento.

Serán equipos con batería de 1 h de autonomía, estancos al polvo y salpicaduras de agua. En condiciones de operación en emergencia, la luminaria deberá encenderse durante un tiempo mínimo de 60 minutos o bien hasta que quede restablecido el alumbrado general. Una vez restablecido el servicio de alimentación principal, la luminaria de emergencia se apagará para cargar su batería interna.

En presencia del alumbrado general, las luminarias autónomas deberán mantener en óptimas condiciones de carga sus baterías.

Los valores de luminosidad orientativos son los siguientes:

	ÁREA/LOCAL	LUXES PROMEDIO
1	Andenes	5
2	Vestíbulos	5
3	Escaleras	5
4	Salidas de emergencia	5
5	Pasillos	5
6	Dependencias técnicas	5
7	Cabina del jefe de estación	5
8	Taquilla	5
9	Resto de dependencias	5

1.4.11.7. ELEMENTOS A INTEGRAR EN EL FALSO TECHO

Las instalaciones a integrar en el falso techo son las siguientes:

- Iluminación.
- Iluminación de emergencia.
- Detección de incendios.
- Franjas y carteles informativos, direccionales, etc.
- Pantallas de información al pasajero.
- Video vigilancia.
- Megafonía.

1.4.11.8. PLANEAMIENTO Y URBANISMO

Deberá estudiarse el planeamiento urbanístico vigente en la zona de afectación de las estaciones. Para ello se realizarán los planos y toda aquella documentación necesaria para definir correctamente los condicionantes urbanísticos del lugar, incluyendo los POTs de los municipios del área de influencia del corredor y los proyectos urbanísticos futuros que puedan estar proyectados en cada municipio.

En el caso de que las obras no se adecuen al planeamiento urbanístico, será necesario especificar las modificaciones necesarias y el procedimiento administrativo para que así lo sea.

1.4.11.9. ESTUDIOS FUNCIONALES

El Estudio de Tránsito y Transporte debe establecer las demandas con proyecto dentro unos escenarios con sus proyecciones a corto, mediano y largo plazo (por ejemplo: entrada en operación, 5, 10, 15 y 20 años), en particular la demanda de pasajeros y en función de está se debe establecer la infraestructura necesaria en términos cantidad y dimensiones para accesos, rampas, andenes, número de escaleras fijas, escaleras eléctricas si se llegasen a necesitar, pasillos (bandas transportadoras) y estacionamientos.

Se destacarán los criterios utilizados en el diseño de las estaciones, especificando especialmente:

- Criterios de funcionalidad, movilidad y accesibilidad.
- Criterios de confort al pasaje y al personal de servicio.
- Criterios de seguridad.
- Criterios de mantenimiento de la explotación.
- Criterios estéticos/arquitectónicos.

En base a estos criterios, se realizará una definición funcional y volumétrica de las diferentes estaciones así como la distribución y dimensionado de los diferentes espacios: accesos, vestíbulos, andenes, locales de servicio, etc. Deberá favorecerse al máximo la

movilidad y la accesibilidad de estos espacios entre ellos; acortando siempre que se pueda los recorridos necesarios entre el exterior y los andenes.

1.4.11.10. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

El ORIGINADOR realizará los estudios climáticos e hidrológicos necesarios que incluyen, como mínimo, las siguientes actividades:

- Recopilación de datos climatológicos, pluviométricos y de aforos.
- Cálculo de precipitaciones para distintos periodos de retorno.
- Cálculo de caudales de proyecto.

Estos estudios aportarán todos los datos necesarios para el diseño hidráulico de la red de desagües de la estación.

Para la evacuación de todos los caudales de pluviales de la zona del Proyecto se analizará la red de saneamiento existente y la evacuación de dichos caudales a la misma.

1.4.11.11. MOVIMIENTO DE TIERRAS

A partir de los resultados del reconocimiento geotécnico se obtendrán los datos necesarios para realizar el estudio del movimiento de tierras.

1.4.11.12. ESTRUCTURAS

El Proyecto se desarrollará utilizando la normativa vigente en todo lo que se refiere a acciones, materiales y demás elementos constructivos de la obra.

El Proyecto justificará y definirá adecuadamente las soluciones de cimentación propuestas para las estructuras y obras de paso, incluyendo:

- Los datos del estudio geotécnico considerados
- La justificación del tipo de cimentación
- Los cálculos referentes a capacidad portante, asientos u otras condiciones de estabilidad
- Los cálculos estructurales de predimensionado

Se indicarán los parámetros geotécnicos y los coeficientes de seguridad adoptados en los cálculos, así como la normativa nacional o extranjera seguida o las correspondientes referencias bibliográficas de las correlaciones utilizadas.

Cuando sea pertinente se detallarán las medidas auxiliares (mejora del terreno, agotamientos, entibaciones, etc.) necesarias para la ejecución de las cimentaciones.

1.4.11.13. ESTUDIO DE EVACUACIÓN

Se realizará un estudio de evacuación para garantizar el cumplimiento de los recorridos de evacuación de los pasajeros de las estaciones teniendo en cuenta los criterios de evacuación establecidos según la normativa en vigor.

Se deberá cumplir como mínimo con la NFPA-30 para espacios de pública concurrencia y de sistemas de transporte ferroviario.

1.4.11.14. DESVÍOS PROVISIONALES

El ORIGINADOR deberá justificar en el proyecto la necesidad de realización de desvíos provisionales de redes y tráfico para la realización de las obras e incluir las medidas a tomar y el valor de las mismas en el análisis de costos o presupuesto de inversión del proyecto.

1.4.11.15. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Se realizará un estudio de los métodos constructivos a utilizar según las soluciones propuestas, delimitando las partes (o zonas) de la obra afectadas, definiendo las fases y la duración de su ejecución.

Se incluirán los croquis explicativos necesarios o planos en planta y alzado, necesarios para su mejor entendimiento.

Se deberá valorar su coste, que se incluirá en el presupuesto estimativo de las obras.

1.4.12. SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

El sistema LRT propuesto para el corredor de occidente Estación de la Sabana – Facatativá, 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.

1.4.12.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

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

El sistema eléctrico del sistema LRT 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.

En dependencia del tipo de carga a alimentar, la energía se transporta por cada uno de estos dos anillos:

Anillo de Instalaciones: Suministra energía eléctrica a todos los Centros de Transformación del sistema LRT propuesto (estaciones, Patios y talleres, etc.)

Anillo de tracción: Suministra energía eléctrica a todas las subestaciones de tracción.

Los centros de transformación estarán situados en los diferentes puntos de consumos y son los encargados de transformar la energía eléctrica entre la tensión de distribución proveniente del anillo de distribución y la tensión alterna necesaria para la alimentación de los diferentes equipos a alimentar.

Las subestaciones de tracción transforman y rectifican la corriente alterna de entrada proveniente del anillo de distribución de tracción para conseguir la tensión de alimentación del material rodante. Esta energía de corriente continua se transporta entre las subestaciones de tracción y el material rodante a través de un elemento de distribución llamado línea aérea de contacto o catenaria.

El circuito eléctrico de suministro de los trenes se cierra a través de los raíles que forman la vía, conectando de manera inversa a la catenaria, el material rodante con las subestaciones de tracción.

1.4.12.2. UBICACIÓN Y NÚMERO DE SUBESTACIONES ALIMENTADORAS

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

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

“Las subestaciones de tracción en adelante denominadas SET (creemos que hay un error, e interpretamos estas como subestaciones de alimentación) estimadas a construirse son 3, ubicadas según los planos, y se conectarían a 34,5 kv, alimentándose de las subestaciones Mosquera y Fontibón de propiedad de CODENSA y de la subestación Facatativa propiedad de la empresa de energía de Cundinamarca EEC”

El estudio a entregar por el originador debe recoger dos fases fundamentales:

Estudio de la ubicación de tres receptoras para la primera línea de Metro de Bogotá.

Estudio del funcionamiento de toda la red del sistema LRT propuesto, a partir de las 3 alimentadoras previstas.

1.4.12.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ALIMENTADORAS

Las tres subestaciones Alimentadoras deberán estar dimensionadas de manera que en caso de fallo o pérdida de suministro de una de ellas, las otras dos 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.

Para el cálculo de la potencia de tracción se debe partir de los resultados obtenidos en las simulaciones de tracción con las cuales se dimensionarán y ubicarán las subestaciones de tracción.

Para el cálculo de las potencias de instalaciones previstas, se deberá hacer un estudio completo teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes parámetros:

- Potencias instaladas en cada punto (estaciones, talleres, patios,...).
- Factores de simultaneidad aplicados.
- Reserva para incrementos de potencias en el futuro.

1.4.12.4. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL GENERAL DE LAS SUBESTACIONES ALIMENTADORAS

Preferentemente las subestaciones Alimentadoras se alojaran en un edificio interior compuesto de una o dos plantas más una galería de cables transitable en la planta -1, siendo la distribución de equipos orientativa la siguiente:

- Planta -1: Galería de cables que permita acceder e interconectar las diferentes dependencias de la planta 0, así como la entrada de las dos líneas de acometida de la compañía y la salida de los anillos de distribución.
- Planta 0: Aparata de cliente de AT, transformadores de potencia y sala de celdas de Media Tensión (Tensión de distribución de los anillos de distribución).
- Planta 1: Ventilación forzada de los transformadores (situada justo encima de los transformadores), salas de control, transformadores de servicios auxiliares (MT/BT), otros servicios auxiliares de suministro (grupos electrógenos, baterías, acometida de reserva,...), dependencias auxiliares (sala de tablero de BT, sala de comunicaciones, sala de extinción de incendios,...)

La subestación Alimentadora deberá disponer como mínimo de dos accesos (uno principal y una salida de emergencia), debiendo existir en todos los puntos de la Alimentadora dos rutas alternativas de evacuación. Las diferentes dependencias de las Alimentadoras deberán sectorizarse con las adecuadas medidas pasivas para garantizar sectores de incendio independientes.

La galería de cables deberá ser accesible mediante doble acceso con rutas de evacuación alternativas para permitir la evacuación en caso de emergencia. Tanto los accesos como los pasillos de las galerías han de ser suficientemente anchos y altos para facilitar el cómodo tránsito de personas para la realización de tareas de mantenimiento como para realizar ampliación de instalaciones.

Se deberá planificar la distribución de las galerías previendo las sectorizaciones de las mismas para garantizar una alta disponibilidad de la Alimentadora. Las galerías deberán tener prevista la ventilación mediante la existencia de pozos de ventilación que comuniquen la galería con el exterior. A no ser que los cálculos indiquen que es preciso el uso de una ventilación forzada, en principio, la ventilación de las galerías será por convección natural.

En el caso de que la integración urbanística por la ubicación de la Alimentadora lo permita, los transformadores de potencia estarán ubicados en intemperie, permaneciendo el resto de equipamiento mencionado en un recinto interior adyacente. Esta configuración facilita la refrigeración del transformador, pudiéndose prescindir de la ventilación forzada de los transformadores y reduciéndose el peligro de los transformadores en caso de incendio.

La distribución deberá facilitar la entrada y salida de los diferentes materiales, así como prever la fácil y rápida sustitución de cualquier equipo en caso de necesidad. Para el mismo fin, se preverán los equipos necesarios para el montaje, desmontaje, sustitución o mantenimiento de los equipos existentes como pueden ser puertas o accesos previstos,

puentes grúa, elementos de sujeción, cestas, grúas, ... Debido al gran tamaño, especialmente previsto tiene que estar el recorrido y maniobras de los transformadores de potencia, recurriendo al uso de carriles embebidos en el suelo para facilitar el movimiento de los mismos en las zonas de recorrido interior al recinto.

1.4.12.5. CONEXIÓN A LA RED DE ALTA TENSIÓN

Las subestaciones Alimentadoras que se indica se conectaran a la red de 34,5 Kv, por consideraciones de perdidas en los sistemas de distribución y por motivos de seguridad y disponibilidad de la red primaria, se recomienda sea analizada la posibilidad de una conexión preferentemente a la red de 230 KV. Como alternativa, siempre que no sea viable una conexión a 230 KV, se conectarán a la red de 115 KV, o a la tensión inferior inmediata disponible en la red de la zona del área de influencia del corredor, en caso de ser posible esta modificación la distribución se hará a 34,5 Kv.

La conexión con la compañía correspondiente se realizará mediante doble línea de alimentación, a circuitos diferentes e independientes previo análisis de la red nacional de distribución en alta tensión (sistema interconectado) y de los registros históricos de disponibilidad de los mismos, para aumentar la disponibilidad. Estas conexiones entrarán en la subestación Alimentadora a través de la galería de cables, mediante cables aislados. (en la actualidad el nivel de tensión de los cables aislados es de 34.5 KV., se debe consultar con la Empresa suministradora del servicio, la posibilidad de tener alimentación a 115 o 230 KV. Con cable aislado a este nivel de tensión.

Para subestaciones Alimentadoras diferentes es interesante que el origen de las conexiones sea lo más independiente posible, de manera que un fallo en una línea, una subestación o una zona de la ciudad nunca afecte a más de una Alimentadora.

En función de la forma de conexión con la compañía, es posible que la compañía precise un espacio para los equipos de entrega. En ese caso, este espacio se preverá en la planta 0 y también se deberán prever accesos independientes para el personal de la compañía proveedora de la energía.

1.4.12.6. SALA DE ALTA TENSIÓN

Las dos líneas de conexión entrarán en la sala de Alta Tensión a través de la galería de cables. En la sala de Alta Tensión estarán las celdas de Alta Tensión, construidas con la tecnología GIS, con celdas compactas y blindadas en SF6, debido a la limitación de espacio.

El esquema de Alta Tensión será con doble barraje, a los cuales conectarán las dos celdas de acometida de cada una de las dos líneas. Para conectar un barraje con el otro habrá una celda de acoplamiento de barras y por último habrá una celda de salida hacia cada transformador.

No obstante, debido a la fuerte interrelación con el esquema de aguas arriba de compañía, se deberá acordar y validar el esquema unifilar con la compañía con la que se realice la

conexión. De la misma manera, se deberá acordar con la compañía la ubicación de los equipos de medida a instalar.

Si las negociaciones con la compañía así lo corroboran, preferentemente se instalarán los equipos de medida al en las posiciones de salida hacia cada transformador. Esta ubicación permite el funcionamiento de la instalación con los dos interruptores de acometida cerrados, así como el acoplamiento de barras, permitiendo esta circunstancia una continuidad del servicio sin corte en caso de problema en alguna de las dos acometidas, aumentándose las prestaciones del servicio en ese caso.

En lo relativo al dimensionamiento del equipamiento de medida, es preciso prever el funcionamiento del mismo con potencias inferiores a las calculadas para la situación final (puesta en funcionamiento de un tramo inferior al total, fase de pruebas, potencia prevista para cubrir parte de otra línea aún no construida,...).

Es importante aclarar con la compañía el calibre y las relaciones de transformación de los equipos a instalar, teniendo en cuenta que antes de llegar al régimen estacionario de funcionamiento los equipos funcionarán por debajo del rango de funcionamiento previsto.

Las instalaciones de Alta Tensión comunicarán e intercambiarán información con las instalaciones de compañía.

1.4.12.7. TRANSFORMACIÓN

Existirán un total de 3 transformadores de potencia en cada Alimentadora para transformar la tensión de entrada de la receptora (230 KV o 115 KV) a la tensión de distribución de 34,5 KV. De ellos, uno estará destinado a suministrar energía al anillo de tracción, el otro estará destinado a alimentar el anillo de instalaciones y el tercero quedará como reserva para actuar en caso de fallo de uno de los dos otros transformadores. La potencia del tercer transformador será igual a la potencia del mayor de los otros dos transformadores.

La conexión entre las celdas GIS de salida hacia los transformadores y el primario de los propios transformadores será mediante cables aislados a través de la galería de cables.

En el caso de que los transformadores estén situados en un recinto interior será necesario prever ventilación forzada tanto para la disipación del calor producido como para el desenfumage en caso de incendio. También deberán preverse compuertas cortafuegos para confinar el recinto. Además en este caso, también será preciso prever la instalación de un sistema automático de extinción de incendios.

Tanto si los transformadores están situados en interior como en exterior estarán situados en un recinto o dependencia cerrada individual, dotada de un acceso para personas, incorporando éste enclavamiento de apertura con el interruptor de alimentación del transformador correspondiente. El recinto debe respetar la distancia mínima necesaria, tanto por cuestiones de aislamiento como para permitir el acceso y movimientos del

personal durante el montaje, desmontaje o mantenimiento del mismo. Así mismo, en el caso de exterior, el cerramiento debe favorecer la ventilación del transformador.

1.4.12.8. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA HACIA EL EXTERIOR

La distribución en la tensión de distribución (34,5 KV) se realizará desde la sala de Media Tensión.

Los cables de 34,5 KV circularán entre el secundario del transformador y las celdas de media tensión situadas en la sala de media tensión a través de la galería de cables.

Desde la sala de Media Tensión habrá salidas hacia los anillos de distribución y hacia los transformadores de servicios auxiliares 34,5/0,208 KV (para alimentación en BT de los servicios de la subestación receptora).

Habrán tres barrajes, uno alimentado de cada transformador. En los extremos habrá los barrajes correspondientes a Tracción a un lado y a Instalaciones al otro. En el centro y con uniones de barras a cada barra extrema (Tracción e Instalaciones) estará la tercera barra central que tendrá conectado el tercer transformador de reserva. Las salidas hacia los anillos de distribución estarán situadas en las barras correspondientes. Habrá un total de dos celdas de protección de transformadores de servicios auxiliares, cada una conectada a cada una de las barras extremas.

Todo el equipamiento de 34,5 KV debe cumplir los siguientes requisitos:

- Seguridad del personal y del suministro.
- Facilidad de reparación / mantenimiento.
- Modularidad.

1.4.12.9. SERVICIOS AUXILIARES

La alimentación en Baja Tensión de los servicios auxiliares de la subestación receptora será a través de los dos transformadores de servicios auxiliares 34,5/0,208 KV. Estos transformadores estarán redundados y conmutados de manera que solo uno de ellos aportará la potencia necesaria para la alimentación de todos los consumos. Los consumos se dividirán entre consumos críticos y consumos no críticos.

Para garantizar el funcionamiento de los servicios críticos, en caso de no funcionamiento de los transformadores de servicios auxiliares, se estudiará la instalación de una de estas dos soluciones:

- Grupo electrógeno: situado en una dependencia propia, juntamente con el depósito de combustible. Igualmente, en función de la evaluación de riesgos, se protegerán los equipos con equipos automáticos de extinción de incendios.
- UPS: situado en la Sala de Baja Tensión.

Además de los correspondientes tableros críticos y no críticos con tensión de alimentación 280/120 3F+N, existirá un tablero de 120 Vcc, consistente en rectificador-cargador con

baterías de acumuladores con cargador automático para la alimentación de los servicios auxiliares de maniobra y control, así como el sistema de control distribuido y el telemando de la receptora.

Todos los tableros de alimentación de los servicios auxiliares estarán ubicados en una misma dependencia, donde se concentrarán

Cada transformador de servicios auxiliares estará alojado en una dependencia propia, debidamente enclavado su acceso y con los sistemas automáticos de extinción de incendios, en el caso que sean necesarios en función del riesgo que comporte el equipamiento que se instale.

Los servicios auxiliares existentes en la Alimentadora serán los siguientes:

- Ventilación
- Detección y extinción de incendios
- Alumbrado normal y de emergencia
- Tomas de corriente
- Climatización de los equipos electrónicos, si procede.
- Equipos de comunicaciones (video vigilancia, control de accesos, telefonía, megafonía, radio,...)
- Control distribuido de la Alimentadora
- Comunicaciones con el Puesto de Mando Central.

1.4.12.10. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

Los anillos de distribución de energía tienen como misión suministrar la energía procedente de las subestaciones Alimentadoras a la totalidad del sistema eléctrico de la red del sistema LRT propuesto, para la alimentación de la totalidad de los consumos de la red.

La distribución se realizara a través de dos anillos:

- Anillo de distribución de tracción: Alimenta las subestaciones de tracción.
- Anillo de distribución de instalaciones: Alimenta los centros de transformación que suministran energía a las estaciones, los pozos de ventilación, los talleres, las cocheras, los patios,...

Cada uno de los dos anillos constará de dos ramas. Cada rama transitará por un lado diferente.

La tensión de distribución prevista si se considera la sugerencia propuesta será de 34,5 KV, por tratarse de una tensión extendida a nivel de distribución en la ciudad de Bogotá.

En principio, no está previsto, pero por causas de provisionalidades, puede ser necesaria la conexión a la red pública, por lo que es interesante el tener una tensión de distribución en los anillos existente en la ciudad. No obstante, la elección de la tensión debe avalarse con el estudio correspondiente.

1.4.12.11. ANILLO DE DISTRIBUCIÓN DE TRACCIÓN

Las funcionalidades básicas del anillo de distribución de tracción serán las siguientes:

- El anillo constará de dos ramas.
- Cada rama transitará por un lado diferente
- Cada rama estará dimensionada para suministrar la energía eléctrica de todas las cargas del anillo, teniendo en cuenta las situaciones degradadas.
- Cada rama estará conectada a las Alimentadoras correspondientes.
- Cada rama del anillo estará dividida en tramos comprendidos entre dos subestaciones de tracción.
- Cada Subestación de tracción tendrá entrada/salida de cada rama. Por tanto, en cada subestación de tracción entrarán un total de 4 ramas.
- Para cada tramo de cada rama es importante minimizar el número de empalmes de los cables, para minimizar las averías de los mismos.

1.4.12.12. ANILLO DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES

Las funcionalidades básicas del anillo de distribución de las instalaciones serán las siguientes:

- El anillo constará de dos ramas.
- Cada rama transitará por un lado diferente
- Cada rama estará dimensionada para suministrar la energía eléctrica de todas las cargas del anillo, teniendo en cuenta las situaciones degradadas.
- Cada rama estará conectada a las receptoras correspondientes.
- Cada rama del anillo estará dividida en tramos comprendidos entre dos centros de transformación a alimentar.
- Cada punto de suministro (estaciones, pozos de ventilación, talleres, cocheras, patios,...) dispondrá de dos centros de transformación redundados. Cada rama del anillo alimentará a un centro de transformación diferente.
- Los tramos de las ramas no podrán tener empalmes en los cables, para minimizar las averías de los mismos.

1.4.12.13. GESTIÓN DE LOS ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN

Aunque cada instalación (subestaciones de tracción o centros de transformación) tenga dos acometidas, solo una de ellas dará suministro en un momento puntual.

En cada acometida, habrá celdas de entrada de línea que permitirán el seccionamiento de la rama correspondiente. Las celdas de acometida han de asegurar la continuidad de los circuitos de los anillos, posibilitando que todas las instalaciones conectadas dispongan de tensión.

En condiciones normales de explotación cada Alimentadora dará alimentación a un conjunto de instalaciones, estableciéndose puntos frontera por rama. La explotación de los anillos asegurará que en condiciones no degradadas todas las instalaciones recibirán

tensión de las dos ramas del correspondiente anillo. De esta manera, si en algún momento hay la necesidad de dejar sin servicio la rama desde la que se está suministrando energía, la instalación ha de poder conmutar a la otra línea sin verse afectada la explotación.

En el Puesto de Control Central PCC se tendrá conocimiento en todo momento del estado de las celdas de línea (abierta/cerrada). El operador de energía tendrá capacidad para dar la orden de apertura/cierre de estas celdas de forma remota.

La gestión de los anillos se hará desde el PCC mediante un programa de ayuda a la explotación de los mismos, que se denominará Sistema de Gestión de Energía (SGE), en base a conseguir la optimización económica de la explotación.

Los diferentes tramos de cada rama de cada anillo de distribución contarán con protecciones coordinadas para proteger el tramo correspondiente. La configuración de las protecciones se podrá hacer a distancia desde el PCC. El sistema de protección eléctrica tendrá que proteger el sistema de distribución de energía contra cualquier defecto o perturbación eléctrica ocasionada por:

- perforaciones del aislamiento de cables de potencia, por envejecimiento, corrosión, calentamiento, instalación defectuosa, etc...
- sobretensiones
- presencia de animales roedores que dañen los cables
- excesos de carga conectada a la línea
- puestas a tierra intempestivas
- falsas maniobras sobre celdas

Las perturbaciones anteriores originan cortocircuitos, sobrecargas, tensiones homopolares, sobretensiones y subtensiones. El sistema de protección eléctrica ha de ser capaz de detectar automáticamente estas perturbaciones de forma fiable, sensible y selectiva, y aislar, de manera rápida y selectiva, la parte de la instalación que ha presentado la falta, antes de que se produzcan desperfectos en los equipos. Es preciso delimitar al máximo la zona aislada, para garantizar la mínima incidencia sobre el suministro eléctrico del resto del sistema.

1.4.12.14. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN INSTALACIONES

Los Centros de Transformación son las instalaciones que permiten la transformación de la energía eléctrica desde la tensión de distribución de 34,5 KV, procedente del anillo de distribución de instalaciones hasta la tensión de utilización por parte de los consumidores finales 208/120 V (3F+N). Adicionalmente puede ser necesaria una tensión trifásica a 380 Vcc ó 440 Vca para la utilización de algunos equipamientos (escaleras mecánicas, ventiladores, equipos de taller,...) Los centros de transformación se sitúan en los puntos de necesidad de tensión de utilización, los cuales son:

- Estaciones de pasajeros.
- Talleres.

- Patios de estacionamiento
- Edificio de control y/o administrativos

En todos los puntos de consumo, donde se requiere la instalación de centros de transformación, se estudiará entre estas dos opciones de configuración de los Centros de Transformación:

- Disponer de dos Centros de Transformación redundantes, totalmente independientes entre sí, uno en reserva, provisto cada uno de transformadores alimentados de distinta rama del anillo que suministren las tensiones necesarias. En el CT se realizará entrada y salida del anillo.
- Disponer de un único CT, con transformadores redundantes que suministren las tensiones necesarias, alimentados igualmente de diferente rama del anillo, haciendo entrada y salida.

Se instalarán un total de dos centros de transformación redundantes. Cada uno de ellos ha de ser capaz de asumir el 100 % de la carga, aunque los sistemas de conmutación de Baja Tensión garantizarán que tan sólo uno de ellos aportará la carga demandada.

Cada uno de los dos centros de transformación estará conectado a una rama del anillo de distribución de instalaciones.

Los centros de transformación incluirán bandejas de cables por debajo del suelo técnico. Estas bandejas contendrán los cables de media tensión de las acometidas y los internos del Centro de Transformación, los cables de Baja Tensión y los cables de control, debidamente separados entre ellos para garantizar la compatibilidad de funcionamiento de todos ellos.

Los elementos principales que forman parte de los centros de transformación son:

- 2 celdas de acometida conectadas a la rama correspondiente del anillo de distribución de Instalaciones.
- 1 celda de grupo de protección del transformador.
- Transformadores de potencia 34,5/0,208 KV
- Conexión por cable aislado seco entre celda de grupo y primario de transformador.
- Tablero de protección de las salidas de baja tensión.
- Tablero de servicios auxiliares.
- Autómata de telemando.
- Instalaciones auxiliares: alumbrado, tomas de corriente, red de tierras, protección contra incendios, ventilación, etc.

1.4.12.15.SUBESTACIONES DE TRACCIÓN

La Red del sistema LRT dispondrá de una red de subestaciones de tracción distribuidas a lo largo del trazado, el objetivo de las cuales será transformar y rectificar la tensión alterna de suministro de los anillos de distribución (34,5 KV) en tensión continua (1.500 Vcc), para

posteriormente distribuirla al sistema de catenaria y alimentar así a todo el material rodante que circule.

A) Dimensionamiento

El dimensionamiento, número y distribución geográfica de las subestaciones de tracción se realizará mediante la realización de una simulación de tracción para el sistema. Los parámetros a considerar para realizar la simulación deben ser, sin excluir otros, los siguientes:

- Subestaciones de Tracción SETs en los tramos de la línea ubicadas en las estaciones.
- Características energéticas y de regeneración del material móvil escogido para cumplir con los requisitos de explotación establecidos
- Frecuencia máxima de explotación del sistema, para responder a la capacidad de transporte exigida en el futuro en un horizonte de 20 y 30 años.
- Características y secciones de la catenaria.

B) Criterios de funcionamiento:

El dimensionado de una subestación de tracción debe permitir que ésta asuma la carga de una subestación de tracción colateral, en cualquier condición de explotación que se haya definido, sin que ello suponga ninguna pérdida ni degradación del servicio.

Cada subestación estará formada por un mínimo de dos grupos de tracción, dimensionados de manera que uno de ellos sea capaz de aportar toda la carga requerida a la subestación de tracción, incluido el fallo total de una subestación colateral sin afectar al servicio normal.

El sistema de tracción debe diseñarse de manera que se prevea la ampliación del mismo en fases posteriores, tanto por instalación de nuevas subestaciones como por el aumento de la potencia de una subestación. En este sentido, debe preverse el espacio para la instalación de un grupo de tracción adicional.

La catenaria de alimentación de los trenes se dividirá en secciones de línea y cada sección de línea se alimentará por dos subestaciones de tracción. La conexión a la catenaria será del tipo "pi", conexión típica de sistemas metropolitanos, de manera que en condiciones normales de explotación, cada vehículo recibirá energía eléctrica procedente de las dos subestaciones que le sean colaterales. Cada subestación de tracción tendrá capacidad para alimentar en solitario las dos secciones de línea compartidas con sus subestaciones colaterales.

En las subestaciones de tracción existirán dos conexiones de servicio, conectadas cada una de ellas a una rama del anillo de tracción de 34,5 KV. Se dispondrá de celdas de acoplamiento de barras conectadas a cada rama del anillo, que permiten alimentar desde

las dos ramas del anillo SET. De esta manera, la caída de una de las líneas de 34,5 KV no afecta al normal funcionamiento de la subestación de tracción.

Los grupos de tracción deberán dimensionarse para soportar los siguientes valores de sobrecarga:

- 100% permanentemente
- 150% durante 2 horas
- 300% durante 1 minuto

Los servicios auxiliares de la subestación de tracción se alimentarán a través de dos transformadores 34,5KV/BT redundantes. Los equipos y sistemas que por su operación requieran de una fuente segura de alimentación recibirán la energía a través de un sistema de alimentación ininterrumpida que garantice continuidad de suministro.

Además, la subestación de tracción también recibirá una línea de alimentación de la estación de viajeros que la albergue o de la estación más próxima. Esta línea asegurará el funcionamiento de los servicios críticos de la subestación.

Desde el PCC se conocerá el estado de los equipos esenciales de la subestación, y en el caso que haya alarmas o desconexiones automáticas por protecciones será inmediatamente comunicada al PCC.

Las subestaciones de tracción dispondrán del equipamiento necesario dependiendo de su ubicación y de las posibles singularidades existentes. Son especialmente remarcables las subestaciones que alimentarán a los Talleres, con grupos exclusivos para este fin.

El Originador deberá realizar un estudio de simulación eléctrica de tracción de la línea y definir el número, ubicación y potencias unitarias más adecuadas de las subestaciones de tracción, a partir de las características de la línea, vehículos y explotación definitivas.

El nivel de inyección de armónicos sobre la red eléctrica ofrecerá un nivel de distorsión armónica admisible para la compañía eléctrica suministradora.

Se deberá prever a nivel de barras de 34,5 kV, medida de energía consumida para cada Subestación de Tracción, para controlar el consumo de energía de cada acometida del anillo de tracción.

C) Criterios de seguridad:

Los requisitos exigibles a los equipos y materiales que formen parte del sistema, se elaborarán en estricto cumplimiento de la normativa nacional e internacional aplicable sobre seguridad, tanto del personal de explotación y mantenimiento del sistema, como de los propios equipos. De acuerdo con lo comentado, el diseño de las instalaciones, así como las características constructivas de los equipos, cumplirán con los siguientes requisitos generales:

- Protecciones o formas constructivas que impidan los contactos directos sobre zonas en tensión de la instalación.
- Sistemas de protección que garanticen el corte y aislamiento de las redes de alimentación en caso de fallas a tierra y cortocircuitos.
- Sistemas de puesta a tierra que eviten la transferencia de potenciales peligrosos en caso de defecto de las instalaciones y que garanticen los valores máximos admisibles de tensiones de paso y de contacto.

D) Criterios de mantenimiento

En el diseño del sistema se utilizarán criterios orientados a la facilidad de mantenimiento de las instalaciones. En este sentido, se aplicarán los siguientes criterios generales:

- Implantaciones de equipos y sistemas que permitan el fácil acceso y manipulación de todos los elementos operables de la instalación.
- Previsión de áreas para la entrada y salida de equipos.
- Modos de instalación que permitan la inspección de aquellas partes de la instalación que así lo requieran.
- La configuración establecida de alimentación de las subestaciones de tracción permitirá que cualquier acción de mantenimiento de las mismas que implique total desconexión, se pueda realizar sin afectar la explotación del sistema, y por tanto, con costes más reducidos por no ser necesario efectuarlas en horario nocturno.

En base a que las conexiones de servicio de las acometidas en cada subestación de tracción se realizan mediante doble seccionamiento de entrada y salida, cualquier tarea de mantenimiento o ampliaciones de estas líneas, se podrán realizar aislando el tramo afectado sin dejar fuera de servicio ninguna de las subestaciones de tracción del sistema.

Los transformadores de las subestaciones de tracción serán del tipo seco, con ventilación natural libres de mantenimiento.

1.4.12.16. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES

El objetivo de los sistemas de puesta a tierra es garantizar la seguridad de las personas, los equipos y las instalaciones en el caso que se produzcan defectos eléctricos a masa, contemplando los posibles contactos de tipo directo e indirecto, y en los diferentes niveles de tensión que existirán (230 KV, 115 KV, 34,5 KV, 1.500 Vcc, Baja Tensión,...)

Teniendo en cuenta la seguridad, también es prioritario reducir al máximo el riesgo de aparición de corrientes parásitas, por lo que se deberán tomar las medidas específicas adecuadas tanto en vía general como en los patios y talleres.

El diseño de los sistemas de puesta a tierra ha de responder a los siguientes criterios:

- Tendrá en cuenta todos los niveles de tensión existentes y la convivencia de los diferentes sistemas de electrificación en espacios reducidos.
- Contemplará todas las incidencias eléctricas que se puedan dar y sus simultaneidades posibles.
- Será un sistema lo más robusto y fiable posible. Hay que evitar en la medida de lo posible, sistemas que requieran mantenimientos exhaustivos.
- Será un sistema perdurable en el tiempo. Se ha de evitar el hecho de que el sistema pueda dejar de ser seguro en el caso de que las condiciones del terreno o de contorno varíen.
- Será respetuoso con instalaciones de terceros, desde el punto de vista de circulación de corrientes galvánicas. Para ello, habrá de disponerse de protecciones catódicas.
- Permitirá el correcto y sencillo mantenimiento de las instalaciones.

1.4.12.17.ALTA TENSIÓN

Las instalaciones de Alta Tensión estarán formadas por celdas blindadas según tecnología GIS con conductores aislamiento en SF6. La configuración prevista será un sistema de doble barraje. En total, habrá un total de 6 posiciones:

- 2 posiciones de acometida: donde se conectarán las dos líneas provenientes de la compañía suministradora.
- 3 posiciones de protección: hacia cada uno de los 3 transformadores de potencia.
- 1 posición de acoplamiento.
- Las celdas tendrán las características siguientes (para el caso de conexión a la red de 230 KV):
- Tensión de aislamiento: 245 KV.
- Aislamiento en SF6.
- Tres compartimentos de barras en atmosfera aislante de gas SF6, uno por fase.
- Envolverte metálica.
- Diseño modular.

Los cables, tanto de las líneas de acometida, como los de conexión con los transformadores, se conectarán a través de botellas terminales a las celdas, mediante módulos de conexión de cable seco. La conexión se realizará en la parte inferior de las celdas, enlazando con las galerías de cables.

Las celdas estarán constituidas por diferentes módulos montados sobre un bastidor común. Los módulos, construidos en fábrica, se ensamblarán entre si in situ. Los diferentes módulos incluirán los equipos de alta tensión (seccionadores, disyuntores, transformadores de medida,...), así como los barrajes. Cada módulo estará formado por una envolvente metálica y estanca aislada con gas SF6. Cada módulo tendrá controlada la presión del gas del mismo.

El punto frontera entre la compañía y el abonado serán las terminales de las celdas de salida de las dos líneas de las instalaciones de compañía.

La conexión entre la compañía y el abonado será por cable aislado del tipo seco a través de las galerías de cables, a no ser que las instalaciones de compañía estén en una ubicación y situación que permitan una conexión directa en tecnología blindada.

Se preverá el sistema de comunicación e intercambio de información entre la compañía y el abonado, mediante sistemas de Fibra Óptica, buses de comunicaciones

1.4.12.18. TRANSFORMACIÓN

Las características básicas de los transformadores serán las siguientes:

- Transformadores trifásicos a 60 Hz para instalación en intemperie/interior.
- Tipo aislado y refrigerado en aceite.
- Refrigeración natural al aire (ONAN) o forzada (OFAF), según cálculos.
- Grupo de conexión Dy5
- Neutro del secundario conectado a tierra mediante resistencias de puesta a tierra.
- Relación nominal de transformación: 230/34,5 KV
- Potencia nominal: Según estudios de cargas.

Los cables de entrada que provienen de las posiciones de salida de la sala de Alta Tensión entrarán en la celda del transformador por debajo, provenientes de las galerías de cables, para conectarse al primario del transformador mediante las correspondientes bornas. De la misma manera los cables de salida de 34,5 KV, conectados a los secundarios de los transformadores, circularán hasta la sala de Celdas de 34,5 KV a través de las galerías de cables.

Cada transformador dispondrá al menos de los siguientes elementos de protección: Termómetro de contacto, imagen térmica, transformador de intensidad monofásico para protección del recipiente, Relé Buchholz.

Cada transformador se mantendrá aislado del suelo mediante zapatas aislantes no higroscópicas montadas entre el recipiente y el tren de rodaje.

1.4.12.19. MEDIA TENSIÓN

Las celdas de 34,5 KV tendrán las siguientes características eléctricas:

- Celdas tipo interior.
- Aislamiento en SF6 o aire.
- Tensión nominal: 36 KV
- Barraje simple
- Grado de protección de componentes de alta tensión: IP-65.
- Tensión de los circuitos de control: 110 Vcc.
- Intensidad nominal del barraje: Según cálculos.
- Intensidad nominal de las derivaciones de conexión de servicio: Según cálculos

Las celdas de protección del transformador y las de salida hacia los anillos de distribución serán con disyuntor.

El dimensionamiento de las barras y de las protecciones será acorde a las potencias circulantes.

Todo el equipamiento de 34,5 KV debe cumplir los siguientes requisitos:

- Seguridad del personal y del suministro: Instalación equipada con un completo sistema de enclavamientos mecánicos y eléctricos que aseguren la imposibilidad de realizar maniobras peligrosas para la instalación y para el personal de operación. También ha de poseer una adecuada protección frente a elementos agresivos externos tales como insectos, humedad, ambientes corrosivos, etc..., por lo cual son necesarias celdas totalmente estancas, blindadas, con aislamiento en gas SF6 o aire y con el adecuado sistema de control de la presión del gas. Igualmente y para evitar la propagación de arcos eléctricos, así como las sobre presiones producidas por estos, es imprescindible una compartimentación total de cada celda mediante compartimentos estancos que contengan en su interior los equipos, (seccionadores, barras, interruptores,...). Las operaciones de desconexión se realizarán siempre a través del interruptor automático, único dispositivo con capacidad de cortar la corriente nominal y los eventuales cortocircuitos. Los seccionadores se accionarán siempre en vacío.
- Facilidad de reparación / mantenimiento: Todas las celdas han de ser fácilmente sustituibles, incluidas las centrales, sin necesidad de mover las celdas adyacentes. Se requiere un elevado grado de compartimentación, pudiéndose acceder con facilidad a cualquier elemento interno. El interruptor automático ha de poder ser extraído con facilidad con la ayuda de un carretón de transporte, sin que sea necesaria la extracción de toda la celda. Los transformadores de intensidad serán del tipo tórico instalados al aire sobre cables de forma que permitan la manipulación por el operario sin necesidad de corte de tensión. Con el objetivo de facilitar y homogeneizar en lo posible las tareas de maniobra y mantenimiento, todas las celdas deberán ser del mismo tipo y constitución y a ser posible de las mismas dimensiones.
- Modularidad: El diseño de la instalación ha de permitir la ampliación futura de la instalación de una forma sencilla y rápida, sin necesidad de modificaciones substanciales.

1.4.12.20. SERVICIOS AUXILIARES

Como se ha comentado en el apartado funcional, existirán tres tableros diferentes:

- 208/120 V 3F+N Sistemas críticos.
- 208/120 V 3F+N Sistemas no críticos.
- 110 Vcc

En el interior de cada tablero se instalará los interruptores adecuados para realizar la protección magnetotérmica y diferencial de cada una de las salidas hacia los diferentes

servicios de la alimentadora. Los interruptores tendrán como mínimo el poder de corte obtenidos en los cálculos de cortocircuitos. Las desconexiones serán automáticas, con posibilidad de accionamiento manual. Se instalarán regletas de bornas diferenciadas para salidas de potencia y para señalización y control. Todos los elementos de protección tendrán contactos libres de tensión que estarán conectados al PLC de Servicios Auxiliares para la monitorización del estado de las líneas. Los tableros estarán contruidos en chapa metálica.

Los tableros serán totalmente accesibles por la parte delantera y la entrada y salida de cables se harán por la parte inferior. Los tableros y salidas estarán debidamente identificados mediante rotulación. Toda los interruptores estarán debidamente protegida contra contactos involuntarios con las manos.

Los elementos de medida como voltímetros y amperímetros, así como los pilotos de señalización serán visibles desde el exterior sin necesidad de apertura de las puertas

Los rectificadores-cargadores de baterías, necesarios para obtener el 110 Vcc a partir de corriente alterna contendrán los siguientes equipos:

- Rectificador-cargador de baterías, que transformará la tensión alterna de entrada en tensión continua.
- Conjunto de baterías de plomo estanco, instaladas en armario autoventilado.
- Módulo de control.
- Interruptores magnetotérmicos de protección.
-

La autonomía mínima del grupo electrógeno debe ser de 24 horas. El grupo electrógeno estará instalado sobre una bancada metálica, la cual estará fijada al suelo mediante zapatas aislantes con la función tanto de aislar el equipo eléctricamente del suelo como de evitar la transmisión de vibraciones y ruidos. El depósito de combustible se ubicará próximo al grupo electrógeno. El grupo electrógeno tendrá un cuadro de control dotado de un microprocesador que proporcionará el mando y control del grupo de manera automática o manual.

La ventilación se dimensionará en base a un estudio inicial, donde se analizarán las cargas térmicas de los equipos de la receptora. El aire de renovación se introducirá directamente desde el exterior. El sistema de ventilación expulsará el aire interior hacia el exterior y se deberá garantizar que no haya recirculación que provoque que vuelva a entrar por el sistema de captación de aire fresco el aire saliente, por lo que es preciso separar adecuadamente los puntos de captación y extracción. Las siguientes salas contarán con ventilación forzada: celdas de transformadores de potencia (si no son exteriores), sala de Alta Tensión, salas de transformadores de servicios auxiliares y sala de grupo electrógeno. Se preverán los sistemas de silenciadores que sean precisos para garantizar un comportamiento acústico confortable en el interior de la receptora y según las normas en el exterior de la misma.

Se estudiará la climatización para las salas que contengan equipos electrónicos: sala de control Alta Tensión, sala centralizada de control de la receptora y la sala de comunicaciones.

1.4.12.21. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

A) Celdas

Tanto en subestaciones de tracción como en centros de transformación las celdas de media tensión serán de barraje simple.

Las celdas de acometida de las subestaciones de tracción tendrán las siguientes características:

- Indicadores de presencia de tensión
- Zócalos y conectores rectos para cables (nº y sección según cálculos).
- Disyuntor.
- Seccionador trifásico de 3 posiciones (cerrado-abierto-puesta a tierra) de acometida a barras de accionamiento en vacío
- Transformadores de intensidad toroidales

Para proteger las líneas, las diferentes protecciones deben tener coordinación amperimétrica y cronométrica. Los relés de protección de las posiciones incorporarán funciones de protección contra sobre corrientes y cortocircuitos de fases y homopolar.

En función del escenario de explotación que se proponga, se habrán de coordinar las protecciones para mantener la selectividad del sistema. En caso de fallo, se dispara la protección correspondiente y se aísla el tramo afectado.

B) Cables

Los cables unen diferentes puntos consumidores de los anillos. Así en el caso de los anillos de distribución, existirán uniones directas de cables entre las celdas de acometida de una subestación de tracción y su colateral. En el caso del anillo de instalaciones, los cables unirán las celdas de acometida de un centro de transformación y las celdas de acometida del siguiente.

En el caso de los tramos de anillo entre subestaciones de tracción se deben minimizar los empalmes, dimensionando el tamaño de las bobinas para ello. De la misma manera, y dado que la distancia entre centros de transformación es menor, los tramos de cable entre celdas de acometida no deben tener empalmes, para minimizar averías posteriores.

En caso de realización de empalmes, se habrá de garantizar la continuidad del cable, tanto en lo que respecta al conductor como al apantallamiento del mismo, elaborando deflectores de campo adecuados en los terminales, para evitar solicitaciones eléctricas excesivamente localizadas. El conjunto de empalmes habrá de mantener las mismas características de estanqueidad, resistencia mecánica y solicitaciones térmicas y electromecánicas a

cortocircuitos que el resto del cable. En estos empalmes, es de vital importancia eliminar la capa semiconductor sobre el aislamiento. En cualquier caso, una vez instalados los cables, deberá comprobarse el correcto aislamiento de todo el cable, para detectar puntos dañados del mismo y para comprobar el estado de los empalmes, en el caso que los hubiera.

La cubierta de los cables, deberán ser de características que minimicen los efectos de un incendio:

- No propagador de incendios
- No propagador de la llama
- Baja emisión de humos
- Nula emisión de ácidos halógenos y tóxicos
- Libre de halógenos
- Baja corrosividad de los humos

La ubicación de los cables dependerá de la configuración de las diferentes secciones (exterior o viaducto). En las demás secciones dependerá de la configuración que se prevea con canalizaciones para instalaciones u otras soluciones. En cualquier caso, la sujeción debe soportar los esfuerzos mecánicos que puedan ocasionar las sobrecargas que puedan producirse.

1.4.12.22.CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

A) Celdas de Media Tensión

Las celdas de media tensión de 34,5 KV formarán un barraje simple, formado por tres celdas, dos de acometida y una de grupo, serán accesibles frontalmente y se preverá el espacio para el acceso de los cables. Las celdas tendrán las siguientes características generales:

- Aislamiento en SF6 o aire.
- Tensión de funcionamiento: 34,5 KV.
- Barraje simple.

El Barraje estará dimensionado según la capacidad de transporte nominal del anillo de distribución.

Las características de las celdas del anillo de distribución constan en el apartado correspondiente a Distribución.

La celda de grupo será con interruptor automático de corte en vacío y seccionador de tres posiciones (conectado-desconectado-puesta a tierra) en serie con él. Las celdas estarán motorizadas, permitiendo el accionamiento del interruptor automático en local o a través del telemando. El interruptor automático y el seccionador de puesta a tierra serán independientes pero estarán enclavados para no poder conectar el interruptor automático con el seccionador de puesta a tierra cerrado ni viceversa.

Las celdas incluirán todos los equipos o aparatos de protección y medida que sea necesarios, la cual será telemandada desde el sistema de Control Distribuido del Centro de Transformación. La alimentación de las maniobras será a 110 Vcc, mediante el suministro de una fuente de alimentación + baterías.

B) Transformador

Los transformadores se alojarán en celdas específicas. Las puertas de acceso (tanto la de entrada de material como la de entrada de personal) estarán enclavadas, de manera que se evite su apertura si el transformador está energizado. Deberán cumplir con las normas NTC 2050, RETIE y de Codensa S.A. relacionado con las celdas para transformadores en aceite o tipo secos según el caso.

Las dimensiones de la celda del transformador será suficiente para mantener las distancias eléctricas necesarias y para permitir el acceso del personal de mantenimiento por todos los costados del transformador. La celda dispondrá del sistema de ventilación adecuado para permitir la correcta refrigeración del transformador.

Los transformadores pueden ser de dos tipos:

- Transformadores de aceite.
- Transformadores secos.

Los cables de media tensión provenientes de la celda de grupo transitarán a través de las bandejas situadas en el falso suelo para acceder al transformador desde éstas mismas.

Del secundario del transformador partirán los cables de baja tensión, que conectarán con el Tablero correspondiente de la Sala de Baja Tensión mediante las protecciones eléctricas de salida del Centro de Transformación correspondientes.

1.4.12.23. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La instalación a prever dependerá de la tipología del transformador a instalar. Así, para todos los casos, será necesaria la instalación de sistemas de detección de incendios conectados con la centralita de incendios instalada en la estación.

En el caso de que los transformadores instalados sean de aceite, se instalará un sistema de extinción automática, preferentemente por agua nebulizada y la celda del transformador debe sectorizarse adecuadamente con las medidas pasivas que garanticen el confinamiento del incendio en caso de producirse.

1.4.12.24. SUBESTACIONES DE TRACCIÓN

Las Subestaciones de Tracción incluirán los siguientes elementos:

- Celdas de 34,5 KV para la alimentación desde el anillo de distribución de tracción.

- 2 transformadores de tracción y previsión de espacio para un tercero.
- Rectificadores de potencia a 1.500 Vcc, tensión de alimentación de la catenaria.
- Celdas de corriente continua a 1.500 Vcc para la salida de feeders y retornos.
- 2 Transformadores para la alimentación de los servicios auxiliares.
- Servicios auxiliares de la subestación (alumbrado, tomas de corriente, ventilación forzada, climatización, detección automática de incendios, extintores portátiles,...)
- Sistemas de alimentación ininterrumpida para las cargas críticas.
- Sistema integrado de control distribuido e integración en el sistema de telemando de energía.
- Red de puesta a tierra.
- Obra civil asociada

Las instalaciones dispondrán de equipos y sistemas de potencia de última generación (rectificación dodecafásica, celdas de 34,5 KV modulares y sofisticados sistemas de control distribuido que permitirán su funcionamiento automático y seguro.

Las subestaciones de tracción estarán situadas en recintos específicos situados en las estaciones de pasajeros. En secciones exteriores o viaducto, si bien se considera mejor para reducir el impacto visual, la colocación de las subestaciones de tracción junto a las estaciones de pasajeros, podrán ubicarse previa autorización en el lugar óptimo, de acuerdo con la ubicación resultante de la simulación de tracción correspondiente.

A) Instalaciones de Media Tensión

La tipología de la subestación de tracción es de interior, con celdas de media tensión de 34,5 KV.

Se dispone de una celda de 34,5 KV de protección de cada grupo transformador – rectificador, que protege contra cortocircuitos y sobrecargas (sobretensión, sobre intensidad, bajo voltaje, imagen térmica y frecuencia).

Los transformadores de las subestaciones de tracción serán del tipo seco, con ventilación natural libres de mantenimiento.

También habrá dos cabinas de protección de los dos transformadores de servicios auxiliares, que protegen contra cortocircuitos y sobrecargas.

Todos los transformadores (de tracción y auxiliares) disponen de sonda de control de temperatura, con señal de alarma y apertura por sobre temperatura.

B) Instalaciones de corriente continua

Las cabinas de corriente continua serán del tipo modular, constando de un embarrado de tres polos (positivo, negativo y by-pass). Todos los elementos de seccionamiento serán motorizados, alimentados a 110 Vcc. Se preverá acceso para el personal de mantenimiento a través de un pasillo posterior.

Las subestaciones de tracción tipo tendrán un total de 4 cabinas de feeder, 1 de by-pass y una de retornos. No obstante, la composición final de cabinas dependerá del esquema de alimentación a la catenaria en cada caso.

La rectificación se realizará mediante dos puentes de Graetz trifásicos conectados en paralelo, obteniendo rectificación dodecafásica.

Las cabinas de feeder dispondrán de un disyuntor extrarrápido de corriente continua extraíble y un seccionador de by-pass. Estarán equipadas con la aparamenta de medida y relés digitales de protección con las siguientes funciones:

- EDL (Ensayo de Línea): Este dispositivo servirá para verificar el aislamiento y la resistencia de aislamiento de la catenaria y permitirá un reenganche automático rápido. La resistencia de la catenaria será medida haciendo pasar por ella una corriente de ensayo.
- DDT (Comparador de Tensión): En el caso que en el momento de conectar un feeder ya exista tensión en línea debida a otra subestación de tracción colateral, será necesario que antes de cerrar automáticamente el extrarrápido, se analice la tensión en catenaria comparándola con la tensión de salida de los rectificadores de la subestación y bloqueando la conexión en caso que la diferencia supere un umbral de seguridad.
- DDL (Defecto de Línea): Por medio de un sistema comparador detecta los defectos de línea y hace disparar el extrarrápido. El sistema envía una señal al equipo de arrastres de la subestación de tracción. Este equipo, conociendo que disyuntor ha disparado y el estado de los seccionadores de catenaria (información proveniente del Telemando de Energía), enviará una señal de desconexión al disyuntor de feeder correspondiente de la subestación colateral, el cual estaba alimentando en paralelo el cantón afectado por el defecto.

La salida de las líneas de feeder hacia la catenaria se realiza a través de seccionadores de feeder ubicados en la Sala de seccionadores, detallada en el apartado correspondiente a la catenaria.

El polo negativo del embarrado de corriente continuo se conecta a los cables procedentes de los carriles de vía a través de la celda de retornos, llevándose a cabo medida de intensidad para cada uno de los retornos. Las funciones principales de la celda de retornos será la vigilancia y protección contra:

- Sobretensiones entre la barra negativa (carril) y tierra.
- Defectos eléctricos de las cabinas a tierra.
- Intensidades de retorno.
- Diferencias de tensión entre barra positiva-negativa-by-pass.

Los seccionadores de catenaria ubicados en la Sala de Seccionadores adyacente a la subestación de tracción estarán integrados en la red de comunicaciones de la subestación.

C) Servicios auxiliares

Las subestaciones irán equipadas con los servicios auxiliares necesarios para garantizar una explotación segura (alumbrado normal y de emergencia, ventilación forzada, detección automática de incendios, protección antiintrusión, puesta a tierra,...), el control de los cuales estará integrado en el sistema de control distribuido general.

Cada Subestación de Tracción dispone de un cuadro general de distribución de Baja Tensión con los siguientes embarrados:

- Servicios comunes corriente alterna: Ventilación, climatización, alumbrado normal, tomas de corriente, sistema de Protección contra incendios, sala de seccionadores,...
- Servicios críticos en corriente alterna: Rectificador, subcuadro de seccionadores, Videovigilancia, tomas de corriente sala de control, alumbrado de emergencia, ondulador, compuertas de ventilación, centralita de incendios, armario de comunicaciones,...
- Servicios críticos a 110 Vcc: Puesto de mando local, maniobra y protecciones de celdas (MT y CC), cuadro Servicios Auxiliares, armario medida, seta de desconexión general, enclavamientos puertas transformadores, ondulador, alumbrado de continua,...
- Línea de Baja Tensión procedente de la estación de viajeros más próxima, para conmutación de los servicios críticos en el caso de pérdida del suministro habitual.

Cada subestación de tracción dispondrá de un sistema rectificador-cargador redundante, conectado al embarrado de 110 Vcc.

Cada subestación de tracción constará de una red de tomas de corriente de 208 V (3F+T) y otra de 120 V (2F+T)

Se dispone de un sistema de ventilación en la subestación de tracción para garantizar la evacuación de calor en condiciones nominales de funcionamiento, tanto de las diferentes celdas de transformadores, como de la sala de control, como del resto del recinto. En función de la temperatura de funcionamiento de los equipos electrónicos, puede ser preciso instalar climatización en la sala de control.

Las subestaciones de tracción tendrán sistemas de protección contra incendios, basados en sistemas automáticos de detección conectados a la centralita de incendios y equipos portátiles de extinción (extintores).

Cada subestación de tracción tendrá tres tipos de alumbrado:

- Alumbrado Normal.: Alimentado desde el Tablero de Servicios No críticos
- Alumbrado de Emergencia: Alimentado desde el Tablero de Servicios Críticos, asegura iluminación suficiente en el caso de situaciones degradadas de suministro eléctrico.

- Alumbrado de Evacuación: En caso de pérdida del resto de alumbrados, iluminación mínima para poder evacuar el recinto, alimentado de forma autónoma.

La obra civil asociada (tabiquería, puertas de acceso, suelos técnicos, forjados y otros elementos y obras) será la necesaria para el correcto funcionamiento de las subestaciones de tracción.

1.4.12.25. 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.

- **Anexos de instalaciones.**

Estudios específicos justificativos: Se realizarán estudios específicos para justificar las soluciones adoptadas. Como mínimo, estos estudios deben ser los siguientes:

Estudio de número y ubicación de subestaciones alimentadoras: Con un planteamiento global de la red completa, estudiar y ubicar las 3 subestaciones alimentadoras indicadas en la propuesta, según los criterios utilizadas para la definición de las mismas, estudiando la solución para toda la red a partir de las 3 subestaciones mencionadas. El estudio debe considerar la configuración y dimensionamiento de los anillos de distribución.

Dimensionamiento de las potencias necesarias en las subestaciones alimentadoras: En base a estimaciones de consumos de las instalaciones de las diferentes dependencias de la red y con los datos de las simulaciones eléctricas y teniendo en cuenta las pertinentes simultaneidades, se estimará la potencia necesaria para los transformadores de las subestaciones alimentadoras, también teniendo en cuenta la correspondiente reserva

Simulación eléctrica de la red de tracción: Ubicación y dimensionamiento de las subestaciones de tracción a partir de los datos de explotación requeridos, características del material móvil y dimensionamiento de las instalaciones fijas que forman parte de los circuitos de tracción.

Elección de la tensión de distribución de los anillos de distribución: En base a los equipos disponibles en el mercado, a las tensiones de distribución estándares en Colombia y a estudios de eficiencia energética para las potencias transportadas, decidir si es óptima la utilización de la tensión de distribución es la de 34,5 KV o en caso contrario definir cual sería la mejor alternativa.

Configuración de los Centros de Transformación: Se realizará un estudio técnico-económico para decidir entre las dos opciones planteadas:

- Disponer de dos CTs redundantes, totalmente independientes entre sí, uno en reserva, provisto cada uno de transformadores alimentados de distinta rama del anillo que suministren las tensiones necesarias. En el CT se realizará entrada y salida del anillo.
- Disponer de un único CT, con transformadores redundantes que suministren las tensiones necesarias, alimentados igualmente de diferente rama del anillo, haciendo entrada y salida.

Se evaluarán tanto la fiabilidad como la disponibilidad de cada opción, así como el análisis del cumplimiento de la normatividad de aplicación para cada caso, evaluándose la conexión a una acometida exterior de compañía en baja tensión, si la normatividad así lo indicara.

Determinación del sistema para garantizar la alimentación de los servicios críticos de la subestación alimentadora: En función de las potencias necesarias, los tiempos de garantía del suministro, el riesgo de incendio, los costes de mantenimiento, ... , estudiar la opción óptima de suministro de entre estos dos sistemas:

- Grupo electrógeno
- UPS

➤ **Subestaciones Alimentadoras**

El originador deberá indicar los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para las diferentes subestaciones alimentadoras.

➤ **Anillos de Distribución**

El Originador indicara los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de las soluciones para los anillos de distribución.

➤ **Centros de Transformación**

El Originador indicara los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para los centros de transformación.

➤ **Subestaciones de Tracción**

En este anexo se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de las soluciones para las subestaciones de tracción.

➤ **Sistema de Distribución de energía - Línea Aérea de Contacto (Catenaria)**

El Originador indicara los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para la Línea Aérea de Contacto.

➤ **Puesta a tierra de las instalaciones**

El Originador indicara los 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**

El originador entregara todos los planos necesarios para la completa definición del proyecto.

➤ **Presupuestos estimados.**

Se incluirán los análisis de precios unitarios y los presupuestos por instalación, totales.

➤ **Especificaciones de los equipos y normas.**

Se adjuntará un listado con las especificaciones y normas que deben cumplir los equipos para control de instalación y precio.

1.4.13. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA – LÍNEA AÉREA DE CONTACTO (CATENARIA)

Este capítulo deberá considerarse como un complemento del capítulo 2.4.12. SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO, ya que entre ambos definen todas las características de la electrificación del sistema LRT propuesto para el corredor de occidente.

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 según lo indicado por el originador de 1.500 Vcc.

La catenaria ha de estar preparada para el correcto comportamiento a la velocidad máxima de diseño del sistema LRT propuesto. Además, deberá respetar las distancias de aislamiento necesarias (tanto estáticas como dinámicas), para evitar el contacto o el salto del arco eléctrico entre una parte activa y una parte no activa.

La conexión de la catenaria será de tipo “pi”, conexión típica de sistemas metropolitanos, de manera que en condiciones normales de explotación, cada unidad recibirá energía eléctrica procedente de las dos subestaciones de tracción entre las que está situada.

La alimentación de la catenaria se hará por vías separadas. De esta manera, la alimentación desde las subestaciones de tracción será independiente, con un total de 4

salidas de feeder, una salida de feeder independiente para cada vía y cada dirección diferente.

La catenaria dispondrá de diferentes seccionamientos eléctricos o de aire, para la alimentación de los diferentes tramos de catenaria alimentados por los feeders. La configuración y ubicación de estos seccionamientos eléctricos dependerá del plan de explotación, así como de los condicionantes del sistema de señalización.

La catenaria tendrá diferentes seccionamientos mecánicos. Estos seccionamientos mecánicos permiten la dilatación de la catenaria y disponen de una zona de solape. Si dos seccionamientos mecánicos consecutivos forman parte del mismo cantón eléctrico, éstos estarán conectados entre sí mediante cables previstos para adaptarse a las dilataciones entre un seccionamiento mecánico y el otro.

El hilo de contacto será del tipo ovalado para mejorar el contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto. La altura del hilo de contacto estará condicionada por la altura nominal de trabajo del pantógrafo del material móvil y por el gálibo disponible en las secciones de túnel.

El descentramiento del hilo de contacto respecto al eje de vía hará zig-zag, para conseguir un desgaste uniforme del mismo.

Los feeders entre el seccionador y el correspondiente punto de ataque de catenaria, serán en número y sección según lo establecido por la simulación, según necesidades eléctricas para el correcto funcionamiento del circuito de tracción.

Se deberán minimizar las corrientes vagabundas derivadas de las fugas de corriente del circuito de retorno hacia tierra.

Los carriles estarán unidos a la subestación de tracción a través de los cables de retornos.

La catenaria se instalará en los tramos exteriores, tanto para secciones convencionales de exterior como para secciones del tipo viaducto. Tanto para una sección como para otra la distancia máxima entre postes será de 60 metros. Para el caso de viaductos todos los postes deben estar ubicados en las pilas de la estructura, por tratarse de los puntos con menos oscilación de la estructura.

El tensionado de la catenaria será por compensación mecánica, mediante poleas y contrapesos de compensación para dar el tensionado necesario para el hilo de contacto y para el sustentador. El sustentador garantizará la correcta posición del hilo de contacto en cada punto mediante el uso de péndolas. La configuración de la catenaria (n° y sección de sustentador, hilo de contacto y necesidad de feeder de acompañamiento), vendrá determinada por las necesidades que se deriven de la simulación de tracción.

➤ **Aspectos Generales Línea Aérea de Contacto**

Las distancias de aislamiento previstas serán:

- 100 mm en estático: distancia entre los elementos en tensión de la catenaria y los elementos que no están en tensión (ya sean de la propia catenaria como de otros elementos)
- 50 mm en dinámico: distancia entre partes no en tensión y partes en tensión del pantógrafo del tren.

En el caso de tener una distancia de aislamiento inferior, se utilizarán elementos de recubrimiento aislantes para garantizar que no haya faltas de la catenaria.

Para minimizar las corrientes vagabundas, se tomarán las siguientes medidas:

- El circuito de retornos estará aislado de tierra y será un sistema no aterrizado y flotante. Para ello, es necesaria la utilización de fijaciones de rieles aislantes.
- La resistencia longitudinal de los carriles no excederá de $0,06 \Omega/\text{Km}$. Las uniones entre carriles deberán minimizar la resistencia, siendo más adecuada una unión de carriles por soldadura que una unión con cables de conexión.
- El valor máximo de conductancia por unidad de longitud del carril será de $0,1 \text{ S/Km}$
- Todas las conexiones entre carriles y entre carril y negativo de la subestación de tracción debe ser mediante el uso de conductores aislados.

Los carriles estarán unidos a la subestación de tracción a través de la cabina de retornos. Se dispondrá de redundancia de conexión de cada carril-cabina de retornos de manera que se evite que quede un carril sin conexión en caso de rotura de un cable.

➤ **Elementos sistema de Catenaria**

Los elementos fundamentales de la catenaria serán los siguientes:

- 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

Por los esfuerzos requeridos, los diferentes tipos de postes que constarán serán los siguientes: Anclaje de seccionamiento, Eje de Seccionamiento, Punto fijo, anclaje de punto fijo y trayecto. En la sección convencional exterior, los postes de catenaria tendrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos requeridos. En el caso de los tramos de viaducto si los hubiere, los postes se anclarán las pilas, las cuales estarán soldadas al armado de la estructura y garantizarán el esfuerzo requerido.

1.4.13.1. SALAS DE SECCIONADORES

Los seccionadores de catenaria estarán agrupados en salas específicas situadas en dos posibles ubicaciones:

- Adyacente a las Subestaciones de Tracción: Para los seccionadores propios de alimentación de catenaria a partir de la subestación de tracción y para seccionadores de trayecto con mayor cercanía a la subestación de tracción que a la correspondiente estación.
- En las estaciones de pasajeros: Para los seccionadores de trayecto (excepto los mencionados en el punto anterior)

Las salas de seccionadores se alimentarán eléctricamente desde la estación correspondiente o desde la subestación de tracción correspondiente, según sea el caso.

Cada seccionador estará alojado en su correspondiente celda con puerta enclavada para seguridad y con mirilla para la visualización del seccionador. Los seccionadores estarán telemandados a distancia desde el PCC, pudiéndose también maniobrar en local, a través del correspondiente armario de maniobra.

Las salas de seccionadores constarán de los siguientes equipos: detectores de tensión, descargador de intervalos, tablero de seccionadores, PLC's de gestión y control, remota y seccionadores.

1.4.14. SISTEMA DE SEGURIDAD, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Inicialmente el Originador 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. Se deberán realizar simulaciones de marcha con los parámetros que caractericen el sistema LRT propuesto y adaptara el diseño en base a 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 Originador deberá especificar la implementación de todas las interfaces, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

El Originador 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.

1.4.14.1. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA DE SEGURIDAD, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Modos de Funcionamiento

➤ **Normal.**

Operación Automática con conductor y sistema ATC: El sistema operara en condiciones normales. El sistema de Control Automático de Trenes (ATC) si se decide implementar desde su inicio, (o si no deberá dejarse el sistema preparado para esta opción), permitirá la correcta realización de todas las tareas para la operación automática y el cumplimiento del Programa de Circulación previsto. En este modo no se considera la circulación de vehículos que no estén equipados con ATC.

El diseño deberá tener en cuenta la operación actual con conductores, pero dejar habilitado el sistema para una futura ampliación y operación sin conductores.

Operación Manual Automática: Marcha manual con supervisión de ATP, en esta modalidad el tren es manejado por el conductor, y el equipo ATP supervisa continuamente la marcha y velocidad del tren y en caso de necesidad acciona automáticamente los frenos. Condición de operación normal.

En este modo el equipo de a bordo utilizará las señales de velocidad y distancia objetivo de la vía y con ellas calculará adecuadamente el valor de la velocidad permitida.

➤ **Operación degradada.**

Esta operación se debe a una incidencia que afecta a la operación normal de la línea. El sistema de señalización y control de trenes debe poder manejar situaciones degradadas debidas a incidencia en las instalaciones fijas de estación o vía que provoquen la inhabilitación de un andén, de una estación o de un tramo de vía simple o vía doble. Las múltiples opciones dependerán en gran medida al esquema de vías del sistema LRT propuesto, según se ubiquen las diagonales y breteles.

El sistema será capaz de soportar los modos degradados de operación siguientes:

VUT (Via Única Temporal): En este modo los servicios de un tramo inhabilitado se desvían a otra vía única de forma temporal que esté delimitada entre diagonales o Desvios. En este caso la circulación será en el modo normal definido (automático o manual automático) con ATP en los dos sentidos, esto implicara la implementación de via banalizada.

El sistema de Señalización y control de trenes puede encontrarse en funcionamiento degradado si alguno de sus componentes se encuentra en fallo. Según la afectación se diferencian varios modos de funcionamiento degradado del sistema ATC.

ATP: En este modo el sistema de tierra ATC está inoperativo, sin embargo el sistema puede continuar operando protegido por el sistema ATP con conductor.

Velocidad limitada ATP: En este modo el sistema ATP de tierra del sistema de señalización y control de trenes propuesto y la señalización lateral están inoperativos, pero el sistema puede continuar operando a una velocidad limitada, controlada por el equipo ATP embarcado, y en modo de conducción denominado Operación Manual.

Operación Manual: Marcha manual con restricciones, en esta modalidad el tren es manejado por el conductor y el equipo ATP supervisa continuamente la marcha y velocidad del tren pero con una velocidad máxima restringida. Condición de operación degradada.

Siempre que es detectada velocidad cero el equipo a bordo comandará la aplicación de freno y el corte de tracción.

Marcha a la Vista: En esta modalidad el tren es manejado por el conductor en forma manual siendo el, el responsable de la seguridad del tren. El ATP es responsable de hacer cumplir el límite de la velocidad permitida. Condición de marcha en caso de emergencia en vía principal y marcha normal en vías de patios.

El Originador deberá incluir en su diseño funcional, bajo que circunstancias de fallo el sistema se operará en cada modo degradado.

1.4.14.2. MODOS DE CONDUCCIÓN

Los modos de operación definidos se aplicarán a cada uno de los trenes que circulen en la Línea, incluyendo la zona de patios y talleres. El sistema deberá contemplar como mínimo los modos de conducción que se definen a continuación.

Desde el PCO se podrá asignar a un tren, a un grupo de trenes o a todos los trenes de la Línea el modo de conducción en que deberán circular, siendo posible la circulación simultánea de trenes en distintos modos de conducción.

El modo de conducción automático si se implementa o manual automático propuesto será el modo normal de conducción dentro del sistema y los modos manuales se utilizarán principalmente para recuperar el sistema de una condición de fallo, para mover trenes dentro de la zona manual de talleres o para moverlos dentro de un tramo de la Línea operando en modo de funcionamiento fuera de horario de explotación.

Así se definen los siguientes modos de conducción:

- **Modo automático con conductor (o ATO). (Si se implementa, en caso negativo, el sistema deberá quedar habilitado para una fácil transición hacia esta modalidad.)**

En este modo todas las operaciones se realizarán de forma automática excepto las órdenes de cierre de puertas. En ambas cabeceras de todas las unidades existirá un pupitre de conducción que permitirá el control manual del vehículo.

- **Modo manual protegido por ATP (o Conducción Manual Protegida, CMP):** Todas las operaciones de conducción se realizarán de forma manual desde cada uno de los pupitres de conducción. El ATP supervisará de forma continua la velocidad permitida y las curvas de frenado en función de la información recibida por el sistema de transmisión tren–tierra continuo y bidireccional. El sistema de regulación del ATS informará al conductor a cada estación de cómo tiene que realizar el recorrido hasta la siguiente estación.
- **Modo manual con marcha a la vista (o Conducción Manual Libre, CML):** Este modo de conducción no proporcionará al conductor ninguna información de ayuda a la conducción. Pero si fijara al vehículo una velocidad máxima de circulación, normalmente inferior a la velocidad máxima permitida en el sistema

1.4.14.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Para la definición de la arquitectura del Sistema de Seguridad, Señalización y Control de Trenes se considerarán diferentes niveles funcionales, en los que se clasificaran los elementos que componen el Sistema:

- **Nivel 1: Elementos de campo.**
 - **Circuitos de vía/ contadores de ejes:** Mediante estos elementos se delimitarán los cantones, tramos o secciones de vía que integran la línea. Su función será la de detectar e informar a los sistemas ATP y ATS la ubicación de todos los trenes en el sistema. Protegerán las zonas de maniobra y las zonas de aguja de forma optimizada. Por lo tanto se colocarán circuitos de vía en zonas de agujas y uno o más a definir en la fase de diseño por estación y trayecto asociado.
 - **Accionamientos de aguja;** Los accionamientos de aguja se utilizarán para la realización de maniobras, retenciones y comprobación de cambios u otros elementos. Los accionamientos podrán ser maniobrables desde los Puestos de Control Central (PCO) y Local (PCL), y a pie de aguja a través de un puesto de mando especializado: Puesto de Control de Accionamiento de Aguja (PCAA).
 - **Señales de protección de aguja (o señales indicadoras de la posición de las agujas).**
 - Todas las agujas se protegerán mediante señales luminosas de tecnología LED, ubicadas en la punta y en las vías de talón de la aguja.
 - **Balizas (en caso de utilizarse en el sistema):** A través de las balizas en vía se transmitirá la información de posicionamiento al tren, así como otra información referente a la infraestructura como por ejemplo: perfiles de velocidad, gradiente, zonas neutras, túneles, etc. Las balizas también garantizarán determinada precisión

en los puntos de parada y permitirán la inicialización de trenes parados en los estacionamientos.

- **Señalización mecánica:** Las señales mecánicas facilitarán la conducción manual en funcionamiento fuera del horario de explotación y en modo degradado con conducción manual para anunciar a los conductores los límites de maniobra, zonas de seccionadores, cantones fijos, etc.

➤ **Nivel 2: Enclavamientos.**

Las tareas del enclavamiento se dividirán en tres niveles: superior, central e inferior.

- **Nivel superior:** Las tareas pertenecientes al nivel superior serán las encargadas del intercambio de datos recibidos por los elementos de campo con los niveles funcionales superiores como ATP y ATC de forma segura y fiable. En este nivel, también se encuentran las tareas de mantenimiento, registro y diagnóstico para facilitar las tareas de mantenimiento, resolución de averías y el registro de sucesos o eventos en el sistema o en campo.

Algunas de las funciones que se realizarán en este nivel son:

- ✓ Envío de comprobaciones y alarmas.
- ✓ Comunicación con el Mando Local.

- **Nivel central:** En este nivel se encontrará la lógica de seguridad y se realizarán las funciones de supervisión de las condiciones de explotación para asegurar que no se da ninguna situación contra la seguridad. Este nivel interconectará enclavamientos y equipos de nivel superior para el intercambio de información de bloqueo. Para ello utilizará un sistema de comunicaciones con arquitectura totalmente redundante. Algunas de las funciones que se realizarán en este nivel son:

- ✓ Establecimiento de itinerarios.
- ✓ Detección de incompatibilidad entre itinerarios.
- ✓ Establecimiento de bloqueos en vías banalizadas.

- **Nivel inferior:** En este nivel se enlazarán los elementos de campo con el nivel central del enclavamiento. Los elementos de campo enlazados serán: accionamientos de aguja, señales indicadoras de aguja, circuitos de vía, puertas de andén y balizas. En este nivel, la conexión entre elementos de campo y enclavamiento deberá ser segura y fiable.

Algunas de las funciones que se realizarán en este nivel son:

- ✓ Detección del tren a través de circuitos de vía o cuenta ejes.
- ✓ Mando y comprobación de accionamientos de agujas.
- ✓ Mando y comprobación de señales.

➤ **Nivel 3: Protección Automática de Trenes (ATP).**

Las funciones ATP complementarán las funciones de seguridad de los enclavamientos. Este sistema será el responsable de no permitir la colisión de trenes, integridad de itinerarios, control de velocidad y de los límites de ésta y otros aspectos de seguridad de un sistema tradicional de señalización. Todos los requerimientos funcionales del ATP serán aplicables para todos los modos de funcionamiento, incluso en el caso de funcionamiento “Velocidad limitada ATP” el sistema ATP deberá proveer los medios necesarios para forzar el límite de velocidad apropiado.

Al ser el sistema ATP la parte vital del sistema de seguridad, señalización y control de trenes a implementar, estará diseñado para que en caso de fallo, en el propio sistema, no se asuma el estado inseguro o bien se fuerce a ir a un estado conocido como seguro (Fail-Safe). Las funciones ATP tendrán prioridad sobre las funciones ATC y ATS.

Por otro lado, el sistema ATP ofrecerá protección automática al tren en el sentido normal del movimiento de trenes en servicio y protección bidireccional dentro de los límites de las zonas de maniobras.

Algunas de las funciones que realizará el sistema de protección automática son:

- Localización del tren y determinación de la velocidad del tren.
 - Seguimiento de trenes equipados o no con ATP.
 - Entrega de distancia de seguridad de trenes.
 - Almacenamiento en bases de datos propias del sistema ATP de datos referentes a la configuración de las vías (pendientes, límites civiles de seguridad, curvas, elevaciones, ubicaciones estaciones, largo de andenes, ubicación de aparatos de vía, señales, límites de los circuitos de vía, etc.) y otras informaciones fijas requeridas para la protección y operación automática de trenes.
 - Protección de sobrevelocidad de forma continua y freno garantizado.
 - Enclavamiento y control de apertura y cierre de puertas de andén.
 - Entrega de medios para aplicar y retirar restricciones temporales de velocidad a través del ATS y de los Puestos de Mando Locales.
 - Protección de zonas de trabajo.
- **Nivel 4: Operación Automática de Trenes (ATO) Si se decidiese implementar desde el inicio o dejar preparada la instalación para su fácil implementación y adaptabilidad tecnológica a futuro**

Las funciones que realizará el sistema ATC (ATO) son:

Control de velocidad: El sistema será capaz de suministrar operación automática completa a todos los trenes, dentro de las restricciones establecidas por las funciones de protección y supervisión automática del tren y otras restricciones activadas por el maquinista cuando la conducción es con conductor. El sistema controlará velocidad, aceleración y deceleración y evitará cambios bruscos de velocidad, con el fin de asegurar el confort de los pasajeros y la optimización energética.

Parada en un punto fijo de la estación: El sistema ATO dispondrá de funciones de posicionamiento automático del tren en los andenes. Normalmente, los trenes se pararán automáticamente centrados en la zona de apertura de puertas del andén. Si el andén es suficientemente largo, se podrán definir distintas zonas de apertura de puertas.

Control automático de puertas del tren: El sistema podrá abrir y cerrar automáticamente las puertas del tren. El tiempo de parada podrá ser monitorizado por la función ATO y modificado por el ATS cuando el sistema esté funcionando en conducción automática sin conductor. El sistema ATO será el responsable de emitir una señal acústica o bien para indicar al pasaje que se va a efectuar el cierre de puertas o bien para notificar al conductor que debe realizar el cierre de puertas.

Nivel 5: Supervisión Automática de Trenes (ATS).

Es la parte no-vital del sistema ATC, responsable del control centralizado del tráfico de trenes en el Centro de Control mediante la interacción con los enclavamientos. Realiza la gestión de terminales y diversas funciones de supervisión. Estará siempre en operación y permitirá la operación local del sistema de señalización. Proporcionará toda la información, indicaciones, y alarmas necesarias para la toma de decisión operacional en tiempo real. El sistema dispondrá de un interfaz de usuario moderna según el estado del arte, ergonómicamente apropiada y coherente con la naturaleza de las funcionalidades requeridas.

Algunas de las funciones que realizará el sistema ATS son:

Identificación y seguimiento de trenes: El sistema realizará la identificación y seguimiento de todos los trenes en la línea en operación, tanto si están equipados o no con el sistema de señalización y control de trenes propuesto.

Control del sistema de señalización: El sistema ATS adquirirá los datos e información coherente con la lógica de control de los enclavamientos, para realizar el control automático o manual de los itinerarios.

Gestión de programas de circulación: Como mínimo el sistema ATS tendrá la capacidad de disponer de 100 programas de circulación diferentes. Permitirá realizar modificaciones y actualizaciones en el programa. Todas las modificaciones se registrarán por el sistema central para la información y reportes del funcionamiento.

Regulación de tráfico: Tendrá la capacidad de supervisar y regular automáticamente los trenes de una línea y su salida de terminal de acuerdo al programa de circulación y/o intervalo.

Función de retención: El sistema podrá enviar comandos de retención o liberación de retención a un tren o grupo de trenes. Así las órdenes relacionadas con retención se realizarán a nivel de trenes, sistema, andén y estación.

Corte de corriente de tracción: El sistema alertará al Centro de Control o actuará en consecuencia (no enviará trenes o comandará un frenado de urgencia) cuando en una sección haya ausencia de corriente de tracción. Para ello tendrá una interfaz con el sistema SCADA.

Consignación o Bloqueo de una señal, un aparato de cambio o una sección de la vía.

Detención inmediata: El sistema enviará un comando de detención inmediata en tiempo real mediante el frenado de urgencia de un tren o grupo de trenes en una región, línea o sistema entero.

Restricciones temporales de velocidad y zonas de trabajo:

Pista de rodado mojada y funcionamiento en condiciones de adherencia reducida: El sistema permitirá que desde el Centro de Control se indiquen las condiciones “lluvia” y “normal”. Cuando el sistema está en condición “lluvia” se activará el modo degradado del freno de servicio. En el caso que las condiciones cambien el sistema lo notificará a los trenes afectados.

Envío de alarmas: El sistema enviará automáticamente las alarmas debidas a fallos o condiciones fuera de tolerancia detectadas por el sistema. Las alarmas se indicarán en el Centro de Control y en las pantallas de diagnóstico.

Gestión de eventos que afectan a la operación: El sistema proporcionará repuesta automática entre averías e incidentes operacionales tanto en el caso que la avería o incidente sea ingresada de forma manual o detectada por el propio sistema. El sistema entregará opciones de estrategias de gestión de averías e incidentes al operador del Centro de Control.

Registro de datos y generación de reportes.

1.4.14.4. CIRCUITOS DE VÍA

Los circuitos de vía (de aquí en adelante CV) serán de tipo audiofrecuencia con juntas eléctricas y modulación FSK o similar. Sólo se admitirán juntas aislantes en las zonas de agujas, debiendo ser las mínimas posibles.

Los CV estarán formados por los siguientes elementos, a ubicar en:

- Interior de los locales técnicos:
 - Transmisor. Existirán un mínimo de 9 tipos de transmisores diferentes.
 - Receptor. Existirán un mínimo de 9 tipos de receptores diferentes.
 - Unidades de adaptación de línea, utilizadas para adecuar la transmisión y la recepción al punto de aplicación a la vía.
 - Fuentes de alimentación.
 - Protecciones.

- Campo:
 - Unidades de sintonía. Existirá un tipo de unidad de sintonía para cada frecuencia. Serán totalmente pasivas.
 - Lazos de sintonía de cobre para la separación eléctrica entre circuitos.
 - Lazos de cortocircuito de cobre para separar las zonas señalizadas de las que no lo están.

Todas las conexiones a carriles se realizarán mediante terminales metálicos de inserción al alma del carril con contacto por extrusión. No se admitirán soldaduras ni sistemas de cuña o contracuña.

Según la topología, los CV se podrán configurar básicamente de tres maneras:

- Lineal con alimentación en el extremo y un receptor en el otro extremo.
- Lineal con alimentación central y dos receptores, uno a cada extremo.
- Por agujas, con dos o tres receptores en función de la configuración del desvío.

Otras características que deberán cumplir los CV son:

- El CV deberá estar protegido contra influencias externas.
- Estará diseñado con las técnicas de seguridad y redundancia necesarias para conseguir los requerimientos de seguridad y fiabilidad prescritos en este documento.
- Se alimentarán a través de SAI del enclavamiento.
- Estarán protegidos contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento.
- Se considerarán las normas europeas EN50121-1, 2, 3, 4, 5 de Compatibilidad Electromagnética.
- Soportará ensayos de vibraciones en las condiciones siguientes:
 - Aceleración vertical de 2g.
 - Frecuencia y amplitud: 5Hz-1mm y 40Hz-2mm.
 - Duración 106 ciclos.
 - Temperatura ambiente entre -40°C y +70°C.
 - Humedad relativa 95% no condensada.
 - Aplicación Norma DIN 40040.

1.4.14.5. ACCIONAMIENTOS DE AGUJAS

Los accionamientos de aguja estarán formados por:

- Caja motor
- Timonería
- Mecanismo de cerrojo interno
- Cerrojo externo de uña

Los accionamientos de aguja cumplirán con las siguientes características técnicas:

- Recorrido ajustable de 150 a 220 mm.
- Esfuerzo de maniobra de hasta 5.000N regulable.
- Esfuerzo de retención de hasta 15.000N para los accionamientos no talonables.
- Esfuerzo de retención de hasta 6.000N para los accionamientos talonables.
- El accionamiento será en principio no talonable, pudiendo transformarlo en talonable a 40Km/h de forma sencilla.
- Comprobación independiente de los espadines.
- Ajuste de las comprobaciones del accionamiento sencillo, permitiendo una abertura máxima del espadín de 3mm.
- Posibilidad de montaje en cambios articulares o elásticos.
- Tiempo de operación inferior a 3 segundos.
- Alimentación desde el enclavamiento a 230V de alterna monofásico.
- Conexión eléctrica del motor se realizará de manera sencilla y robusta.
- Estarán protegidos contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento.
- Se considerarán las normas europeas EN50121-1, 2, 3, 4, 5 de Compatibilidad Electromagnética.
- De construcción robusta, Clase de protección I según VDE 0100.
- Protección IP54 según norma DIN 40050.
- Temperatura ambiente entre -40°C y +70°C.

El accionamiento dispondrá de una manigueta para el accionamiento manual con dispositivo de corte de corriente, comprobación y bloqueo de manigueta, que interrumpa el circuito eléctrico del motor antes de que encaje la manigueta. Una vez iniciada una maniobra manual no será posible extraer la manigueta hasta que haya finalizado el recorrido de los espadines.

1.4.14.6. SEÑALES

El diseño de las señales deberá cumplir con las siguientes características:

- Estancas, incorporando los transformadores de los diferentes focos y cierre.
- En los tramos exteriores dispondrán de dos niveles de luz: noche y día, que funcionará de forma automática.
- Caja de acero.
- Se podrá instalar directamente sobre hastial o sobre un soporte.
- La sujeción del soporte o de la señal será con taco químico o similar.
- La cromaticidad de los focos seguirá los códigos establecidos por la UIC.
- Estarán protegidas contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento.
- Se considerarán las normas europeas EN50121-1, 2, 3, 4, 5 de Compatibilidad Electromagnética.
- Clase de protección I según DIN 57804.

- Cada foco será un elemento modular que se podrá apilar con otros para formar las señales de diferentes cuerpos.
- Protección IP54 según norma DIN40050.
- Temperatura ambiente entre -40°C y +70°C.

1.4.14.7. BALIZAS

Las balizas deberán cumplir con las características siguientes:

- Las balizas que presenten información variable estarán controladas por codificadores en base a la información recibida por los niveles superiores (nivel 2). Los codificadores se instalarán en los cuartos técnicos de señalización.
- Las balizas serán energizadas por la propia señal que envíe el tren.
- Serán de tipo pasivo y resistente.
- Serán capaces de proveer capacidad de reprogramación ROM y almacenamiento en memoria.
- Estarán protegidas contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento.
- Se considerarán las normas europeas EN50121-1, 2, 3, 4, 5 de Compatibilidad Electromagnética.
- Protección contra agua y cuerpos extraños IP 65 según DIN 60529.
- Temperatura ambiente entre -40°C y +80°C.
- Humedad relativa 95% no condensada.
- Aplicación Norma DIN 40040.

1.4.14.8. EQUIPAMIENTO NIVEL 2

Los requerimientos del equipamiento relativo al enclavamiento son:

- **Equipamiento hardware**
 - El equipamiento hardware estará diseñado con las técnicas de seguridad y redundancia necesarias para conseguir los requisitos de seguridad, fiabilidad y disponibilidad que sean requeridos por el sistema, considerando para aquellos elementos que tienen que ver con la seguridad del sistema un nivel SIL 4.
 - Todas las entradas y salidas del nivel inferior, que harán el enlace con los elementos de campo, tendrán que estar protegidas contra influencias exteriores. Concretamente tendrán que estar aisladas galvánicamente y tender una rigidez dieléctrica en modo diferencial y común de 1500V y tendrán que estar protegidas contra sobretensiones de 2.500V.
 - Estará protegido contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento.
 - Los equipos de los enclavamientos se alojarán en bastidores estándar de 19" y 2,2 metros de altura.
 - Soportará una vibración con las condiciones siguientes:
 - ✓ Aceleración vertical de 2g.
 - ✓ Frecuencia y amplitud: 5Hz-1mm y 40Hz-2mm.

- ✓ Duración 106 ciclos.
 - Temperatura ambiente entre -40°C y +70°C.
 - Humedad relativa 95% no condensada.
 - Aplicación Norma DIN 40040.
- **Equipamiento Software.**
- Todo el software tendrá que ser desarrollado con una metodología y documentación tales que permitan un examen práctico a todos los niveles.
 - Tendrá que ser desarrollado de forma que sea constituido por un programa fijo que se pueda validar una sola vez y un conjunto de datos que particularicen el programa para la aplicación concreta.
 - El sistema tendrá que asegurar que no se produzca ninguna situación contraria a la seguridad como consecuencia de la corrupción o caducidad de los datos leídos, almacenados o generados durante la ejecución del programa.
 - El software deberá ser modular de forma que permita introducir nuevas funciones y escoger nuevos paquetes sin necesidad de modificar la estructura general.
 - El software estará estructurado de forma que se diferencien los siguientes niveles:
 - ✓ Software de sistema: sistema operativo, el control de interfaces y comunicaciones, rutinas de arranque, sincronización entre máquinas, etc.
 - ✓ Software correspondiente a la explotación ferroviaria específica.
 - ✓ Software específico de la aplicación en la instalación.
- **Alimentación.**
- Se dispondrá de un cuadro de baja tensión alimentado desde el Cuadro General de Baja Tensión de la estación y dispondrá de dos tipos de salida: no crítica, y crítica para alimentar los servicios críticos del enclavamiento.
 - Las salidas críticas se alimentarán por un SAI redundado en electrónica y baterías. Cada grupo de baterías tendrá una autonomía de 180 minutos.
 - Los SAI's se dimensionarán para permitir el movimiento simultaneo de todos los accionamientos de aguja dependientes del enclavamiento y sin restricciones durante los 180 minutos de autonomía de las baterías.

1.4.14.9. EQUIPAMIENTO ATP Y ATC (ATO FUTURO)

- **Equipamiento fijo.**
- Equipamiento estará redundado tipo "Hot Stand by". La unidad secundaria no emitirá ninguna salida pero sí que recibirá y procesará las mismas entradas que la unidad activa.
 - El nivel de seguridad total del CBTC será SIL4.
 - Los equipos de tierra estarán centralizados en los locales técnicos de enclavamientos y no se permitirá su ubicación en vía.

- El equipamiento de tierra tendrá que cumplir las normativas internacionales de aplicación en esta materia y en particular las CENELEC relativas a enclavamientos.
- **Equipamiento embarcado.**
 - Será fácilmente accesible para facilitar la revisión y permitirá ser montado o desmontado fácilmente para permitir sustituciones rápidas.
 - Todos los elementos (panel de conducción, etc.) se tendrán que adaptar a las dimensiones y disposiciones de los trenes. No deberán interferir de manera alguna con los accesos.
 - Estarán integrados con el material rodante y no restarán espacio disponible en la zona de pasajeros.
 - Dispondrá de un sistema de almacenamiento de eventos extraíble mediante PC. La aplicación tendrá un entorno amigable con el usuario, preferentemente gráfico.
 - El dimensionamiento será tal que todos los procesadores, deberán funcionar como máximo a un 50% de su nivel de procesamiento así como la máxima carga de los dispositivos de memoria deberá ser de un 50%.
 - Los equipos basados en procesadores y que realizarán funciones vitales deberán ser totalmente redundantes tipo “Hot Stand by”.
 - Todos los materiales e instalación del equipamiento embarcado deberá cumplir con las normas CENELEC o equivalentes.
- **Alimentación.**
 - Se dispondrá de un cuadro de baja tensión alimentado desde el Cuadro General de Baja Tensión de la estación y dispondrá de dos tipos de salida: no crítica, y crítica para alimentar los servicios críticos del enclavamiento.
 - Las salidas críticas se alimentarán por un SAI redundado en electrónica y baterías. Cada grupo de baterías tendrá una autonomía de 180 minutos.
 - Se considerarán las normas europeas EN50121-1, 2, 3, 4, 5 de Compatibilidad Electromagnética.
 - Respecto a las condiciones mecánicas y ambientales cumplirán con:
 - Soportará una vibración con las condiciones siguientes:
 - ✓ Aceleración vertical de 2g.
 - ✓ Frecuencia y amplitud: 5Hz-1mm y 40Hz-2mm.
 - ✓ Duración 106 ciclos.
 - Temperatura ambiente entre -40°C y +70°C.
 - Humedad relativa 95% no condensada.
 - Aplicación Norma DIN 40040.

1.4.14.10. SISTEMA DE COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL TREN – TIERRA

El sistema de comunicación tren-tierra deberá permitir la comunicación de forma continua y bidireccional entre los sistemas fijos ATP/ATC (ATO) y todos los trenes que se encuentren

en el área de conducción u operación automática y que estén equipados con el sistema propuesto para la seguridad, señalización y control del tren, incluidos los patios.

El sistema de comunicación deberá:

- Ser inmune a las interferencias con los equipos embarcados de los trenes y otros sistemas de comunicación que existan en la línea.
- La arquitectura de diseño debe ser resistente al primer nivel de fallo.

1.4.14.11.EQUIPAMIENTO ATS

Todo el equipamiento ATS forma parte del Puesto de Control Central PCO Así los equipos que determinen el sistema ATS tendrán que cumplir como mínimo con todo lo especificado para el PCO.

Algunas de las características que caracterizarán el equipamiento ATS son:

- **Equipamiento Hardware.**
 - Los servidores estarán redundados tipo “Hot Stand by”.
 - Las unidades centrales de procesamiento a ser usadas estarán basadas en procesadores de doble núcleo.
 - Se dispondrá de una herramienta de administración de servidores para la administración completa de servidores, incluidas alarmas, versiones de software, recursos computacionales, arranque y desempeño.
 - Cada sistema central de servidores incluirá una unidad de almacenamiento de archivos montable en rack.
 - El procesador soportará todas las funciones del sistema utilizando no más del 50% de la capacidad de procesamiento de cada servidor y estación de trabajo bajo condiciones de sobrecarga máxima.
 - Se dispondrá de un mecanismo para definir, controlar y asignar accesos a usuarios para todas las instalaciones del sistema ATS.
- **Equipamiento Software.**
 - Todo el software tendrá que ser desarrollado con una metodología y documentación tales que permitan un examen práctico a todos los niveles.
 - Tendrá que ser desarrollado de forma que sea constituido por un programa fijo que se pueda validar una sola vez y un conjunto de datos que particularicen el programa para la aplicación concreta.
 - El sistema tendrá que asegurar que no se produzca ninguna situación contraria a la seguridad como consecuencia de la corrupción o caducidad de los datos leídos, almacenados o generados durante la ejecución del programa.
 - El software deberá ser modular de forma que permita introducir nuevas funciones y escoger nuevos paquetes sin necesidad de modificar la estructura general.

- El software estará estructurado de forma que se diferencien los siguientes niveles:
 - ✓ Software de sistema: sistema operativo, el control de interfaces y comunicaciones, rutinas de arranque, sincronización entre máquinas, etc.
 - ✓ Software correspondiente a la explotación ferroviaria específica.
 - ✓ Software específico de la aplicación en la instalación.

1.4.14.12. CABLES DEL SISTEMA DE SEGURIDAD, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Los cables estarán formados por materiales que cumplirán la normativa vigente respecto al aislamiento especial, características ignífugas, anti corrosión, baja toxicidad, densidad y capacidad de humos.

Las normas que se tendrán que cumplir serán las siguientes:

- Designación UNE, tipos DV 0.6/1 KV.
- Conductor de cobre Clase II según UNE 21022.
- Temperatura de trabajo hasta 90° C.
- Ensayo de no propagación llama según UNE 2043 2.1.
- Ensayos de no propagación de incendios según normas UNE 20.427 y UNE 20.432.3 Categoría C.
- Bajo emisión de humos según UNE 21.172.
- Bajo nivel de alógenos según UNE 21.147-1.
- Bajo índice de toxicidad según UNE 21.174.

1.4.14.13. PRODUCTOS A ENTREGAR EN LA FASE DE FACTIBILIDAD

El Originador 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.

1.4.14.14. HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento del equipamiento del Sistema de Seguridad, Señalización y Control de Trenes, niveles 2, 3, 4 y 5 las herramientas empleadas deberán ser capaces de realizar como mínimo las siguientes tareas:

- 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.

En el caso del equipamiento nivel 1, las herramientas de mantenimiento serán capaces de realizar las siguientes tareas:

- 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 realizar tareas de mantenimiento preventivo (monitorización de parámetros:
- En circuitos de vía se supervisará los niveles de emisión y recepción y otros parámetros de ajuste.
- En accionamientos de aguja se supervisará los consumos de corrientes y tiempos de operación.
- Tareas de mantenimiento correctivo en forma de ajuste de los parámetros anteriores y que se puedan ajustar mediante software.

Las herramientas estarán disponibles en el lugar de mantenimiento del PCO para el equipamiento de nivel 5, y en el caso de mantenimiento de los niveles 1, 2, 3 y 4 estarán disponibles en los Puestos de Control Locales (PCL) correspondientes para realizar las tareas remotamente sin que sea necesario situarse a pie de equipo.

Por otro lado, las tareas de mantenimiento deberán poderse realizar desde puntos remotos situados en cualquier punto de la línea. Para la conexión entre dichos lugares remotos y los Puestos de Control Locales se utilizará una red de comunicaciones dedicada al mantenimiento.

1.4.14.15. 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 estará cubierta por la lógica 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) a ubicar en los mismos talleres. Desde este puesto de control se podrá 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 estará 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.

Los patios, serán totalmente señalizados y permitirán organizar el 100% de la línea. Sin embargo, los talleres no estarán automatizados y se efectuarán los movimientos de trenes en modo especial o ATP con velocidad limitada atendiendo a la señalización lateral.

Existirá una zona frontera que servirá para intercambiar trenes entre la zona de patios y la zona de talleres. Así, los trenes que tengan que salir desde los talleres a la línea se llevarán manualmente hasta esta zona donde el sistema perderá el control de los vehículos y los llevará a la zona automática listos para ser introducidos en función del programa de circulación diario que esté establecido. Los trenes que tengan que pasar por mantenimiento, reparación o limpieza se pararán en esta zona donde se extraerán de forma manual.

1.4.14.16. VÍA DE PRUEBAS

A la salida de los talleres se habilitará un tramo de pruebas que permitirá a un tren comprobar el correcto funcionamiento de los elementos críticos del vehículo (freno de emergencia y de servicio, equipos de ATP y ATC (ATO), etc.) antes de entrar a la línea.

1.4.14.17. DIAGNOSTICO SEÑALIZACIÓN DEL CORREDOR FÉRREO

A partir del diagnóstico de la geometría y el análisis de la identificación de cruces, se deberá hacer un diagnóstico de la señalización vertical existente y en primera instancia se comparará el estado actual de la señalización con lo dispuesto por el código de Tránsito del Ministerio de Transporte.

No obstante, es necesario indicar que lo establecido por el código del Ministerio de Transporte regula y controla específicamente la operación de la infraestructura vial carretera cuando esta cruza corredores férreos y no establece regulación alguna de control y señalización ferroviaria.

La señalización ferroviaria necesaria para la operación en el corredor férreo dependerá exclusivamente del plan de frecuencias para lo cual el originador deberá entregar un capítulo de Señalización y Control de Tráfico Ferroviario con base en los requerimientos establecidos en el Anexo 3.

1.4.14.18. CRUCES A NIVEL

El originador deberá realizar un análisis con base en lo expuesto en la materia en el Anexo 2 de acuerdo a los cruces que identifique a lo largo del trazado propuesto en el estudio de alineamiento geométrico del presente anexo.

1.4.14.19. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Con base en la identificación de cantones de vía (blocks), el originador deberá indicar en un plano, la señalización necesaria para controlar el tráfico ferroviario en vía principal, y a partir de los layouts de las estaciones, patios y apartaderos localizará la señalización auxiliar para maniobras.

1.4.14.20. GENERALIDADES DEL 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 originador 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 originador 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 originador 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 originador 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 originador 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 Originador 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 Originador 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.

Para estos dos componentes del estudio deberá presentar a la SDM y a TM, la metodología y procedimientos que tendrá en cuenta para desarrollar el estudio.

1.4.14.21. 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 determinaran el nivel de tecnología que se requerirá para definir el sistema de comunicaciones de la red ferroviaria.

Los aspectos a considerar por el originador 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

1.4.15. SISTEMAS DE COMUNICACIONES

El Originador 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 LRT propuesto para el corredor de occidente Estación de la Sabana – Facatativa, deberá incluir como mínimo los subsistemas indicados a continuación, el Originador 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 Óptica)
 - Red de Transmisión de Voz y Datos
 - Red de Radiocomunicaciones de Voz y Datos
- **Subsistemas de comunicación:**
 - Telefonía
 - Interfonía
 - Megafonía
 - Sistemas de Información al Viajero
 - Sistema de Video vigilancia (CCTV)

- Control de Accesos
- Sistema de Recaudo
- Cronometría
- Supervisión unificada – Sistema Anthintrusion

El Originador deberá realizar el diseño de cada uno de los sistemas de comunicaciones, 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: el grado de cobertura de las funcionalidades, la arquitectura del sistema, la descripción de todos los elementos y equipos propuestos en la arquitectura así como su especificación técnica asociada. Deberán especificarse la implementación de todas las interfaces, tanto internas como externas, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

Deberán proporcionarse planos y esquemas que permitan entender el diseño especificado. Deberán presentarse planos de tipo funcional y general. 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.

El Originador deberá especificar los condicionantes para la realización del plan de implantación del sistema completo, estableciendo las fases temporales requeridas, los hitos o requisitos previos, el número y tipo de recursos materiales y humanos necesarios así como los costes derivados del suministro de equipos, instalación y puesta en marcha.

Independientemente de las tareas y documentación definidas en este apartado, el Originador deberá tomar como parte del alcance del proyecto, cualquier documentación y/o especificación definida por cualquiera de las normativas aplicables al sistema. Se establecerá como alcance y contenido de la documentación vinculada la definida en cada una de las normas aplicables.

1.4.15.1. ESPECIFICACIÓN GENERAL

El sistema de comunicaciones estará compuesto por un conjunto de subsistemas y servicios destinados a proporcionar una serie de funcionalidades al propio operador de la línea así como a todos los viajeros. Así mismo, todos los sistemas y servicios de comunicación, al igual que cualquier externo que lo precise, soportaran el intercambio de datos mediante la utilización de redes de comunicación totalmente transversales. Dichas redes deberán contemplar en su diseño los requisitos y limitaciones de cada uno de los servicios y sistemas a transportar.

Con el objetivo de lograr un sistema de comunicaciones totalmente integrado, el Originador deberá indicar y entregar previamente al supervisor del proyecto, al inicio durante la elaboración de la fase de factibilidad los siguientes elementos:

- Criterios generales de diseño

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

1.4.15.2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El Originador deberá contemplar los siguientes criterios generales de diseño:

- Seguridad, garantizándose la estabilidad y correcto funcionamiento del sistema, la integridad de los datos utilizados y proporcionándose los niveles de redundancia necesarios a su fin
- Rendimiento, garantizándose un correcto dimensionado de los elementos que permita dar cobertura total a las actuales y futuras necesidades de explotación.
- Fiabilidad y Mantenibilidad, garantizándose un mantenimiento sencillo y efectivo de los sistemas que permita la reducción del número de incidencias y tiempo de inoperatividad de los mismos.
- Intercambiabilidad, garantizándose la capacidad para que cualquier elemento pueda ser sustituido e intercambiado sin que ello suponga la necesidad de efectuar ninguna modificación
- Diseño modular, garantizándose siempre y cuando sea posible el agrupamiento de equipos según funcionalidades de manera que se puedan diferenciar con claridad la interfaz entre componentes y facilitar la ampliación y el intercambio. Dentro del diseño modular se incluye la estandarización de dimensiones para uniformizar el empaquetamiento y la instalación de los equipos.
- Escalabilidad, garantizándose una sencilla y rápida expansión de los sistemas
- Estandarización e Interoperabilidad, garantizándose el uso en el diseño de los sistemas de los principales estándares así como la compatibilidad entre distintos fabricantes

1.4.15.3. NORMATIVIDAD APLICABLE

Todo el diseño de los sistemas de comunicaciones deberá cumplir con todos los estándares y recomendaciones vigentes y aplicables a nivel internacional para los sistemas ferroviarios de transporte de pasajeros, además de todas las normativas particulares de la República de Colombia.

1.4.15.4. DEFINICIÓN DE INTERFACES

El Originador deberá incluir en el diseño del Sistema de Comunicaciones y de sus subsistemas, la definición funcional y técnica de todas las interfaces identificadas entre ellos y entre cada uno de ellos con los demás sistemas y componentes del sistema LRT Propuesto, especificando con claridad la solución técnica aplicable y la frontera y/o responsabilidad entre sistemas.

1.4.15.5. INTEGRACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS

Dado que existirá una importante interacción entre los distintos subsistemas de comunicación, así como con sistemas y servicios externos, el diseño deberá plantearse bajo la perspectiva de integración global.

Por tanto, el Originador tendrá la responsabilidad de supervisar que el diseño funcional de cada uno de los subsistemas de comunicaciones no se realiza de forma independiente y garantizara los requisitos funcionales de integración requeridos para una operación eficiente y efectiva del sistema LRT propuesto, mirado tanto desde el operador del sistema implementado como desde la perspectiva de los usuarios y visitantes al sistema implementado.

Este requisito deberá contemplarse especialmente durante el diseño de las redes de comunicación, un diseño que deberá desarrollarse en base a los requisitos y restricciones de cada uno de los servicios transportados.

El Originador deberá contemplar como aspecto básico del diseño la existencia de un puesto de control centralizado o PCO, donde se ubicaran los operadores responsables del control, supervisión y gestión de la línea. Los operadores del PCO o cualquier otro perfil asociado harán uso de los elementos de control de los distintos sistemas de comunicaciones como herramientas de trabajo diarias. A fin de simplificar la operación de los mismos y en general la operación diaria, los diseños de los elementos de control deberán garantizar la máxima integración posible, evitando la utilización innecesaria de pantallas, consolas y terminales adicionales.

1.4.15.6. SISTEMAS DE CABLEADO

El cableado eléctrico o de comunicaciones a especificar por parte del Originador en el Proyecto de Diseño deberá contemplar los siguientes requisitos de diseño:

- Las cubiertas de cableado deberán ser de tipo LSZHFR, libres de halógenos, baja emisión de humos y agentes tóxicos y retardantes a la llama.
- Los cables utilizados por sistemas de seguridad deberán hacer uso de cubiertas LSZHFR resistentes al fuego. El grado de resistencia deberá basarse según normativa aplicable.
- Los cableados de comunicaciones de tipo troncal deberán disponer de armadura metálica antirroedores.
- Todos los cableados que dispongan de pantalla o armadura metálica deberán ser conectados a tierra en uno de sus extremos
- Deberá homogeneizarse el color y codificación de los distintos tipos de cableado según criterio del explotador

1.4.15.7. SISTEMAS AUXILIARES

El diseño de los sistemas de comunicación, no solo deberá contemplar como alcance los elementos propios del sistema, sino también aquellos elementos auxiliares o externos

requeridos para el correcto funcionamiento del sistema, como los indicados en esta lista enunciativa:

- Adaptación de Locales Técnicos.
- Sistemas de alimentación ininterrumpida
- Sistema de ventilación y climatización
- Sistema contra incendios
- Cables eléctricos
- Canalizaciones de cables
- Instalaciones de iluminación
- Redes de toma de fuerza y pequeño material
- Sistemas de puesta a tierra

1.4.15.8. RED DE TRANSMISIÓN

La red de transmisión del sistema LRT a implementar tiene como objetivo proporcionar el medio físico de alta capacidad para el transporte de voz y datos entre los diferentes elementos activos del sistema LRT a implementar, estará constituida en base a la definición de un sistema de cableado estructurado según la normativa EN 50173 (ISO 11801).

Esta red estará constituida por los siguientes niveles:

- Nivel troncal, destinado a proveer enlaces físicos redundantes de cable óptico multifibra de alta capacidad entre emplazamientos de la línea, como pueden ser estaciones, talleres y patios de estacionamiento o PCO.
- Nivel de distribución, destinado a proveer enlaces físicos redundantes de cable óptico multifibra óptica o multipar de cobre de capacidad media para interconectar salas de comunicaciones dentro de estaciones o talleres y patios de estacionamiento así como para interconectar locales técnicos situados en la vía.
- Nivel horizontal, destinado a proveer enlaces físicos de acceso para elementos finales mediante cables de pares de cobre y enlaces simples de fibra óptica.
- Nivel administración, destinado a establecer la organización de conexiones entre enlaces mediante el uso de repartidores de fibra óptica y cobre.

- **Descripción funcional del sistema**

La red de Transmisión deberá garantizar la cobertura de un conjunto de funcionalidades generales que se organizadas en base a los siguientes conceptos:

Generalidades

- La organización y estructuración de la red así como el uso de distintos tipos de cableado se realizará acorde a las recomendaciones de la normativa EN 50173 (ISO 11801).
- Existirá un subsistema de tipo “Campus”, destinado a interconectar las estaciones, talleres y patios de estacionamiento y PCO

- Existirá un subsistema de tipo “Distribución”, destinado a interconectar dentro de un emplazamiento las principales salas y locales técnicos
- Existirá un subsistema de tipo “Horizontal”, destinado proporcionar el acceso final a usuarios y elementos finales.
- Existirá un subsistema de tipo “Administrativo”, destinado a proporcionar puntos organizados de interconexión entre subsistemas de cableado
- El cableado cumplirá con las principales normativas en referencia a la propagación de incendios, generación y emisión de gases tóxicos y halógenos y protecciones mecánicas.
- El tendido de cableado deberá ser realizado siempre por canalización, pudiéndose ser ésta de tipo subterránea o tipo aérea.
- Los cableados que hagan uso de mallas y protecciones metálicas deberán asegurar la conexión a la red de tierras.

Subsistema Campo

- El subsistema Campo soportará el transporte masivo de servicios y datos entre emplazamientos mediante el uso de tendidos de cableado óptico multifilar.
- Proporcionará una arquitectura redundante, mediante el uso de topologías en anillo, mallas,... otorgando protección ante el primer fallo.
- Los tendidos de cableado deberán estar sobredimensionados y deberán abarcar el máximo número de emplazamientos, facilitando la integración de servicios o el establecimiento de nuevas conexiones entre emplazamientos en un futuro.
- Las entradas y salidas de cableado en estaciones, talleres y PCO se realizarán por caminos físicamente independientes, haciendo uso de sectorizaciones en los casos donde no pueda ser aplicado.

Subsistema Distribución

- El subsistema Distribución soportará el transporte de servicios y datos internos entre salas y locales técnicos de un emplazamiento mediante el uso de cableado óptico multifilar o cableado multipar de cobre.
- El subsistema Distribución dará cobertura tanto a salas y locales técnicos de estación, como a los locales técnicos existentes en túnel.
- Proporcionará una arquitectura redundante, mediante el uso de topologías en anillo, otorgando protección ante el primer fallo.
- El tendido de cableado se realizará mediante el uso de caminos independientes.
- Los enlaces de cableado deberán ser sobredimensionados, permitiendo la ampliación sencilla y efectiva de servicios

Subsistema Horizontal

- El subsistema Horizontal proporcionará el medio físico de acceso a los usuarios y elementos finales existentes en cualquier punto de la línea.
- Hará uso mayoritario de cableado multipar de cobre, haciendo uso de cableado simple de fibra óptica solamente cuando las distancias físicas no lo permitan.
- Las conexiones con usuarios siempre se realizarán mediante el empleo de cajas de conexión y latiguillos de interconexión.

Subsistema Administrativo

- El subsistema Administrativo proporcionará los elementos de conexión entre tendidos de cableado y subsistemas.
- Los elementos de conexión ofrecerán una estructura altamente organizada, escalable y de alta capacidad.
- Las conexiones entre tendidos y subsistemas siempre se realizarán en locales técnicos debidamente acondicionados.

Adicionalmente el Originador deberá considerar los siguientes criterios particulares en el diseño del sistema: Topologías de cableado, Conexión del cableado, Integración con servicios y Tendido del cableado e integración con las obras civiles del sistema.

A) Topología del cableado

En el diseño del sistema, el Originador deberá considerar el uso de topologías redundantes que aseguren el correcto funcionamiento de los servicios y datos transportados en caso de incidencia.

Especialmente, deberá proveerse una topología redundante a los tendidos de cableados asociados a los subsistemas Campo y Distribución.

Deberá asegurarse el uso de caminos físicamente independientes, en cuanto se refiere a:

- Entradas y salidas de cableados en emplazamientos
- Tendido en superficie
- Acceso a locales técnicos

El conexionado del cableado siempre se realizará en locales técnicos acondicionados para ello, proporcionado el espacio adecuado para su ejecución. No se podrán realizar conexiones de cableado en zonas de difícil acceso o manipulación compleja.

El Originador deberá estandarizar los tipos de conexión, especialmente en cuanto hace referencia a conectores y respetar las recomendaciones definidas en la normativa EN 50173 (ISO 11801).

Las conexiones y tendidos proyectados por el Originador deberán ser recogidos en un mapa de cableado, donde deberá incluirse la siguiente información:

- Enlaces proyectados
- Tipo de cableado utilizado
- Puntos de conexión y tipo de conexión
- Listado de servicios asociados a cada uno de los enlaces
- Reservas existentes
- Cualquier conexión deberá ser etiquetada y codificada para su fácil identificación.

B) Tendido de Cable e Integración con las Obras Civiles

El tendido de cableado deberá realizarse mediante el uso de canalizaciones. Las canalizaciones utilizadas serán exclusivas, de forma que no podrán ser utilizadas en conjunción con otros sistemas. Los cables de alimentación de los equipos de comunicaciones tampoco podrán hacer uso de estas canalizaciones. Dichos cableados deberán hacer uso de las reservadas para baja tensión.

Deberá prestarse especial atención al cruce de canalizaciones con cableado de tipo eléctrico, donde deberá cumplirse la normativa vinculada al reglamento de baja tensión vigente.

El trazado de las canalizaciones será responsabilidad del consultor, que deberá mantener una comunicación directa con obra civil a efectos de definir:

Definición de pasamuros, bajantes y pasos de cableados

Definición de suportaciones

Integración con arquitectura

Todas las canalizaciones deberán ser registrables.

El Originador deberá proveer un conjunto de planos donde se identifique el trazado y tipo de canalización utilizado.

C) 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

1.4.15.9. RED DE TRANSMISIÓN VOZ Y DATOS

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 Originador 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 LRT en el corredor de occidente desde la Estacion de la Sabana hasta Facatativa, pudiéndose definir tres 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) Descripción Funcional del Sistema

La red de transmisión de voz y datos para el sistema LRT a implementar deberá garantizar la cobertura de un conjunto de funcionalidades generales organizadas en base a los siguientes conceptos:

La red de transmisión de voz y datos será estructurada en base a los siguientes niveles funcionales:

- Nivel de acceso
- Nivel de distribución
- Nivel de backbone

La red de transmisión de voz y datos dispondrá de un nivel funcional de gestión, permitiendo la administración integrada de todos los elementos de la red.

Dará cobertura a la totalidad de servicios de la Línea que requieran conectividad tanto a nivel de puntos de acceso como de requisitos de transporte, haciendo uso principalmente de la red de transmisión.

El sistema estará pensado para dar servicio a los siguientes sistemas de comunicaciones:

- Red de Radiocomunicaciones de voz y datos.
- Telefonía.
- Interfonía.
- Megafonía.
- Información al pasajero.
- CCTV Fijo y Embarcado.

- Cronometría.
- Sistema de Recaudo.
- Control de Accesos.
- Sistema de supervisión unificada.

Y todos aquellos sistemas que se crean necesarios en fase de detalle.

Proporcionará servicio a elementos finales de estaciones, talleres y cocheras y PCC e integrará como una red global los elementos finales de unidades móviles. Para ello la red de transmisión podrá hacer uso de los protocolos y estándares más idóneos en función del medio físico de transporte y los requisitos asociados

Proporcionará acceso seguro a redes de transmisión de voz y datos externas. Permitirá el transporte simultáneo de servicios de voz y datos sin interferencia o penalización mutua.

Tendrá un dimensionado suficiente para abastecer futuras necesidades de los servicios transportados, nuevos servicios implantados o soportar posibles modos degradados. Ofrecerá un alto nivel de redundancia con el fin de asegurar el máximo grado de disponibilidad del servicio.

Ofrecerá los mecanismos de red necesarios para ejecutar niveles de prioridad de servicios críticos y gestiones dinámicas de recursos en caso de saturaciones o modos degradados.

Ofrecerá los recursos de seguridad perimetral necesarios para gestionar de forma segura el acceso de usuarios y datos a la red

Permitirá el transporte de servicios basados en la multidifusión

Dispondrá de un plan de direccionamiento IP unificado

Cubrirá las necesidades de comunicaciones de servicios embarcados de los sistemas de Información al Pasajero y CCTV.

Adicionalmente el Originador deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura de red
- Arquitectura y topologías de red
- Redundancia de elementos críticos
- Requisitos de transmisión
- Integración con el material móvil
- Seguridad Perimetral

B) Arquitectura y Topología de la Red

La arquitectura de la red de transmisión de voz y datos deberá estar basada en los 4 niveles funcionales especificados: Acceso, Distribución, Backbone y Gestión.

Siguiendo esta estructura, la red de transmisión de voz y datos deberá disponer de:

- Nodos centrales de enrutamiento a alta velocidad, a ubicar en puntos estratégicos de la línea, como por ejemplo PCO.
- Nodos locales de distribución o equipos de cabecera con capacidad para segmentar el tráfico local del tráfico en distribución. A ubicar como equipo de salida de estaciones y talleres
- Nodos locales de acceso, destinados a proporcionar un elevado número de puertos de conexión final a la red.
- Puntos de accesos inalámbricos para los servicios embarcados

Así mismo, dado que la red deberá transportar los servicios de la línea, el diseño de la arquitectura deberá considerar un alto nivel de fiabilidad, haciendo uso de:

- Topologías de red tipo anillo o mallas parciales
- Dispositivos de altas prestaciones de tipo modular
- Redundancia de tarjetas críticas y enlaces de comunicación
- Redes de backup
- Protocolos de protección frente a fallos y errores
- Segmentación de red y aislamiento de tráficos
- Diseño celular para la red inalámbrica

La arquitectura diseñada deberá garantizar una alta escalabilidad y deberá asegurar una correcta distribución del tráfico, a fin de evitar desequilibrios entre zonas de la red.

C) Redundancia

El diseño del sistema deberá contemplarse el desarrollo de una arquitectura redundante, donde los elementos considerados críticos para la operación del sistema se encuentren parcialmente o totalmente duplicados. Así mismo, con el fin de obtener el mayor grado de redundancia, en los elementos considerados como más críticos, deberá proveerse redundancia geográfica.

Los modos de operación redundante:

- Activo-No activo
- Activo-Activo
- Hot-stand-by

Se podrán ajustar a los requisitos de fiabilidad, no obstante el Originador en su diseño deberá garantizar el mínimo tiempo posible de pérdida de servicio por conmutación de elementos redundantes. Deberá considerarse en el diseño los posibles requisitos de sincronización existentes.

D) Requisitos de Transmisión

Será responsabilidad del Originador recopilar los requisitos de transmisión particulares de cada uno de los servicios transportados, entendiendo como requisitos:

- Necesidades de ancho de banda
- Plan de frecuencia
- Estudio de cobertura
- Requisitos máximos de latencia y retardo entre paquetes (jitter)
- Estructura y tamaño unidades de datos
- Protocolos de datos utilizados, puertos de red y limitaciones particulares de aplicaciones
- Número de flujos, destinos y prioridades
- Mecanismos de redundancia de red aplicados por los elementos finales

Dichos requisitos deberán ser utilizados como base para el diseño y desarrollo de la red de transmisión de voz y datos.

El Originador deberá redactar un estudio técnico donde se presenten todos los requisitos identificados. Dicho informe técnico, previa aprobación deberá ser ratificado para cada uno de los servicios transportados.

E) Integración al Material Rodante

Las unidades del material rodante dispondrán de una red interna y totalmente independiente de voz y datos a través de la cual los equipos de control interno gestionan sus servicios y elementos particulares.

Parte de estos elementos y/o servicios conectados a la red interna deberán ser integrados con sistemas o servicios externos a la unidad de material rodante, de forma que será preciso el establecimiento de una interconexión.

A efectos del diseñador de la red de transmisión de voz y datos, la red interna de las unidades de material rodante formará parte de su alcance, considerando por tanto esta red como parte de su sistema.

Por tanto, se deberá coordinar con el diseñador de las unidades de material rodante el punto de interconexión, los requisitos de transmisión así como la tecnología de red más propicia para el intercambio de voz y datos tren – tierra.

Deberá tenerse en cuenta la existencia de una red tren – tierra de radiocomunicaciones de voz y datos.

F) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de instalación de los emplazamiento
- 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

1.4.15.10. SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN DE 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 LRT en el corredor de occidente

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)

A) Especificación Funcional

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Establecimiento de llamadas o envío de mensajes cortos entre el personal de la línea y el PCO mediante el uso de terminales portátiles y consolas de despacho.
- Establecimiento de llamadas o envío de mensajes cortos entre el PCO y el material móvil mediante el uso de terminales embarcados o móviles y consolas de despacho.
- Establecimiento y recepción de llamadas con sistemas de voz externos pudiéndose soportar cualquier tipo de tecnología vigente.
- Establecimiento y recepción de llamadas de la Red Telefónica Pública conmutada a través del sistema de Telefonía.

- Establecimiento de llamadas entre usuarios mediante uso de la infraestructura radio (modo estándar) o mediante el uso de los propios terminales radio en un entorno cercano (modo ocasional o degradado).
- Capacidad para la operación local y aislada en caso de pérdida de comunicación con el PCO
- Gestión operativa del sistema, permitiendo, entre otras, la administración dinámica de perfiles y grupos de usuarios, gestión de grabaciones así como exportación de informes y estadísticas referentes a uso de red, número de llamadas,...
- Administración técnica del sistema, permitiendo la supervisión completa y continuada del sistema, la actualización y/o modificación de parámetros así como la exportación de informes y estadísticas de alarmas e incidencias.
- Uso del sistema como red de transporte tren - tierra por parte de sistemas embarcados de baja velocidad, como por ejemplo los sistemas de megafonía, interfonía o supervisión técnica embarcada proporcionando los adecuados mecanismos embarcados y terrestres de gestión del acceso al medio y contención, gestión de recursos radio y aplicación de prioridades.
- Grabación de todas las llamadas de voz y datos establecidas en la red, tanto internas como externas, en una única plataforma de grabación global de la línea, pudiéndose gestionar dichas grabaciones mediante interfaz única o directamente desde la aplicación nativa del sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos deberá ofrecer las funcionalidades particulares que se detallan a continuación:

Servicios de voz en modalidad Half o Full Duplex:

- Llamada Individual
- Llamadas de Grupo
- Llamada de Anuncio
- Llamada Prioritaria o de Emergencia
- Llamada de Interconexión Telefónica a PSTN/Centralita automática electrónica
- Sobrediscado Tono Dual, DTMF (Multi-Frequency)
- Funcionalidades de interconexión con otros servicios de audio vía protocolo SIP

Servicios de Datos

- Alarma de Emergencia
- Mensajes de Status
- Mensajes de texto Datos Cortos (SDS)
- Mensajes de texto de Datos Extendidos (EDM)
- Servicio de Datos por Paquetes

Otros Servicios

- Asignación Dinámica de Emplazamiento
- Cola de Ocupado y Rellamada
- Prioridad de Cola
- Prioridad de Usuario Reciente

- Entrada tardía en llamadas de grupo
- Identificación del llamante
- Presentación del grupo actual
- Registro/De-registro
- Reselección de célula
- Autenticación
- Cifrado aire
- Activación/Desactivación de grupos
- Selección de área
- Reagrupamiento dinámico de grupos
- Redundancia
- Aplicaciones especiales de desarrollo de propio del explotador
- Llamadas de datos largos y cortos
- Gestión de alarmas

En su conjunto el Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos no inhabilitará las comunicaciones de otras redes RF, telefonía móvil o redes inalámbricas presentes en la instalación de la PLMB.

Adicionalmente se deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura simple y duplicada
- Redundancia de elementos críticos (Ver criterios definidos en otros apartes para otros subsistemas)
- Dimensionado del tráfico del sistema
- Plan de Frecuencias
- Estudio de integración de sistemas de voz
- Plan de Numeración Integrado
- Sistema de grabación integrado
- Consola de voz integrada

El consultor deberá confeccionar un estudio específico de cobertura, donde como mínimo deberá reflejarse los siguientes conceptos:

- Zonas de cobertura
- Discriminación entre zonas de cobertura simple y duplicada
- Niveles de potencia estimados

B) Dimensionamiento de Trafico del Sistema

El Originador deberá considerar en el diseño del sistema un estudio de dimensionado del tráfico soportado por la red de Radiocomunicaciones de Voz y Datos. Dicho estudio deberá ofrecer la siguiente información:

- Zona de cobertura
- Grado de servicio (GoS) para un determinado tiempo de espera

- Número máximo de usuarios
- Número máximo de llamadas de grupo
- Calidad subjetiva de la voz
- Velocidad de Handover
- Tiempo de establecimiento de llamada

Como premisas para la confección del estudio, el Originador deberá considerar una carga de tráfico baja por estación base en condiciones normales de operación, de forma que se garantice la disponibilidad de recursos en condiciones degradadas o de emergencia o en posibles ampliaciones.

C) Plan de Frecuencias

El Originador deberá definir un plan de frecuencias que tenga en cuenta los siguientes requerimientos:

- Número de canales RF
- Número de frecuencias en modo directo
- Reutilización de frecuencias: grado de protección interferencia cocanal
- Separación entre frecuencias de una misma estación base: grado de protección de interferencia canal adyacente.

Dada las limitaciones del entorno radio, la definición del plan de frecuencias deberá considerar el uso racional de frecuencias y por tanto el plan de frecuencias deberá ir con total concordancia con el estudio de dimensionado del tráfico del sistema.

D) Sistema de Grabación Integrado

La integración entre los sistemas de voz, requerirá la integración del sistema de grabación bajo una misma plataforma. Mediante esta integración, un operador podrá acceder a las grabaciones de cualquier de los sistemas de voz, de forma transparente mediante una única aplicación. No obstante deberá mantenerse como método de backup el acceso a esta información desde las aplicaciones nativas de cada uno de los sistemas de voz integrados.

Los operadores del PCO dispondrán de una consola de voz integrada. Esta consola consistirá en un terminal informático con capacidad para la atención y generación de llamadas de voz hacia cualquier de los tres sistemas de voz de Línea X del LRT, (Telefonía, Interfonía y Radiocomunicaciones de Voz y Datos). Permitirá disponer de funcionalidades de llamada avanzadas.

Adicionalmente permitirá las siguientes funcionalidades:

- Acceso y gestión de alto nivel de los grabadores de audio
- Acceso y gestión de alto nivel de las aplicaciones de gestión nativas

En el caso de incidencia o avería, el operador deberá disponer de un terminal telefónico avanzado con capacidad para la realización y/o recepción de llamadas de voz a cualquier de los sistemas de voz. El paso de un terminal a otro deberá ser transparente, de forma que ambos terminales deberán operar con el mismo número e identificador.

E) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de instalación de los emplazamiento
- Planos de ubicación de los emplazamientos.
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Definición de interfaces
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas.
- Estudio de cobertura radio (Cobertura, Regiones de Handover, Interferencias, en túnel, estaciones y demás edificios del explotador)
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Plan de Frecuencias
- Análisis de interferencias con otros sistemas radios.
- Plan de Numeración Integrado en concordancia con el de telefonía e interfonía.
- Estudio de Integración de sistemas de voz y grabación
- 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.
- Entregables de RAMS

1.4.15.11. 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 originador 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) Descripción Funcional del Sistema

El Sistema Telefonía deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Establecimiento de llamadas entre usuarios internos mediante marcación directa (extensión) o completa
- Establecimiento de llamadas entre usuarios internos y extensiones externas de la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)
- Establecimiento de llamadas hacia otros sistemas de voz (Interfonía y Radiocomunicaciones de Voz y Datos)
- Capacidad para la integración de cualquier tipo de terminal telefónico
- Cobertura de todas las funcionalidades estándar y avanzadas de un sistema de telefonía administrativa, como por ejemplo: Redirección de llamada, desvío de llamada, restricción de llamada, llamada en espera,...
- Capacidad para la recepción y envío tanto interno como externo de servicio de fax.
- Capacidad para la integración de un servicio de operadora
- Grabación de todas las llamadas de voz y datos establecidas en la red, tanto internas como externas, en una única plataforma de grabación global de la línea, pudiéndose gestionar dichas grabaciones mediante interfaz única o directamente desde la aplicación nativa del sistema de telefonía
- Gestión operativa del sistema, permitiendo, entre otras, la administración dinámica de terminales, extensiones y abonados, gestión de grabaciones así como exportación de informes y estadísticas referentes a uso de red, número de llamadas, tarifas...
- Administración técnica del sistema, permitiendo la supervisión completa y continuada del sistema, la actualización y/o modificación de parámetros así como la exportación de informes y estadísticas de alarmas e incidencias.

El Sistema de Telefonía deberá ofrecer las funcionalidades particulares que se detallan a continuación:

- Llamada básica interna, externa directa, externa por operadora
- Llamada directa a extensión
- Identificación del número de abonado que realiza la llamada
- Identificación del número de abonado que recibe la llamada
- Identificación del nombre del abonado que realiza la llamada
- Identificación del nombre de abonado que recibe la llamada
- Restricción de visualización del número y nombre en la llamada
- Rellamada automática sobre línea ocupada
- Rellamada automática al no contestar
- Desvío de llamada sobre línea ocupada
- Desvío de llamada al no contestar
- Desvío de llamada incondicional
- Transferencia de llamada

Adicionalmente el Originador deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura de terminales telefónicos
- Consola de comunicación avanzada para operadora
- Consola de voz integrada
- Telefonía de emergencia
- Redundancia de elementos críticos
- Dimensionado del tráfico del sistema
- Plan de Numeración Integrado
- Estudio de integración de sistemas de voz
- Sistema de grabación integrado

B) Cobertura de Terminales Telefónicos

El Originador deberá usar los siguientes criterios para el despliegue de terminales telefónicos en las instalaciones de la Línea:

- Se habrá de proveer en locales y dependencias técnicas, como por ejemplo salas de enclavamientos, salas de comunicaciones o subestaciones eléctricas de terminales telefónicos básicos, entendiéndose como básicos terminales sin pantalla y con teclado alfanumérico base.
- Se habrá de proveer en PCC, oficinas y cuartos de jefe de estación/zona de terminales telefónicos avanzados, que deberán incluir pantalla, teclado alfanumérico extendido y funcionalidades adicionales de directorio. Todos los operadores del PCO deberán disponer de un terminal telefónico avanzado. Este terminal deberá operar como elemento de reserva, en caso de fallo de la consola telefónica integrada.
- Se habrá de proveer en PCO u otra ubicación de una o varias consolas de comunicación avanzadas para operadoras
- Los terminales telefónicos deberán ir asociados a las estaciones de influencia. En el caso que existan terminales telefónicos en locales técnicos en vía, se deberán asociar a la estación más cercana.

C) Consola para Operadora

La gestión de llamadas externas entrantes y salientes así como posibles restricciones internas deberá ser llevada a cabo por una o varias operadoras telefónicas. El Originador deberá proponer el número de recursos necesarios en base al cálculo estimado de llamadas generadas en el sistema.

Las operadoras podrán ser emplazadas en cualquier dependencia de la línea y deberán ser proveídas de una consola de comunicación avanzada, que como mínimo deberá proporcionar las siguientes funcionalidades:

- Funciones de presentación de llamadas.
- Funciones de control de comunicación.
- Funciones de selección de la comunicación.

- Funciones de selección de dispositivos de escucha.
- Funciones de Base de Datos, funciones de directorio.
- Funciones de menú.

D) Consola de Voz Integrada

Los operadores del PCO dispondrán de una consola de voz integrada. Esta consola consistirá en un terminal informático con capacidad para la atención y generación de llamadas de voz hacia cualquier de los tres sistemas de voz de la línea, (Telefonía, Interfonía y Radiocomunicaciones de Voz y Datos). Permitirá disponer de funcionalidades de llamada avanzadas.

Adicionalmente permitirá las siguientes funcionalidades:

- Acceso y gestión de alto nivel de los grabadores de audio
- Acceso y gestión de alto nivel de las aplicaciones de gestión nativas

En el caso de incidencia o avería, el operador deberá disponer de un terminal telefónico avanzado con capacidad para la realización y/o recepción de llamadas de voz a cualquier de los sistemas de voz. El paso de un terminal a otro deberá ser transparente, de forma que ambos terminales deberán operar con el mismo número e identificador.

E) Telefonía de Emergencia

Con el fin que las estaciones mantengan un canal de comunicación vocal de contingencia en caso de una incidencia o emergencia grave que aisle una o varias estaciones, se prevé la utilización de un servicio de telefonía de emergencia.

El servicio de telefonía de emergencia deberá garantizar la capacidad de comunicación de una estación con el PCO u otro centro de contingencia aún a pesar de la pérdida total de comunicación con el PCO u otras estaciones debido a la caída de las redes de comunicación.

El terminal telefónico de emergencia de una estación deberá ser ubicado en una zona segura y de fácil acceso por parte del personal autorizado.

F) Dimensionamiento de Tráfico del Sistema

El Originador deberá realizar un estudio de tráfico del sistema con el objetivo de analizar y dimensionar los siguientes conceptos:

- Carga de tráfico en los principales enlaces telefónicos del sistema (Accesos a centralitas, enlaces con otros sistemas de voz o con la RTPC).
- Número estimado de extensiones telefónicas requeridas
- Capacidad de conmutación/procesado de las centralitas
- Capacidad de los grabadores de audio

Dado que actualmente no se dispone de referencias, el Consultor deberá hacer uso de hipótesis y experiencia en otros entornos con características muy similares.

G) Integración de Sistemas de Voz

El Originador deberá incluir como parte del diseño un estudio de integración de sistemas de voz. Dicho estudio tendrá como finalidad analizar las funcionalidades proporcionadas por cada sistema así como sus restricciones. Como resultado de este análisis, el Originador deberá presentar en este estudio las capacidades de integración, especificando para cada conexión que funcionalidades podrán ser ofrecidas al operador.

Como criterio general, las posibles llamadas de voz y datos (fax) que deban efectuarse, independientemente del sistema de voz utilizado, serán gestionadas por el sistema de Telefonía.

La integración entre los sistemas de voz, requerirá la integración del sistema de grabación bajo una misma plataforma. Mediante esta integración, un operador podrá acceder a las grabaciones de cualquier de los tres sistemas de forma transparente mediante una única aplicación. No obstante deberá mantenerse como método de backup el acceso a esta información des de las aplicaciones nativas de cada uno de los sistemas de voz integrados.

H) 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

1.4.15.12. 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 Originador, 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) Descripción Funcional del Sistema

El Sistema de Megafonía deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- División de las instalaciones en zonas de megafonía independientes con capacidad de selección unitaria de zonas
- Difusión de mensajes informativos o de emergencia en tiempo real o pregrabados des de el PCO o des del cuarto de jefe de estación
- Capacidad para la difusión de hilo musical o fuentes de audio externas
- Capacidad de adquisición de información de estado del tráfico de la línea
- Capacidad de difusión simultánea de mensajes en zonas distintas
- Capacidad para el almacenamiento centralizado en el PCC de mensajes pregrabados de carácter general y almacenamiento distribuido y selectivo en estaciones, talleres, patios y unidades de material móvil de mensajes pregrabados de carácter local
- Capacidad de carga local y remota de mensajes pregrabados
- Capacidad de restricción de las zonas de emisión de mensajes de megafonía por parte de un usuario
- Capacidad de priorización de mensajes
- Disposición de un canal de retorno para la verificación del mensaje emitido
- Gestión operativa del sistema, permitiendo, entre otras, la administración dinámica de usuarios, gestión de mensajes pregrabados, así como exportación de informes y estadísticas referentes al uso del sistema

- Capacidad de generación de parrillas automáticas y periódicas de mensajes pregrabados
- Administración técnica del sistema, permitiendo la supervisión completa y continuada del sistema, la actualización y/o modificación de parámetros así como la exportación de informes y estadísticas de alarmas e incidencias.
- Capacidad para la supervisión remota del estado de las líneas de altavoces y amplificadores
- Capacidad para la supervisión y corrección continuada y automática del nivel sonoro por zonas.

Adicionalmente se deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura del sistema de Megafonía (Estaciones, Patios y Talleres, Material Rodante)
- Estudio electro acústico
- Requisitos de emergencia
- Integración con el sistema de tráfico
- Integración con el sistema de información al viajero

B) Estudio Electro acústico

El número, tipo y emplazamiento de los altavoces así como la potencia sonora requerida a especificar por el Originador se realizará previa ejecución de un estudio electro acústico.

El estudio electro acústico tendrá en cuenta la Arquitectura, geometría, materiales de revestimientos y acabados y volumen propio de estaciones, Patios y talleres y material rodante.

El Originador deberá obtener un modelo electro acústico por cada tipo de estación, taller y patios y unidad de material rodante definida, siempre y cuando los materiales de construcción previstos sean similares.

Las conclusiones del estudio deberán aportar los siguientes datos:

- Niveles de Inteligibilidad (RASTI) por zona
- Niveles de potencia acústica por zona
- Definición de tipo y potencia de altavoces
- Ubicación de altavoces

C) Requisitos de Emergencia

La principal funcionalidad del sistema de Megafonía es el de difundir de forma rápida y eficiente mensajes pregrabados o en tiempo real a múltiples zonas de la línea. Esta funcionalidad es considerada crítica en caso de emergencias o incidencias donde es preciso ejecutar una evacuación de los usuarios y personal de la línea. Así mismo, el

sistema no solamente deberá funcionar al inicio de la incidencia, si no que también deberá funcionar durante la incidencia.

Los requisitos expuestos en el anterior párrafo son definidos y cubiertos por la normativa “EN 60849 Sistemas electroacústicos para servicios de emergencia”, cuyas bases deberán ser utilizadas por el consultor para efectuar el diseño del sistema.

D) Integración con otros Sistemas

El sistema de Megafonía deberá disponer información periódica y en tiempo real sobre el estado del tráfico en la línea.

Mediante el conocimiento de dicha información, el sistema deberá ser capaz de generar automáticamente mensajes de información al usuario de tipo general. A modo de ejemplo, el sistema deberá ser capaz de emitir mensajes del tipo:

- Próximo tren no para en la presente estación
- Servicio temporalmente interrumpido
- Próximo tren con destino estación XXX
- Último tren

Los sistemas de Megafonía e información al viajero son dos sistemas complementarios destinados a proporcionar al usuario información (sonora y visual) importante que facilita su desplazamiento a través de la infraestructura de la línea del sistema LRT a implementar en el corredor de occidente.

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.

E) 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

1.4.15.13. 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.

A) Descripción Funcional del Sistema

El Sistema de Información al Viajero deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- División de las zonas de presencia de viajeros en zonas de información independientes con capacidad de selección unitaria
- Visualización de mensajes en distintos formatos (texto, alfanumérico, multimedia) y en diferentes plataformas de visualización (pantallas LCD, pantallas LED,...)
- Visualización de la hora oficial de la línea en modo analógico o digital seleccionable por un operador
- Visualización en tiempo real de los horarios e itinerarios de unidades móviles así como del estado general del tráfico

- Visualización de información referente a horarios y estado de transportes complementarios en estaciones con interconexión
- Visualización simultánea de uno o varios mensajes en distintas zonas
- Generación de órdenes de visualización por parte de un operador del PCO en tiempo real o en modo automático en base a una programación previa.
- Disponibilidad de herramienta para la edición y uso de plantillas de mensajes, pudiendo combinar en una plantilla diferentes formatos de mensaje
- Almacenamiento centralizado en el PCO de mensajes pregrabados de carácter general y almacenamiento distribuido y selectivo en estaciones y unidades de material móvil de mensajes pregrabados de carácter local
- Carga remota en estaciones y unidades de material rodante de mensajes pregrabados por parte de un operador del PCO
- Restricción de las zonas de emisión de mensajes por parte de un operador del PCC
- Priorización de mensajes
- Visualización en el puesto de operador del PCO de los mensajes emitidos para su verificación o comprobación
- Capacidad de generación de parrillas automáticas y periódicas de mensajes pregrabados
- Gestión operativa del sistema, permitiendo, entre otras, la administración dinámica de usuarios, gestión de mensajes pregrabados, así como exportación de informes y estadísticas referentes al uso del sistema
- Administración técnica del sistema, permitiendo la supervisión completa y continuada del sistema, la actualización y/o modificación de parámetros así como la exportación de informes y estadísticas de alarmas e incidencias.
- Capacidad de difusión paralela de mensajes publicitarios gestionados por el operador o terceras partes.

Adicionalmente se deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura del sistema de información al viajero
- Criterios de visualización
- Integración con el sistema de tráfico
- Integración con el sistema de Megafonía
- Integración con el sistema de cronometría
- Modelos de financiación y explotación

B) Cobertura del sistema de información al viajero

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 Originador 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

C) Criterios de visualización

El sistema de Información al Viajero deberá permitir la visualización de mensajes de texto, alfanuméricos, multimedia ... 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.

El sistema a diseñar por el Originador deberá permitir la configuración personalizada de los siguientes parámetros:

- Resolución y tamaño de letras e imágenes
- Paleta de colores
- Nivel de luminosidad y contraste
- Nivel de reflejos existentes debidos a luz natural o artificial incidente

Las plataformas de visualización deberán ser poco directivas, de forma que un amplio ángulo de visión permita ser visualizadas por un gran número de viajeros.

D) 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

E) 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 LRT 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.

F) 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.

G) 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

1.4.15.14. Sistema de Video vigilancia (CCTV)

El sistema de vídeo vigilancia (CCTV) permitirá la visualización en tiempo real y remota por más de un operador de las imágenes de vídeo, de las zonas o puntos más importantes o de mayor sensibilidad de la línea. El sistema de video vigilancia (CCTV) dará cobertura tanto a estaciones, patios y talleres como al PCO y las unidades de material rodante si se considera conveniente y factible económicamente.

El sistema deberá permitir la grabación continuada y segura de imágenes para su posterior visualización y/o exportación a otras plataformas de reproducción/visualización, garantizando un periodo circular de grabación configurable.

Dado los altos requerimientos en banda ancha exigidos por sistemas de estas características y la posibilidad de usar más de una red de transmisión de datos, deberá permitir un ajuste de la calidad de la imagen, el uso de diferentes algoritmos de compresión y la utilización de protocolos de optimización del transporte de datos.

Permitirá la interconexión con otros sistemas de video vigilancia (CCTV) activos, especialmente en aquellas estaciones donde exista interconexión con otros sistemas de transporte.

El entorno de configuración será completamente configurable, permitiendo a un operador seleccionar un número variable de cámaras, modificar los atributos de las imágenes visualizadas, visualizar el estado de una cámara o iniciar la reproducción de una imagen gravada, entre otras.

Finalmente ofrecerá al operador del PCO funcionalidades avanzadas, tales como:

- Detección automática de movimientos, objetos perdidos y aglomeraciones
- Detección automática de inicio de llamada en interfono
- Detección automática de obstaculización del objetivo

A) Descripción funcional del sistema

El Sistema de video vigilancia (CCTV) deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Visualización de imágenes:
 - ✓ El sistema permitirá la visualización continua, remota y en tiempo real de imágenes de estaciones, patios, talleres, vías y PCO y unidades de material rodante desde el PCO bajo demanda del operador
 - ✓ La petición de imágenes por parte de un operador podrá ser realizada mediante la selección de una secuencia automática o de forma manual. Permitirá la definición de rondas de visualización
 - ✓ El sistema permitirá la visualización de una o varias imágenes por parte de varios operadores de forma simultanea
 - ✓ El sistema soportará diferentes tipos de codificación así como niveles de calidad, pudiéndose ser configurados por un operador.
 - ✓ La selección de imágenes simultáneas por parte de un operador podrá ser limitada por el sistema
 - ✓ El sistema permitirá la visualización de imágenes en diferentes plataformas hardware de visualización (pantallas LCD-TFT, PDA, panel pc,...)
 - ✓ El sistema permitirá la selección y posterior visualización de imágenes de CCTV de otros sistemas de transporte.
- Grabación de imágenes:
 - ✓ El sistema permitirá la grabación local en estaciones, talleres y patios y unidades de material rodante de todas las imágenes de CCTV, indicando la fecha, hora y ubicación de grabación en cada secuencia.
 - ✓ El sistema permitirá alterar la codificación y calidad de grabación de las imágenes CCTV por petición del operador o de forma automática por aparición de eventos
 - ✓ El sistema tendrá capacidad para almacenar todas las imágenes a máxima calidad durante un mínimo de 1 semana sin superposición alguna.
 - ✓ El sistema no permitirá la edición, modificación y/o eliminación de las imágenes gravadas
- Reproducción de imágenes gravadas:
 - ✓ El sistema permitirá la reproducción por parte de un operador de las imágenes gravadas y almacenadas en las unidades de grabación
 - ✓ Se dispondrá de funciones de búsqueda rápida así como funciones generales de reproducción y visualización (Adelante, Hacia atrás, parada, lento hacia delante, lento hacia atrás, congela, imagen a imagen....)
 - ✓ El sistema permitirá la exportación de imágenes gravadas y su posterior reproducción en otras plataformas de visualización.
- Procesado de imágenes:
 - ✓ El sistema permitirá seleccionar entre un modo de visualización diurno y un modo de visualización nocturno

- ✓ El sistema permitirá detectar mediante el análisis de imágenes la detección de movimientos
 - ✓ El sistema permitirá detectar mediante el análisis de imágenes la detección de enmascaramiento de imagen
 - ✓ El sistema permitirá detectar mediante el análisis de imágenes la cuenta de personas
 - ✓ Se dispondrá de un módulo estabilizador de imagen
 - ✓ El sistema generará de forma automática un aviso de visualización en caso de detección de un pulsador de interfono activado o una alarma de control de acceso.
- Transporte:
 - ✓ Las imágenes de CCTV así como la señalización adjunta serán transportadas a través de la red de transmisión de voz y datos.
 - Administración
 - ✓ El sistema permitirá la confección de distintos perfiles de usuario con permisos de operación diferentes.
 - ✓ El sistema permitirá a los operadores conocer el estado de funcionamiento del sistema así como la disponibilidad de las cámaras.
 - ✓ El sistema ofrecerá a los operadores herramientas para realizar configuraciones remotas sobre los elementos del sistema.

El sistema de video vigilancia (CCTV) deberá dar cobertura a los siguientes emplazamientos:

- Estaciones:
- Talleres y Patios de Estacionamiento
- PCO
- Unidades de material rodante

El sistema permitirá a un operador configurar su aplicación de visualización, de forma que pueda seleccionar el número, calidad, tamaño o disposición de las imágenes a visualizar.

B) Requisitos de transmisión

El sistema de video vigilancia (CCTV) deberá contemplar los siguientes requisitos de transmisión con el objetivo de optimizar la utilización de recursos en la red de transmisión de voz y datos:

- Utilización de protocolos de multidifusión para optimizar el envío de imágenes a distintos puestos de operación
- Limitación del número de flujos salientes (por peticiones de operadores) de un emplazamiento en cuestión

C) Requerimientos de Codificación

El sistema de video vigilancia (CCTV) deberá permitir la utilización de más de un tipo de codificador a fin de satisfacer las siguientes necesidades:

- Utilización de un codificador de video con alto índice de compresión pero manteniendo una buena calidad de imagen para ser usado en el transporte de imágenes hacia los puestos de visualización.
- Utilización de un codificador de video de bajo índice de compresión asegurando una alta calidad de imagen para ser usado en la grabación de imágenes.

Así mismo, dado que el sistema deberá permitir la integración de imágenes de CCTV de otras plataformas, deberá proporcionar las interfaces de conversión de codificadores necesarias.

Finalmente, los codificadores utilizados deberán asegurar los siguientes requisitos:

- Configuración en operación del número de secuencias por segundos, pudiéndose seleccionar des de 1 fps a 25 fps sin necesidad de resetear el sistema
- Soportar una resolución mínima de 640 x 480 (HxV)

D) Requerimientos de grabación y exportación de imágenes

El sistema permitirá la grabación continuada local de todas las imágenes de CCTV generadas en el ámbito de una estación, patios y talleres y unidades de material rodante o PCO.

A fin de optimizar la relación calidad – capacidad, el sistema deberá permitir la grabación en alta calidad, pudiendo modificar el número de secuencias por segundo (fps). De este modo, deberá poder aplicar el siguiente procedimiento:

En modo normal, grabación continuada de imágenes a alta calidad y baja secuencia

En caso de generación de un evento, grabación continuada de imágenes a alta calidad y alta secuencia. Se entiende como evento la pulsación de un interfono si lo hay, la activación de una alarma del control de accesos,...

Así mismo, el sistema deberá permitir la exportación de imágenes del sistema. La exportación solo se podrá realizar desde un terminal específico y la reproducción de las imágenes exportadas solamente podrá realizarse aportándose los codificadores específicos del sistema.

E) Integración con el material rodante

El sistema de video vigilancia (CCTV) embarcado si se decide su implementación, deberá estar totalmente integrado con el sistema de video vigilancia (CCTV) de estaciones, patios y talleres y PCO.

Los operadores del PCO deberán operar este sistema de forma transparente, sin necesidad de realizar acciones o procedimientos adicionales.

Será responsabilidad del Originador, gestionar las posibles interfaces entre ambos sistemas.

F) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de cobertura CCTV
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas, estaciones e instalaciones del explotador.
- Definición de interfaces y esquemas de interconexión con otros subsistemas
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Datasheet de equipos y documentación de todo el SW de gestión.
- Entregables de RAMS

1.4.15.15. SISTEMA DE CRONOMETRÍA

El Sistema de Cronometría proporcionará una señal de sincronismo estable y segura que permita el correcto funcionamiento de los sistemas síncronos definidos. Dicha señal deberá ser proporcionada por una fuente de sincronismo de alta estabilidad y con capacidad para su difusión mediante el uso de redes de comunicaciones.

Paralelamente, el Sistema de Cronometría deberá proporcionar y difundir mediante la red de transmisión de voz y datos la hora oficial de la línea a todos los elementos finales que la precisen.

A) Descripción funcional del sistema

El Sistema de Cronometría deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Difusión de una señal de sincronismo única y global para toda la línea para los sistemas o elementos síncronos que lo requieran
- Difusión de la hora oficial de la línea a todos los sistemas o elementos que lo requieran
- Dispondrá de un mecanismo automático de recalibración o corrección de derivas

- Dispondrá de una herramienta de gestión operativa y técnica, permitiendo la:
 - ✓ Configuración de las variables parametrizables
 - ✓ Supervisión y monitorización de los elementos gestionables

B) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

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

1.4.15.16. Sistema de Supervisión y Control - Telemando de los Sistemas de Comunicaciones

La especificación funcional de cada uno de los sistemas de comunicaciones determina el requerimiento de disponer de una plataforma de gestión administrativa y de mantenimiento completa, pudiéndose gestionar completamente todos los elementos de un sistema desde su propia plataforma.

Dado el gran número de sistemas de comunicaciones definidos, se requerirá la implantación de un sistema de supervisión unificada y centralizada en el PCO, que permitirá disponer de un primer nivel de gestión. Se entenderá como primer nivel de gestión la recepción de las principales alarmas e incidencias de cualquier de los sistemas de comunicaciones.

Consecuentemente, todos los sistemas de comunicaciones, independientemente de las plataformas de gestión propias que dispongan, deberán reportar mediante un protocolo unificado las alarmas e incidencias más significativas que permitan realizar un primer diagnóstico del estado de un sistema.

En base a este primer diagnóstico, el operador o personal de mantenimiento del PCO responsable de su administración podrá utilizar las herramientas de segundo nivel (plataformas de gestión particulares) para una mayor definición o concreción de la alarma o incidencia.

El sistema de supervisión unificada proporcionará todas las funcionalidades convencionales en un sistema de gestión, tales como listado y discriminación de alarmas por criticidad, reconocimiento unitario o colectivo, correlación de alarmas, visualización mediante lay outs, generación de informes y estadísticas,..

Paralelamente, el sistema de supervisión unificada realizará una monitorización continuada de todos los servidores y clientes informáticos utilizados como plataforma hardware de los sistemas de comunicaciones. Esta monitorización contemplará la supervisión de su estado de funcionamiento y los recursos utilizados.

A) Descripción Funcional del Sistema

El Sistema de Supervisión Unificada o Telemando del sistema de comunicaciones deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- El sistema de supervisión unificada tomará como modelo organizativo y de gestión el modelo FCAPS definido por la ISO.
- Permitirá adquirir en tiempo real y a través de la red de transmisión de voz y datos las alarmas de los equipos de campo así como sistemas de gestión de los siguientes sistemas de comunicaciones:
 - ✓ Radiocomunicaciones de voz y datos a baja velocidad
 - ✓ Red de Transmisión de Voz y Datos
 - ✓ Telefonía
 - ✓ Megafonía
 - ✓ Información al Viajero
 - ✓ Video vigilancia (CCTV)
 - ✓ Cronometría
- La adquisición de alarmas deberá realizarse mediante el uso de un único protocolo estándar de mercado. En los casos donde no sea posible el uso de este protocolo, el sistema de supervisión unificada deberá proveer un elemento mediador capaz convertir los protocolos no estándares.
- Identificará el origen y la criticidad de las alarmas adquiridas, asociando la alarma con el objeto responsable de su creación
- Presentará las alarmas de forma visual mediante listados de eventos y alarmas, y otros interfaces gráficos, permitiendo la aplicación de filtros.
- Permitirá la configuración de umbrales de alarma
- Permitirá el reconocimiento y anulación de alarmas
- Permitirá la gestión de perfiles de usuarios y la definición de capacidades de operación de los mismos
- Almacenará las alarmas acontecidas y la trazabilidad de las mismas durante largos periodos de tiempo.
- Permitirá la creación y edición de logs, reportes estadísticas y curvas de tendencia
- Deberá disponer de mecanismos de correlación de eventos
- Permitirá la integración con otras plataformas de gestión con el fin de intercambio de información
- Proporcionará los mecanismos y herramientas adecuadas para gestionar y mejorar el rendimiento de cada uno de los sistemas y sus plataformas hardware.
- Permitirá disponer de más de un centro de monitorización
- El sistema deberá sincronizarse mediante el uso de la hora oficial de la línea

Adicionalmente el Originador deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Listado y criticidad de alarmas
- Criticidad de alarmas y señales tipo
- Correlación de eventos

B) Informes y Estadísticas

El sistema de supervisión unificada o telemando, permitirá al operador la selección y/o creación/edición de informes y estadísticas a partir de la información historizada que podrán ser visualizados en diferentes formatos y podrán ser exportados a otras aplicaciones.

La aplicación deberá permitir la realización por parte de un operador de las siguientes tareas:

- Ordenar manualmente la generación de un tipo de informe o estadística
- Configurar la generación automática y periódica de un tipo de informe o estadística
- Editar los distintos tipos de informes o estadísticas

El Originador deberá proponer en un documento técnico el conjunto de plantillas de informes y estadísticas genéricos que permitan visualizar y evaluar el funcionamiento y rendimiento de los sistemas supervisados.

El sistema de supervisión unificada o telemando deberá poder identificar, previo a la presentación al operador, el origen de una ráfaga de incidencias o alarmas, de forma que se pueda ejecutar un sumario de alarmas y se evite la saturación innecesaria de alertas de alarmas o incidencias.

C) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de distribución de equipos en salas técnicas
- Definición de interfaces
- Esquema de interconexión con otros subsistemas
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Datasheet de equipos y documentación de todo el SW de gestión
- Listado de niveles de criticidad y señales tipo
- Listado de plantillas de informes y estadísticas tipo
- Entregables de RAMS
- Planos de distribución de equipos en puestos de supervisión

1.4.15.17. SISTEMA DE RECAUDO

El sistema de recaudo deberá estar diseñado de acuerdo con los criterios, funcionalidades y especificaciones técnicas definidas para el sistema integrado de recaudo SIR.

El Sistema de recaudo proporcionará una herramienta automática de regulación del uso por parte del viajero de los servicios de transporte mediante la venta de títulos de transporte y su posterior validación. El sistema de recaudo ofrecerá los siguientes bloques funcionales:

- Venta de títulos de transporte
- Validación de títulos de transporte
- Administración

La venta de títulos de transporte se realizará de forma automática mediante el uso de máquinas expendedoras, situadas en los vestíbulos de las estaciones además de aquellos sitios donde se venden los títulos para el Transmilenio. Las máquinas permitirán expender tarjetas sin contacto, ofrecerán múltiples variedades de abonos y permitirán el uso de diferentes modalidades de cobro (efectivo, tarjeta bancaria,..). Así mismo permitirán el cambio de títulos defectuosos.

En las estaciones podrá realizarse la venta manual de títulos de transporte.

Se podrá disponer de máquinas portátiles de expedición/verificación de títulos de transporte para el uso de agentes de estación o de zona.

La validación de títulos de transporte se realizará en las barreras de entrada y salida, que estarán ubicadas en los vestíbulos de las estaciones. En función de la demanda de transporte, el tamaño de las barreras deberá ser ajustado, al igual que el número de pasos para personas de movilidad reducida. El sistema deberá permitir la validación de distintas modalidades de título y permitirá seleccionar la configuración de validación:

- Cerrado – Abierto (Validación solo a la entrada)
- Cerrado – Cerrado (Validación en la entrada y en la salida)

La administración del sistema se realizará a través de una aplicación tipo telemando, centralizada en el PCC en concordancia con la ya existente en Transmilenio. Como mínimo la administración del sistema deberá contemplar:

- Supervisión, control y gestión de todos los elementos del sistema (alerta máquina sin cambio, falta de papel,...)
- Carga local y/o remota de parámetros configurables (carga nuevas tarifas, carga nuevos abonos,..)
- Adquisición de estadísticas de ventas y validaciones

Dado que se trata de un sistema totalmente orientado al viajero, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Aplicaciones intuitivas y de uso simplificado
- Uso de señalización visual y auditiva
- Adaptación para personas de movilidad reducida
- Comunicación con operadores de atención al viajero

El sistema deberá integrarse con los sistemas de recaudo de los diferentes sistemas de transporte de la sabana de Bogotá en especial con los del SITP y SITPR.

A) Descripción Funcional del sistema

El Sistema deberá garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

Generales:

- Integración con el Sistema de Recaudo del SITP del Distrito. Por lo tanto la arquitectura completa de todo el sistema deberá ser pensada para trabajar con un sistema ya existente.
- La instalación y puesta en marcha de dicho sistema no podrá degradar bajo ningún concepto el sistema de recaudo del SITP ya existente

Expedición de Tarjetas Inteligentes Sin Contacto:

- El sistema hará uso de máquinas automáticas expendedoras de títulos de transporte, ubicadas en los vestíbulos de estaciones, para la venta. Para casos específicos, los agentes de estación/zona dispondrán de terminales portátiles de expedición de títulos de transporte
- El sistema contemplará la venta manual itinerante de títulos de transporte en las estaciones, de forma que existirán terminales portátiles de expedición de títulos.
- El sistema suportará la expedición de títulos de transporte basados en tarjetas sin contacto
- El sistema permitirá efectuar el pago de los títulos de transporte según las siguientes modalidades:
 - ✓ Efectivo mediante monedas y billetes
 - ✓ Tarjeta bancaria, verificando la autenticidad de la misma
- Deberá proporcionar el correspondiente justificante de pago
- El sistema ofrecerá la posibilidad de seleccionar diferentes tipos de títulos de transporte:
 - ✓ Sencillo
 - ✓ Abonos
 - ✓ Reducidos

Los mismos irán en concordancia de tarifas con aquellos que se tengan presentes en el sistema de Transmilenio y el sistema SITP de la ciudad de Bogotá.

- El sistema permitirá efectuar un proceso de cambio de TISC defectuosas.
- El sistema integrará medidas de ayuda a personas con discapacidades auditivas y visuales así como a personas de movilidad reducida.

Validación de títulos de transporte

- La validación de los títulos de transporte se realizará en lectores ubicados en la barrera de billetaje que funcionará como frontera física entre la zona de libre paso

- y la zona de validación. En casos excepcionales, la validación de los títulos de transporte podrá ser realizada por el agente de estación/zona mediante el uso de un terminal portátil.
- La barrera de billeteaje estará compuesta por pasos individuales de validación, considerándose como mínimo un paso de validación adaptado a personas de movilidad reducida. La composición de la barrera vendrá determinada por la demanda de transporte
 - Cada paso de validación permitirá la validación de cualquier tipo de título de transporte
 - Se visualizará en cada puesto de validación su estado de operación:
 - ✓ Solo validaciones de entrada
 - ✓ Solo validaciones de salida
 - ✓ No operativa
 - La barrera de billeteaje permitirá tanto la entrada como salida de viajeros pudiéndose configurar el modo de validación:
 - ✓ Cerrado – Abierto (Validación solo a la entrada)
 - ✓ Cerrado – Cerrado (Validación en la entrada y en la salida)
 - En situaciones de emergencia o en caso de falta de suministro eléctrico, la barrera de billeteaje podrá ser desbloqueada

En los medios modernos de recaudo la función de registro de control de acceso comprende igualmente una actividad de control destinada a detectar y sancionar el fraude. Un personal especializado asegura de modo aleatorio comprobaciones de los títulos por medio de terminales portátiles tipo PDA. El usuario fraudulento deberá pagar una multa.

Gestión y Administración

- La gestión y administración del sistema se realizará a través de una plataforma centralizada en el PCC del SIR de la ciudad de Bogotá. Adicionalmente, deberá instalarse una aplicación similar en el PCC de la PLMB. Dicha aplicación permitirá exclusivamente la gestión y control del sistema de billeteaje de la PLMB sin que ello suponga una afectación de la aplicación central.
- El sistema permitirá realizar una monitorización remota de todos los elementos de campo. Desde la compra de las TISC, iniciación de las mismas, cargas y uso dentro de la línea hasta el estado de las máquinas expendedoras y barreras tarifarias.
- El sistema permitirá el envío de acciones de cargar / descarga remota de parámetros y archivos de configuración, pudiéndose realizar:
 - ✓ Actualizaciones generales de software
 - ✓ Actualizaciones de tarifas
 - ✓ Modificación de parámetros
- El sistema permitirá la recogida y procesado de datos estadísticos asociados a número de validaciones, puntos de validación, recaudación, títulos vendidos,...
- El sistema ofrecerá un sistema de backup local para el almacenaje temporal de datos estadísticos, paquetes de software, ordenes de configuración, alarmas activas,... en caso de pérdida de comunicación con el PCC.

- El control de la seguridad será la función más sensible de toda la aplicación. Se trata en primer lugar de prevenir el fraude: la falsificación de títulos que puede llegar a una producción a gran escala no debe ser posible. Para eso, la tarjeta dispondrá de dispositivos de encriptación por medio de llaves.
- La gestión del recaudador deberá estar libre de toda malversación. El personal no debe tener acceso a datos del sistema que le permitan la desviación de ingresos. Esta seguridad se logra con la concepción de un software seguro. De igual manera, los mecanismos de comprobación múltiple deberán permitir, a la administración central del sistema, detectar o señalar toda tentativa de acción fraudulenta.

Integración

Se integrarán interfonos en máquinas expendedoras y barreras de entrada y salida con el objetivo de ofrecer un punto de atención al viajero

Se deberá soportar la posibilidad de integración del sistema con otros sistemas de billeteo externos, tanto a nivel de tarifas como a nivel de compatibilidad de compra/validación/uso de títulos de transporte.

Comunicación:

- El sistema hará uso como medio de transporte la red de transmisión de voz y datos.

Sincronismo:

- Será utilizada por el sistema como señal de sincronismo, la hora oficial de la línea proporcionada por el sistema de cronometría.

Adicionalmente el Originador deberá considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Modalidades de soporte para títulos de transporte
- Modalidades de pago
- Plan de administración de tarjetas inteligentes
- Configuración barreras de entrada y salida
- Integración con el Puesto de Control Central del SIR
- Plan de mantenimiento

B) Integración con el Puesto de Control Central del SIR

La gestión y control del sistema de recaudo deberá ser ubicado en el puesto de control central específico del SIR. Este puesto operará como centro de control centralizado para todos los sistemas de recaudo de las distintas modalidades de transporte involucradas con el SITP de la ciudad capital Bogotá.

No obstante, deberá considerarse la existencia de una plataforma de gestión y control local y específica para la línea del sistema LRT del corredor de occidente Estación de la Sabana – Facatativa.

Al haber varios centros de control de este sistema es muy importante que se definan protocolos de toma de mando para una buena y única gestión centralizada simultánea. Mientras un centro será el que tenga el control, los demás serán utilizados para la monitorización. A efectos de gestión y control desde un centro remoto, deberá ser el centro principal quien autorice la ejecución de cualquier acción. El Originador deberá establecer un plan de explotación de las aplicaciones de gestión y control.

Todo el equipamiento necesario para esta integración, así como el software deberán ser analizados y descritos en el proyecto de ingeniería de diseño.

C) Entregables

Proyecto de diseño, que deberá incluir:

- Especificación funcional detallada
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Definición de interfaces
- Plan de integración con el SITP
- Plan de explotación de las aplicaciones de gestión y control
- Plan de administración de tarjetas inteligentes
- Plan de Implantación y planificación
- Planos de ubicación de equipos.
- 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.
- Documentación, esquemas y planos de los mecanismos para la seguridad de la información.

1.4.16. PUESTO DE CONTROL CENTRAL OPERACIONAL PCO

El Originador 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.

Debe analizarse la posibilidad de que el PCO para las líneas que se proyecten bien sea de Metro Ligero, Metro Pesado u otras modalidades de transporte tales como las ramas existentes y las nuevas del sistema Transmilenio sean ubicadas en un mismo lugar para conformar a futuro lo que sería el gran centro de control de tráfico y transporte no solo de la ciudad capital sino de toda la región de la sabana, incorporando incluso los futuros sistemas inteligentes de transporte que se implementen en la región para el control, monitoreo y supervisión del transporte terrestre de la sabana de Bogotá.

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 del ATS
- 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 multisistema
- 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 Originador 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 Originador 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 LRT 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 originador 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.

El mobiliario de los puestos de operación se hará de manera ergonómica a fin de proporcionar a los operadores:

- Una posición de trabajo confortable,
- Un acceso fácil a los diferentes equipos tanto del Mando Centralizado como del equipo de Telecomunicaciones,
- Una vista al conjunto de las informaciones presentadas tanto en las pantallas del pupitre como en el video gráfico.

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.

Además desde el Puesto de Control Centralizado se realizan comunicaciones con viajeros: emisión de mensajes de megafonía (voz), teleindicadores (datos), recepción de llamadas de interfonos (voz) y de imágenes de video vigilancia (vídeo).

El edificio que será sede del PCO del sistema LRT contará con diversas salas 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 Originador 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.

Algunos de los parámetros principales para los que se deberían desarrollar las especificaciones del Sistema de Mando y Control Centralizado son los siguientes:

Calidad de Servicio: ya sea en consideraciones de conectividad, de ancho de banda, o de capacidad funcional, el PCO deberá proporcionar tecnología avanzada para desempeñar de manera sobrada las exigencias que le impongan los sistemas que ha de soportar en la actualidad y los que haya de abrigar con posterioridad.

Escalabilidad: se deberá contar con que en un futuro podría haber nuevos puestos de operación y se deberá proveer una arquitectura de red y de sistema que permita estas ampliaciones. Igualmente es necesario tener en mente que deberá poder darse cabida a nuevas aplicaciones que respondiesen a la decisión de automatizar más procesos del negocio.

Portabilidad: se deberá proveer software que sea fácilmente instalable en distintas plataformas para evitar que las actualizaciones tecnológicas de hardware dejen desfasados los desarrollos.

Interoperabilidad: el PCO deberá diseñarse con la posibilidad de intercambiar información de manera open-standard entre sus diversos subsistemas (o incluso con el resto de subsistemas heterogéneos que residiesen en otros Centros de Control).

Tampoco deberá perderse de vista la posibilidad de que este PCO esté formado por distintos puestos de control (ubicados geográficamente en diferentes emplazamientos para garantizar una mayor disponibilidad), y que deberían formar parte de un todo y como tal habrían de estar coordinados.

Modularidad: los puestos de operación del nuevo PCO deberán de ser modulares para colocarse donde más convenga a las autoridades de transporte de la sabana de Bogotá en cualquier momento.

Mantenibilidad: todos los componentes utilizados deberán de ser de amplia difusión en el ámbito de transporte metropolitano para facilitar su substitución y la labor de formación del personal de mantenimiento.

Eficiencia energética: tanto por cuestiones medioambientales como por cuestiones económicas, los componentes que se reflejen en el proyecto, deberán contar con la certificación energética más alta.

Obligatoriedad de Documentación: el conjunto de todos los desarrollos que se ejecuten en el PCO según el proyecto que se apruebe, estarán obligados a seguir un estricto procedimiento documental built-in, lo que redundará en una mayor mantenibilidad.

Disponibilidad: la capacidad del PCO para responder sin interrupción a las exigencias del explotador deberá estar garantizada en la mayor medida posible en un sistema de esta criticidad. El PCO debe ser accesible en todo momento, por lo que se creará de manera que la continuidad del servicio resida en lo más profundo de su diseño.

Dado el gran alcance del sistema PCO, la descripción funcional se realizará en base a los siguientes puntos:

- Organización del PCC
- Equipamiento común del PCC
- Aplicaciones de Integración
- Equipamiento local de estación
- Telemandos
- Metodología de desarrollo software
- Estudio de tendencias tecnológicas

C) Equipamiento común del PCO

Para la operación e integración de todos los sistemas del PCO se deberá prever un equipamiento común que como mínimo deberá contener los siguientes elementos:

- Red de comunicaciones para la interconexión de entre los equipos de los diferentes sistemas presentes en el PCO.
- Monitorización y servicio de accesos remoto a aplicaciones
- Aplicaciones de Backup
- Servidores de impresión e impresoras
- Sistema videográfico del PCC

- Aplicaciones corporativas

D) Integración de Sistemas

La interconexión e intercambio de datos entre sistemas, telemandos y operadores permitirá alcanzar exigentes requisitos funcionales, permitiendo el intercambio de datos entre aplicaciones, compartir recursos hardware y software, implantar entornos multisistema y/o alcanzar de funcionalidades compuestas entre sistemas.

Para ello, deberá incorporarse en el PCO, como integrantes de una arquitectura de integración, los siguientes elementos clave:

- Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD)
- Sistema Unificado de Gestión de Perfiles y Permisos de Usuario (SUGPPU)
- Sistema Integral de Gestión de Alarmas (SIGA)
- Sistema de Gestión y Supervisión de la Explotación (SGSE)

Mediante la implantación de estos elementos, se deberá alcanzar las siguientes funcionalidades:

- Gestión y control de acceso de los usuarios a la aplicaciones, lo que permitirá que los usuarios (según perfil) accedan a unas determinadas aplicaciones y dentro de estas a unas funcionalidades concretas de cada aplicación
- Monitorización y validación de mando en las aplicaciones, lo que significa que cada una de las operaciones que invoquen los usuarios se ejecutaran previa validación por el software del sistema y se grabará para su posterior análisis.
- Integración de la información, por lo que los datos que recopila cada uno de los telemandos o sistemas de gestión podrán ser empelados por los demás, y así unos sistemas se servirán de otros para mejorar su desempeño
- Invocación a las funciones de cada sistema del SMCC, ya que cualquier sistema integrado en la plataforma podrá solicitar de otros sistemas del PCC las funcionalidades que ofrezcan, mediante peticiones de función.
- Gestión inteligente de alarmas, lo que garantiza que cada alarma será procesada por el operador oportuno, y se podrá establecer la política más conveniente para tratarla en cada momento
- Integración de funciones básicas, de manera que ante una directiva general todos los sistemas respondan al unísono según les corresponda (macro órdenes, situaciones de emergencia, etc...)
- Requisitos de seguridad, lo que significa que en todo momento las acciones que emprenda cada operador podrán ser contrastadas contra las capacidades del rol que posee.

E) Sistemas de Telemando

Los sistemas de telemando de la línea, englobados como Sistemas de Mando Y control Centralizado SMCC, deberán cumplir con una serie de requisitos básicos, que será

necesario que sean tomados en cuenta en el momento del diseño de los diferentes componentes del PCO.

Entre los requisitos más importantes podemos destacar los siguientes:

- Garantizar un nivel de seguridad en su funcionamiento que permita asegurar una elevada fiabilidad de los equipos e instalaciones con previsión de sistemas duales, comunicaciones por medio de caminos alternativos, ...
- Implementar todas las funciones exigidas considerando las últimas novedades tecnológicas en informática, control distribuido y sistemas de comunicaciones.
- Utilización de sistemas modulares, evolutivos y abiertos que permitan integrar fácilmente nuevos desarrollos o aplicaciones y faciliten la ampliación del sistema.
- Ser intuitivos y fáciles de utilizar con interfaces de usuario lo más sencillas, amigables y atractivas posibles, independientemente del nivel en el que se encuentren y no deben requerir de conocimientos específicos de informática o sistemas por parte de los operadores o de las personas que acceden al sistema.
- Facilitar al máximo las tareas de mantenimiento (garantizando la continuidad en el servicio) permitiendo el seguimiento de todas las variables que condicionen su funcionamiento y que de su análisis se puedan derivar determinadas acciones de mantenimiento predictivo.
- Incorporar, con el menor coste posible, elementos de valor añadido que faciliten la gestión y seguimiento por parte del explotador.

F) Telemando de Control y Gestión de Energía

El Telemando de Control y Gestión de Energía concentrará el telecontrol y el telemando del equipo necesario para la distribución de la corriente de tracción de los trenes. El sistema deberá componerse del equipamiento dispuesto a lo largo de la línea, del conjunto de servidores del TCE (Telemando de Control de Energía) y de los puestos de operador del PCO, amén de las líneas de comunicaciones necesarias para el intercambio de información entre estos elementos.

El operador del TCE del PCO será el encargado de la distribución de la corriente de tracción para la operación de la línea a través de las SET (Subestaciones de Tracción) y dispondrá de los medios necesarios para realizar su función de manera segura.

Desde el PCO, el operador de energía deberá disponer de las funciones de telecontrol y telesupervisión mínimas siguientes:

- Capacidad de mando sobre los dispositivos encargados de recoger la tensión eléctrica de la compañía suministradora de energía, en las SEA (Subestaciones de Alimentación) en caso que existan.
- Capacidad de mando sobre los disyuntores de alimentación de las vías ubicados en las SET.
- Posibilidad de supervisión sobre la presencia o ausencia de tensión en cada sección de la línea.

- Capacidad de corte rápido (total o parcial por zona), de la corriente de tracción en la línea.
- Capacidad de mando de ruptores de la línea.
- Capacidad de mando de los interruptores y disyuntores repartidos por la línea.
- Capacidad de mando de los seccionadores de catenaria.
- Anuncio de cualquier alarma relacionada con la distribución de la energía de tracción de los servicios en tiempo real a través del IHM del TCE.
- Mantenimiento de una base de datos general propia con toda la información necesaria para el telemando, garantizando la integridad y consistencia de los datos almacenados en relación a la información almacenada en cada uno de los elementos.

G) 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.

1.4.17. MATERIAL RODANTE

El Originador deberá definir todos los parámetros, requerimientos, especificaciones, datos y normatividad aplicable, necesarios para el diseño y construcción del material rodante para el sistema LRT 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 cuando 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.

A efectos de cálculo, en ningún caso la pendiente será superior al 3 %.

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 los 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

originador analizara de ser posible la posibilidad de implementar el sistema de videovigilancia 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. La vía se dimensionará para un peso máximo por eje de 22,5 t.

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

El vehículo deberá ser plenamente operativo con la vía inundada 10 cm de altura en una longitud de 100 metros.

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

Las principales fuentes de polución ambiental en el entorno son los gases industriales y de escape de los vehículos terrestres, en especial el CO, CO₂, óxidos de nitrógeno y el ozono; el polvo de la ciudad y el industrial y la polución debida a partículas, fibras, etc. en suspensión en el aire.

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.

1.4.17.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO

- Tensión de tracción: 1500 voltios
- Ancho total: 2,65 m teniendo en cuenta las condiciones del gálibo.
- Longitud total: 50 metros, en cualquier caso deberá permitir la subida y bajada de viajeros con total comodidad y seguridad con dos unidades acopladas en el andén definido para la línea
- Altura vehículo: 3,535 m.
- Altura y anchura interior elevados, para maximizar la capacidad de viajeros y su confort.
- Capacidad unitaria del vehículo: 398 pasajeros, 140 con plazas sentadas y 258 de pie, para una densidad de ocupación de 6 pasajeros de pie/m².
- Velocidad máxima de servicio de 110 km/h, que se desarrollará en la parte interurbana. En la parte urbana la velocidad máxima de servicio será de 60 km/h.
- Alta capacidad de aceleración y deceleración.

- Altos niveles de redundancia, para asegurar altos niveles de fiabilidad y disponibilidad.
- Posibilidad de composición doble (conducción múltiple con dos unidades acopladas).
- El vehículo será de piso bajo en toda su longitud, y presentará un nivel de acceso lo más bajo posible, permitiendo así reducir al máximo la altura de los andenes.
- El vehículo estará concebido para una vida útil de 40 años, a razón de una utilización media de 60.000 km/año.
- El coeficiente de motorización y los esfuerzos de frenado deberán adaptarse a todas las evoluciones de la capacidad de transporte del vehículo, para así garantizar el nivel de rendimiento especificado para el vehículo base.

1.4.17.2. 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:

- AW0: carga en vacío.
- AW1 (carga de “confort”): plazas sentadas ocupadas al 100% + 2 pasajeros a pie por metro cuadrado.
- AW2 (carga “media”): plazas sentadas ocupadas al 100% + 4 pasajeros a pie por metro cuadrado.
- AW3 (carga “normal hora pico”): plazas sentadas ocupadas al 100% + 6 pasajeros a pie por metro cuadrado.
- AW4 (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.

1.4.17.3. MODULARIDAD

La arquitectura del vehículo se debe basar sobre todo en la modularidad. Esta se podrá conseguir, por ejemplo, mediante varios módulos articulados que representan los módulos de base. Por otro lado, la modularidad será también la facilidad con el vehículo pueda ser modificado en cuanto a su distribución interior, en función de las necesidades derivadas de la evolución de la demanda en el futuro.

1.4.17.4. INTERCIRCULACIÓN

La transición entre las diferentes cajas del vehículo (o módulos) deberá asegurarse mediante pasillos de intercirculación lo más diáfanos posible (al menos un 60% de la anchura total) que ofrezca paso libre a los viajeros, ofreciendo además continuidad en el aspecto y comodidad.

El diagrama interior se definirá mediante el reparto de los asientos, apoyos y asideros en el interior del vehículo. Será modulable y capaz de evolucionar para permitir el aumento a largo plazo de la capacidad de transporte.

1.4.17.5. ACELERACIÓN

La capacidad de aceleración debe ser la mayor posible, especialmente en el rango de velocidades bajas. La aceleración media en el rango entre 0 km/h y 60 km/h deberá estar en el entorno de 1 m/s² o superior.

Por otra parte, la velocidad máxima de explotación del vehículo se conseguirá manteniendo una aceleración residual a dicha velocidad de 0,05 m/s² o superior.

La tasa de motorización del vehículo deberá definirse para conseguir estos valores y en función de las simulaciones de recorrido que será necesario hacer durante la fase de definición del vehículo.

1.4.17.6. DECELERACIÓN

La deceleración de servicio instantánea deberá ser regulable por el conductor entre 0 y un valor máximo garantizado de en torno a 1,2 m/s² o superior, desde la velocidad máxima hasta la parada. En caso de frenada de emergencia, debe ser posible llegar a valores por encima de 2,5 m/s² (con aplicación del conjunto de los diferentes tipos de frenos disponibles).

En régimen normal el jerk oscilará entre 0,8 y 1 m/s³. Se admite que, en el establecimiento de frenado de emergencia, el jerk pueda alcanzar valores significativamente superiores al intervalo indicados.

1.4.17.7. RENDIMIENTO TIPO EN RÉGIMEN DEGRADADO

Es importante tener en cuenta los niveles de redundancia y las prestaciones remanentes de la unidad en condiciones no nominales de uso (condiciones degradadas). Por ejemplo, debe asegurarse que con el 50% de la capacidad de tracción fuera de servicio, el vehículo deberá ser capaz de arrancar y de subir la rampa más elevada con y sin curva, con una aceleración residual suficiente (al menos 0,1m/s²), en condiciones de carga AW3 y bajo tensión de alimentación mínima, completando todo el recorrido hasta llegar al taller correspondiente.

Con el 25% de la capacidad de tracción fuera de servicio, deberá completar el recorrido en las condiciones de carga AW3, incluso cumpliendo el horario establecido o con mínima pérdida de tiempo, dependiendo del punto del recorrido de la línea en el que se produzca la avería.

Estas prestaciones deben tenerse en cuenta también para el caso de que una unidad deba socorrer a otra que no dispone de tracción, lo que es importante desde el punto operativo para asegurar la mayor disponibilidad de la línea posible.

1.4.17.8. CIRCULACIÓN EN CURVA

El material rodante deberá ser capaz de circular, a la velocidad que corresponda, por la curva de radio más pequeño de la línea comercial respetando el gálibo de la misma.

Por otra parte, deberá ser capaz de circular por la curva de radio más pequeño existente en talleres y cocheras, en caso de que esta fuera menor que la de la línea comercial, a velocidad reducida aunque no se respete el gálibo. En este caso, el requisito que deberá cumplir la tecnología seleccionada es que no sea necesario desmontar ningún elemento para la circulación por dicha curva.

1.4.17.9. CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo neto de energía deberá ser menor de 7 kWh/km estando, en la medida de lo posible, entre 4,5 y 6 kWh/km. Se dotará a la unidad de los medios necesarios para minimizar el consumo de energía o para la recuperación de la misma en la medida de lo posible.

1.4.17.10. REVERSIBILIDAD

El vehículo será reversible con una cabina de conducción en cada extremo y con puertas a ambos lados del mismo.

1.4.17.11. RESCATE

En caso de avería de un vehículo que le impida desplazarse por sus propios medios en condiciones de seguridad, otro vehículo sin avería podrá rescatarlo por empuje o remolque. Las conexiones mecánicas, neumáticas y eléctricas podrán realizarse en cualquier lugar o parte de la vía incluyendo la zona de los andenes. Además, por razones de seguridad, deberán estar operativas las siguientes funciones en ambas unidades: el desbloqueo de los frenos del vehículo socorrido a partir del vehículo que ayuda, la interfonía u otros medios de comunicación entre las cabinas de dos vehículos, el control del frenado de emergencia en servicio de socorro de los dos vehículos desde todas las cabinas del convoy y la señalización exterior.

1.4.17.12. FUNCIONAMIENTO EN UNIDADES MÚLTIPLES

De cara a asegurar la escalabilidad del sistema y para dar respuesta a la evolución de la demanda, bien de forma puntual en diferentes puntos de la jornada (horas pico), bien de forma permanente, los vehículos deben poder ir acoplados en unidades múltiples y

deberán poder circular en las mismas condiciones que un vehículo solo con los mismos rendimientos (aceleración, velocidad, y freno).

1.4.17.13. ESTACIONAMIENTO Y GARAJE

Durante el periodo de operación los vehículos estarán estacionados en las terminales al aire libre, por lo que deberán estar preparados para ello.

1.4.17.14. MODOS DE CONDUCCIÓN DEL VEHÍCULO

El vehículo debe tener diferentes modos de conducción, en función de sus condiciones de explotación. Estos modos deben ser, en principio, los siguientes:

Modo normal: la conducción normal del vehículo se efectuará desde la cabina delantera únicamente en marcha adelante. Un dispositivo multi-posición (un conmutador por ejemplo) con control manual y bloqueo (por llave o tarjeta magnética, por ejemplo) permitirá al conductor realizar la activación del vehículo, y la activación del puesto de conducción en el modo de conducción que sea pertinente (modo normal, maniobras, lavado, etc.). El modo normal de operación o conducción del vehículo, será un modo con protección ATP, con realimentación e indicación de la velocidad del tren al conductor, soportada por el sistema de seguridad, señalización y control del tren en base a las limitaciones que le imponga las condiciones o los obstáculos en la vía y/o la posición de los vehículos que lo preceden.

Cuando circule por zonas fuera de la influencia del sistema de seguridad, señalización y control del tren, la conducción normal del vehículo será un modo de conducción manual, marcha a la vista con una restricción de la velocidad máxima de operación de 40 Km/h o similar. Tan pronto el vehículo entre en la zona donde recupere las señales de control, el conductor recibirá dicha información y podrá retornar al modo de conducción normal con protección ATP.

Modo maniobras: la conducción en maniobra será posible en marcha adelante y marcha atrás. La velocidad se limitará a 20 km/h.

Modo “marcha atrás”: existirá la posibilidad de utilizar en condiciones especiales el modo marcha atrás, a velocidad reducida. La velocidad máxima será de Km/Hora, el originador analizará la viabilidad y seguridad de que la misma sea igual a la del modo maniobras.

Modo lavado: en caso de que un vehículo deba circular por una máquina de lavado fija, la velocidad se limitará y regulará automáticamente a 3 km/h.

Modo acoplamiento: en caso de que un vehículo deba acoplarse para circulación en múltiple, la velocidad se limitará y regulará automáticamente a 3 km/h.

1.4.17.15. EXPLOTACIÓN EN RÉGIMEN DEGRADADO

Como se ha indicado anteriormente, el vehículo deberá poder funcionar en regímenes degradados. Estos regímenes se definirán en función del equipo que estará averiado y de la consecuencia de esta avería sobre el funcionamiento normal del vehículo. Según esto, podrán existir los siguientes casos:

Fin de la jornada: el vehículo se mantendrá en operación sin merma en sus planes de explotación. Este tipo de operación se utilizará cuando las averías menores que se producen a bordo del material móvil no perturban ni la seguridad, ni el respeto de la velocidad comercial. También serán fallos para los que exista un elemento completamente redundante.

Fin de recorrido: el vehículo se mantiene en operación hasta terminar el recorrido de la línea sin restricciones particulares. Este tipo de operación se elige en caso de averías que no afectan la seguridad y que pueden permitir un tiempo de funcionamiento limitado sin afectar demasiado al servicio comercial, por ejemplo, fallos en puertas, iluminación, aire acondicionado, etc. Se incluye en el mismo también el retorno del vehículo a las instalaciones de mantenimiento, desde el punto más alejado de la línea.

Retirada de servicio: será toda avería que conduzca a un defecto de seguridad de los viajeros o del material, por ejemplo, fallo en el freno que reduzca sus prestaciones, o de tracción.

Socorro: avería que provoque la inmovilización del vehículo y que deba ser remolcado por otro. La concepción del vehículo debe evitar este tipo de régimen.

En modo degradado sin sistema de señalización, la conducción del vehículo será un modo de conducción manual, marcha a la vista con una restricción de la velocidad máxima de operación de 40 Km/h o similar, mientras circule por zonas fuera de la influencia del sistema de seguridad, señalización y control del tren, por fallos o mal funcionamiento del mismo (en el este caso hasta fin de recorrido), tan pronto el vehículo entre en la zona donde recupere las señales de control, el conductor recibirá dicha información y podrá retornar al modo de conducción normal con protección ATP.

1.4.17.16. CABINA DE CONDUCCIÓN

Se considera a la cabina de conducción como un elemento importante. Su concepción será el resultado de estudios de ergonomía y comodidad para el conductor, visibilidad, interfaz con los pasajeros, interfaz con la operación, evacuación en caso de emergencia y estética e imagen de modernidad del vehículo. Todo ello definido según los estándares antropométricos de la población local y las normas aplicables (especialmente la UIC 651). La comodidad climática se realizará mediante instalaciones de ventilación, calefacción y de aire acondicionado.

El nivel de iluminación en la cabina será idéntico al resto de los coches de los viajeros y será controlado independientemente por el conductor, disponiendo también de iluminación de emergencia.

En cuanto a visibilidad, las disposiciones de los elementos de la cabina (parabrisas, asiento, etc.), deberán cumplir con las prescripciones de la ficha UIC 651.

Los mandos y controles puestos a disposición del conductor, deberán diseñarse teniendo en cuenta la ergonomía con el fin de evitar la multiplicación de los mandos y asegurar la eficacia de los mensajes a transmitir. La disposición de los mismos se realizará definiendo los que deben ir en cada una de las zonas indicadas en la normativa de aplicación:

- Zona primaria o zona de alcance de confort (acciones frecuentes)
- Zona secundaria (acciones corrientes y reflejas excepcionales)
- Zona terciaria (acciones excepcionales y maniobras que requieran una acción por iniciativa del conductor)
- Zona fuera de alcance

Se deberá especificar para la cabina de conducción:

- Forma y dimensiones
- Pupitre de conducción
- Acceso al puesto de conducción
- Asiento del conductor
- Armarios
- Ventilación y climatización.

1.4.17.17. ACCESIBILIDAD

El vehículo deberá ser de piso bajo en el mayor porcentaje posible de su longitud, deseablemente en toda, y presentará un nivel de acceso lo más bajo posible, permitiendo así reducir al máximo la altura de los andenes.

La altura máxima del suelo del vehículo respecto al carril (rueda nueva) en todo el vehículo será deseablemente del entorno de 350 mm, acorde a la definición de altura de andenes. Además será necesario que la distancia entre borde de andén y umbral de puerta sea el mínimo posible.

1.4.17.18. DISTRIBUCIÓN INTERIOR

La distribución interior deberá permitir un fácil tránsito de los viajeros a lo largo de la unidad, teniendo en cuenta la disposición de asientos, asideros, evitando cualquier elemento sobresaliente que pueda causar obstáculos en las zonas de desplazamiento, favoreciendo las zonas de intercambio situadas hacia las puertas de acceso y manteniendo la altura mínima a lo largo de la misma.

Se requiere un espacio habilitado para que dos usuarios con sillas de ruedas puedan estacionarse y maniobrar con facilidad. Las zonas dedicadas a estos usuarios respetarán las exigencias de la ficha UIC 565-3 y las normas de accesibilidad en vigor en Cundinamarca y Región Capital.

La distribución interior deberá concebirse para permitir la escalabilidad de la unidad en caso de aumento de la demanda.

Se deberá definir el compartimento de pasajeros con interiorismo, asientos, barras y asideros, ventanas, puertas, etc.,

Los principales elementos son:

- Puertas laterales
- Paso entre coches
- Ventanas.
- Tipo y distribución interior de asientos
- Asideros
- Pavimento
- Revestimiento interior
- Iluminación
- Aire acondicionado y ventilación
- Aparatos de alarma
- Control de seguridad del pasaje
- Información al pasaje

Sin perjuicio de otras características y prestaciones exigidas al compartimento de pasaje y al conjunto de los trenes en general, el material rodante a suministrar deberá cumplir los requisitos para adaptación de los coches para su uso por personas con limitaciones físicas.

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.

1.4.17.19. 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.

1.4.17.20. VISIBILIDAD COMPARTIMENTO DE PASAJEROS

La comodidad visual se hará en función de las superficies acristaladas, del reparto de las superficies con ventanas, del reparto de la iluminación artificial y de la armonía de los colores de los revestimientos. El contraste entre los colores utilizados permitirá identificar las zonas de circulación utilizadas por los viajeros. El dimensionamiento de la zona acristalada debe permitir al conjunto de los viajeros, sentados y de pie tener una buena visión hacia el exterior y particularmente hacia las informaciones de las paradas destinadas para ellos.

1.4.17.21.ILUMINACIÓN DEL COMPARTIMENTO DE VIAJEROS

La iluminación interior, tanto normal como de emergencia deberá estar dimensionada de acuerdo a la norma EN 13272, permitiendo por un lado un nivel de confort suficiente y, por otro, asegurando unas condiciones de evacuación adecuadas en caso necesario.

1.4.17.22.COMODIDAD CLIMÁTICA

La comodidad climática de los compartimentos de pasajeros se realizará mediante instalaciones de ventilación forzada con varios niveles de ventilación (mínimo dos).

1.4.17.23.FIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MANTENIBILIDAD Y SEGURIDAD

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

El originador 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 originador 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.

1.4.17.24.IMAGEN EXTERIOR E INTERIOR DEL VEHÍCULO

La imagen interior y exterior del material móvil del Corredor de Occidente, deberá mostrar su integración en la región. Deberá mostrar imagen de modernidad y alta tecnología.

Debe transmitir imagen confortable, ofreciendo una impresión de tranquilidad a sus pasajeros, con una insonorización muy cuidada y una luminosidad relajante, así como una elección de tonos interiores apropiados. Deberá ser reconocible y legible a primer golpe de vista por el viajero, transeúnte, ciudadano, etc.

Además de sus características en cuanto a fuego y humo, especificadas más adelante, los materiales de interiorismo estarán realizados en materiales con un buen comportamiento ante posibles acciones de vandalismo, como por ejemplo aluminio o acero inoxidable, así como resina reforzada con fibra de vidrio. Las piezas pintadas, se protegerán contra grafitis.

Por otra parte los pisos estarán dimensionados para soportar las cargas derivadas de una ocupación en configuración AW4. Los revestimientos de los pisos serán resistentes a la abrasión y acordes al diseño interior definido.

1.4.17.25. 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.

D) Hipótesis de cálculo

Se deberán especificar las hipótesis de cálculo para cargas estáticas, cargas dinámicas, otras cargas a considerar, y sollicitaciones y fatigas máximas.

Los pesos de cálculo de cada tipo de coche, motores y remolques (Mc, R, M, R1) deben contemplar los siguientes escenarios:

- Tara de coche
- Tara de coche + 4 pax/m² (carga de confort)
- Tara de coche + 6 pax/m² (carga normal)
- Tara de coche + 8 pax/m² (carga máxima)

E) Rodadura

1. Bastidor del bogie

Como principios generales de diseño, deberán considerarse fundamentalmente los correspondientes a simplicidad del bastidor, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatible con unas excelentes características respecto a alta adherencia, estabilidad de marcha, reparto de carga en las ruedas, perfecta rodadura e inscripción en los trazados de las líneas del sistema LRT propuesto y la máxima seguridad debida al servicio a prestar.

Los esfuerzos elegidos para el cálculo del bastidor de bogie derivarán de las condiciones estáticas debidas a la carga soportada por el bogie y a las condiciones dinámicas impuestas por el rodamiento de los vehículos en la vía.

El dimensionamiento se realizará siguiendo la filosofía de la norma EN 13749 para el tipo de vehículo tren-tram seleccionado.

Los bogies alojarán los elementos correspondientes de los equipos de tracción y frenado, salvo para el caso del coche remolque que sólo incorporará los de frenado, por lo que en la concepción del bastidor deben ubicarse los correspondientes soportes y apoyos.

El bogie incorporará también los elementos para la suspensión del vehículo. Todos los elementos constitutivos del bogie serán intercambiables, por lo que los bogies resultantes serán también intercambiables.

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

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

Se deberán especificar las características técnicas de los principales componentes:

- Bastidor
- Ejes (Cuerpo del eje, ruedas, cajas de grasa, elementos de freno)
- Suspensiones (primaria y secundaria)
- Viga bailadora (si se incluye para los vehículos a ofertar)
- Unión Caja-Bogie
- Amortiguadores
- Motores de Tracción
- Reductores
- Equipo freno en el bogie (cilindros de freno, timonería, zapatas, freno de estacionamiento)
- Zapata de limpieza

2. 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. La resistencia eléctrica entre bandas de rodadura del eje montado nuevo no será superior a 0,01 ohmios, midiéndose esta magnitud según UIC 512.

El eje tendrá una vida media de al menos 5 millones de km. Se calculará siguiendo los criterios de la EN 13103 y EN 13104. Así mismo cumplirá con criterios establecidos en la EN 13261, teniendo en cuenta las características del vehículo tren-tram finalmente seleccionado.

Los ejes montados cumplirán con los criterios establecidos por la norma EN 13260.

3. Rodamientos y cajas de grasa

Los rodamientos y cajas de grasa cumplirán con los criterios establecidos en las normas EN 12080, EN 12081 y EN 12082.

F) 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 gálibo máximo admisible del corredor y las aceleraciones verticales máximas permitidas por la normativa.

G) Areneros

Los areneros, en caso de que fueran necesarios, se dispondrán de manera que garanticen el arenado de un "eje" por sentido de marcha y por bogie, lo más cerca posible de la rueda, incluso en curvas de radio pequeño. El funcionamiento del sistema de arenado debe estar garantizado en todas las condiciones meteorológicas.

H) Lubricación de pestaña

El contacto transversal entre las ruedas y el carril se facilitará gracias a la colocación de un sistema embarcado de lubricación de pestaña automático.

I) Acoplamientos y Enganches

En cada unidad de tren existirán dos tipos de acoplamientos:

- a) Acoplamiento automático, que servirá para acoplar trenes. Estos enganches se situarán en los testeros con cabina de conducción, su misión será acoplar trenes mecánica, neumática y eléctricamente, de forma automática
- b) Acoplamiento semipermanente, entre los coches que forman el tren.

El acoplamiento o desacoplamiento de los coches de un tren, se efectuará normalmente en taller, aunque se preverá la eventualidad de realizarlo en línea, en caso de emergencia.

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

El dispositivo de acoplamiento se dimensionará para empujar o remolcar un vehículo a socorrer cargado en AW4 en la pendiente más pronunciada y en las peores condiciones de aceleración y deceleración.

Incluirá las conexiones necesarias para la conducción múltiple de dos unidades desde una sola cabina de conducción. El acoplamiento se realizará de forma automática, utilizando el modo acoplamiento.

Los diferentes módulos de la composición irán acoplados con enganches semipermanentes, cuyo desacoplamiento sólo pueda ser realizado en taller. Las conexiones neumáticas y eléctricas no será necesario que vayan integradas en el propio acoplamiento. Estarán dimensionados para soportar las cargas derivadas de las acciones de tracción y frenado de la unidad en las peores condiciones posibles (AW4, pendiente máxima, esfuerzo máximo, etc.) con amplio margen.

J) 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).

Así mismo, se definirán diferentes modos de frenado:

El frenado de servicio que asegurará la deceleración de servicio, se obtiene en condiciones normales gracias al freno eléctrico únicamente. A baja velocidad, el freno eléctrico estará siempre conectado con el freno mecánico ajustable para asegurar la parada del vehículo.

El frenado de urgencia, que se asegura por medio de los frenos eléctricos y mecánicos, pero sin intervención del patín electromagnético. Este frenado será demandado por el conductor, pero no será regulado por él, sino automáticamente por cada unidad de frenado y conducirá a la parada del vehículo.

El frenado de emergencia, que se asegura por medio de los frenos eléctricos, mecánicos y del patín electromagnético. Este frenado no será regulado por el conductor, sino automáticamente por cada unidad de frenado y conducirá a la parada del vehículo.

El freno de estacionamiento se aplicará cuando el vehículo no esté preparado o sin cabina en servicio. Este freno inagotable será capaz de mantener el vehículo en condición de carga AWO, en la pendiente más pronunciada en presencia de vientos fuertes. El freno de estacionamiento será puramente mecánico.

Deberán cumplirse las prestaciones de freno en condiciones nominales y en condiciones degradadas.

La concepción del sistema de frenado deberá ser de tal modo que cualquier avería local de un bogie de naturaleza mecánica, eléctrica, neumática o hidráulica, susceptible de producirse en el vehículo sólo implicará la puesta fuera de servicio de la función de frenado mecánico de dicho bogie.

El estudio de seguridad deberá permitir determinar el tipo de independencia de los sistemas de frenos, respecto del accionamiento y la ejecución, concurrente a la realización del rendimiento de frenado de emergencia (independencia bogie por bogie, eje por eje, etc.).

K) 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 con una adherencia superior a 0,06.

Por otra parte, en tracción, el sistema deberá permitir al vehículo arrancar y/o parar con una adherencia superior a 0,06, además de permitir utilizar al menos el 90% de la adherencia disponible en tracción. El dispositivo deberá conservar toda su eficiencia en

caso de deslizamiento simultáneo de todos los ejes motorizados, en tracción como en frenado.

L) Dispositivos de alarma

Se dispondrá un aparato de alarma convenientemente señalizado, en cada plataforma del vehículo. Su reposición se hará mediante una llave de cuadradillo. Cuando un viajero lo considere oportuno, podrá tirar de él, quedando enclavado mecánicamente. Siempre que actúe alguno de los aparatos de alarma del tren, se encenderá un indicador luminoso en la cabina de conducción donde también deberá sonar una alarma acústica, estableciéndose además una comunicación por intercomunicador entre el conductor y el pasajero.

Estos dispositivos serán claramente visibles, de fácil activación provocada, pero de difícil activación indeseada. Cuando uno de estos dispositivos se haya activado quedará enclavado y en el panel de control se reflejará su identificación.

M) Asientos y asideros

La unidad estará equipada de plazas sentadas en el % indicado en los puntos anteriores. Los asientos estarán dimensionados para todo el rango de características antropométricas de la población de Colombia.

Los apoyos y asideros en el vehículo, deberán permitir el desplazamiento de cada viajero con toda seguridad, en cualquier circunstancia, talla, invalidez y posición del vehículo y en cualquier forma de carga.

Sus dimensiones deberán ser compatibles con su utilización por el conjunto de todos los pasajeros potenciales, comprendiendo las personas que tengan problemas de movilidad.

N) Puertas exteriores y peldaños

Las puertas de acceso a viajeros se diseccionarán según los parámetros definidos por la normativa EN 14752.

A fin de permitir el acceso o el cruce simultáneo de un mínimo de dos personas de frente, se dejará un paso libre lo mayor posible, con las puertas completamente abiertas. La longitud acumulada de todas las aberturas de acceso de los viajeros por lado deberá ser suficiente para una subida y bajada rápida de los viajeros.

En caso de que fuese necesario para cumplir los requerimientos de distancia entre el vehículo y el andén, se dotará al vehículo de un dispositivo de acceso destinado a rellenar la separación entre el andén y el suelo del mismo.

El servicio normal de las puertas estará libre en servicio, es decir, que todas las puertas podrán abrirse individualmente tanto desde el interior como desde el exterior del vehículo cuando un pasajero lo solicite. Para ello apretará un botón de mando situado en cada una de las puertas, y el sistema actuará tras la autorización previa de apertura dada por el conductor.

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

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

Se propondrán todas las medidas oportunas para que las hojas de las puertas no puedan abrirse, ni siquiera forzándolas, cuando la señal de velocidad 0 km/h señalice movimiento del tren. Asimismo, se establecerá un criterio de seguridad fail safe de forma que ningún tipo de avería mecánica, eléctrica o de software pueda provocar que las puertas se abran de forma intempestiva.

Se recomienda que las puertas sean del tipo encajable-deslizante, de accionamiento eléctrico.

El arranque del vehículo no se autorizará si las puertas no están cerradas y bloqueadas.

O) Ventanillas y parabrisas

Los conjuntos de vidrios frontales respetarán las prescripciones de la ficha UIC 651.

P) Cadena de tracción

El sistema de tracción deberá permitir una conducción suave, segura, fiable y económica. Igualmente deberá permitir, tomando las medidas precisas en su diseño, optimizar al máximo la utilización de la energía recuperada durante el proceso de frenado eléctrico regenerativo.

El grado de motorización (n° de ejes motores/ n° de ejes totales) se definirá, teniendo en cuenta las prestaciones definidas en el presente documento.

Se minimizará cualquier perturbación sobre los sistemas de señalización y comunicaciones. A tal fin se incorporarán los filtros y sistemas de vigilancia necesarios para no reducir los niveles de seguridad intrínsecos de los sistemas.

Por otra parte las líneas eléctricas existentes o previstas en la red no perturbarán su funcionamiento.

El equipo estará auto-protegido contra sobretensiones, sobrecargas, temperaturas excepcionalmente altas o bajas, etc., debiendo concretarse sus valores en la oferta.

Deberán utilizarse las últimas tecnologías en electrónica de potencia.

Además de la normativa específica que les aplique, los elementos de la cadena de tracción cumplirán con la norma EN 61373.

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

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

El equipo de tracción proporcionará sus prestaciones nominales en un margen de temperatura ambiente de -15°C hasta $+60^{\circ}\text{C}$

Cada coche motor dispondrá de un equipo de tracción completo, compartiendo con el otro u otros coches motores de su unidad autónoma sólo los elementos de captación de energía y el disyuntor.

La posición de los motores en la rodadura será tal que además de una correcta distribución de pesos y esfuerzos en cuanto a estabilidad de marcha, cargas sobre la vía, etc., debe ser fácilmente accesible en cuanto a mantenimiento, engrase, etc., permitiendo realizar estas operaciones fácilmente con todos los elementos del bogie montados.

Los motores de tracción serán de corriente alterna, trifásicos asíncronos con el inducido en forma de jaula de ardilla, siendo sus prestaciones las adecuadas para conseguir que las unidades circulen en las condiciones especificadas y de forma que la recuperación de energía sea siempre la mayor posible durante todo proceso de frenado de las unidades.

El peso del motor deberá ser el más pequeño posible con relación a la potencia dada. Los motores serán autoventilados, prefiriéndose los de ejecución cerrada. Se evitará la entrada de agua y en caso contrario deberá estar dotado de un dispositivo sencillo de drenaje.

Q) Alimentación de servicios auxiliares

La energía eléctrica para la alimentación de los equipos de control y auxiliares, será suministrada mediante convertidores auxiliares. Cada unidad irá dotada de dos grupos convertidores estáticos para ser alimentados a 1.500 Vcc. El diseño del circuito de alta tensión y los componentes a emplear serán de última generación (IGBT), suficientemente contrastada en otras explotaciones. El nivel de redundancia de ambos convertidores debe ser el mayor posible, cercano al 100% para la mayor parte de situaciones de explotación.

Deberá poder funcionar con fluctuaciones de la tensión de alimentación de +20% y -30%. El grupo convertidor tendrá la misión de generar y regular la corriente continua y alterna

necesaria para alimentar a los circuitos de baja tensión de los coches y los equipos que lo requiriesen. Será totalmente estático y podrá estar dividido físicamente en dos partes: cargador de baterías y ondulador.

Ambos convertidores estarán conectados entre sí en paralelo de forma que en caso de avería de uno de los convertidores, el otro automáticamente sea capaz de alimentar toda la unidad a nivel de circuitos auxiliares.

Los convertidores estáticos de cada unidad tendrán las siguientes funciones:

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

R) Batería

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

a) Cargador de baterías:

Cada unidad irá dotada de un cargador de batería que:

- Generará y regulará la corriente y tensión necesarias para la carga de batería.
- Proporcionará la alimentación de todos los equipos y circuitos de la unidad que se alimentan de la batería.
- Cada batería llevará asociada un cargador que incluirá los controles necesarios para vigilar la temperatura, nivel de carga (relé de mínima), intensidad de carga o descarga, etc. de su correspondiente batería. La concepción de todo el sistema de baterías, incluido sus cargadores y líneas de la unidad a la tensión de baterías, serán totalmente redundantes.

b) Capacidad de la batería

La capacidad máxima de la batería deberá permitir asegurar la alimentación de los equipos auxiliares y se definirá teniendo en cuenta las condiciones de operación, absorbiendo el máximo de energía y respetando que, por un lado, los elementos de la batería conservarán una energía residual mínima después de una estancia de 48 hrs en garaje para alimentar las señales exteriores y para permitir desbloquear la puerta de acceso de servicio desde el exterior. Por otra parte, en servicio comercial, conservará una energía residual que garantice el respeto de las funciones de iluminación de socorro y comunicación durante el tiempo que se estime necesario para realizar una evacuación o socorro del vehículo, lo que en principio podría estar en el entorno de 30 minutos a 1 hora.

Protección contra descargas eléctricas

La concepción del conjunto de los equipos eléctricos deberá respetar la norma EN 50153.

S) Compatibilidad electromagnética

Los límites normativos tanto de inmunidad como de emisión de perturbaciones electromagnéticas a respetar para cada equipo son los indicados en las normas EN 50121 - 1 a 5.

T) Captación de corriente

La concepción del sistema de captación cumplirá con la norma EN 50206 - 2 y deberá adaptarse a los diversos tipos de tendido de la línea de contacto y los dispositivos de líneas.

Por eso, la captación deberá estar garantizada en una gama de trabajo comprendida entre la altura máxima de la catenaria más 100 mm y la altura mínima de la catenaria menos 100 mm para tener en cuenta los efectos de levantamiento.

En caso de imposibilidad de elevar automáticamente este sistema durante la fase de preparación del vehículo, un mando manual estará a disposición del conductor desde el interior del vehículo.

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

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

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

U) Sistema de control y monitorización

Las reglas de concepción, material y software, cumplirán con las exigencias de las normas EN 50155 y EN 50121-3-2.

Las diferentes funciones de mando y control del vehículo y su equipamiento se realizarán mediante lógica programada. Estas garantizarán la secuencia y coherencia de funcionamiento de todos los sub-conjuntos funcionales.

Se utilizará una red de comunicaciones siguiendo el estándar de arquitectura TCN (Train Communication Network) de la norma IEC 61375 para la transmisión de órdenes de mando, control y diagnóstico. La red será redundante tanto a nivel de equipamiento (unidad de control y administradores de bus) como de bus (bus A y bus B).

La comunicación entre el equipo y el conductor se efectuará mediante una pantalla plana táctil situado en una posición fácilmente accesible en el pupitre.

La pantalla será en color de última generación y de tecnología TFT apropiada para que además de una excelente fiabilidad de funcionamiento, proporcione una buena definición de imagen tanto en superficie como en túnel y ocupe un volumen mínimo en el pupitre.

V) Sistema de información

Todas las informaciones deberán proporcionarse al conjunto completo de la población, incluyendo personas con minusvalías físicas, tales como los ciegos y los sordos y a los sectores de la población que no saben leer. En particular toda la información visual y sonora con un carácter excepcional o particular, debe estar precedida de una señal visual y sonora de advertencia. Su difusión se hará automáticamente y estará constituida por informaciones visuales de los destinos en cada extremo del vehículo.

Las informaciones sonoras realizadas bajo la forma de anuncios grabados se obtendrán mediante un dispositivo de mensajes vocales.

Los mensajes relativos al funcionamiento del vehículo o la operación de la red son transmitidos mediante el sistema de radio entre el vehículo y el puesto de mando centralizado. Los mensajes entre las cabinas de un mismo vehículo o de dos vehículos acoplados en modo socorro, serán transmitidos mediante un sistema de interfonía.

La concepción y realización de los circuitos y los equipos deberán permitir una alta disponibilidad, especialmente en lo que concierne a la insensibilidad a las perturbaciones provocadas por los equipos embarcados.

W) Sistema de señalización y comunicaciones

La unidad estará provista de I aparte embarcada del sistema de señalización definido para la infraestructura. Dispondrá en el pupitre de la información necesaria para llevar a cabo la conducción en modo automático, recibiendo las correspondientes órdenes del sistema de señalización.

El fabricante adoptará las soluciones técnicas necesarias para que en ninguna circunstancia de funcionamiento de la unidad provoque interferencias o perturbaciones en los sistemas de señalización y seguridad.

Las informaciones sonoras intercambiadas entre los agentes de operación se realizarán mediante un sistema de radio entre el vehículo y el puesto de mando.

X) Sistema de video vigilancia

Un sistema de vídeo en color permitirá vigilar los espacios dedicados a los viajeros desde el puesto de conducción. Se debe garantizar un campo de visión máximo de los espacios dedicados a los pasajeros. El sistema permitirá una buena visión en todas condiciones de iluminación.

En caso de llamada de socorro del conductor (pulsando el accionamiento de llamada de socorro en una de las dos cabinas), se realiza un marcado de las grabaciones y un registro específico de la incidencia.

Y) Sistema de retrovisión

El sistema vídeo en color de retrovisión por cámaras, situadas a ambos lados delanteros de cada cabina, deberá permitir observar correctamente los movimientos de los pasajeros cercanos a las puertas.

Este dispositivo permitirá también vigilar los bordes del vehículo, cuando se mueve en las zonas de maniobras.

También podrá especificarse, sustitutivamente al sistema de videoretrovisión, la colocación de espejos de retrovisión tradicionales abatibles, que se plieguen si es necesario cuando la unidad esté en movimiento, para no invadir el gálibo.

Z) Sistema de ayuda a la explotación

El vehículo llevará integrados los equipos correspondientes al sistema de ayuda a la explotación, que deberá garantizar las funciones relativas al seguimiento del horario y las consignas de regulación, la localización e identificación del vehículo, transmisión de datos, selección de itinerarios tanto para ser mostrados en los paneles exteriores como para los mensajes pregrabados y el código de servicio del vehículo en cabina de conducción.

AA) Cableados y sistemas de conexión

Deberán adoptarse todas las precauciones necesarias en el cableado del vehículo con el fin de respetar las exigencias de compatibilidad electromagnética (reagrupación de cables por clases de señales, alejamiento máximo entre el avance de los cables de bajo nivel y potencia, etc.).

El cableado se diseñará y montará siguiendo las recomendaciones de la normativa de aplicación, en particular, la EN 50124- 1 y 2, EN 50261 y EN 50343.

Las secciones de los cables y barras utilizadas para el cableado de potencia serán de tal manera que la densidad de corriente no superará los valores prescritos en las normas o especificaciones particulares en vigor (caída de tensión, recalentamiento, etc.).

BB) 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.

CC) 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.

DD) Señalización e iluminación exterior

El vehículo deberá tener a cada lado los equipos de señalización y de iluminación exterior que comprendan como mínimo, dos faros delanteros permitiendo dos regímenes de iluminación: luz de cruce y luz de larga, una señal de mismo color que la del sistema de carreteras pero ubicada en la parte arriba de cada testero del vehículo en forma de triángulo y señales de color rojo situadas a cada testero del vehículo, que advertirán del vehículo con una luz fija cuando se encuentra en el garaje.

La iluminación de las señales se hará automáticamente en el sentido de la marcha y para la formación completa en unidad múltiple.

EE) Sistema hidráulico y/o neumático

En caso de utilizarse sistemas hidráulicos, la concepción y realización del material hidráulico deberán considerar las condiciones particulares de funcionamiento inherentes al

material móvil, en particular, las condiciones de entorno particulares de los bogies (vibraciones, temperatura, polución,...), las condiciones de mantenimiento (reducción de tiempo de intervención) y las condiciones climáticas.

Todos los componentes hidráulicos incluyendo las tuberías y sus conexiones, deberán concebirse y realizarse en función de las condiciones de funcionamiento de la instalación y del tipo de fluido utilizado.

Si se instala un equipamiento neumático en el vehículo, se optará por la tecnología del dispositivo de producción de aire para reducir los niveles de vibraciones. El dimensionamiento del tanque y el sistema de tratamiento del aire garantizará el buen funcionamiento de los auxiliares en las condiciones climáticas (temperatura y humedad) correspondientes al Corredor de Occidente.

Todos los dispositivos de mando se instalarán en paneles que sirvan de soporte, y se limitará el uso de tuberías.

FF) Sistemas antiatrapamiento

Los extremos del vehículo estarán equipados de un dispositivo que tendrá la función de aparta-objetos. Se concibe para repeler los objetos y/o cuerpo de una persona tendida sobre la vía (adulto o niño) hacia el exterior del vehículo. Se mantendrá lo más cerca posible del plano de rodadura.

GG) 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.

HH) 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.

II) 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.

JJ) 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 de Occidente.

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 originador 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.

1.4.17.26. 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 originador 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 originador 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.

1.4.17.27.INTERRELACIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y LA INFRAESTRUCTURA

Adicionalmente, se requerirá que el originador 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
- Gálbo 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 originador 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.

1.4.17.28. NORMATIVIDAD APLICABLE PARA MATERIAL RODANTE

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

1.4.18. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El Originador 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 Ligerero 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 Originador 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 originador 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 originador 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

1.4.18.1. 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA, deberá inicialmente identificar, evaluar y utilizar los índices empleados por el Gobierno de Colombia en el transporte ferroviario. Al mismo tiempo, si amerita, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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.

1.4.18.2. 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 originador 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.

1.4.18.3. Modelo operacional

Para elaborar el modelo operacional, el originador 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 originador elaborará el modelo operacional que a su vez deberá indicar los el tiempo total del ciclo de operación (Cargue + Viaje Cargado + Descargue + Viaje Descargado) 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 originador 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 originador 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.

1.4.19. GESTIÓN RAMS

El Originador en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto deberá realizar todas las actividades de gestión de proceso RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) según las siguientes normas:

- EN 50126 Aplicaciones Ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS). Parte 1: Requisitos básicos y procesos genéricos
- EN 50128 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección de ferrocarril.
- EN 50129 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización.

Los documentos de seguridad se tendrán que presentar organizados en un Dossier de Seguridad según lo especificado en la norma EN 50129.

1.4.19.1. ENTREGABLES RAMS

El Originador presentará la siguiente Información:

1. Programa RAM
2. Plan de Seguridad
3. Informe Preliminar de RAM
4. Análisis de Seguridad Preliminar

Programa RAM

El Programa RAM tendrá como mínimo lo siguientes apartados:

1. Definición de la Política RAM adoptada.

2. Definición clara del alcance del Programa.
3. Descripción del Sistema/Subsistema y descomposición preliminar del sistema/subsistema a nivel componente.
4. La definición de paquetes de trabajo RAM asociados a cada fase del ciclo de vida aplicable.
5. Definición de roles, responsabilidades, competencias y relaciones de las organizaciones responsables de realizar los paquetes de trabajo RAM a lo largo del ciclo de vida.
6. Definición del modelo FRACAS (Informe de Fallos, Sistema de Análisis y Acciones Correctivas) aplicado desde la fase de producción hasta la aceptación. En esta primera versión del Programa será necesario como mínimo definir la organización que se entiende concretar para llevar a cabo las tareas asociadas a las actividades del FRACAS.
7. Definición de los medios empleados para asegurar la coordinación de los distintos elementos RAM.
8. Definición del listado de entregables.
9. Definición de tareas de seguimiento de los parámetros RAM que se realizarán desde la fase de Instalación hasta el conseguimiento de la Aceptación.
10. Definición de interfaces con otros Planes o Programas relacionados.
11. Definición de hipótesis y limitaciones utilizadas en la definición del Programa RAM.
12. Definición de los medios a emplear en la gestión de subcontratos.

Plan de Seguridad

El Plan de Seguridad tendrá como mínimo los siguientes apartados:

1. Definición de la política de Seguridad adoptada.
2. Definición clara del alcance del Programa.
3. Descripción del Sistema/Subsistemas y descomposición preliminar del sistema/subsistema a nivel componente.
4. Definición de roles, responsabilidades, competencias y relaciones de las organizaciones responsables de realizar los paquetes de trabajo de Seguridad a lo largo del ciclo de vida.
5. Descripción del ciclo de vida aplicado y de las tareas de los paquetes de trabajo asociados a cada fase del ciclo de vida.
6. Descripción de las técnicas y metodologías empleadas para identificar riesgos, realizar la gestión de riesgos en tiempo real, redactar las especificaciones de requerimientos, verificar el diseño, proporcionar la cobertura de los requerimientos y realizar auditorias de Seguridad tanto internas como a subcontratistas.
7. Definición del proceso/procedimiento de gestión de la configuración empleado.
8. Definición de un listado de entregables.
9. Definición de la estructura del caso de Seguridad.
10. Definición de interfaces con otros Planes o Programas relacionados.
11. Definición de hipótesis y limitaciones utilizadas en la definición del Plan de Seguridad.
12. Definición de los medios a emplear en la gestión de subcontratos.

Informe RAM

El Informe RAM tendrá como mínimo los siguientes apartados:

1. Tabla de datos RAM (como mínimo MTTF o MTBF, tasa de fallo, MTTR), con relativas fuentes.
2. Análisis por diagrama de bloques de fiabilidad
3. Especificación de todas las redundancias empleadas en el sistema/subsistemas

Análisis de Seguridad Preliminar

El Análisis de Seguridad Preliminar tendrá como mínimo los siguientes apartados:

1. Análisis preliminar de peligros.
2. Listado de peligros asociados al sistema/subsistema.

Objetivos RAM

El Originador deberá garantizar, tanto para la arquitectura propuesta como para las arquitecturas resultado de futuros cambios una Disponibilidad Inherente del 99.99%.

La Disponibilidad Inherente se define como:

La definición de requerimientos más detallados y de definición de condiciones de fallo RAM será parte de la prestación a proveer.

Objetivos de Seguridad

El Originador en su análisis de riesgos deberá tener en cuenta los objetivos de seguridad (tabla de aceptabilidad de riesgos, lista de eventos potencialmente peligrosos,...) que definirá la autoridad ferroviaria competente.

1.4.20. COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA Y MATERIAL RODANTE

El Originador presentara un capitulo especifico en el que presentara de manera detallada y justificada, los costos de inversión requeridos para la implementación del sistema LRT propuesto para el corredor de occidente estación de la Sabana – Facatativa, desagregados en:

- Costos de los diseños de cada ítem o componente del sistema
- Costos de Fabricación y pruebas en fabrica de las componentes de la infraestructura férrea destinada a la vía y a las instalaciones fijas
- Costos de transporte desde la fábrica hasta el sitio de la obra de las componentes de los diferentes sistemas y subsistemas de la infraestructura ferroviaria
- Costos de remoción de la infraestructura férrea existente desagregadas en sus diferentes ítems y/o componentes
- Costos de los materiales, componentes e insumos requeridos para las obras civiles del sistema LRT propuesto, infraestructura y superestructura de vía, estaciones de pasajeros, edificios administrativos, patios y talleres de mantenimiento y PCO, otras instalaciones que el originador considere deben ser implementadas.

- Costos de construcción, montaje e instalación de las obras civiles del sistema LRT propuesto, infraestructura y superestructura de vía, estaciones de pasajeros, edificios administrativos, patios y talleres de mantenimiento y PCO, otras instalaciones que el originador considere deben ser implementadas.
- Costos de ensamble, montaje, instalación y pruebas individuales de las diferentes componentes, de los subsistemas y sistemas electromecánicos requeridos por el sistema LRT para la correcta operación de todas las instalaciones y estaciones del sistema así como de aquellos sistemas y subsistemas requeridos para la seguridad y operación comercial del sistema LRT propuesto.
- Costos del diseño del Material rodante
- Costos de fabricación y pruebas en fábrica del material rodante
- Costos del transporte desde fábrica al sitio de la obra del material rodante principal y auxiliar
- Costos de las pruebas finales de aceptación de todas las componentes del sistema LRT propuesto incluyendo el material rodante
- Costos de las pruebas marcha blanca del sistema LRT propuesto
- Costo de la puesta en marcha comercial del sistema integral propuesto
- Costos de capacitación y entrenamiento del personal requerido para la operación y explotación comercial del sistema
- Costos de los materiales, insumos y consumibles requeridos para la operación y mantenimiento del sistema
- Costos de los repuestos requeridos para el mantenimiento del sistema para un periodo de un año. Tres años y diez años.

1.4.21. DIAGNÓSTICO DEFINITIVO QUE DESCRIBA LA FORMA MEDIANTE LA CUAL SE SATISFACE LA NECESIDAD MEDIANTE LA PROVISIÓN DEL BIEN O SERVICIO PÚBLICO.

1.4.22. IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA Y LA NECESIDAD DE EFECTUAR CONSULTAS PREVIAS.

1.4.23. EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO ANALIZANDO EL IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO SOBRE LA POBLACIÓN DIRECTAMENTE AFECTADA, EVALUANDO LOS BENEFICIOS SOCIO-ECONÓMICOS ESPERADOS.

El originador deberá realizar la evaluación socioeconómica del proyecto, cuantificando los diferentes beneficios que se tendrían por realizar el proyecto, al igual que sus respectivos costos.

El originador, después de analizar diferentes alternativas y escenarios, deberá proponer la alternativa que genere los mayores beneficios para el Distrito y para la región y para la sociedad y que a su vez minimice los costos económicos y sociales.

Evaluación costo beneficio del proyecto analizando su impacto social, económico y ambiental sobre la población de la ciudad capital y en particular la directamente afectada, evaluando los beneficios socioeconómicos esperados y que corresponde la razón de la factibilidad en sí misma.

Las regulaciones y en particular el Departamento Nacional de Planeación – DNP han desarrollado la metodología para la evaluación y las reglas de decisión en un estudio de factibilidad, frente a un anteproyecto que contenga debidamente valoradas las etapas de diseño, construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura y sus servicios asociados, bajo los criterios de estimación y asignación de riesgos.

Costos del proyecto:

Los costos de inversión (CAPEX) corresponden a todas las erogaciones para la implantación de la infraestructura (terminales, paradas, bahías, etc.), así como los costos de adquisición de nuevos equipos rodantes para el tranvía, en general asociados a la puesta en marcha del proyecto.

Los costos de explotación o operación (OPEX), son todos los costos asociados al consumo de energía eléctrica, salarios y seguridad social, mantenimiento y gestión de estaciones, mantenimiento y gestión de equipos especiales y vehículos, etc. Asumidos como consecuencia de los niveles de servicio o la disponibilidad.

El coste de operación, por ejemplo, se representará por los costes de operación de los terminales y otros elementos operacionales del sistema de transportes públicos. El costo de mantenimiento a su vez, se constituirá mediante la suma de las partes correspondientes a los costos del mantenimiento del equipamiento, infraestructura y el equipo rodante y los costos complementarios de mantenimiento de la infraestructura vial asociada a la red de transporte.

Beneficios del proyecto:

Por lo que respecta a los beneficios económicos de las inversiones, monetariamente cuantificables, se debería expresar y calculará mediante una modelación del siguiente tipo:

$BT = BRCO + BRTV + BR(\text{otros})$, donde,

BT= Beneficio total.

BRCO= Beneficio ahorro costos operación de los vehículos de transporte colectivo u otros.

BRTV= Beneficio reducción de los tiempos de viaje de los usuarios de la red.

BR (otros)=Otros beneficios (cuando sean significativos/cuantificables, como por ejemplo, reducción de accidentes o de contaminación)

Las diferencias entre situación sin proyecto y situación con proyecto comportarán, en la mayoría de los casos, una serie de variaciones en parámetros como la distancia, velocidades, tiempos, etc.; concretamente por lo que respecta a ahorro del tiempo de viaje

de los usuarios; mejoras en los costos de operación vehicular, y disminución de accidentes y de la contaminación ambiental, beneficios colaterales en la movilidad general.

Indicadores socioeconómicos:

La evaluación de la viabilidad económica de las propuestas efectuadas se realizará de acuerdo con los criterios necesarios a fin de que se cumplan los requisitos establecidos habitualmente para este tipo de actuaciones y las recomendaciones del DNP.

Algunas de las variables que permiten evaluar la rentabilidad financiero económica y social, son: costos de la expropiación, costos de la primera inversión, costos de explotación, ingresos directos por captación de viajeros, otros ingresos, disminución congestión, reducción consumo energético, aumento de la renta, disminución de la accidentabilidad, impacto sonoro, disminución de la contaminación, etc.

Evaluación

Para la evaluación económica se utilizarán los diversos parámetros e indicadores de rentabilidad, en especial utilizando los diseñados por el DNP para este tipo de iniciativas, los que como ejemplo debieran incluir el valor actualizado neto (VAN), relación beneficio coste (B/C), período de recuperación de la inversión (PRI), tasa interna de retorno (TIR), el mayor valor por dinero (VDP) y el Comparador Público Privado (CPP), etc.

1.4.24. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO QUE SE PRESTARÍA BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICA PRIVADA.

Determinación de los niveles de servicio y disponibilidad ofrecida.

El originador definirá los estándares de calidad de la prestación del servicio, que a su vez consideren los lineamientos de diseño de la infraestructura propuesta, así como las necesidades y funcionalidades que definidas en cuento a los servicios complementarios necesarios para la operación, para tal efecto deberá:

- a) Definir los indicadores de servicio y sus respectivos estándares de desempeño que permitan determinar los niveles de funcionalidad y servicio que debe cumplir el responsable del proyecto.
- b) Diseñar un esquema operativo y contractual de seguimiento y control, definiendo los parámetros técnicos, operativos, financieros y legales que deben ser monitoreados, así como los procedimientos de monitoreo a implementar por la entidad, la Nación, el Departamento y/o el Distrito.
- c) Definir de manera detallada los mecanismos de reconocimiento por cumplimiento de indicadores de desempeño, así como los incentivos o penalizaciones o apremios que se realizarán por el nivel de cumplimiento de los estándares mínimos determinados para los indicadores.

- d) Estructurar los indicadores de gestión objeto de seguimiento a realizar, incluyendo la periodicidad y mecanismos para la realización de ajustes en los niveles de servicio.
- e) Mecanismos de pago por cumplimiento y penalizaciones o sanciones por incumplimiento de los indicadores propuestos.
- f) Establecer los criterios de interventoría y supervisión del contrato, incluyendo las fases de implementación y operación, así como los niveles de servicio, la disponibilidad y el monitoreo de riesgos.
- g) Proponer y redactar los ajustes normativos que eventualmente sean requeridos para poder hacer uso eficiente de los niveles de servicio para la prestación del servicio.

1.4.25. TERRENO, ESTUDIOS DE TÍTULOS, IDENTIFICACIÓN DE GRAVÁMENES, SERVIDUMBRES Y DEMÁS DERECHOS QUE PUEDAN AFECTAR LA DISPONIBILIDAD DEL BIEN.

Este capítulo puede ser cumplido por el Originador, con el análisis predial indicado en otros capítulos de este mismo documento. En caso de que en aquellos no hayan quedado claras todas las obligaciones para cumplir el objetivo aquí indicado de hacer el análisis de los terrenos requeridos para la implementación del sistema LRT propuesto en el corredor de occidente Estación de la Sabana - Facatativá, el estudios de títulos, la identificación de gravámenes, servidumbres y demás derechos que puedan afectar la disponibilidad del bien o de los terrenos requeridos en el corredor, el Originador complementara aquellos para dar cumplimiento al presente requerimiento.

3. RIESGOS

3.1 TIPIFICACIÓN, ESTIMACIÓN Y ASIGNACIÓN DEFINITIVA DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LA LEY 80 DE 1993, LA LEY 448 DE 1998, LA LEY 1150 DE 2007, LOS DOCUMENTOS CONPES Y LAS NORMAS QUE REGULEN LA MATERIA.

En el escenario construido se hace relevante la tipificación, estimación y asignación de riesgos del proyecto, así como la distribución de estos entre la entidad y el originador de la iniciativa. El originador deberá realizar la identificación, asignación y cuantificación de los riesgos del Proyecto. Para ello, el originador deberá:

- a) Partiendo del esquema de asignación de riesgos vigente y reglamentado por el Departamento nacional de Planeación DNP, analizar cada uno de los riesgos pertinentes, asignarlo a cada uno de los agentes que intervienen en el proceso y proponer esquemas para su mitigación. (De ser requerido, elaborar el documento para la presentación de la valoración de riesgos ante el Fondo de Contingencias del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.)
- b) Elaborar la matriz de riesgos y contingencias (técnicos, jurídicos y económicos, entre otros) del esquema propuesto, efectuar un análisis y tipificación de los mismos y recomendar un esquema para su asignación y mitigación. Estimar su valor y recomendar a su vez mecanismos de compensación de los mismos, minimizando

siempre los impactos para la Nación, el Departamento y el Distrito en particular y para el Sector Público, en general.

- c) Determinar el valor de las contingencias con base en un modelo probabilístico de las variables que puedan llegar a tener un impacto en el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la normatividad vigente al respecto. Dentro del análisis de contingencias, debe tomarse en cuenta que la finalidad de éstas es otorgar un cubrimiento al pago del servicio de la deuda que se contrate para el proyecto, y por ende reducir los costos de financiación.
- d) Diseñar los incentivos para promover la mejor estructura de financiación del proyecto y la minimización de aportes fiscales, incluyendo aportes contingentes.
- e) Apoyar a la Nación, el Departamento y el Distrito en el proceso de evaluación de las obligaciones contingentes del plan del proyecto y de su presupuestación, mediante la aplicación de la metodología de valoración, de acuerdo con lo desarrollado en los decretos reglamentarios de la Ley 448/98.
- f) Diseñar los instrumentos con base en los numerales anteriores, teniendo en cuenta que los objetivos de este tipo de esquemas son los siguientes: Asegurar la liquidez de los proyectos y su financiabilidad. Reducir los costos de financiación. Minimizar la carga contingente de corto, mediano y largo plazo sobre el presupuesto del Distrito.
- g) Dentro del diseño de los instrumentos, deberá analizar la posibilidad que estos instrumentos se ofrezcan en el mercado en entidades financieras locales e internacionales, y tener en cuenta las opciones que ofrecen en este momento las entidades multilaterales.
- h) Deberá realizar todas las actividades tendientes a desarrollar estos instrumentos tales como elaboración de los términos de condiciones y contratos de crédito.

3.2 Análisis de las amenazas y vulnerabilidad para identificar las condiciones de riesgo de desastre, de acuerdo con la naturaleza del proyecto, en los términos del presente proyecto.

3.3 Diseño y estructuración del esquema de garantías, compensaciones y asignación de riesgos y responsabilidades

El originador deberá realizar la identificación, asignación y cuantificación de los riesgos del Proyecto. Para ello, el originador deberá:

- a) Partiendo del esquema de asignación de riesgo vigente, analizar cada uno de los riesgos pertinentes, asignarlo a cada uno de los agentes que intervienen en el proceso y proponer esquemas para su mitigación.
- b) En la estimación del riesgo, el originador precisará el valor sobre el cual está calculado cada riesgo previsible y realizará la debida cuantificación monetaria de acuerdo a la normatividad vigente. Ejecutará también el diseño de mecanismos de mitigación de los riesgos previstos tanto para el privado como para el público.
- c) Deberá construir una Matriz de Riesgo, que incluya su efecto en el proyecto, su probabilidad (frecuencia), su impacto (costo) y su asignación.
- d) Se asignarán los riesgos de acuerdo con la capacidad que tenga cada una de las partes para gestionarlos, controlarlos, administrarlos y mitigarlos de forma más eficiente, en las

- distintas fases del proyecto a fin de preservar las condiciones iniciales del contrato (equilibrio de la Ecuación Contractual)
- e) Todos los resultados del análisis de riesgos deberán soportarse con información técnica que permita definir de la manera más objetiva posible la probabilidad de ocurrencia, el impacto en el proyecto y la parte que está en mejores condiciones de asumir el riesgo.
 - f) Determinar el valor de las obligaciones contingentes que surjan del modelo de contrato que se proponga, con base en un modelo probabilístico de las variables que puedan llegar a tener un impacto en el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la normatividad vigente al respecto. Dentro del análisis de las obligaciones contingentes, debe tomarse en cuenta que la finalidad de éstas es otorgar un cubrimiento al pago del servicio de la deuda que se contrate para el proyecto, y por ende reducir los costos de financiación.
 - g) Diseñar los incentivos para promover la mejor estructura de financiación del proyecto y la minimización de aportes fiscales, incluyendo aportes contingentes.
 - h) Apoyar a la Nación, el Departamento y el Distrito en el proceso de evaluación de las obligaciones contingentes del plan del proyecto y de su presupuestación, mediante la aplicación de la metodología de valoración, de acuerdo con lo desarrollado en los decretos reglamentarios de la Ley 448/98, la Ley 819 de 2003, Resolución 866 de 2004, Resolución 303 de 2007, y demás normatividad relacionada.
 - i) Diseñar los instrumentos con base en los numerales anteriores, teniendo en cuenta que los objetivos de este tipo de esquemas son los siguientes:
 - j) Asegurar la liquidez de los proyectos y su financiación.
 - k) Reducir los costos de financiación.
 - l) Minimizar la carga contingente de corto, mediano y largo plazo sobre el presupuesto de la Nación, el Departamento y el Distrito.
 - m) Dentro del diseño de los instrumentos, deberá analizar la posibilidad que estos instrumentos se ofrezcan en el mercado en entidades financieras locales e internacionales, y tener en cuenta las opciones que ofrecen en este momento las entidades multilaterales.
 - n) Deberá realizar todas las actividades tendientes a desarrollar estos instrumentos tales como elaboración de los términos de condiciones y contratos de crédito, en caso que se requieran.

4. ANÁLISIS FINANCIERO

El Originador deberá presentar como resultado de todos los trabajos desarrollados en la fase de factibilidad, el modelo financiero del proyecto en hoja de cálculo, detallado y formulado que fundamente el valor y el plazo del proyecto que contenga como mínimo:

Estimación de la inversión y de los costos de operación y mantenimiento y sus proyecciones discriminando el rubro de administración, imprevistos y utilidad.

Determinación de las inversiones requeridas para el proyecto:

El originador deberá elaborar presupuestos detallados que permitan establecer el monto de las inversiones requeridas para la construcción y puesta en funcionamiento del proyecto, incluyendo las inversiones requeridas para:

- a) Elaboración de estudios y diseños definitivos.
- b) Adquisición de predios.
- c) Construcción de infraestructura y superestructura férrea.
- d) Construcción de otras obras de infraestructura requeridas (puentes, estaciones, plazoletas, andenes, etc).
- e) Reubicación y protección de redes de servicios públicos.
- f) Adquisición y puesta en funcionamiento del material rodante.
- g) Adquisición e instalación de sistemas de comunicaciones, señalización y control de trenes y demás sistemas y subsistemas requeridos para la operación y explotación comercial del sistema.
- h) Construcción y dotación de patios y talleres de mantenimiento.
- i) Mitigación y manejo ambiental y social.
- j) Planes de manejo de tráfico y adecuación de desvíos durante la ejecución de las obras.
- k) Gestión y adquisición de licencias.
- l) Interventoría
- m) Otros que considere relevantes

De conformidad con lo establecido en el numeral 23.4.1.1. del Decreto 1467 de 2012, se deberá discriminar el rubro de administración, imprevistos y utilidad de las inversiones previstas, en concordancia con los criterios establecidos por la Contraloría General de la República para este fin.

Será necesario que en los estudios se precise la variación que estas inversiones pueden tener ante cambios en la demanda de pasajeros estimada para el proyecto u otras variables de índole macro económico que la pudiesen afectar.

4.1 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO

El originador deberá elaborar presupuestos detallados que permitan establecer el monto de los costos y gastos que se generarán durante la operación del proyecto, incluyendo los costos y gastos requeridos para:

- a) Costos y gastos de operación del tren ligero (personal operativo, de programación y de control, consumo de energía, mantenimiento rutinario y periódico del material rodante, etc).
- b) Costos y gastos necesarios para asegurar el adecuado mantenimiento rutinario y periódico de la infraestructura férrea.
- c) Costos y gastos necesarios para la administración del proyecto (oficinas, personal administrativo, pólizas de seguros, honorarios, comisiones fiduciarias, gastos legales, impuestos, etc).
- d) Costos y gastos pre-operativos.

e) Otros Costos y gastos relevantes en la operación.

De conformidad con lo establecido en el numeral 23.4.1.1. del Decreto 1467 de 2012, se deberá discriminar el rubro de administración, imprevistos y utilidad de los costos y gastos de administración, operación y mantenimiento proyectados en concordancia con los criterios establecidos por la Contraloría General de la República.

Será necesario que en los estudios se precise la variación que estos costos y gastos pueden tener ante cambios en la demanda de pasajeros estimada para el proyecto u otras variables macroeconómicas.

4.2 PLAN DE INVERSIONES Y OPERACIÓN:

Este Plan deberá proponer las actividades principales de inversión y mantenimiento, su contenido y duración, fases y relaciones entre sí, etapas y las fechas de entrega de los diferentes Hitos, incluyendo los planes de entrada en operación y facilitación. Este esquema general deberá ser consistente con el enfoque técnico, social y ambiental, su valoración determinará los flujos de caja previstos y sirve de base como guía general del proyecto a ejecutar. Este plan de inversión y operación es el sujeto a evaluación y a la determinación de su viabilidad o no.

El originador deberá establecer y presentar los cronogramas separados para la ejecución y puesta en funcionamiento del proyecto:

- a) Cronograma de ejecución de las obras de construcción de las obras 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.

El Plan de inversiones y operación 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.

4.3 ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS DEL PROYECTO Y SUS PROYECCIONES.

4.3.1 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA Y VALORACIÓN DE LOS INGRESOS DEL PROYECTO:

El originador deberá elaborar proyecciones del número de pasajeros que se espera movilizar en el proyecto y de los ingresos que se podría generar por la prestación de dicho servicio. En la elaboración de dichas proyecciones, el originador deberá tener en cuenta, entre otros aspectos, los siguientes:

- a) Las proyecciones deberán cubrir el período comprendido entre el año 2014 y el año 2044.

- b) Las proyecciones deberán permitir identificar los efectos que tendría sobre la demanda la ejecución del proyecto del sistema LRT para el corredor de occidente estación de la Sabana – Facatativá, teniendo en cuenta la influencia que sobre este sistema tendrá la implementación de otros proyectos como la primera línea del Metro Pesado, otras líneas de metro ligero, nuevas troncales de TransMilenio y las posibles integraciones con el SITP y SITPR.
- c) Las estimaciones de la demanda deberán identificar aquellos viajes que se realizan utilizando, exclusivamente, la línea de tren ligero propuesta y aquellos viajes que realizan algún transbordo, previo o posterior, con alguno de los otros servicios del SITP.
- d) Las estimaciones de la demanda deberán tener en cuenta los efectos que sobre dicha demanda puedan llegar a tener diferentes esquemas y niveles de tarifas que se cobren a los usuarios.
- e) El originador deberá presentar a la administración propuestas de esquemas de tarifa al usuario, integrados dentro del SITP; estas propuestas deberán incluir la relación que dichos esquemas de tarifa al usuario tienen con la remuneración que el originador espera recibir por la ejecución del proyecto y la prestación del servicio de transporte.

4.4 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE OTRAS FUENTES DE INGRESOS PARA EL PROYECTO

El originador deberá identificar y cuantificar los ingresos que podría obtener el proyecto por conceptos distintos a las tarifas que se cobren a los pasajeros por la prestación de los servicios. Una lista no taxativa de las fuentes de ingresos complementarios es la siguiente:

- a) Publicidad en vehículos, estaciones y otras infraestructuras del proyecto.
- b) Arrendamientos de locales comerciales ubicados en estaciones y otras infraestructuras del proyecto.
- c) Desarrollos comerciales conjuntos en portales y estaciones.
- d) Certificados de reducción de emisiones de carbono.

Se debe estudiar igualmente la posibilidad de incluir instrumentos para la captura de plusvalías y otros instrumentos de planeación y financiación, renovación urbana y proyectos inmobiliarios que se puedan desarrollar en el corredor y área de influencia por el beneficio que pueda generar por el proyecto, y en el caso que se considere viable, se debe indicar el procedimiento que se debe seguir para poder imponer el tributo y realizar su cobro correlacionando dicho aspecto al capítulo del análisis predial. Elaboración del modelo financiero

4.5 MODELO FINANCIERO DEL PROYECTO

El modelo financiero que servirá como base para la determinación del valor y el plazo de proyecto y que deberá presentar el originador deberá tener en cuenta, entre otros, los siguientes parámetros:

- a) El modelo financiero deberá ser elaborado en Excel versión 2007 o posterior, deberá estar detallado y formulado.

- b) Las proyecciones deberán presentarse con una periodicidad mensual para los primeros 5 años y con periodicidad anual para el resto de la proyección.
- c) Se deben incluir las proyecciones financieras del balance general, el flujo de caja, y el estado de resultados.
- d) Se deben presentar los indicadores financieros de liquidez, endeudamiento, rentabilidad (VPN, TIR, etc.) y los demás que permitan evaluar la bondad financiera del proyecto. Deberá permitir estimar la rentabilidad esperada del proyecto y del inversionista.
- e) Las proyecciones financieras incorporarán los resultados obtenidos en la estructuración técnica y todos los aspectos que afectan los resultados tales como: las proyecciones de ingresos, inversiones, costos y gastos de operación y mantenimiento, costos y gastos administrativos, impuestos (según las leyes vigentes), servicio de deuda, seguros, entre otros.
- f) Diseñar los elementos de verificar la implementación oportuna de los mecanismos de liquidez, conforme a lo establecido en las minutas del contrato y adelantar todas las gestiones complementarias que se consideren necesarias para que se logre el cierre financiero.
- g) Determinar los requisitos para constatar la existencia de un cierre financiero (contratos de crédito, colocación de bonos, etc.) y verificarlos, de manera que garantice la financiación (deuda y capital) y viabilidad del proyecto a corto, mediano y largo plazo.
- h) El modelo financiero deberá permitir simular diversas fuentes de financiación para el proyecto. El originador deberá determinar y presentar la estructura financiera más adecuada para el proyecto, que minimice el costo ponderado de capital.
- i) El originador deberá determinar, de ser necesario, los requerimientos de aportes de capital o el apoyo de cualquier índole que requiera el proyecto por parte del Distrito para ser financieramente viable; en caso contrario, el originador estimará el valor y periodicidad de los pagos que el concesionario deberá hacer a la Nación, al Departamento o al Distrito.
- j) El modelo financiero deberá reflejar el impacto financiero, de los medios de transporte complementarios y sustitutos existentes y aquellos de las cuales se tiene conocimiento que entrarán en operación en el futuro, con la correspondiente sensibilidad sobre la demanda.
- k) El modelo financiero deberá permitir mostrar los cambios en la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto y del inversionista ante cambios en los niveles de demanda, tarifas a los usuarios, remuneración al concesionario, condiciones de deuda y componente de capital, variables macroeconómicas, cronograma de inversión, cambio en el valor de los predios, aspectos tributarios, plazo del contrato y todas las demás variables que puedan afectar la rentabilidad del proyecto y del inversionista.
- l) El originador deberá presentar los resultados de diferentes escenarios tanto pesimistas como optimistas. Deberá incluir los resultados de un escenario crítico con el fin de visualizar el comportamiento del modelo en un evento en donde la mayoría de las variables se vean afectadas.
- m) El originador deberá elaborar y presentar un manual del modelo financiero, que explique cuáles son las variables de entrada del modelo, cuáles los cálculos intermedios que el modelo realiza y dónde y cómo se presentan los resultados del modelo. El manual deberá explicar con claridad cuáles son los pasos que un usuario debe seguir para

realizar nuevas corridas del modelo y verificar los cambios en los resultados ante cambios en los valores de las variables de entrada.

- n) El originador deberá acreditar que cuenta con recursos suficientes para realizar la totalidad de los aportes de capital (equity) que requiera el proyecto, de acuerdo con los resultados del estudio de factibilidad financiera que desarrollará.
- o) El originador deberá acreditar que cuenta con experiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura pública y/o de transporte cuya inversión (CAPEX) sea igual o superior a la inversión que se estime para el proyecto, de acuerdo con los resultados de los estudios de factibilidad técnica y financiera que desarrollará
- p) El originador suministrará el modelo financiero que consolide todos los factores anteriormente mencionados en formato Excel y que permita sensibilizar los diferentes escenarios determinando el que involucre el valor presente neto óptimo y refleje la tasa interna de retorno más conveniente para la Nación, el Departamento y el Distrito.

4.6 ESTIMACIÓN DE LA SOLICITUD DE VIGENCIAS FUTURAS, EN CASO DE QUE SE REQUIERAN.

4.7 SUPUESTOS FINANCIEROS Y ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO.

4.8 CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTADOS FINANCIEROS.

4.9 VALORACIÓN DEL PROYECTO.

4.10 MANUAL DE OPERACIÓN PARA EL USUARIO DEL MODELO FINANCIERO.

4.11 DISEÑO DEFINITIVO DE LA ESTRUCTURA DE LA TRANSACCIÓN PROPUESTA IDENTIFICANDO ACTORES FINANCIEROS, OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS INVOLUCRADOS.

4.12 PRESUPUESTOS Y PROGRAMACIÓN

El Originador 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 Originador 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 componene.

El ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA, 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 la 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA deberá establecer la presencia de otros costos que afecten el Proyecto, calcularlos e incluirlos en este análisis.

Cronograma de inversiones: El ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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.

4.13 DETERMINACIÓN DEL CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El originador 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.

4.14 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LOS CORREDORES Y TARIFAS PARA EL PROYECTO PROPUESTO

Dentro del estudio de demanda que desarrolle el ORIGINADOR, se deberá identificar las tarifas a las que el ferrocarril prevé movilizar los tráficos teniendo en cuenta, las restantes alternativas de transporte. Esas tarifas alimentarán el modelo financiero a desarrollar.

Con base en lo anterior, se deberá contar con tarifas de transporte a nivel de pares origen-destino.

Finalmente el ORIGINADOR, deberá indicar la viabilidad económica de cada uno de los corredores propuestos para la iniciativa privada presentada

5. ESTUDIOS ACTUALIZADOS

5.1 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, AMBIENTAL, PREDIAL, FINANCIERA Y JURÍDICA DEL PROYECTO Y DISEÑO ARQUITECTÓNICO CUANDO SE REQUIERA.

Cuantificación del valor de los estudios detallando sus costos.

El originador especificará aquellos estudios que considera no se requieren efectuar o actualizar, teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto o que se encuentran disponibles por parte de la entidad estatal competente y resultan ser suficientes para la ejecución del mismo. En todo caso, la entidad estatal competente establecerá si la consideración del originador es válida y aceptada”.

6. ESTRUCTURACIÓN LEGAL DEL PROYECTO - MINUTA DEL CONTRATO Y ANEXOS

Minuta del contrato a celebrar y los demás anexos que se requieran.

El originador deberá elaborar la minuta del contrato que propone celebrar con la administración para el desarrollo del Proyecto. Dicha minuta deberá ser elaborada de acuerdo con el marco de la legislación colombiana, en particular con relación a las leyes 80 de 1993, 105 de 1993, 1150 de 2003, 1508 de 2012 y demás normas concordantes.

La minuta del contrato del proyecto deberá incorporar, entre otros, los siguientes aspectos:

- a) Determinará con exactitud las responsabilidades y obligaciones del proponente y de la entidad estatal contratante.
- b) Determinará los procedimientos que se seguirán para la debida ejecución del contrato, de tal manera que hagan de éste un negocio equilibrado tanto para el privado como para el Distrito.
- c) Incluirá en la minuta del contrato, entre otros, los siguientes aspectos:
 - Objeto y requisitos de la ejecución del contrato.
 - Etapas de ejecución del contrato y término de ejecución.
 - Causales de terminación o suspensión del contrato y procedimientos de liquidación.
 - Valor del contrato.
 - Esquemas tarifarios y fórmulas de indexación y compensación.
 - Niveles de Servicio y Disponibilidad
 - Obligaciones del Distrito en lo relativo a la consecución de licencias, liberación de predios y de ser necesario, aportes de capital o apoyo de cualquier índole.
 - Obligaciones del privado en cada una de las etapas de ejecución del contrato.
 - Condiciones para el mantenimiento de la infraestructura y el material rodante.
 - Descripción de las obras en cada uno de los sectores del proyecto y programas de obra.
 - Manejo y elegibilidad de las diferentes fuentes de financiación del proyecto.
 - Riesgos asegurable.
 - Garantías y mecanismos de compensación.
 - Descripción de los instrumentos ofrecidos por el Distrito para el cubrimiento de contingencias y garantías.
 - Manejo de los recursos del proyecto, diferenciando el manejo de los recursos propios del concesionario, recursos provenientes del Distrito.
 - Manejo ambiental del proyecto.

- Cláusulas de sanciones, penalizaciones, incumplimiento, multas, cláusulas penales, etc.
 - Reversión y devolución de bienes.
 - Equipos, materiales, manejo de desechos, uso de vías públicas, áreas de servicio etc.
 - Obras adicionales o complementarias.
 - Equipos de control que se deberán instalar.
 - Fuerza mayor o caso fortuito.
 - Toma de posesión del proyecto.
 - Cláusulas unilaterales.
 - Especificaciones técnicas.
 - Niveles de servicio.
 - Cláusulas de Gestión Social.
 - Causales y procedimientos de caducidad y liquidación.
 - Explotación de servicios complementarios.
- d) Deberá contener y desarrollar todos los aspectos técnicos, legales y financieros necesarios que recojan de manera íntegra la estructura del proyecto y las responsabilidades de cada una de las partes en la ejecución del contrato.
- e) Deberá quedar claramente estipulado en el contrato la obligación del privado y/o concesionario de realizar una gestión social desde la firma del contrato, hasta la finalización de éste, en el cual se definirá de forma detallada cada una de las labores que deberá realizar, cuándo y cómo deberán de llevarse a cabo.
- f) Otros documentos

El originador deberá presentar igualmente los borradores de cualquier otro documento de carácter legal que se requiera para la ejecución del proyecto, tales como:

- Minuta de contratos de fiducia.
- Acuerdos y convenios de cualquier índole que se requiera celebrar con otras entidades públicas.
- Documentos necesarios para la implementación de los instrumentos de compensación y garantías ofrecidos por el Distrito.
- Matriz de Riesgos

6.1 DECLARACIÓN JURAMENTADA SOBRE LA VERACIDAD Y TOTALIDAD DE LA INFORMACIÓN QUE ENTREGA EL ORIGINADOR DE LA PROPUESTA.

La entidad estatal competente podrá solicitar información cuando lo considere pertinente.”

7. ESTUDIOS Y ANÁLISIS ADICIONALES DE SUBSISTEMAS FÉRREOS

7.1 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 originador 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.

7.2 INFORME FINAL DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

En el Informe Final, el ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA integrará todos los estudios mencionados a continuación. Este informe constará de los siguientes capítulos.

- a) Estudio de Demanda
- b) Estudio de topografía y geometría
- c) Estudio de hidráulica, hidrología y socavación
- d) Estudio geotécnico y geológico
- e) Diagnóstico de la Calidad de la Geometría de Vía
- f) Diagnóstico y Aprovechamiento de la infraestructura y superestructura existente
- g) Diseño para concesión de túneles
- h) Diseño para concesión de puentes, pontones y viaductos
- i) Análisis ambiental, Social y Predial
- j) Estudios y análisis adicionales
- k) 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.).

7.3 NORMATIVIDAD APLICABLE

El ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA 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 ORIGINADOR DE LA INICIATIVA PRIVADA y verificados por la entidad contratante o a quién esta delegue.

8. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En la etapa de factibilidad es probable que se encuentren distintas alternativas desde el punto de vista técnico o de otros de los elementos que componen una evaluación integral, por lo tanto se espera que el originador plantee las opciones y las evalúe dentro de la respectiva caracterización técnica.

Para la resolución de alternativas técnicas que no modifiquen de fondo el proyecto presentado, el originador debe indicar el método ejecutado y el análisis multicriterio con los indicadores relacionados con el entorno urbano, la red de transporte privado vehicular integración urbana de los trazados, analizando específicamente la compatibilidad de cada

una de las alternativas con determinadas intersecciones o tramos conflictivos con el tráfico rodado.

Sin embargo en el caso que dichas variaciones no se puedan resolver desde el origen técnico y que persistan de forma tal que se construyan dos escenarios con alternativas excluyentes, es decir basadas en planteamientos operacionales y geométricos con diferencias claras y notorias que impacten de tal forma los aspectos de inversión o mantenimiento que requieren evidentemente de una evaluación completa para la decisión, la misma debe ser presentada por el originador, independiente de la conclusión a la que dicho proceso lleve.

Para la aplicación de las reglas de decisión se debe evidenciar que las alternativas sean realizables y razonables, es decir, acordes con la necesidad y el proyecto presentado, las condiciones de comparabilidad o no de las alternativas deben estar evidenciadas y los alcances de la intervención igualmente presentados.

SECCIÓN 4. INFORMES INTERMEDIOS

Durante la estructuración técnica, legal y financiera del proyecto el originador documentará todo el proceso de selección de alternativas y toma de decisiones. Esta información quedará consignada en informes, resúmenes ejecutivos, modelos y documentos temáticos.

El originador presentará como mínimo cuatro (4) informes durante el desarrollo de los estudios de factibilidad. Los informes que deben ser presentados son:

Informe 1 - Plan de trabajo:

Presentación del cronograma detallado de las actividades a ser desarrolladas durante la ejecución de los estudios de factibilidad. El originador no requerirá aprobación del cliente para iniciar las actividades programadas, pero deberá acoger las modificaciones que le sean solicitadas, siempre y cuando sean aplicables.

Informe 2: Primer informe de avance de la estructuración técnica

Avance del proceso de elaboración de los estudios de factibilidad, el cual deberá tener los siguientes componentes:

- Contextualización del proyecto y análisis de las experiencias internacionales.
- Avance en la Estructuración Técnica
 - Caracterización de los corredores e inserción del proyecto.
 - Avance estudios de demanda y tráfico.
 - Parámetros de operación y diseño, limitaciones urbanísticas, gestión de tráfico y condiciones de seguridad.
 - Avance levantamiento topográfico e investigación de redes.
 - Alternativas de implantación del sistema a lo largo del corredor.
 - Levantamiento de línea base ambiental y social.
 - Presupuesto preliminar.
 - Propuesta matriz multicriterio para evaluar las alternativas y mesa de trabajo para calificar las mismas.
 - Descripción de la arquitectura del modelo financiero que se utilizará para la evaluación de la factibilidad financiera del proyecto.

Informe 3: Segundo informe de avance de la estructuración técnica

Avance del proceso de elaboración de los estudios de factibilidad, el cual deberá tener los siguientes componentes:

Avance en la Estructuración Técnica.

- Estudio de demanda y tráfico.
- Diseño geométrico básico de la alternativa seleccionada.
- Diseño básico urbanismo y paisajismo.
- Diseño estaciones, terminales, patios y cocheras.

- Diseño de redes.
- Diseño pavimentos y predimensionamiento estructuras.
- Diseño gestión de tráfico.
- Estudio ambiental y social.
- Diseño del sistema de recaudo e integración con el SITP.
- Diseño del centro de operaciones del sistema.
- Diseño del centro de atención al usuario.
- Diseño de los sistemas de operación, seguridad y servicio al usuario.
- Presupuesto de infraestructura, operación y mantenimiento

Avance en la Estructuración Financiera

- Informe preliminar de estructuración financiera
- Proyecciones de demanda
- Proyecciones de las inversiones (CAPEX)
- Proyecciones de los costos y gastos de operación y mantenimiento (OPEX)
- Versión preliminar del modelo financiero, junto con su manual.
- En caso de recomendar la utilización de instrumentos de garantías y contingencias, debe indicarlo, incluir en el informe la metodología a utilizar para su valoración y los trámites requeridos para la implementación de dichos instrumentos.

Avance en la Estructuración Legal

- Versión preliminar de la minuta del contrato.

Informe 4

Resultados definitivos de los estudios de factibilidad del proyecto.

El informe detallado como ha sido referido en este documento e informe simplificado con los siguientes componentes:

- Estructuración Técnica (diseños finales de los componentes indicados en esta guía).
- Estructuración Financiera
 - ✓ Informe final de estructuración financiera
 - ✓ Versión final del modelo financiero, junto con su manual.
 - ✓ Metodología y resultados de la valoración de contingencias.
- Estructuración Legal
- Versión definitiva de la minuta del contrato y de los demás documentos de carácter legal que se requieran para el proyecto.

--- FIN ---