ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CORREDORES FÉRREOS

ET-10: SISTEMAS FERROVIARIOS

BOGOTÁ D. C., SEPTIEMBRE DE 2025

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

Contenido

1 OBJETIVO 3
2 ALCANCE 3
3 SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES 3
3.1 OBJETIVO 3
3.2 NORMATIVA 4
3.3 INSUMOS NECESARIOS 5
3.4 GLOSARIO 5
3.5 ALCANCE 6
3.5.1 ETAPA DEBIDA DILIGENCIA 6
3.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD 6
3.6 PRODUCTOS 22
3.6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 22
3.6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 22
4 PUESTO CENTRAL DE CONTROL (PCC) 24
4.1 OBJETIVO 24
4.2 NORMATIVA 24
4.3 INSUMOS NECESARIOS 25
4.4 GLOSARIO 26
4.5 ALCANCE 26
4.5.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 26
4.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 26
4.6 PRODUCTOS 61
4.6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 61
4.6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 61
5 SISTEMA DE COMUNICACIONES 63
5.1 OBJETO 63
5.2 NORMATIVA 63
5.3 INSUMOS NECESARIOS 64
5.4 GLOSARIO 64
5.5 ALCANCE 65
5.5.1 ETAPA DEBIDA DILIGENCIA 65
5.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD 65

5.6 PRODUCTOS 123
5.6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 123
5.6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 123
6 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y TRACCIÓN 128
6.1 OBJETIVO 128
6.2 NORMATIVIDAD 129
6.3 INSUMOS NECESARIOS 131
6.4 GLOSARIO 132
6.5 ALCANCE 132
6.5.1 DEBIDA DILIGENCIA 132
6.5.2 FACTIBILIDAD 133
6.6 PRODUCTOS 165
6.6.1 DEBIDA DILIGENCIA 165
6.6.2 FACTIBILIDAD: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA 165

1 OBJETIVO

El objeto del presente documento consiste en definir las especificaciones y requerimientos que el Consultor tendrá que cumplir para realizar los diseños de los SISTEMAS FERROVIARIOS a nivel de factibilidad y estructuración del Proyecto.

2 ALCANCE

El alcance de este estudio incluye 4 componentes, a saber:

1. Señalización y control de trenes
2. Puesto Central de Control (PCC)
3. Sistema de Comunicaciones
4. Alimentación eléctrica y tracción

3 SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

4 OBJETIVO

El presente documento de especificaciones técnicas expone los requerimientos para el diseño a nivel de factibilidad de un Sistema de señalización y control de trenes con definición suficiente para que, con el producto de diseño a nivel de factibilidad así obtenido, permita que en una etapa posterior se desarrolle la Ingeniería de detalle, la fabricación, suministro, pruebas y puesta en marcha sin tener dudas respecto a las prestaciones que el sistema debe ofrecer a la entidad contratante. Adicionalmente, las especificaciones técnicas contienen requerimientos que el Sistema de señalización y control de trenes debe tener en cuenta.

Aunque estas especificaciones técnicas recogen una descripción del alcance de los trabajos asociados a la ejecución del proyecto de diseño a nivel de factibilidad y exponen los requerimientos de los distintos subsistemas que componen el sistema de señalización, no tiene como objetivo describir todos los detalles de los trabajos a realizar en este proyecto. Por lo tanto, el Consultor debe diseñar y aportar la información técnica adicional que se requiera para completar la definición, características y prestaciones del sistema y así alcanzar el objetivo descrito en esta introducción.

El objeto de este apartado consiste en definir las especificaciones y características técnicas y funcionales que el Consultor tendrá que cumplir en la realización del Proyecto de factibilidad del sistema de Señalización y Control de Trenes, que debe estar basado en el aprovechamiento de la definición técnica recogida en la documentación preexistente del estudio de prefactibilidad.

4.1 NORMATIVA

- Organización Internacional de Normalización (ISO);
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC);
- Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC);
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE);
- Normas Francesas (NF);
- Normas Alemanas (DIN);
- Normas Europeas (EN).
- RFC (Request For Comments, Peticiones de comentarios)
- ANSI. American National Standards Institute
- Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte - Colombia.

Dentro de las anteriormente mencionados se destacan las siguientes:

- EN 50128: Railway applications. Software for railway control and protection systems (Aplicaciones ferroviarias. Software para sistemas de protección y control de ferrocarriles).
- ENV 50129: Railway applications. Safety related electronic systems for signalling (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización).
- EN 50159-1: Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 1: Safety-related communication in closed transmission systems. (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 1:
- EN 50159-2: Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 2: Safety related communication in open transmission systems. (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 2:
- EN 50238: Railway applications. Compatibility between Rolling Stock and Train Detection Systems. (Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad entre material móvil y los sistemas de detección de trenes).
- R009-001: Railway Applications - Communication, signalling and processing systems. Hazardous failure and Safety Integrity Levels (SIL) (Aplicaciones ferroviarias – Sistemas de comunicación, señalización y proceso. Fallos peligrosos y niveles de integridad de seguridad (SIL).
- R009-004: Railway Applications - Systematic Allocation of Safety Integrity Requirements (Aplicaciones ferroviarias – Asignación sistemática de requisitos de integridad de seguridad).

- Manual de Señalización Vial – Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. Resolución 1885 de 2015. Ministerio de Transporte.

- Cualquier otra norma aplicable a los sistemas y subsistemas indicados en esta especificación técnica, de uso estándar.

4.2 INSUMOS NECESARIOS

Para el diseño del sistema de señalización y control de trenes, serán insumos necesarios a tener en cuenta entre otros los siguientes documentos:

- Componentes de los Estudios y diseños de factibilidad y estructuración del Corredor férreo del Proyecto:
  Estudio de demanda y logística (ET-01)
  Estudio de movilidad vehicular y peatonal (ET-02)
  Diseño geométrico férreo y vial (ET-06)
  Estructuras (ET-09)
  Material rodante (ET-12)
  Centros intermodales (ET-13)
  Patios y talleres (ET-14)
  Vía férrea (ET-15)
  Túneles (ET-16)
  Operación y mantenimiento (ET-17)

Así mismo, se deben tener los sistemas ya existentes en la red ferroviaria nacional que a la fecha se encuentra operativa o estructuración.

En cualquier caso, estos documentos serán considerados como referencia, no limitándose las alternativas a estudiar a las reflejadas o comentadas en los mismos.

4.3 GLOSARIO

ATP: Automatic Train Protection. (Protección Automática del Tren**)**

ATO: Automatic Train Operation. (Operación Automática del Tren)

PTI: Positive Train Identification. (Identificación Positiva del *Tren)*

ATS: Automatic Train Supervision. (Detención automática de *Tren)*

PCC: Puesto Central de Control

PCLC: Puesto de Control Local

PMLPT: Puesto de Mando Local de Talleres

4.4 ALCANCE

4.4.1 ETAPA DEBIDA DILIGENCIA

El Consultor debe revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad relacionados en el numeral 4.2.3 de este documento y otros que consideren relevantes para el desarrollo de los estudios de factibilidad y de la estructuración, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha.

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores. los cuales son insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance de la Consultoría.
- Durante este proceso el Consultor debe revisar y analizar el nivel de desarrollo de los estudios realizados de cara a la estructuración del Proyecto.
- Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

4.4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD

A partir de los diseños del Proyecto, la implementación de la construcción y puesta en operación del mismo se ejecutará en etapas o tramos que pueden adelantarse de manera simultánea, paralela, secuencial o separada dependiendo de las condiciones de financiación y esquema de ejecución que se considere por parte de los gestores del proyecto; para el efecto, el Consultor adelantará las tareas y actividades establecidas en los presentes términos de referencia y sus respectivos anexos, brindando la posibilidad de acometer la construcción y puesta en servicio de la misma mediante diferentes etapas si es el caso. En el desarrollo de la presente etapa debe tenerse en cuenta:

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

El sistema de señalización y control de trenes del Proyecto debe diseñarse para cumplir, como mínimo, con los objetivos siguientes:

- Garantizar la seguridad de la operación, incluyendo entre otros la seguridad de los viajeros, del personal de operación y mantenimiento del sistema férreo, de transeúntes, de la carga que se transporta, de los equipos y sistemas, de edificaciones y estructuras que estén dentro o en inmediaciones del corredor férreo.
- Ofrecer sistemas con fiabilidad y disponibilidad robusta, incluyendo sistemas redundantes de comunicaciones y de control de trenes, que involucren la emisión y recepción independiente y priorizada de señales y órdenes.
- Optimizar los costos de inversión y de mantenimiento a partir del tráfico ferroviario calculado en el modelo operacional y que resulte del estudio de demanda de carga y pasajeros.
- Considerar en el diseño o selección del sistema de señalización y control de trenes soluciones escalables que permitan incrementar la capacidad de la vía férrea a partir del sistema inicialmente propuesto cuando el tráfico ferroviario lo exija en una fase posterior. Lo anterior incluye considerar un análisis respecto a la accesibilidad de componentes de hardware y de software del sistema de señalización y control de tráfico requeridos para el mantenimiento y para actualizaciones o mejoramiento de especificaciones, así como los proveedores en capacidad de suministrar, instalar, manipular, mantener y realizar intervenciones para tales propósitos, evitando al máximo la obsolescencia tecnológica.
- Proponer soluciones asociadas a la interoperabilidad que deberá establecerse con corredores o redes con las cuales el Proyecto tenga puntos de conexión o sobre los cuales se identifique que habrá circulación de trenes atraída o generada por el Proyecto.

Dentro del alcance del diseño a elaborar por el Consultor se deben considerar los siguientes subsistemas, como parte del sistema de señalización:

- Elementos de campo de la señalización.
- Elementos alámbricos e inalámbricos de comunicaciones.
- Sistema de enclavamientos en toda la línea y en los Talleres (o patios), estaciones, ramales, desvíos, centros logísticos, etc
- Equipamiento fijo y embarcado de ATP, de PTI, y equipamiento ATS que esté de acuerdo con el estado del arte actual para este tipo de proyectos y que atienda satisfactoriamente el tráfico ferroviario del servicio de carga y

pasajeros con niveles de seguridad aceptables, aplicado al total de la Línea, incluidos Talleres y patios), estaciones, ramales, desvíos, centros logísticos.

Inicialmente el Consultor debe realizar un prediseño del sistema adaptando la solución a los requerimientos operacionales, tales como: velocidades, aceleraciones y desaceleraciones, intervalos, tiempos de parada, retornos operativos, itinerarios y otras indicaciones de la línea. Debe realizar una especificación funcional del mismo y desarrollar simulaciones de marcha con los parámetros que caractericen el corredor del Proyecto.

Posteriormente se realizará una descripción general de todos los componentes del sistema de señalización principal y redundante, incluyendo enclavamientos y elementos de campo que permitan el funcionamiento en modo normal y degradado. Se deben realizar, como puntos principales los siguientes:

- 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 de vía (esquemas de vía), señales y cableado.

El Consultor debe especificar la implementación de todas las interfaces, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

El Consultor debe definir, de manera general pero suficiente para asegurar las prestaciones, 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.

Se definirán de manera suficiente las directrices y requisitos mínimos para que el suministrador del sistema, adjudicatario de su diseño de detalle y su instalación y puesta en marcha, quede obligado a realizar los planes de formación con la calidad requerida, incluyendo las tareas y obligaciones del Responsable de Capacitación, el calendario y duración de las formaciones, contenido según la especialidad y objetivo de la capacitación. Se debe definir el material de soporte a entregar para la capacitación.

Finalmente, el Consultor plasmará todo el desarrollo del sistema en los entregables definidos al final de esta especificación técnica.

Independientemente de las tareas, el Consultor debe tomar como parte del alcance del proyecto, la 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.

Los elementos activos del sistema de señalización ferroviaria deben ser objeto de un análisis RAMS. El Consultor debe incluir, como parte de la interfaz con RAMS, la documentación exigida del sistema de señalización y control de trenes de acuerdo a la normatividad internacional aplicable, normas UNE EN 50126, UNE EN 50128 y UNE EN 50129.

Todas las instalaciones de señalización que el Consultor defina deben estar concebidas y diseñadas con técnicas de seguridad intrínseca o falla segura (fail-safe).

El sistema de señalización y control de trenes, partiendo de las características propias del proyecto y el trazado del Proyecto por donde se implementará, debe considerar en los pasos a nivel regulados y/o no regulados, la influencia sobre el sistema de las intersecciones próximas al corredor, entre ellas de las redes semafóricas conexas al corredor que puedan verse afectadas por la implementación del sistema, de forma que pueda garantizarse la prioridad en el corredor férreo sin afectar los cruces conexos, en síntesis, se debe diseñar con la premisa de darle prioridad al sistema férreo para favorecer su velocidad comercial y su atractividad. Igualmente, el sistema de señalización y control de trenes a diseñar debe estar totalmente coordinado e integrado con la red semafórica existente y proyectada en el área de influencia del corredor, aplicable para todas las ciudades por donde transitará el sistema férreo. Para desarrollar esta actividad el Consultor debe tener en cuenta la especificación Técnica ET-02 "Estudio de movilidad vehicular y peatonal", incluida como parte del alcance de esta consultoría.

De igual manera el Consultor debe elaborar, a nivel de factibilidad, la señalética a implementar a lo largo del corredor férreo, considerando las técnicas comunicativas para el desarrollo de señales o sistemas de comunicación visual. Estas señales tienen por objetivo proporcionar una información directa, clara y precisa, entre otros, a: transeúntes, conductores de vehículos, personal operativo y de mantenimiento del sistema férreo y, en general, a todos lo que interactúan con el sistema férreo y con cruces a nivel y a desnivel, en diferentes ámbitos de seguridad: vial, operativa, laboral e industrial, de prevención de riesgos.

La propuesta de sistema de señalización y control de trenes del proyecto deberá cumplir con las especificaciones antes mencionadas para la operación de servicios de carga y pasajeros dentro del corredor, y además deberá ser estructurada con el objetivo de asegurar la compatibilidad y una virtual interoperabilidad de servicios con la red férrea nacional. Para tal fin, el consultor deberá definir una solución o alternativas de solución de un sistema de señalización adaptable y escalable que se pueda integrar con los sistemas de esos tramos. Lo anterior implica que los trenes sean diseñados con equipos

embarcados y sistemas de control y protección que permitan la operación en esos tramos, así implique una duplicidad de equipos o funcionalidades particulares del sistema de señalización y control que permitan la operación de material rodante de los otros corredores que cuenten con otros estándares de sistemas de control, protección y comunicación. Estas propuestas de interoperabilidad se deberán evaluar en conjunto con las definiciones de diseño geométrico férreo y de material rodante.

Igualmente, el consultor debe proponer sistemas o instalaciones complementarias para la seguridad de la operación ferroviaria como básculas dinámicas y detectores de ejes calientes, entre otros.

4.4.2.1 Descripción funcional del sistema de señalización

4.4.2.1.1 Funciones básicas del sistema

El Consultor debe, a partir de las características técnicas y físicas del trazado férreo y los datos relevantes de la operación a desarrollar tales como: la densidad del tráfico, la velocidad de circulación, aceleraciones y desaceleraciones, intervalos, tiempos de parada, retornos operativos, itinerarios, el número y complejidad de las maniobras en el corredor y de acuerdo al material rodante seleccionado, definir el tipo de control y señalización principal y redundante a implementar en el corredor, el cual se basará en el principio de cantones de vía fijos o móviles, y que deberá ser escalable en función de las necesidades de demanda/ frecuencias.

El Consultor definirá el sistema de seguridad, señalización y control de trenes a aplicar en el corredor, a partir de un análisis técnico y económico, que bajo ninguna circunstancia ponga en riesgo la seguridad, confiabilidad y disponibilidad de la operación ferroviaria requerida en todo el corredor.

El sistema seleccionado debe estar acorde con el estado del arte de la tecnología ferroviaria a nivel mundial, debiendo considerarse las debidas reservas para la ampliación y/o adaptabilidad del sistema a nuevas y mejores tecnologías en el futuro y al incremento que representen las necesidades de la operación del sistema, en términos de la frecuencia de circulación, variación de los itinerarios y/o prolongaciones en el trazado del corredor.

El sistema debe asegurar de esta forma las 5 funciones siguientes:

- Permitir y garantizar la protección de las circulaciones en las vías principales, vías secundarias o auxiliares y en zonas de maniobras.
- Permitir un espaciamiento de las circulaciones para evitar los alcances de los trenes sobre una misma vía

- Arbitrar las circulaciones convergentes sobre una misma vía, tales como rutas convergentes sobre una vía única o banalizada, o sobre las zonas de retorno.
- Evitar el descarrilamiento por exceso de velocidad.
- Hacer seguimiento a las condiciones de salud y concentración del conductor (dispositivo de hombre muerto)

El sistema podrá ser desarrollado con una señalización y control de trenes aplicables a vías banalizadas, si se considera necesario en una forma total o parcial, para lo cual debe presentar un análisis de la operación en caso de contingencias e incidencias sobre la línea en la operación normal.

4.4.2.1.2 Alcances específicos del sistema a diseñar

El Consultor debe elaborar el diseño del sistema de señalización y control de trenes, a nivel de factibilidad cubriendo, como mínimo, los alcances específicos incluidos en los diseños de prefactibilidad, profundizándolos y ajustándolos en lo que considere necesario, el cual sea compatible con los sistemas de señalización y control de trenes con los que cuenta la red férrea nacional operativa, de forma que se pueda garantizar la interoperabilidad del sistema.

4.4.2.1.2.1 Protección de los itinerarios

La protección de los itinerarios en las vías principales, vías secundarias o auxiliares y en zonas de maniobra se realizará a través de la función de enclavamiento que debe permitir, de manera segura, los movimientos de los trenes y vehículos de mantenimiento. En las vías principales el enclavamiento se puede realizar a través de cantones fijos o móviles, en las vías secundarias o auxiliares y en zonas de maniobras el enclavamiento se debe realizar mediante cantones fijos.

El enclavamiento debe realizar los controles de seguridad necesarios incluyendo sin limitarse a los itinerarios conflictivos y la dirección del tráfico (incluyendo las zonas con contrasentido), antes de establecer un itinerario.

4.4.2.1.2.2 Control de los itinerarios

El sistema debe admitir dos tipos de explotación posibles:

- Explotación automatizada: aplica para la operación en vías principales. El control del itinerario se realiza a través de la detección de los trenes. Este control se puede realizar por un ciclo de señalización por encadenamiento de movimientos individuales (es el caso del cambio de sentido en una cabecera de línea).
- Explotación manual y telemando: aplica para la operación degradada en vías principales y para la operación en vías secundarias o auxiliares.

- Explotación manual por el conductor: la orden de formación del itinerario será emitida por el conductor a través de los pulsadores (derecha/izquierda) dispuestos en la consola de conducción. El mando se transmite del tren al autómata a través de una antena situada en el material rodante y de un bucle de telemando (o baliza) colocado en tierra.
- Desde el puesto de mando en el PCC: el operador de tráfico realiza la orden de formación de los itinerarios desde su puesto de control de la señalización ferroviaria. Esta será el modo en la línea cuando se presenten condiciones de falla en la interacción tren – tierra.

En caso de avería, si el telemando (manual o automático) no se encuentra operativo, el conductor, con la autorización del PCC o de la torre de control para los movimientos en los Patios y Talleres, dispondrá de un pulsador que permitirá suplir este fallo. Este botón se encontrará dispuesto en una caja local colocado en la señal, al cual no será posible acceder sin una llave especial.

Debe tenerse en cuenta además como mínimo los siguientes componentes dentro del sistema:

- Tratamiento de las incompatibilidades entre itinerarios
- Control y enclavamiento de agujas
- Autorización de recorrido de itinerario
- Destrucción de itinerarios
- Gestión de los cantones
- Franqueamiento de la señal en rojo
- Visualización en el PCC
- Generación de alarmas: instalaciones fijas y embarcadas, tratamiento de las alarmas en tiempo real y tiempo diferido, almacenamiento de datos, entre otros.

4.4.2.1.2.3 Indicaciones al conductor

Se debe presentar el principio funcional y de representación de los diferentes tipos de indicaciones al conductor, teniendo en cuenta, como mínimo, los siguientes tipos:

- Señalización de itinerario y de dirección
- Señalización de cantón
- Señalización de anuncio o repetidoras
- Señalización de velocidad limite
- Indicadores de destino

- Señalización fija de seguridad: fin de vía, parada obligatoria, vía única temporal, límite de maniobra, límite de velocidad, anuncio de telemando, entre otros.

Caja local en la señal La caja local debe componerse de botones de comando (asociados a indicadores luminosos) para cada itinerario origen de la señal y un botón de destrucción común a todos los itinerarios en la señal. Ellos deben ser accesibles y visibles desde el exterior y activados mediante una clave específica.

4.4.2.1.2.4 Detección de los trenes

El Consultor debe realizar un análisis comparativo para elegir la tipología de detección de trenes para las diferentes zonas y tipos de circulación y operación, que debe integrar todos los factores a tener en cuenta para realizar la mejor propuesta costo beneficio, teniendo en cuenta como minino las siguientes alternativas, adaptadas para las zonas con carril de garganta o para las zonas con balasto. Se debe, en consecuencia, analizar:

- Circuitos de vías
- Contadores de ejes
- Otros tipos de detección, principalmente en instalaciones de servicio, tales como: barreras ópticas de seguridad o bucles de detección magnética.

4.4.2.1.2.5 Arquitectura del sistema

Las funciones de la señalización ferroviaria se deben plantear mediante sistemas automatizados. Las funciones que no son estrictamente de seguridad como:

- Recepción de órdenes de telecomando de itinerarios,
- Seguimiento de circulaciones,
- Lanzamiento de comandos de agujas,
- Comandos de enclavamiento y de destrucción de itinerarios,
- Tratamiento y memorización de averías,
- Franqueamiento de una señal en rojo.

Podrán ser implementadas a partir de equipos automáticos. Estos equipos permiten igualmente realizar, a través de la red de datos, una supervisión de las circulaciones desde la sala de mando del PCC, en la consola de señalización ferroviaria.

4.4.2.1.2.6 Enclavamientos

El sistema de enclavamiento debe garantizar la seguridad de todos los movimientos y que todas las condiciones en la vía sean adecuadas (la posición de las agujas, la dirección de movimiento, la ocupación de la vía, etc.). El tratamiento de las funciones de seguridad será realizado por equipos que realizarán principalmente las funciones siguientes: enclavamiento de agujas, enclavamiento de itinerarios, función de detección, comando de las señales, franqueamiento de una señal en rojo con alarmas en el PCC, en los puestos de enclavamiento descentralizado y en el sistema a bordo de los trenes.

Se debe realizar un análisis comparativo para elegir la tipología de enclavamiento, que debe integrar todos los factores a tener en cuenta para realizar la mejor propuesta costo beneficio. Entre las opciones a considerar se debe incluir el tipo de enclavamiento con base en procesadores y de autómata de seguridad.

4.4.2.1.2.7 Sistema de protección para franqueamiento de la señal

Para las zonas únicas y de cantones, el Consultor debe realizar una propuesta de un sistema de protección en caso de franqueamiento de la señal en rojo. Como mínimo deben tenerse en cuenta las siguientes opciones:

- Dispositivos de alarmas visuales y sonoras en el sitio y en los trenes,
- Dispositivos de parada automática de los trenes.

4.4.2.1.2.8 Locales Técnicos

Los enclavamientos y automatismos se deben instalar en cuartos técnicos preferiblemente ubicados próximos a cada zona de maniobra, para las zonas maniobras (terminales) en la línea y para los centros de mantenimiento de talleres, se podrá analizar también la alternativa de ubicarlos en estaciones sobre el trazado de la línea de acuerdo con el diseño de estas.

Los cuartos técnicos se climatizarán con potencia suficiente para mantener la temperatura adecuada. Asimismo, se debe prever la instalación de un sistema de detección de incendio y de otro sistema de detección de intrusos.

4.4.2.1.2.9 Alimentación eléctrica

Los dispositivos y los elementos de monitoreo, supervisión y control del sistema de señalización ferroviaria deben ser alimentados, como sistema de alimentación de energía principal, desde una subestación y como sistema de alimentación redundante o auxiliar desde la estación más cercana a través de UPSs, de modo

que se garantice la continuidad del suministro de energía de al menos 2 horas, en caso de fallo del suministro energía primario. Todos los locales técnicos deben ser equipados de un Tablero de Distribución de Baja Tensión con una alimentación para los motores de agujas y una alimentación con baterías para mantener el funcionamiento de la señalización.

4.4.2.1.2.10 Modos degradados

- Avería parcial de la supervisión en el PCC: El controlador del PCC accederá a los mandos y controles de la señalización ferroviaria desde una de las consolas de señalización ferroviaria del PCC. Si uno de los puestos de la explotación no se encuentra disponible, debe ser posible utilizar otro puesto de explotación que disponga de la misma configuración.
- Avería total del PCC: Los supervisores o controladores de la operación, accederán a los mandos y controles de la señalización ferroviaria desde consolas de telemando de la señalización ferroviaria, ubicadas en las cabinas locales de los puestos de enclavamiento.
- Avería de los automatismos o de Baja Tensión (BT) sin proteger: En caso de avería del autómata en una zona de maniobras, el tratamiento de enclavamiento de los itinerarios en curso y de sus señales asociadas se efectuará con el mismo nivel de seguridad que en situación normal. El conjunto de los automatismos cuenta con una fuente de alimentación de BT protegida. Sin embargo, los motores de agujas son alimentados por una fuente de BT sin proteger. En caso de avería en la alimentación, los motores continuaran en posición y cerrados, tal y como habían estado con anterioridad a la avería de energía.
- Avería del dispositivo de telemando de aguja: En caso de avería del dispositivo de telemando de aguja (en la plataforma o de bordo), el personal operativo, incluyendo al conductor, dispondrá de una caja de mando eléctrico en las proximidades de la aguja (o al final del andén), para actuar sobre la aguja. El acceso a esta caja de mando se reservará al personal operativo que incluye el conductor, por medio de una llave especial. Esta orden/anulación actuará directamente sobre los automatismos de señalización.
- Avería de alimentación del motor de aguja: Si el motor de aguja dejase de recibir alimentación, el personal operativo, incluyendo al conductor, podrá bascular la aguja de forma manual mediante la introducción directa de la palanca en el mecanismo de la aguja. Esta acción tendrá por efecto la puesta en rojo, de forma inmediata, de las señales que protegen el desvío. En tanto que la aguja se encuentre en mando manual, los mandos eléctricos se encontrarán deshabilitados.

4.4.2.1.3 Descripción del sistema

4.4.2.1.3.1.1 Modos de Funcionamiento.

Se describen los modos de funcionamiento propios del sistema:

- Operación Normal.
  El sistema opera en condiciones normales. El sistema de Control Automático de Trenes (ATC) permite la correcta realización de todas las tareas para la operación y el cumplimiento del Programa de Circulación previsto. En este modo no se considera la circulación de vehículos que no estén equipados con ATC.

- Operación degradada.
  Esta operación se debe a una incidencia que afecta a la operación normal de la línea. El sistema debe permitir el manejo de 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 opciones dependerán en gran medida al esquema de vías propuesto, según se ubiquen los cambiavías y breteles. El sistema debe ser capaz de soportar los modos degradados de operación siguientes:
  - VUT (Vía Única Temporal): Aplica para tramos de doble vía donde se afecta la circulación en una de las dos vías. En este modo los servicios de un tramo inhabilitado se desvían a otra vía única de forma temporal que esté delimitada entre cambiavías o Breteles.
  - Parcial provisional, también conocido como operación en partes de la línea o del corredor: Aplica para tramos con vía única o para tramos de vía doble donde salen temporalmente de servicio ambas vías. En este modo el tramo es temporalmente inhabilitado y los tramos colaterales pasan a funcionar en modo parcial provisional.

4.4.2.1.3.2 Modos de Conducción

Los modos de conducción definidos por el Consultor se aplicarán a cada uno de los trenes que circulen en la Línea, incluyendo la zona de patios y talleres. Se deben definir para los distintos modos de funcionamiento indicados en el numeral anterior.

Desde el PCC 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 deben circular, siendo posible la circulación simultánea de trenes en distintos modos de conducción.

4.4.2.1.3.3 Estructura General del Sistema de Señalización y Control de Trenes.

Para la definición de la estructura del Sistema de Señalización y Automatización se considerarán diferentes niveles funcionales, en los que se clasifican los elementos que componen el Sistema:

- Nivel 1: Elementos de campo.
  - Circuitos de vía/ contadores de ejes. Mediante estos elementos se delimitarán los cantones fijos o móviles que integran la línea.
  - Accionamientos de aguja. Los accionamientos de aguja se utilizarán para la realización de maniobras, retenciones y comprobación de cambios u otros elementos.
  - Señales de protección de aguja (o señales indicadoras de aguja). 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. A través de las balizas en vía se transmitirá la información de reposicionamiento al tren, así como otra información referente a la infraestructura.
  - Señalización mecánica. 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: Enclavamiento.
  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 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, contadores de ejes y balizas. En este nivel, la conexión entre elementos de campo y enclavamiento debe 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 debe proveer los medios necesarios para forzar el límite de velocidad apropiado.
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.
  – Seguido 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, ubicación de estaciones, largo de andenes, ubicación de aparatos de vía, señales, límites de los circuitos de vía, etc.)

- Protección de sobrevelocidad de forma continua y freno garantizado.
- 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 5: Supervisión Automática de Trenes (ATS).
  Es la parte del sistema ATS, 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. Más concretamente, algunas de las funciones que realizará el sistema ATS son:
  - Identificación y seguimiento de trenes.
  - Control del sistema de señalización.
  - Gestión de programas de circulación.
  - Regulación de tráfico.
  - Función de retención.
  - Corte de corriente de tracción, para trenes que operen con suministro de energía eléctrica.
  - Consignación o Bloqueo de una señal, un aparato de cambio o una sección de la vía.
  - Detención inmediata.
  - Restricciones temporales de velocidad y zonas de trabajo.
  - Pista de rodado mojada y funcionamiento en condiciones de adherencia reducida.
  - Envío de alarmas.
  - Administración de eventos que afectan a la operación.
  - Registro de datos y generación de reportes.

4.4.2.1.3.4 Talleres y patios

En los talleres 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 talleres y la zona de línea o vía principal. Así, los trenes que tengan que salir desde los patios y 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 movilizarán de forma manual.

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, etc.) antes de entrar a atender itinerarios en la línea.

En la zona de patios y 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 patios y talleres estará controlada desde el Puesto de Mando local de Patio Taller (PMLPT) a ubicar en los mismos patios. 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.

4.4.2.1.4 Interfaces

El Consultor debe considerar las diferentes interfaces que se generan entre el sistema de señalización y control de trenes con los otros sistemas y subsistemas, tales como: Material rodante, suministro eléctrico, comunicaciones, vía férrea, infraestructura, locales técnicos, propios del sistema de señalización, PCC y las definiciones propias de la gestión RAMS.

4.4.2.1.5 Herramientas de mantenimiento

Para el mantenimiento del equipamiento del Sistema de Señalización y control de trenes, niveles 2, 3, 4 y 5 (ver numeral 3.3.2.3 de estas especificaciones) las herramientas empleadas deben ser capaces de realizar como mínimo las siguientes tareas:

- Monitorización del estado de todos los equipos.
- Generación y gestión de alarmas.
- Diagnosis 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 PCC 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 (PCLC) correspondientes para realizar las tareas remotamente.

Por otro lado, las tareas de mantenimiento deben poderse realizar desde otros 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.

4.4.2.1.6 Gestión de las intersecciones.

La gestión de las intersecciones del Proyecto es uno de los aspectos críticos del proyecto por lo cual el Consultor debe, en su diseño, propender por una velocidad comercial elevada y una atractividad importante del Proyecto y, además, minimizar los impactos de la introducción del corredor sobre el tráfico vial.

El consultor debe realizar una evaluación multicriterio de alternativas para la selección y diseño de la intersección más conveniente, priorizando las soluciones de intersección a desnivel. La evaluación multicriterio de alternativas debe considerar al menos lo siguiente: la prioridad definida en la legislación colombiana para los corredores de transporte, las limitaciones de diseño geométrico de las líneas férreas y los corredores viales, los costos asociados al conjunto de inversiones a realizarse para cada uno de los cruces, el volumen de

tránsito de los corredores y la incidencia en velocidades de operación y tiempos de viaje.

En los remotos casos de soluciones de intersecciones a nivel, el sistema de señalización y control de trenes, como premisa fundamental, debe contar con dispositivos o mecanismos de priorización semafórica e incluirá la definición de las interfaces que se requieran implementar con el sistema semafórico de las ciudades que atraviese.

El Consultor, para las intersecciones a nivel debe entre otros aspectos, considerar dentro de su alcance el análisis, estudio y diseño de:

- Implantación de semáforos, barreras y detectores en todos los cruces del sistema vial con el eje del Proyecto (existentes o proyectados).
- Estudio de Transito particulares en la fase de Factibilidad para todas y cada una de las intersecciones.

Para desarrollar la gestión de intersecciones, el Consultor debe considerar las interfases que se generan, entre otros, con las especificaciones Técnicas: ET-01 "Estudio de Demanda y logística", ET-02 "Estudio de movilidad vehicular y peatonal", ET-06 "Diseño geométrico férreo y vial", ET-17 "Operación y mantenimiento".

4.5 PRODUCTOS

4.5.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

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

4.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

El entregable "Sistema de señalización y control de trenes", debe contener el Proyecto de diseño a nivel de factibilidad, que como mínimo incluya los siguientes productos:

- Gestión de las intersecciones a nivel, con resultados del análisis y diseño de las soluciones específicas, para cada una de ellas.

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

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

- Simulaciones de marcha incluyendo, entre otros aspectos: las curvas velocidad/espacio y tiempo/espacio para el material rodante tipo. (Operación y mantenimiento ET-17).
- Especificación y características funcionales del sistema, arquitectura y esquemas de principio de los diferentes subsistemas o elementos que conforman el sistema de señalización y control de trenes.
- Especificación y características técnicas básicas de todos los elementos que conforman el sistema y que se definen dentro del estudio (tales como: equipos de campo, enclavamientos, equipo embarcado, etc.)
- Especificación y características de las interfaces con otros sistemas y con la obra civil.
- Planos preliminares de aparatos de vía y cables.
- Planos tipo de los equipos.
- Especificaciones del plan de implantación, pruebas y puesta en marcha.
- 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.

5 PUESTO CENTRAL DE CONTROL (PCC)

5.1 OBJETIVO

El objeto del presente documento consiste en los estudios y diseños a nivel de factibilidad, para definir las especificaciones funcionales y requerimientos que debe cumplir el o los Puesto Central de Control (PCC) del Proyecto.

Las prescripciones aquí descritas engloban la información necesaria relativa a los requisitos técnicos, funcionales y operacionales que deben cumplir los sistemas incluidos como conjunto del PCC del futuro sistema de transporte férreo siguiendo los niveles de calidad y definiciones establecidas en las presentes especificaciones.

5.2 NORMATIVA

- Organización Internacional de Normalización (ISO);
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC);
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE);
- Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC);
- Normas Francesas (NF);
- Normas Alemanas (DIN);
- Normas Europeas (EN). Se destacan, pero sin limitarse a ellas, las normas EN50128 y EN50129 (Aplicaciones Ferroviarias - Software para sistemas de control y protección de ferrocarriles).
- Normas Técnicas Colombianas (NTC)
- Normas de Protección contra el Fuego (NFPA)
- Otras aplicables.

Para el diseño de la edificación como tal se aplicará la normatividad de uso reglamentario y usual en el país; entre otras:

- NFPA-130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection Association.
- NFPA-101: National Fire Protection Association 101, Life Safety Code
- Normas UIC - International Union of Railways.
- Eurocodes. CEN. European Committee for Standarization.
- Normas EN
- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 en su versión más reciente.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP

- Normas Técnicas Colombianas (NTC), entre las cuales se destacan, sin limitarse a estas:
  - NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano.
  - NTC 6047 – Accesibilidad al medio físico.
  - NTC 6047 sobre movilidad reducida,
  - NTC 414 Accessibilidad a Edificios y Espacios Urbanos.
  - NTC 5183 Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores
  - NTC 4139 - Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte a la población en general y en especial de las personas con discapacidad.
- Ley 361 de 1997 - Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas en situación de discapacidad y se dictan otras disposiciones.
- Otros aplicables.

5.3 INSUMOS NECESARIOS

Para el diseño del PCC serán insumos necesarios a tener en cuenta, entre otros, los siguientes documentos:

- Componentes de los Estudios y diseños de factibilidad y estructuración:
  - Estudio de demanda y logística (ET-01)
  - Estudio de movilidad vehicular y peatonal (ET-02)
  - Estudios prediales (ET-03)
  - Estudios ambientales y sociales (ET-04)
  - Diseño geométrico férreo y vial (ET-06)
  - Estructuras (ET-09)
  - Sistemas ferroviarios (ET-10)
  - RAMS (ET-11)
  - Material rodante (ET-12)
  - Centros intermodales (ET-13)
  - Patios y talleres (ET-14)
  - Vía férrea (ET-15)
  - Túneles (ET-16)
  - Operación y mantenimiento (ET-17)

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

5.4 GLOSARIO

PCC: Puesto Central de Control o PCO (Puesto Central de Operaciones)

SMCC: Sistema de Mando y Control Centralizado

ATS: Automatic Train Supervision (Supervisión automática de trenes)

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition. (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

SAE: Sistema de Ayuda a la Explotación.

IHM: Interfaz hombre máquina.

5.5 ALCANCE

5.5.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

Se deben revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad relacionados en el numeral 4.3 de este documento y otros que sean relevantes para el desarrollo los estudios de factibilidad y la estructuración, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y, en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha que tengan aplicabilidad. Para el efecto deberá realizar:

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores. El Consultor recibirá los estudios realizados a la fecha, y debe revisar y analizar los mismos, dado que éstos serán los insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance de la consultoría. En especial los mencionados en sección 4.3 de este documento.
- Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

5.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

Se deberán tener en cuenta los siguientes requerimientos para diseñar un Puesto Central de Control único para el Proyecto o puestos de control descentralizados en Estaciones de Carga y Centros de transferencia de carga, en los cuales se concentren algunas de las funcionalidades requerida, según recomendación del Consultor.

5.5.2.1 Consideraciones Generales.

El Puesto Central de Control (a partir de ahora PCC) representará el punto de control y mando centralizado del nuevo sistema de transporte férreo, siendo el Sistema de Mando y Control Centralizado (a partir de ahora SMCC) la herramienta básica de operación.

En este documento se definen las características funcionales y todos los componentes de diseño a nivel de factibilidad, de la edificación que albergará el Puesto Central de Control (PCC) o Puesto Central de Operaciones (PCO).

El Sistema de Mando y Control Centralizado (SMCC) no debe proyectarse para cubrir las necesidades de esta línea de manera cerrada, sino que habrá de provisionarse el espacio y funcionalidad de manera gradual o escalable (futuras ampliación de la línea priorizada y otras adicionales), con el fin de atender con calidad, capacidad y seguridad la totalidad del tráfico del corredor férreo, permitiendo su ampliación a medida que fuera necesaria para solventar las exigencias de control de un sistema de transporte de carga y pasajeros que crecerá a futuro. Este alcance incluye también el diseño a nivel de factibilidad de la obra civil de este edificio (diseño arquitectónico y urbanístico, estructural, instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, red contra incendios, voz y datos, CCTV, control de acceso, equipos electromecánicos, etc.) con la definición de áreas funcionales dotadas de sistemas necesarios para una futura interconexión con los puestos de control de otros subsistemas de la red férrea nacional.

El diseño del PCC debe considerar las instalaciones y sistemas necesarios para realizar una explotación eficiente y segura y, especialmente, escalable de la línea a través de procesos automatizados, sistemas de integración y aplicaciones de control y operación por parte de operadores.

A fin de hacer efectiva esta funcionalidad, el PCC 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

En esas salas se desarrollarán las siguientes áreas para de explotación de la línea:

- Operación
  - Gestión del tráfico y del material móvil
  - Gestión de las instalaciones y la energía

  - Vigilancia de las instalaciones, trenes y equipos electromecánicos. En este caso el Consultor debe analizar la conveniencia de que esta actividad se desarrolle en un área específica, independente de la sala de control principal.

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

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

De acuerdo con esto y de manera específica el PCC debe agrupar las siguientes funciones:

- Supervisión de la señalización ferroviaria mediante el Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE o ATS (Automatic Train Supervision),
- Supervisión de la energía y la alimentación eléctrica a través del sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).
- Supervisión y control de la operación en procura del cumplimiento del Plan de Operación definido, corrigiendo las diferentes desviaciones presentadas.
- Atención y registro de las novedades de operación que se presenten, siguiendo los lineamientos definidos en los manuales y reglamentos de la operación y verificando el cumplimiento de estos por parte de todos los actores.
- Supervisión del desempeño de los agentes de la operación (concesionarios operadores) y los distintos actores que actúan en la ejecución del Plan de Operación, con el respectivo seguimiento administrativo.
- Supervisión de los equipos electromecánicos, que puede integrarse en el SCADA,
- Control de los sistemas de telecomunicaciones (información de los viajeros, sonorización, videovigilancia, control de acceso, etc.) y de comunicación con los usuarios, los conductores y los mantenedores de la red.

- Respaldo para la explotación y el mantenimiento, especialmente a través de un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO).
- Necesidades de formación e integración de software.

El Consultor debe incluir dentro de los estudios y diseños a nivel de factibilidad de un PCC de respaldo en el que el personal pueda seguir operando la red en caso de incapacidad para operar desde el PCC principal. A tal efecto, se equiparán para la comunicación en línea y para el control operacional priorizado, a 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 incluidas dentro del alcance del sistema la definición de las características de los sistemas de control locales de estaciones y talleres, que deben permitir el acceso al control y la 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.

5.5.2.2 Alcance de los trabajos del Consultor

El Consultor del proyecto de diseño debe contemplar las tareas presentadas a continuación como trabajos relacionados con el desarrollo del sistema PCC.

El Consultor debe elaborar un diseño completo a nivel de factibilidad de la edificación del PCC, incluyendo entre otros aspectos:

- Localización considerando cercanía a la línea (o al interior del patio), requerimientos urbanísticos y reglamentaciones urbanas, seguridad, entre otros.
- Estudios previos: topografía, suelos, disponibilidad de servicios públicos, etc.
- Diseño arquitectónico y bioclimático, a nivel de factibilidad
- Diseño estructural a nivel de factibilidad de acuerdo con lo establecido en la especificación técnica ET-09 “Estructuras”.

- Diseño conceptual de la Señalética (bilingüe y en braille)
- Diseño de redes eléctricas, hidrosanitarias, red de control de incendios (RCI), voz y datos, circuito cerrado de televisión, control de acceso, etc.
- Equipos electromecánicos: ascensores, diseño de sistema de aire acondicionado, sistemas de respaldo, etc.
- Diseño urbano paisajístico

El Consultor debe realizar un diseño completo a nivel de factibilidad del sistema PCC, segmentando el diseño en los distintos subsistemas identificados, así como en los módulos funcionales que se consideren oportunos. El diseño debe 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 del SMCC.
- Especificación y características técnicas hardware y software, incluidos los requerimientos de actualización o renovación
- Definición de la estructura organizacional del PCC, con su dimensionamiento, principales funciones, la cadena de mando y la jerarquización de la toma de decisiones.

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

Deben elaborarse los planos y esquemas que permitan entender el diseño especificado en todos sus componentes.

Respecto a las aplicaciones software, debe 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. En este aspecto el Consultor debe realizar una evaluación de costos/beneficio, de dos opciones de desarrollo entre código abierto o cerrado.

Así mismo, deben ser presentadas las especificaciones y estrategia básicas para la realización de un plan de capacitación del sistema. Debe establecerse las bases para la redacción de un calendario tipo donde debe reflejarse los cursos de formación necesarios, la entrega y contenido de documentación (manuales de producto, manuales de operación y mantenimiento, entre otros) y la realización de prácticas en campo. Toda la documentación y manuales técnicos deben ser entregados en el idioma de origen y en español.

Independientemente de las tareas y documentación definidas en este apartado, el Consultor debe 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.

Finalmente, el Consultor debe 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 PCC.

5.5.2.3 Criterios de diseño

El Puesto Central de Control, las estaciones, estacionamientos, intercambios de medios, edificios de servicio, patios y talleres, centros logísticos, 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 Control debe ajustarse al conjunto de las instalaciones de telemandos que se deben integrar en una misma sala. El objetivo del diseño debe ser el de clarificar y simplificar el funcionamiento y el control de estas instalaciones.

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

El Puesto Central de Control debe 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 que por algún incidente la línea deba operar en condiciones limitadas o degradadas.

5.5.2.4 Alcances específicos

5.5.2.4.1 Planeamiento y urbanismo

Debe estudiarse el planeamiento urbanístico vigente en la zona en la que se ubique Puesto Central de Control. Para ello se realizarán los planos y toda aquella documentación necesaria para definir correctamente los condicionantes urbanísticos.

Debe considerarse dentro del diseño del PCC, como premisa, el cumplimiento del planeamiento urbanístico de la zona donde se implantará esta edificación, en

el caso excepcional y justificado 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.

Los lineamientos y alcances del diseño urbanístico tienen el propósito de recordar la obligación del Consultor considerar esta interfaz.

5.5.2.4.2 Diseños arquitectónicos

Los diseños a nivel de factibilidad deben cumplir con la normatividad y los requerimientos propios de este tipo de instalación ferroviaria, considerando las particularidades y realidades propias del entorno donde se implantará el sistema, para lo cual se requiere de la participación de especialistas con experiencia en diseños de este tipo de instalaciones férreas y en edificios públicos en la zona donde se construirá. Estos diseños deben contener los planos de planta, secciones, alzados, memorias descriptivas e infografías, según el detalle indicado en el numeral 4.5 de este documento técnico.

5.5.2.4.3 Estudios funcionales

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

- Criterios de funcionalidad, espacialidad, movilidad y accesibilidad.
- Criterios de confort al personal de servicio.
- Criterios de seguridad y control de acceso. Debe tenerse en cuenta que el PCC es el centro neurálgico de los sistemas cuya operación se radiquen en él, por lo tanto, en su diseño y funcionalidad se deben 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.
- Criterios estéticos/arquitectónicos/ bioclimáticos/ eficiencia energética.

Con base en estos criterios el Consultor realizará una definición funcional y volumétrica del edificio, así como la distribución y dimensionado de los diferentes espacios: accesos, vestíbulos, salas, servicios, locales técnicos, etc. Debe favorecerse al máximo la movilidad y la accesibilidad de estos espacios entre ellos; acortando, siempre que se pueda, los recorridos.

También se definirán, dimensionarán y ubicarán los equipos necesarios como son ascensores, elementos de ventilación, etc.

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

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

5.5.2.4.4 Estructuras

El diseño se desarrollará utilizando la normativa vigente en todo lo que se refiere a dimensionamiento, estructuras, evacuación, instalaciones, materiales y demás elementos operativos, funcionales y constructivos.

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

- Los datos del estudio geotécnico considerados (Especificación Técnica ET-08 "Geotecnia, geología y geomorfología").
- La justificación del tipo de cimentación.
- Los cálculos referentes a cargas, capacidad portante, asentamientos u otras condiciones de estabilidad.
- Los cálculos estructurales de dimensionado básico (Especificación Técnica ET-09 "Estructuras").

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.

5.5.2.4.5 Instalaciones no ferroviarias

Dentro de este apartado se engloban las siguientes instalaciones:

- Instalaciones eléctricas y sus respaldos
- Iluminación.
- Ventilación y climatización.
- Equipos electromecánicos (ascensores, aire acondicionado, etc.).
- Abastecimiento de agua y saneamiento.
- Protección contra incendios.
- Comunicaciones e información al pasajero.
- Instalaciones de Seguridad, control de accesos, circuito cerrado de TV, etc.

5.5.2.4.6 Estudio de evacuación

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

5.5.2.4.7 Métodos constructivos

Se realizará un estudio de los posibles métodos constructivos a utilizar según las soluciones propuestas, delimitando las partes (o zonas) de las obras 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 debe valorar su coste, que se incluirá en el presupuesto estimativo de las obras. Remitirse a la especificación técnica ET-18 CAPEX, OPEX y Programación de Obra.

5.5.2.4.8 Materiales de acabados

Se debe buscar, en la definición de los materiales, los siguientes objetivos:

- Fácil mantenimiento y reparación (recambio de piezas deterioradas, remoción de rayones, pinturas, etc.)
- Buena respuesta a las agresiones y a un uso intensivo
- Buen comportamiento ante la suciedad (de fácil limpieza)
- Se aplicarán materiales que absorban o reflejen la temperatura y el ruido exterior para obtener el nivel de confort adecuado.
- Tratamientos anti-vandalismo sin deterioro del material (aplicación de productos antigraffiti).

Según estos criterios, el diseño debe definir los materiales a utilizar en la edificación. La justificación en la elección de los materiales debe contemplar los aspectos técnicos, estéticos y económicos.

En el aspecto técnico, se deben cumplir los siguientes aspectos:

- Poco y fácil mantenimiento.
- Resistencia al uso intenso.
- Materiales y equipamientos resistentes al vandalismo (grafiti, golpes y ralladuras) en fachadas.

- La forma debe 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.
- Pisos antirresbaladizos para el gran tráfico, con material antideslizante en escaleras.
- Todos los vidrios empleados serán de seguridad.
- Garantizar un rápido suministro de recambio en caso de deterioro.

5.5.2.4.9 Criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental

El diseño de la edificación debe contemplar criterios de estandarización de materiales y especificaciones de equipos.

Uno de los objetivos principales del diseño de las edificaciones es la obtención de soluciones amigables con el medio ambiente; para ello se deben considerar criterios de diseño que garanticen un aprovechamiento racional y eficiente de los recursos naturales necesarios para su buen funcionamiento. A continuación, se mencionan algunos de esos criterios:

- Sistemas para la recolección de aguas lluvias para utilizarse como riego o limpieza.
- Todas las llaves, grifos, sanitarios deben contar con dispositivos para el ahorro de agua.
- Toda la iluminación debe ser LED u otra tecnología más eficiente.
- Sistemas de control de la iluminación para optimizar el consumo de energía.
- El consumo eléctrico de todos los equipos debe tener certificado de bajo consumo, excluyendo aquellos equipos en los que no exista esta especificación o condición en el mercado.
- Sistema de generación de energía fotovoltaica, paneles solares, sobre la cubierta.
- Se debe contar con técnicas de arquitectura bioclimática.
- La temperatura al interior de los Áreas Técnicas debe responder a la norma técnica para cada tipo de cuarto.
- Los equipos que sean usados para garantizar el confort térmico no podrán hacer uso ni generar gases efecto invernadero.

5.5.2.4.10 Criterios de inclusión

Se debe cumplir la normativa vigente referente a supresión de las barreras arquitectónicas sobre accesibilidad para PMR (Personas con Movilidad Reducida). 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 vigentes. 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.

5.5.2.5 Descripción funcional y criterios particulares de diseño del sistema

5.5.2.5.1 Funciones principales del PCC

En el PCC el personal operativo debe tener a su disposición una serie de sistemas para gestionar eficazmente la red de transporte. Todos estos deben estar en idioma español.

5.5.2.5.1.1 Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE)

El sistema SAE se encarga de las tareas de supervisión que permiten la plena explotación de las circulaciones en la red (gestión del tráfico), con visualización sobre un plano digital (videográfico), de gran dimensión y alta resolución, que permita la visualización a todo el personal en la sala operativa y en monitores individuales en cada uno de los puestos de trabajo. Para ello, utiliza una tabla de horarios diaria y está construido en torno a una interfaz hombre-máquina evolucionada y parámetros operativos configurables. Desempeñará las siguientes funciones:

- Mostrar los trenes en tiempo real y en función de su ubicación,
- Identificación y seguimiento de los trenes de extremo a extremo,
- Gestión de las tablas horarias en tiempo real y en tiempo en diferido, lo que permita verificar el cumplimiento del Plan de Operación definido.
- Prestación de servicios provisionales en caso de incidente en la red y de explotación degradada.
- El trazado de itinerarios y la supervisión de los equipos de señalización.
- La gestión y regulación del tráfico.
- Gestión de los conductores.

5.5.2.5.1.2 Sistema SCADA

El sistema SCADA debe cumplir una doble función:

- Supervisión de la energía para la red de transporte, alta tensión (en caso de que se definan tramos electrificados), media tensión y baja tensión, para la gestión de la alimentación eléctrica de las líneas, estaciones, patios y talleres, centros logísticos y locales técnicos,
- Supervisión de los equipos electromecánicos de la red.

En el marco de la supervisión de la energía, el SCADA debe permitir controlar y encargarse de los equipos como transformadores, reguladores, interruptores, etc., y supervisar la información siguiente:

- Presencia o ausencia de corriente eléctrica,
- Estados de alarma o de condiciones de error,
- Válvulas analógicas,
- Estados de emergencia,
- Defectos de puesta en tierra,
- Los Estados de las baterías y los cargadores,
- Corrientes parásitas.

En el marco de la supervisión de los equipos electromecánicos, el SCADA debe supervisar los siguientes equipos como mínimo:

- Detección y protección contra incendios,
- Iluminación (normal o de emergencia),
- Onduladores y equipos de baja tensión,
- Aire acondicionado y ventilación,
- Ascensores (si los hubiera),
- Válvulas de drenaje,
- Semáforos y barreras en pasos a nivel,
- Síntesis de los equipos de telecomunicaciones.

Adicionalmente el personal que opera en el PCC también debe tener a su disposición las aplicaciones centrales de los sistemas de telecomunicaciones, tales como:

- Video vigilancia.
- Información de viajes.
- Sonorización.
- Control de acceso.

En el Puesto Central de Control se deben encontrar 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 mixto de transporte de carga y pasajeros.

5.5.2.5.2 Diseño arquitectónico

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

La Sala de operaciones debe integrar todas las instalaciones requeridas para el Puesto Central de Control, así mismo debe 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 videográfico.

Toda la gestión centralizada de la explotación del corredor se realizará desde el Puesto Central de Control. En él operaran un supervisor del sistema, operadores de tráfico, operadores técnicos (para los sistemas de energía, comunicaciones, equipos electromecánicos) y operadores de seguridad.

Además, desde el Puesto Central de Control se realizarán comunicaciones con viajeros: emisión de mensajes de megafonía (voz), teleindicadores (datos), recepción de llamadas de interfonos (voz, en caso de implementarse) y de imágenes de video vigilancia (vídeo).

El PCC contará con diversas salas que alojarán los equipos y sistemas que integrarán el Sistema de Mando Centralizado. Estas salas como mínimo serán las siguientes:

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

El Consultor, con base en el diseño y las especificaciones técnicas de cada subsistema, debe llevar a cabo un estudio de ergonomía del PCC para determinar de manera óptima los siguientes componentes:

- Puestos de los operadores y mobiliario,
- Muro de imágenes (videográfico),
- La mejor estrategia para la presentación de información entre puestos de trabajo,
- Ambiente de trabajo,
- Dimensiones y distribución de cada sala,
- Niveles de iluminación, temperatura y ruido

Algunos de los parámetros principales para los que se deben desarrollar las especificaciones del SMCC (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 SMCC debe 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 debe contar con que en un futuro podría haber nuevos puestos de operación y se debe proveer una arquitectura de red y de sistema que permita estas ampliaciones.
  Igualmente es necesario tener en mente que debe poder darse cabida a nuevas aplicaciones que respondiesen a la decisión de automatizar más procesos del negocio.

- **Portabilidad**: se debe proveer software que sea fácilmente instalable en distintas plataformas para evitar que las actualizaciones tecnológicas de hardware dejen desfasados los desarrollos.

- **Interoperabilidad**: el SMCC debe diseñarse con la posibilidad de intercambiar información de manera open-standard entre sus diversos subsistemas (o incluso con el resto de los subsistemas heterogéneos que existan en otros Centros de Control). Tampoco debe perderse de vista la posibilidad de que este SMCC 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. Debe plantearse y analizarse por parte del Consultor, la interoperabilidad del Proyecto "interno" con otras redes de transporte de pasajeros y carga "externo", con las cuales se prevea la integración.

- **Modularidad**: los puestos de operación del nuevo SMCC deben ser modulares para colocarse donde más convenga para la operación del Proyecto.

- **Mantenibilidad**: todos los componentes utilizados deben de ser de amplio uso en el ámbito del transporte férreo de carga y pasajeros para facilitar su substitución y la labor de formación del personal de mantenimiento.

- **Eficiencia energética: t**anto por cuestiones medioambientales como por cuestiones económicas, los componentes que se reflejen en el proyecto, deben contar con la certificación energética más alta.

- **Obligatoriedad de Documentación:** el conjunto de todos los desarrollos que se ejecuten en el SMCC 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 SMCC para responder sin interrupción a las exigencias del explotador debe estar garantizada en la mayor medida posible en un sistema de esta criticidad. El SMCC debe ser accesible en todo momento, por lo que se creará de manera que la continuidad del servicio resida como un criterio no negociable de su diseño.

- **Registro y base de datos de incidentes:** para ayudar al análisis de los incidentes, el sistema de mando centralizado debe permitir una simulación del incidente y permitir la constitución de una base de datos de incidentes a partir de las investigaciones y de los informes respectivos. La base de datos debe permitir el análisis estadístico y la evolución del número de incidentes discriminados por causa y por periodo de tiempo, así como los retrasos debidos a las diferentes causas posibles.

Dado el gran alcance de los sistemas del PCC, la descripción funcional se realizará en base a los siguientes puntos:

- Organización del PCC
- Equipamiento común del PCC
- Aplicaciones de Integración
- Equipamiento local
- Telemandos
- Metodología de desarrollo software
- Estudio de tendencias tecnológicas

5.5.2.5.3 Organización del PCC

Funcionalmente el PCC debe ser organizado en salas, donde cada sala será dedicada a una funcionalidad específica y por tanto debe estar equipada con los elementos y sistemas adecuados. A continuación, se detalla las salas definidas y su funcionalidad:

- **Sala de Operadores**: En la sala de operadores se debe ubicar todos los puestos de supervisor, operadores de tráfico por cada zona, tramo y/o línea, operador técnico y operador de seguridad. Desde esta sala se deben tomar todas las decisiones sobre la operación y explotación de la línea. Dado el importante número de tareas específicas, la sala será organizada en puestos de operación especializados (Tráfico, Energía, Seguridad, Estaciones, etc.) supervisados por un puesto de operación general, que será denominado Supervisor.

  Las salas de explotación del PCC deben estar equipadas con puestos de operadores con las siguientes funciones:

  - Operación de tráfico para la supervisión de la señalización, por cada zona, tramo y/o línea.,

- Operación SCADA para la supervisión de la energía eléctrica y de los equipos electromecánicos,
- Operación dedicada a la información a los viajeros,
- Supervisión y control de la operación en cumplimiento del plan de operación
- Operación de video vigilancia de explotación (seguridad),
- Jefe del PCC.

Los puestos de operadores deben estar banalizados: cada puesto podrá recibir las diferentes aplicaciones en función de la función del operador.

- **Sala de Formación y Simulación**: La sala de formación y simulación permitirá a los operadores de tráfico de la línea realizar simulaciones con el fin de evaluar el impacto de cambio o modificaciones sobre los sistemas de la línea. De este modo se garantiza que las modificaciones que se realicen sobre los sistemas serán estables y seguras con lo que el riesgo de errores y accidentes se reducirá drásticamente. Así mismo, se incluirán las siguientes herramientas:

  - Herramientas tipo "moviola" destinados a revisar eventos e incidencias ya sucedidas y registradas, de forma que los operadores podrán revisar y estudiar offline el comportamiento tenido por un sistema en un periodo dado.
  - Herramientas para la formación de operadores en las distintas aplicaciones de operación, como por ejemplo los distintos telemandos, donde una aplicación software simula un entorno real de operación.

- **Sala de Mantenimiento**: La(s) sala(s) de mantenimiento debe(n) albergar todas las herramientas, sistemas de ayuda al mantenimiento (SAM) y las aplicaciones de gestión, supervisión y monitorización de los sistemas de la línea, así como de todas las aplicaciones de integración del PCC. Las aplicaciones se organizarán en puestos de mantenimiento donde operadores con perfil técnico podrán realizar el seguimiento, detección, análisis y corrección de fallas y averías o irregularidades en la operación de los diferentes subsistemas a través de una supervisión continua de los sistemas, así como acciones de configuración y/o actualización.

- **Sala Técnica de Servidores**: Existirá una sala técnica adecuadamente acondicionada donde residirán todos los servidores, equipos electrónicos y equipos informáticos del PCC. Así mismo, en esta sala deben albergarse los

equipos de red y será el punto de llegada de las líneas troncales de comunicación procedentes de campo.

5.5.2.5.3.1 Sala de Operadores

En la sala de operadores deben dar cobertura los siguientes elementos de sistemas:

- Terminales de operación del sistema ATS
- Terminales de operación del sistema de Gestión de Energía (SGE)
- Terminales de operación de los sistemas de comunicación
- Terminales de operación del sistema de control de accesos
- Terminales de operación del telemando de Billetaje (TB) (en caso de implementarse un sistema de recaudo electrónico)
- Terminales integrados de operación multisistema donde se permitirá, mediante aplicación integradora, la operación de los siguientes telemandos:
- Telemando de Tráfico y Material Móvil (TTM)
- Telemando de Control de Energía (TCE)
- Telemando de Instalaciones del Puesto de Mando Descentralizado (TIPMD)
- Terminal ofimático corporativo

La sala de operadores debe estar constituida por los siguientes puestos de operador tipo de los cuales el Consultor, con base en la planificación operacional del PROYECTO (establecida en el ET17 Operación y mantenimiento), definirá para cada uno de ellos el número mínimo requerido para la operación inicial de la línea y el numero proyectado de los mismos de acuerdo con la red planteada por la consultoría actual:

- Puesto de Operador de tráfico: realizará la gestión y operación de la circulación de los trenes en la zona, tramo o línea correspondiente y coordinará la operación de las estaciones de la respectiva zona, tramo o línea. Como mínimo debe estar equipado con los siguientes elementos:
  - Terminales de operación del sistema ATS
  - Terminales de operación de los sistemas de comunicación (Consola de voz integrada, terminal telefónico y pantallas CCTV)
  - Terminales integrados de operación multisistema (Telemando de Tráfico y Material Móvil y Telemando de Control de Energía)
  - Terminal ofimático corporativo

- Puesto de Operador técnico: debe realizar la gestión y operación de la energía general de la Línea (subestaciones, centros de transformación, etc.), de los sistemas electromecánicos y del sistema de billetaje o recaudo (en caso de implementarse un sistema de recaudo electrónico). Como mínimo debe estar equipado con los siguientes elementos:
  - Terminales de operación del sistema de Gestión de Energía (SGE)
  - Terminales de operación de los sistemas de comunicación (Consola de voz integrada, terminal telefónico y pantallas CCTV)
  - Terminales integrados de operación multisistema (Telemando de Control de Energía y Telemando de Tráfico y Material Móvil)
  - Terminales de operación del telemando de Billetaje (TB) (en caso de implementarse un sistema de recaudo electrónico)
  - Terminales integrados de operación multisistema (Telemando de Instalaciones de Estación)
  - Terminal ofimático corporativo

  Puesto de Operador de Seguridad: debe velar por la seguridad de los viajeros, así como del personal de la línea, supervisar el buen uso de las instalaciones, así como los accesos a éstas y atender las posibles peticiones de auxilio por parte de viajeros. Como mínimo debe estar equipado con los siguientes elementos:
  - Terminales de operación del sistema de control de accesos
  - Terminales de operación de los sistemas de comunicación (Consola de voz integrada, terminal telefónico y pantallas CCTV)
  - Terminal ofimático corporativo

- Puesto de Supervisor: se responsabilizará de la coordinación total entre puestos de operador a la vez que, en caso requerido, podrá tomar el control de cualquier función de operador. Como mínimo debe estar equipado con los siguientes elementos:
  - Terminales de Operación del sistema ATS
  - Terminales de operación del sistema de control de accesos
  - Terminales de operación del telemando de Billetaje (TB) (en caso de implementarse un sistema de recaudo electrónico)
  - Terminales de operación de los sistemas de comunicación (Consola de voz integrada, Consola integrada de Megafonía e Información al Viajero (opcional), terminal telefónico y pantallas CCTV)
  - Terminales integrados de operación multisistema (Telemando de Tráfico y Material Móvil, Telemando de Control de Energía y Telemando de Instalaciones de Estación)
  - Terminal ofimático corporativo

Cada uno de los puestos instalados debe estar equipado con un número variable de pantallas (en función del tipo de operador), dispositivos de entrada de comandos (ratón y teclado) únicos, pantallas de TV, monitores y terminales telefónicos para operar con los distintos sistemas de comunicaciones.

En el presente estudio de factibilidad se debe realizar un dimensionado del número de puestos de operación de cada tipo requerido, en base a la previsión de tareas y responsabilidades de cada perfil de operación, así como en base a la carga de trabajo prevista, para lo cual el Consultor debe presentar un análisis desde el punto de vista de la operación comercial que justifique el número necesario de ellos), en cual se define el organigrama, cargos y roles, funciones básicas del área de operaciones. Este dimensionamiento de puestos debe estar en concordancia con el ET17-Operación y mantenimiento).

5.5.2.5.3.2 Sala de Simulación y Formación

En la sala de simulación y formación se deben dar cobertura los siguientes elementos de sistemas:

- Terminal de simulación, formación y planificación del sistema ATS
- Terminal de Simulación y formación de telemandos (SIM)
- Terminal de Reconstrucción de eventos (REC) aplicable a todos los subsistemas del PCC

5.5.2.5.3.2.1 Terminal de simulación, formación y planificación del sistema ATS o similar

A través de este terminal, se podrá realizar una simulación del impacto sobre el programa de circulación de trenes cuando se pretenda establecer una alteración y/o modificación del programa vigente o se altere la configuración del sistema ATS o similar.

5.5.2.5.3.2.2 Terminal de simulación y formación de telemandos (SIM)
Este entorno constituye una herramienta vital a la hora de planear los diversos escenarios con los que se enfrentará el operador:

Se empleará SIM como herramienta de formación para anticipar situaciones habituales con las que entrenar concienzudamente a los operadores del SMCC con objeto de que puedan realizar sus tareas cotidianas con rapidez, o bien se les pueda someter a situaciones de emergencia para enseñarles cómo deben actuar ante estas.

Servirá también para tomar decisiones sobre cuáles son las estrategias más adecuadas a la hora de establecer los procedimientos operativos, o de mantenimiento, o de excepcionalidad

Para la consecución de este entorno deben preverse simuladores que generen todas las medidas, informaciones y datos que pueden generar los dispositivos de campo y hacerlas llegar hasta los servidores SIM, en los que se desplegará el mismo conjunto de programas que proporcionan los servicios de control y presentación en tiempo real. De este modo, el operador, a través de SIM, podrá trabajar de forma idéntica a como lo haría en tiempo real, pero con la consideración de que los datos que le llegan proceden de un entorno sintético, que es capaz de simular la evolución de cualquier subsistema a partir de una serie de parámetros.

5.5.2.5.3.2.3 Terminal de reconstrucción de eventos (REC)

Este terminal permitirá repetir a un operador una singularidad ocurrida en uno de sus sistemas gestionados en un entorno controlado a posteriori y tantas veces como sea oportuno.

La aplicación REC, debe permitir extraer de la Base de Datos unificada del SMCC todos los eventos registrados de un sistema mediante el formato moviola (reproducción de eventos), en la que se podrá acelerar o frenar la secuencia de acontecimientos, lo ocurrido entre dos instantes determinados. REC también debe ser utilizado para determinar con exactitud la responsabilidad de cada uno de los agentes intervinientes en una situación que implicó una degradación del servicio, o la resolución de una situación de emergencia, etc.

5.5.2.5.3.3 Sala de Mantenimiento

En la sala de mantenimiento se deben dar cobertura los siguientes elementos de sistemas:

- Terminal de mantenimiento ATS
- Terminal de supervisión unificada de los sistemas de comunicaciones. Este terminal permitirá realizar una monitorización a alto nivel de todos los sistemas de comunicaciones, así como todos los servidores y equipos ubicados en la línea, y en las diferentes instalaciones incluyendo el PCC.
- Terminales de gestión nativos de los sistemas de comunicaciones. Se ubicarán en esta sala todos los terminales de gestión nativos asociados a los distintos sistemas de comunicaciones.
- Terminal de gestión del mantenimiento aplicaciones Telemando y aplicaciones de integración.

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

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

5.5.2.5.3.4 Sala Técnica de Servidores

La sala técnica de servidores debe estar totalmente acondicionada con el objetivo de albergar todos los servidores y computadoras requeridas para el cumplimiento de las funcionalidades del PCC, así como todos los equipos centrales de cada uno de los sistemas de campo (centrales telefónicas, nodos de conmutación de radio, etc.). No podrá instalarse ninguna computadora ni servidor en una sala que no sea esta.

Se hará uso de sistemas extensores KVM (Keyboard Video Mouse) para conectar las computadoras a los terminales (pantalla y periféricos) ubicados en las distintas salas (operadores, formación y mantenimiento). Estos conectores permitirán aumentar la distancia estándar del teclado, pantalla y ratón de un computador.

Así mismo, esta sala debe albergar todo el equipamiento de red que facilitará la conexión segura entre equipos, elementos de campo y elementos externos a la línea.

A fin de asegurar el correcto funcionamiento, la sala técnica de servidores debe disponer de los siguientes sistemas auxiliares:

- Climatización y ventilación
- Iluminación
- Sistema Contraincendios (Detección)
- UPS
- Canalizaciones perimetrales o sótano de cables y racks 19”

5.5.2.5.4 Equipamiento común del PCC

Para la operación e integración de todos los sistemas del PCC se debe prever un equipamiento común que como mínimo debe contener los siguientes elementos:

- Red de comunicaciones para la interconexión entre los equipos de los diferentes sistemas presentes en el PCC.
- Monitorización y servicio de accesos remoto a aplicaciones
- Aplicaciones de Backup
- Servidores de impresión e impresoras
- Sistema videográfico del PCC
- Aplicaciones corporativas

5.5.2.5.4.1 Red de comunicaciones del PCC

Dadas las características y funcionalidades del PCC, debe dotarse este emplazamiento de una arquitectura de red específica, que debe cumplir con los siguientes requisitos:

Como mínimo deben existir las siguientes redes:

- Red de Tiempo real, destinada a la conexión de los telemandos con los distintos elementos de campo. Debe existir una subred independiente por cada uno de los telemandos definidos
- Red de campo, destinada a la conexión de los elementos de campo no asociados a telemandos con sus correspondientes servidores y equipos del PCC.
- Red de servidores, destinada a la conexión entre sí de todos los servidores de telemando, de comunicaciones, de ATS, de SGE y de aplicaciones integradas.
- Red de operación, destinada a la conexión de todos los terminales de operación (ubicados en la sala de operadores)
- Red de mantenimiento, destinada a la conexión de todos los terminales de mantenimiento (ubicados en la sala de mantenimiento)
- Red de simulación, destinada a la conexión de todos los terminales de simulación y formación (ubicados en la sala de simulación y formación).
- Red corporativa, destinada a la conexión de todos los terminales ofimáticos con los servidores de aplicaciones corporativas.

La conexión entre distintas redes siempre debe hacerse mediante el uso de cortafuegos, de modo que se eviten intrusiones en otras redes por parte de equipos no autorizados.

- Alta disponibilidad, ofreciéndose la redundancia de equipos de red y/o enlaces a fin de asegurar el máximo tiempo de funcionamiento.

- Escalabilidad, permitiendo el continuo crecimiento de los puntos de acceso, así como del tráfico transportado.

- Integración completa con la red de transmisión de voz y datos de la línea.

5.5.2.5.4.2 Monitorización y servicio de accesos remoto a aplicaciones

Los equipos y sistemas del PCC deberían permitir la monitorización de forma remota a determinadas aplicaciones del PCC, así como el acceso directo a los servidores de datos de algunos sistemas.

A través de una estructura que debe estar formada por cortafuegos, switchs y servidores web se deben permitir como mínimo las siguientes tareas:

- Monitorización de ciertas aplicaciones del PCC desde la Red Corporativa del explotador.
- Monitorización de ciertas aplicaciones del PCC desde el exterior a través de un servidor web y una interfaz externa.
- Acceso remoto a los servidores de datos de determinados sistemas del PCC a través de una interfaz externa.

El Consultor debe proponer una arquitectura que permita cumplir los requisitos y funcionalidades definidas siempre garantizando la máxima seguridad y fiabilidad del sistema.

5.5.2.5.4.3 Aplicaciones de Backup

Será necesario el suministro de una plataforma unificada para la realización de procesos de backup de la información considerada como más crítica. El Consultor debe definir un procedimiento de ejecución de backups, especificando los datos tipo y periodos de interés, así como los métodos de adquisición de datos. Debe dimensionarse el sistema y los sistemas adyacentes a fin de que la realización de procesos de backup no degraden el funcionamiento correcto del PCC.

5.5.2.5.4.4 Servidores de impresión e impresoras

Será necesario incluir servidores de impresión en la red de comunicaciones del PCC de forma que sea posible la realización de impresiones por parte de usuarios autorizados. Deben proporcionarse impresoras multifuncionales.

5.5.2.5.4.5 Sistema videográfico del PCC

Se debe contar con el suministro de todo el equipo videográfico necesario, donde a parte de los monitores de los puestos de operación, se debe tener un sistema de pantallas conectado a la red, en tiempo real, para la visualización de cualquier aplicación del PCC o bien imágenes del sistema de video vigilancia (CCTV). Se debe ubicar un sistema videográfico en la sala de operadores, el sistema

videográfico debe ser de alta definición y con dimensiones suficientes para que se puede ver con claridad desde cualquier puesto de trabajo de la sala de operadores.

5.5.2.5.4.6 Aplicaciones corporativas

Se debe contar con el suministro de aplicaciones de tipo corporativo para su uso por parte de operadores y personal de la línea.

El Consultor debe considerar la realización de un Plan de Sistemas unificado, identificando claramente para cada uno de los servidores y computadoras de la línea, las aplicaciones corporativas requeridas.

Debe homogeneizarse el uso de aplicaciones. Estas aplicaciones deben hacer uso de la red corporativa para su comunicación y transporte.

5.5.2.5.5 Arquitectura de Integración

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 funcionalidades compuestas entre sistemas.

Para ello, debe incorporarse en el PCC, como integrantes de una arquitectura de integración, los siguientes elementos clave:

- Middleware de Integración Orientado a Mensajería (MIOM)
- 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 debe alcanzar las siguientes funcionalidades:

- Gestión y control de acceso de los usuarios a las 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 empleados 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.

5.5.2.5.6 Bases de datos de integración y mensajería en tiempo real

El intercambio de información entre aplicaciones necesario para las aplicaciones de integración debe realizarse en tiempo real a través de un sistema de mensajería en tiempo real. Será necesario que todos estos datos sean guardados en una base de datos de integración dónde se guarden los datos relativos a las aplicaciones de integración descritas.

A esta base de datos deben conectarse todos los sistemas del PCC para enviar en tiempo real la información que se determine de cada uno de ellos, principalmente relacionada con los elementos de campo y dispositivos que controlan y supervisan, de modo que cualquier información que necesite cualquiera de las aplicaciones de integración del PCC sea entregada a esta base de datos, a través de la suscripción correspondiente a cada tipo de información.

De la misma manera, y gracias a la base de datos de integración y al sistema de mensajería en tiempo real, las aplicaciones de integración del PCC podrán solicitar de otros sistemas del PCC las funcionalidades que tengan disponibles mediante peticiones de función.

El sistema solicitado debe recoger las peticiones de los otros sistemas, ejecutarlas y enviarlas por los sistemas solicitantes, correspondientes a las funciones realizadas.

Para que sea posible ejecutar estas funciones en tiempo real, será necesario que la base de datos de integración y el sistema de mensajería en tiempo real tenga un tiempo de respuesta muy pequeño para garantizar la seguridad, fiabilidad, oportunidad y efectividad de las gestiones operativas a cargo del PCC.

Se debe proponer un sistema de mensajería estándar para todos los sistemas del PCC. Este sistema debe cumplir con las siguientes funcionalidades mínimas:

- Interfaz de aplicaciones de alto nivel que aporte servicios de mensajería.
- Comunicación directa entre usuarios y servidores de manera síncrona o asíncrona.
- Gestión de colas de mensajes, comunicación indirecta a través de la cola permitiendo una transferencia asíncrona.
- Publicación y suscripción, comunicación indirecta a través del "message oriented bróker".
- Garantía de calidad de servicio.
- Integración de aplicaciones en tiempo real.
- Gestión y encaminamiento de acontecimientos.
- Seguridad.
- Gestión de tráfico de los mensajes.

La base de datos de integración y el sistema de mensajería deben disponer de un equipamiento y software específico instalados en el PCC. Debe ser un sistema de alta disponibilidad y será necesario contar con mecanismos de apoyo frente a posibles fallos que puedan ocurrir.

La monitorización de esta información podrá realizarse desde otros puntos además de los puestos de operador como por ejemplo la sede administrativa del PROYECTO, siempre dentro de los límites que las garantías máximas de seguridad requieran.

5.5.2.5.7 Equipamiento local de puestos de mando descentralizado

Aun a pesar de que el mayor peso de sistemas se ubicará en el PCC, en el ámbito de los puestos de mando descentralizado, los cuales normalmente se ubican en estaciones, deben contemplarse elementos de control y gestión de los sistemas explotados.

Se diferenciarán los siguientes equipamientos locales de estación:

- Concentradores (PLC)
- Consolas de control nativas
- Terminal de Mando Local

5.5.2.5.7.1 Concentradores (PLC)

A fin de poder captar toda la información referente al estado de los elementos de campo supervisados, debe dotarse en cada Puesto de Mando Descentralizado

de equipos concentradores de señales con capacidad para la adquisición de señales y/o envío de órdenes de control entre los servidores de telemando del PCC y los elementos gestionados en el Puesto de Mando Descentralizado.

Existirá como mínimo un concentrador para cada tipo de telemando definido y en caso de ser necesario debe definirse una red de control distribuido bajo el control del concentrador del Puesto de Mando Descentralizado de un telemando en particular. Por tanto, si aplicara, se debe realizar una red de control distribuido por cada telemando definido. A nivel de comunicaciones debe asegurarse una línea de comunicaciones segura y redundante hacia el PCC (Red de tiempo real) para cada uno de los concentradores, haciendo uso de la red de transmisión de voz y datos.

5.5.2.5.7.2 Consolas de control nativas

En el caso específico del sistema de energía y tráfico, se dotarán ciertos Puestos de Mando Descentralizado de consolas de control nativas, destinadas a realizar un control local, debe definirse el mando de prioridad con respecto al PCC.

Se ubicarán lo más cerca posible de las salas técnicas vinculadas (SETs, SERs, cuartos de enclavamientos, etc.)

5.5.2.5.7.3 Terminal de Mando Local

Desde el Terminal de Mando Local debe ser posible actuar de forma local sobre algunas de las instalaciones de uno o varios tramos o estaciones integradas dentro del Telemando de Instalaciones del Puesto de Mando Descentralizado (TIPMD). Algunas de ellas deben mantener una independencia con este Terminal de Mando Local y sólo podrán controlarse desde el Puesto de Mando Central (por motivos de normativa).

Las instalaciones que deben mantener una separación con el Terminal de Mando Local son las del sistema de detección de incendios (por motivos de normativa). El panel de mando de la misma central realizará las funciones de Terminal de Mando Local.

A través del Terminal de Mando Local, será necesario tener acceso a las aplicaciones de control local de estas instalaciones (iluminación, ventilación, pozos de bombeo, Baja Tensión, SAIs, sistema contra incendios, sistemas de transporte vertical) así como a aplicaciones genéricas de integración de modo que se facilite la gestión y el control de la estación. Debe permitir la visualización de imágenes del sistema de video vigilancia (CCTV).

El Terminal de Mando Local debe estar soportado sobre una plataforma hardware móvil, de forma que su uso no se vea excluido a una posición fija y hará uso de la red de transmisión de voz y datos y/o la red de radiocomunicaciones de voz

y datos de baja velocidad para el intercambio de información con los elementos de campo y el PCC.

Además de realizar un control local, se debe mantener una supervisión sobre este Telemando desde el PCC.

5.5.2.5.8 Telemando

Los sistemas de telemando de la línea, englobados como SMCC, deben cumplir con una serie de requisitos básicos, que será necesario que sean tomados en cuenta.

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.

5.5.2.5.8.1 Telemando de Control de Energía (TCE)

El Telemando de Control de Energía concentrará el telecontrol y el telemando del equipo necesario para la distribución de la corriente de tracción de los trenes. El sistema debe 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 PCC, amén de las líneas de comunicaciones necesarias para el intercambio de información entre estos elementos.

El operador del TCE del SMCC 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 SMCC, el operador de energía debe 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 SER (Subestaciones Receptoras) 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 con la información almacenada en cada uno de los elementos.

5.5.2.5.8.2 Telemando de Instalaciones del Puesto de Mando Descentralizado (TIPMD)

El TIPMD se responsabilizará del telecontrol y la telesupervisión de las Instalaciones del tramo de línea bajo su mando, las estaciones ubicadas en el tramo bajo su mando, PCC, edificios o sedes administrativas y talleres repartidas a lo largo de la línea (incluyendo tanto las estaciones como el túnel), considerándose como mínimo en dicho telemando los sistemas siguientes:

- Instalaciones Fijas (Iluminación, Ventilación, Climatización, BT, SAIs, equipos de bombeo, etc.)
- Transporte Vertical (Ascensores y escaleras mecánicas)

- Red contra incendios

El sistema debe estar compuesto de las instalaciones remotas (que se encargan de la adquisición de datos heterogéneos de los distintos tipos de dispositivos), del conjunto de servidores del TIPMD y de los puestos de operador del PCC, además de las líneas de comunicaciones necesarias para el intercambio de información entre estos elementos.

Desde el SMCC, el operador del Puesto de Mando Descentralizado, debe cumplir con las siguientes funciones de telecontrol y telesupervisión mínimas:

- Posibilidad de supervisión y capacidad de mando sobre el estado de los elementos de transporte vertical.
- Posibilidad de supervisión y capacidad de mando sobre el estado de los elementos de ventilación.
- Posibilidad de supervisión y capacidad de mando sobre el estado de los elementos de climatización.
- Posibilidad de supervisión y capacidad de mando sobre el estado de los elementos de iluminación.
- Posibilidad de supervisión sobre los pozos de bombeo.
- Posibilidad de supervisión y capacidad de mando sobre el estado de los cuadros de BT.
- Posibilidad de supervisión sobre los SAIs que proporcionan suministro eléctrico ininterrumpido y de calidad al resto de elementos electromecánicos.
- Control y supervisión de centrales de control de incendios (desde el punto donde se realizarán los reconocimientos de alarmas según normativa).
- Control y supervisión de sistemas de extinción de incendios en los puntos considerados como más críticos, para la explotación y seguridad de los viajeros, la carga y personal de explotación.
- Anuncio de cualquier alarma que revelase el funcionamiento anómalo de un dispositivo considerado equipo de Instalaciones ubicadas en el tramo gobernado por el Puesto de Mando Descentralizado (señales tales como avería, falta de comunicación, etcétera), o relacionada con la vulneración de un umbral preestablecido (señales tales como velocidad de escalera mecánica demasiado elevada, pozo de bombeo lleno, etcétera).
- Implementación de un procedimiento seguro para la toma y cesión del control de los elementos gestionados entre el puesto de control central y los terminales de mando locales.
- 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 con la información almacenada en cada uno de los elementos.

En los casos en los cuales el Puesto de Mando Descentralizado este ubicado en una Estación, las anteriores funciones pueden ser desempeñadas por el operador de estación.

5.5.2.5.8.3 Telemando de Tráfico y Material Móvil (TTM)

El telemando de tráfico y material móvil (TTM), es un sistema informático mediante el que resultará posible gestionar la circulación de todos los servicios que se encuentren en la línea (ya sean comerciales, de pasajeros, de carga o de mantenimiento) a la vez que permitirá supervisar y controlar de forma segura el estado de funcionamiento de los elementos embarcados. Por tanto, el TTM será el encargado de controlar el movimiento seguro de las circulaciones del material móvil a lo largo de la línea.

El sistema debe contar con una serie de unidades remotas localizadas en las salas de enclavamiento de la línea y en el interior del material móvil, el conjunto de servidores TTM y puestos de operador que deben ubicarse en el PCC, además de las líneas de comunicaciones fijas y móviles dedicadas al intercambio de información entre estos elementos.

Desde el SMCC, el operador de tráfico dispondrá entre otras de las funciones de telecontrol y telesupervisión siguientes:

- Representación gráfica en tiempo real, de un sinóptico de la línea en el que se visualicen todos los elementos asociados a la circulación de los servicios, y a la gestión del material rodante (retroproyector o similar)
- Posibilidad de creación, modificación y/o eliminación de los itinerarios para un servicio o para un conjunto de ellos.
- Posibilidad de revisión y control horario de los itinerarios para un servicio o para un conjunto de ellos.
- Posibilidad de supervisión, control, y siempre que lo permita el enclavamiento, capacidad de mando sobre la posición de las agujas.
- Posibilidad de supervisión, control, y siempre que lo permita el enclavamiento, capacidad de mando sobre la información que despliegan las señales (físicas o virtuales).
- Anuncio de cualquier alarma relacionada con la circulación de los servicios en tiempo real a través del IHM.
- Identificación y seguimiento automático de los trenes, permitiendo la visualización de los números de operación de los trenes sobre el sinóptico.

- Comunicación por voz y texto con cada uno de los trenes
- La gestión automática de las estaciones terminales que puede descomponerse en:
  - El mando automático de las maniobras de cambio de vía y de las salidas de los trenes desde y hacia sus posiciones de estacionamiento en función del programa de operación (plan de explotación) aprobado para cada día.
  - La regulación de la salida de los trenes hacia la línea en función del horario teórico o modificado.
  - Posibilidad de control y supervisión del estado de todos los trenes de la Línea.
  - Mantenimiento de una base de datos propia con toda la información necesaria para el Telemando de Material Móvil, que pueda garantizar la integridad y consistencia de los datos en relación con la información almacenada en cada uno de los elementos.

5.5.2.5.8.4 Telemando de Billetaje (TB) (Aplica en caso de que el control de acceso de los pasajeros se regule mediante un sistema de recaudo electrónico)

Mediante el telemando de billetaje el operador del SMCC dispondrá de información en tiempo real referente al estado de funcionamiento de los distintos componentes que conforman el sistema de billetaje de la línea, así como de la información estadística de validaciones, ventas, entre otros. A modo de ejemplo, el telemando debe permitir la:

- Supervisión de las máquinas expendedoras de billetaje, en caso de preverse en el diseño de factibilidad, incluyéndose los distintos submódulos que la conforman, especialmente los que hacen referencia a la venta de títulos.
- Supervisión de los pasos de validación, incluyéndose los distintos submódulos que los conforman
- Supervisión de los elementos de control locales de estación y del centro de control
- Capacidad de carga remota de archivos de configuración, actualización de tarifas, carga de archivos multimedia, etc.,en máquinas expendedoras y pasos
- Capacidad de envío y ejecución de órdenes sobre los elementos, especialmente en pasos (orden de desbloqueo de puertas en caso de incendio, etc.)

5.5.2.5.9 Metodología de Desarrollo Software

La realización de toda la arquitectura software del PCC, bien la vinculada a telemandos como la vinculada a herramientas comunes y de integración debe ser desarrollada mediante la utilización de una metodología de trabajo establecida según normativa definida.

5.5.2.5.10 Estudio de Tendencias Tecnológicas

El Consultor debe 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 PCC de la línea. El Consultor debe considerar, para una posible conexión futura y considerando economías de escala para el mantenimiento, la compatibilidad tecnológica con otros centros de control implementados en la red férrea nacional.

5.5.2.5.10.1 Tablero de control óptico (TCO)

El tablero de control óptico tiene por objeto difundir imágenes de todos los sistemas supervisados por el PCC, como mínimo supervisión de la señalización y supervisión de la energía. El tablero de control óptico estará compuesto como mínimo por:

- Una base modular y extensible de pantallas de aproximadamente 50”, de resolución Full HD con bordes ultrafinos.
- Un servidor de visualización que gestiona todas las pantallas de los componentes tablero de control óptico, que permite mostrar al menos 16 flujos/fuentes simultáneas, alojados en la sala técnica del PCC en las ventanillas 19”.
- Un programa informático que permita la visualización de flujos de vídeo o aplicaciones de software por un puesto operador del PCC, favoreciendo la manipulación con ratón de su puesto de trabajo.

El montaje de las pantallas que forman el tablero de control óptico se comporta como una pantalla única, que puede mostrar una fuente única en todo el TCO sin imprimir bordes.

Cada fuente que vaya a aparecer en el tablero de control óptico podrá mostrarse en su resolución nativa o en una dimensión fijada por el operador.

Cada fuente, en función de su posición y tamaño, tendrá la posibilidad de encontrarse en varias pantallas diferentes, por lo que la definición de color debe gestionarse uniformemente en toda la superficie de visualización.

Las fuentes de flujo de vídeo deben poder mostrarse en ciclos, programables tanto en la pantalla del operador como en cualquier zona del TCO.

El tablero de control óptico se conectará a la red local del PCC donde se propagarán las imágenes.

Por facilidades de mantenimiento, el tablero de control óptico será accesible por detrás y por delante para cualquier cambio: de módulo, de conectividad o subsistema. Un operador puede cambiar los parámetros de las pantallas, como colores, contraste y brillo.

La pared de imagen debe ser legible a una distancia de 5 m, para un tamaño razonable de unos 8 m².

5.5.2.5.10.2 Equipamiento de Sistemas de Telemando del PCC

Los concentradores de los Puestos de Mando Descentralizado se deben controlar desde el PCC a través de un sistema de servidores redundantes, situados en las salas técnicas de servidores del PCC.

Los servidores deben estar suficientemente sobredimensionados para permitir una ampliación mínima de las funcionalidades del 50%. Se dedicará una pareja de servidores en modo redundante para cada tipo de telemando definido.

La interconexión simultánea de canales de transmisión a equipos del PCC permitirá garantizar una elevada disponibilidad frente a errores, en caso de alguna posible parada en un equipo informático.

Cada canal de comunicaciones para los diferentes sistemas de Telemando se organizará mediante una estructura de anillos que tendrán su origen en el PCC y que estarán asociados a un grupo de Puestos de Mando Descentralizado, de modo que pueda garantizar un tiempo de polling aceptable.

5.5.2.5.10.3 Renovación de equipos y actualización de software

Para los diferentes equipos a instalar en el PCC el Consultor debe presentar una propuesta de plan de renovación tecnológica en la etapa de operación del sistema considerando los desarrollos tecnológicos y características básicas de los equipos. Esta información servirá de base para la estimación del OPEX (Especificación Técnica ET-18) en lo referente a reposición de equipos por obsolescencia tecnológica.

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

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

5.6 PRODUCTOS

5.6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

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

5.6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

Dentro de este informe se deben incluir como mínimo los siguientes productos:

- Memoria descriptiva y de cálculo de los distintos componentes que forman PCC
- Dimensionado básico Instalaciones
- Estudio técnico-económico recomendación plataforma tecnológica
- Especificación y características técnicas y funcionales de los hardware y software básicos
- Estructura administrativa y jerárquica del PCC, que incluya: organigrama, cargos y funciones de cada cargo.
- Especificaciones de planes
- 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
- Especificaciones del Plan de Implantación y planificación
- Especificaciones de Manuales de Operación, mantenimiento y formación

De otro lado, se deben incluir todos los planos requeridos para definir el edificio del PCC, a nivel de factibilidad, incluyendo entre otros:

- Memorias de cálculos del diseño arquitectónico y de los sistemas electromecánicos
- Memorias de cálculo estructural
- Memorias e informe del diseño bioclimático y sus recomendaciones específicas

- Informe y conclusiones sobre el potencial uso de energía solar, aprovechamiento de agua lluvia y otros aspectos que coadyuven con la autosostenibilidad del sistema
- De manera general, para todos los sistemas o subsistemas electromecánicos de las edificaciones, incluyendo las estaciones, se debe incluir una descripción suficiente del sistema o subsistema, incluyendo los cálculos de dimensionado básico necesarios para la definición de los diferentes componentes, además de incluir los criterios de diseño y normatividad nacional e internacional aplicados.

Planos de definición básica de las instalaciones incluyendo las estaciones (las escalas de planos, no indicadas, se deben acordar previamente con el Interventor o Revisor Técnico):

- Plano de conjunto, a escala 1:5000.
- Plano general de implantación urbana a escala 1:1000
- Planos de urbanismo interno y externo a escala 1:100
- Planos de plantas, secciones y alzados, a escala 1:100
- Planos de cubiertas y drenajes a escala 1:100
- Planos de fachadas a escala 1:100
- Planos de diseño conceptual de señalética a escala a escala 1:75
- Cuadros de áreas
- Infografías
- Planos de definición de materiales (plantas, secciones y alzados) a escala 1:100
- Cuadros de carpinterías (puertas y ventanas) a escala 1:75
- Planos con instalaciones y equipamientos a nivel de diseño básico (abastecimiento, saneamiento, alumbrado, ventilación,) a escala 1:100 y detalles 1:75
- Cálculos de Evacuación (NFPA-30) y recorridos en planta
- Equipos electromecánicos
- Iluminación
- Climatización
- Detección y protección contra incendios
- Esquemas constructivos

Cálculo de cantidades de obra estimados. Para la elaboración y entrega de los planos debe consultarse lo indicado en la especificación técnica ET-23 Gestión del proyecto de estudios y diseños.

6 SISTEMA DE COMUNICACIONES

6.1 OBJETO

El objeto de este apartado consiste en definir las especificaciones funcionales que el Consultor tendrá que cumplir en la redacción del Proyecto de diseño de factibilidad de los Sistemas de Comunicaciones del sistema de transporte férreo, que debe estar basado en el aprovechamiento de la definición técnica recogida en la documentación preexistente, verificando la adecuación del mismo a los condicionantes surgidos durante el desarrollo del diseño de factibilidad.

Las prescripciones aquí descritas engloban la información necesaria relativa a los requisitos funcionales y operacionales que deben cumplir los Sistemas de Comunicaciones del proyecto, siguiendo los niveles de calidad y prestaciones establecidas en este documento.

Como premisa fundamental del diseño del sistema de comunicaciones, este se debe concebir como una red de transporte de datos redundante, con alta velocidad, aplicable para todos los sistemas y subsistemas del proyecto y considerando todas sus interfaces técnicas y operacionales.

El presente documento de especificaciones técnicas expone los requerimientos para el diseño de factibilidad de los sistemas de comunicaciones con definición suficiente para que, con el producto de diseño así obtenido, pueda desarrollarse la Ingeniería de detalle y su fabricación, suministro, instalación, pruebas y puesta en marcha.

Aunque estas especificaciones técnicas recogen una descripción del alcance de los trabajos asociados a la redacción del Proyecto a nivel de factibilidad y exponen los requerimientos de los distintos subsistemas que componen el sistema de comunicaciones, no tiene como objetivo describir todos los detalles de los trabajos a realizar en este proyecto. El Consultor debe aportar la información técnica que se requiera para completar la definición del sistema y sus prestaciones y así alcanzar el objetivo descrito en esta introducción.

6.2 NORMATIVA

- Organización Internacional de Normalización (ISO);
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC);
- Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC);
- Normas Francesas (NF);
- Normas Alemanas (DIN);
- Normas Europeas (EN);
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC);
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE);

- RFC (Request For Comments, Peticiones de comentarios);
- ANSI. American National Standards Institute.
- ETR (Sistemas de radiodifusión digital para televisión, sonido y servicio de datos);
- Directrices y lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de *Colombia* – MinTIC;
- Cualquier otra aplicable a los sistemas y subsistemas indicados en esta especificación técnica, de uso estándar. Algunas de ellas se citan en cada apartado de este documento.

6.3 INSUMOS NECESARIOS

Para el diseño de los sistemas de comunicaciones, serán insumos necesarios a tener en cuenta, entre otros, los siguientes documentos:

- Componentes de los Estudios y diseños de factibilidad y estructuración
  - Estudio de demanda y logística (ET-01)
  - Estudio de movilidad vehicular y peatonal (ET-02)
  - Diseño geométrico férreo y vial (ET-06)
  - Estructuras (ET-09)
  - Material rodante (ET-12)
  - Centros intermodales (ET-13)
  - Patios y talleres (ET-14)
  - Vía férrea (ET-15)
  - Túneles (ET-16)
  - Operación y mantenimiento (ET-17)

En cualquier caso, estos documentos serán considerados como referencia, no limitándose las alternativas a estudiar a las reflejadas o comentadas en los mismos.

Así mismo, se deben tener los sistemas ya existentes en la red ferroviaria nacional que a la fecha se encuentra operativa.

6.4 GLOSARIO

PCC: Puesto Central de Control

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión

FCAPS*:* Modelo y framework de red de gestión de telecomunicaciones de ISO para la gestión de redes

ATP: Automatic Train Protection. (Protección Automática del Tren**)**

ATO: Automatic Train Operation. (Operación Automática del Tren)

PTI: Positive Train Identification. (Identificación Positiva del *Tren)*

ATS: Automatic Train Supervision. (Detención automática de *Tren)*

PCLC: Puesto de Control Local

PCLT: Puesto de Control Local de Talleres

6.5 ALCANCE

6.5.1 ETAPA DEBIDA DILIGENCIA

El Consultor debe revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad relacionados en el numeral 5.3 de este documento y otros que consideren relevantes para el desarrollo de la estructuración, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha. El alcance de esta revisión incluye:

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores. El Consultor recibirá los estudios realizados a la fecha a revisar y analizar, dado que éstos serán los insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance de la Consultoría.
- Durante este proceso, el Consultor debe revisar y analizar el nivel de desarrollo de los estudios realizados de cara a la estructuración del Proyecto.
- Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

6.5.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD

6.5.2.1 Alcance de los sistemas de comunicaciones

En este documento técnico se establecen las especificaciones técnicas y funcionales, y el alcance que el Consultor debe contemplar durante el desarrollo de los trabajos de elaboración del diseño, a nivel de factibilidad, de los Sistemas de Comunicaciones del proyecto, los cuales, comprenden al menos:

- Elaboración del diseño de factibilidad que incluirá:
  - Arquitectura del sistema
  - Especificación funcional del sistema
  - Esquemas y planos tipo
  - 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.
  - Especificación para la actualización tecnológica de los sistemas en la etapa de operación.

- Redacción de estudios técnicos de justificación / aclaración de las soluciones técnicas propuestas en el diseño de factibilidad

En el presente documento, la especificación funcional y alcance del sistema de comunicaciones se encuentra organizado en dos grandes bloques:

- Bloque I: Especificación funcional general: Hace referencia a todas aquellas especificaciones de ámbito general que afectan a más de un subsistema.
  Bloque II: Especificación funcional particular: Hace referencia a todas aquellas especificaciones de ámbito particular, que definen propiamente un subsistema en particular.

El Sistema de Comunicaciones del sistema de transporte férreo del Proyecto se compondrá de los siguientes subsistemas:

- Redes de Comunicaciones:
  - Red de Nivel Físico (incluyendo red de fibra óptica)
  - Red de Transmisión de Voz y Datos
  - Red de Radiotransmisión de Voz y Datos

- Subsistemas de Comunicaciones:
  - Telefonía, Interfonía (opcional)
  - Megafonía, Altavoces
  - Ayudas e Información Inclusivas al Usuario (Viajero)
  - Video Vigilancia (CCTV) y Alarmas
  - Control de Acceso a Zonas Restringidas
  - Cronometría
  - Supervisión Unificada
  - Monitoreo y Control de Variables Ambientales en Trenes y Estaciones
  - Control y Adquisición de Datos de Instalaciones Auxiliares
  - Ayuda a la Explotación
  - Billetaje o Recaudo (aplica en el caso de implementar un sistema de recaudo electrónico)

Acceso a internet vía WiFi para el personal operativo y para los viajeros, en las estaciones y en los trenes.

- Esquema de comunicaciones a los usuarios que permita mediante una página Web del operador, conocer todo lo referente, entre otros, a:
  - Horarios de rutas
  - Horarios de servicio
  - Fechas y horarios de indisponibilidad
  - Recarga o compra de medios de pago On-line
  - Información relacionada el estado degradado de la línea

- Posibilidad del desarrollo de una App que permita la interacción entre el Proyecto y los usuarios. Esto debe incluir la ubicación geo-referenciada en tiempo real vía GPS de las estaciones y de los trenes.

Es responsabilidad del Consultor evaluar e identificar aquellos subsistemas que no estén en los anteriores listados y que sean necesarios para la operación futura del sistema.

6.5.2.2 ALCANCE DE LOS TRABAJOS DEL CONSULTOR

El Consultor del Proyecto de Diseño a nivel de factibilidad debe contemplar las tareas presentadas a continuación como trabajos relacionados con el desarrollo de la especificación técnica y funcional de los sistemas de comunicaciones.

El Consultor debe realizar un diseño de factibilidad de cada uno de los sistemas de comunicaciones, segmentando el diseño en los distintos subsistemas identificados, así como en los módulos técnicos y funcionales que se consideren oportunos. El diseño de factibilidad debe incluir como puntos principales: la fiabilidad, 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. Deben especificarse las interfaces, la implementación de las mismas, tanto internas como externas, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

Deben elaborarse planos y esquemas que permitan entender el diseño de factibilidad especificado, igualmente deben presentarse planos de tipo funcional y general. Los planos deben ser entregados en una escala adecuada que permita valorar las dimensiones reales de los elementos dibujados. Todos los planos deben estar normalizados tanto a nivel de nomenclaturas como a nivel de formato.

El Consultor debe 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 talento humano necesarios, así como los costos derivados del suministro de equipos, instalación, pruebas y puesta en marcha. Igualmente deben indicarse los criterios y premisas para la renovación y/o actualización de los equipos del sistema de comunicaciones durante la operación comercial del sistema.

Independientemente de las tareas y documentación definidas en este apartado, el Consultor debe 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.

6.5.2.3 ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL GENERAL

Se debe disponer de un Sistema de Comunicaciones completo y totalmente integrado, cubriendo los componentes estáticos y móviles, que permita la operación como un único sistema mixto de transporte de viajeros y carga, regulado por el sistema de señalización y control de trenes.

El sistema de comunicaciones estará compuesto por un conjunto de sistemas y servicios destinados a proporcionar una serie de funcionalidades al personal operativo del PCC, a los conductores de los trenes, al personal de operación y mantenimiento, a los viajeros y a los demás actores del Proyecto que las requieran. Así mismo, todos los sistemas y servicios de comunicación, internos y externos, realizarán el intercambio de datos mediante la utilización de redes de comunicación totalmente transversales. Dichas redes deben contemplar en su diseño los requisitos y limitaciones de cada uno de los servicios operativos a atender.

Con el objetivo de lograr un sistema de comunicaciones totalmente integrado, el Consultor debe contemplar desde su diseño, la siguiente especificación funcional, que se estructurará en los siguientes apartados:

- Criterios generales del diseño de factibilidad
- Definición de interfaces
- Requerimientos de integración
- Cableado
- Sistemas Auxiliares

6.5.2.3.1 Criterios generales de diseño de factibilidad

El Consultor debe 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 permitan dar cobertura total a las actuales y futuras necesidades de explotación del sistema.
- 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 del sistema férreo extensión de líneas o nuevas líneas.
- Estandarización e Interoperabilidad, garantizándose el uso en el diseño de los sistemas de los principales estándares, así como la compatibilidad entre distintos fabricantes.

6.5.2.3.2 Definición de interfaces

El Consultor debe incluir en el diseño del Sistema de Comunicaciones la definición funcional y técnica de todas las interfaces identificadas en las especificaciones técnicas, explicando con claridad la solución técnica aplicable y la frontera y/o responsabilidad entre sistemas.

6.5.2.3.3 Requerimientos de integración

Dado que existirá una importante interacción entre los distintos subsistemas de comunicaciones, así como con sistemas y servicios externos, el diseño de factibilidad debe plantearse bajo la perspectiva de integración global. Por tanto, el Consultor tendrá la responsabilidad de supervisar que el diseño funcional de cada uno de los sistemas de comunicaciones se realiza como parte del todo y garantizar los requisitos funcionales de integración definidos en las especificaciones técnicas para los Estudios y diseños de factibilidad. Este aspecto debe contemplarse especialmente durante el diseño de las redes de

comunicaciones, un diseño que debe desarrollarse con base en los requisitos y restricciones de cada uno de los servicios operativos que soporta.

El Consultor debe contemplar como aspecto básico del diseño la existencia de un Puesto Central de Control (PCC), donde se ubicarán los operadores responsables del control, supervisión y gestión de la línea. Los operadores del PCC 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 deben garantizar la máxima integración posible, evitando la utilización innecesaria de pantallas, consolas y terminales.

6.5.2.3.4 Cableados

El cableado eléctrico o de comunicaciones a especificar por parte del Consultor debe contemplar, como mínimo, los siguientes requisitos de diseño:

- Las cubiertas de cableado deben ser libres de halógenos, baja emisión de humos y agentes tóxicos y, además, retardantes a la llama; es decir del tipo LSZH-FR (Low Smoke LC - Zero Halogen ZH – FR Fire Resistant)
- Los cables utilizados por sistemas de seguridad deben hacer uso de cubiertas LSZHFR resistentes al fuego. El grado de resistencia debe basarse según normativa aplicable.
- Los cableados de comunicaciones de tipo troncal deben disponer de armadura metálica antirroedores.
- Todos los cableados que dispongan de pantalla o armadura metálica deben ser conectados a tierra en uno de sus extremos
- Debe homogenizarse el color y la codificación de los distintos tipos de cableado según normatividad o estándares internacionales aplicables.

6.5.2.3.5 Sistemas auxiliares

El diseño de los sistemas de comunicaciones no solo debe 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 y no exhaustiva:

- 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

6.5.2.4 SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DE VOZ Y DATOS

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos comprende la red de transporte inalámbrico de datos en la línea y el vínculo tren-tierra, conectando la red LAN del material rodante con la parte fija de la red de transporte de datos en los edificios del Proyecto, para brindar conectividad a sistemas embarcados como: Interfonía (opcional), Megafonía, Supervisión Técnica Embarcada, conectividad a Internet vía wifi abordo, etc. Todos los servicios que utilizan esta red se implementan sobre protocolo IP.

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos debe proveer un servicio de radiocomunicaciones privada, con tecnologías sobre protocolo IP, que permita la comunicación bidireccional móvil en la línea entre el personal operativo (operadores, conductores, personal de mantenimiento y seguridad, etc.), y proporcione capacidades, entre otras, para la creación y gestión de grupos cerrados de usuarios, comunicación de voz, teleconferencia, videoconferencia, envío de mensajes de texto y datos.

6.5.2.4.1 Especificación funcional

El Sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos para la línea debe garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Establecimiento de llamadas o envío de mensajes entre el personal de la línea y el PCC mediante el uso de terminales portátiles y consolas de despacho.
- Establecimiento de llamadas o envío de mensajes entre el PCC 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 voz.
- 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 PCC.

- 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, etc.
  - 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, como por ejemplo los sistemas de megafonía, interfonía (opcional) 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.
  - Conectividad a Internet vía inalámbrica (wifi) para todos los ocupantes de los trenes.
  - Establecimiento de teleconferencias, videoconferencias y sesiones de trabajo multimedia entre los usuarios de los distintos grupos del sistema.
  - 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

6.5.2.4.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicional a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura simple y redundante
- Redundancia de elementos críticos
- 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
- Anchos de banda disponibles para los servicios de voz y datos
- Control de acceso a Internet vía inalámbrica (wifi)

6.5.2.4.3 Cobertura simple y redundante

El sistema de Radiocomunicaciones de Voz y Datos debe proporcionar cobertura radio a los emplazamientos definidos en el alcance del presente capítulo. A fin de garantizar un alto nivel de fiabilidad, el diseño del sistema, a nivel de factibilidad, debe considerar una cobertura redundante a lo largo de todo el trazado de vía de la Línea, considerándose como trazado todos los túneles, terraplenes o viaductos, así como andenes donde se prevé la presencia en tránsito de unidades de material móvil.

La cobertura redundante debe ser proporcionada por varias estaciones bases independientes, garantizándose que, en caso de caída de una de ellas, no se produce una interrupción del servicio o una degradación del servicio prestado en la zona de influencia.

El Consultor debe confeccionar un estudio específico de cobertura, donde, como mínimo, deben reflejarse los siguientes conceptos:

- Zonas de cobertura
- Discriminación entre zonas de cobertura simple y redundante
- Niveles de potencia estimados

6.5.2.4.4 Redundancia de elementos críticos

El diseño del sistema debe contemplar el desarrollo de una arquitectura redundante, donde los elementos considerados críticos para la operación del sistema se encuentren duplicados. Así mismo, con el fin de obtener el mayor grado de redundancia, en los elementos considerados como más críticos, debe proveerse redundancia geográfica.

Debe considerarse en el diseño a nivel de factibilidad los siguientes modos de operación redundante:

- Activo-No activo
- Activo-Activo
- Hot-standby

Se podrán ajustar a los requisitos de fiabilidad; no obstante, el Consultor en su diseño debe garantizar el mínimo tiempo posible de pérdida de servicio por conmutación de elementos redundantes. Debe considerarse en el diseño los posibles requisitos de sincronización existentes.

6.5.2.4.5 Dimensionado del tráfico del sistema

El Consultor debe considerar en el diseño del sistema un estudio de dimensionado del tráfico soportado por la red de Radiocomunicaciones de Voz y Datos, para el año de inicio de operación del PROYECTO y proyecciones de tráfico para periodos progresivos de 5 años hasta el año 30 de operación del corredor. Dicho estudio debe 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
- Calidad de Servicio (QoS) para los servicios soportados por la red

Como premisas para la confección del estudio, el Consultor debe considerar una carga de tráfico determinada por estación base en condiciones normales de operación, de forma que se garantice la disponibilidad de recursos en condiciones extraordinarias, degradadas o de emergencia.

6.5.2.4.6 Plan de Frecuencias

El Consultor debe definir un plan de frecuencias que tenga en cuenta, como mínimo, los siguientes requerimientos:

- Número de canales RF (Radio frecuencia)
- 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 debe considerar el uso racional de frecuencias y por tanto el plan de frecuencias debe estar en total concordancia con el estudio de dimensionado del tráfico del sistema. Todas las frecuencias utilizadas deben cumplir con la normatividad de uso indicada por el Ministerio de TIC.

6.5.2.4.7 Plan de Numeración Integrado

Para el servicio de voz el Consultor debe incluir como parte del diseño del sistema el plan de numeración. El plan de numeración debe ser integrado, significando que no solamente debe abarcar las extensiones asociadas al sistema sino también las asociadas a los sistemas de Interfonía (opcional) y Telefonía. Por tanto, el Consultor debe comprobar que no existe ninguna incompatibilidad entre sistemas.

El número de dígitos a utilizar vendrá determinado por el número de extensiones telefónicas, no obstante, siempre debe ser superior a 4 dígitos.

6.5.2.4.8 Estudio de integración de sistemas de voz

Para el servicio de voz el Consultor debe 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 Consultor debe 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 que deban efectuarse, independientemente del sistema de voz utilizado Telefonía o Interfonía (opcional), serán gestionadas por el sistema de Telefonía.

6.5.2.4.9 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 tres sistemas de forma transparente mediante una única aplicación. No obstante, debe mantenerse como método de backup el acceso a esta información desde las aplicaciones nativas de cada uno de los sistemas de voz integrados.

6.5.2.4.10 Consola de voz integrada

Los operadores del PCC 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 cualquiera de los sistemas de voz de la línea (Telefonía, Interfonía (opcional)). 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 debe 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 debe ser transparente, de forma que ambos terminales deben operar con el mismo número e identificador.

6.5.2.5 PLATAFORMA COLABORATIVA Y COMUNICACIONES UNIFICADAS IP

6.5.2.5.1 Alcance del sistema

En este apartado se incluyen los requerimientos para el Sistema de comunicaciones siendo este sistema concebido como un servicio de comunicación de voz, imagen y datos, soportado en protocolo IP, para uso exclusivamente administrativos y de explotación dentro de las dependencias de la línea, en particular en el PCC y oficinas, talleres y patios, instalaciones operativas, estaciones, subestaciones eléctricas y otras dependencias técnicas.

Así mismo se incluyen la definición de la integración de este sistema con los siguientes sistemas:

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

6.5.2.5.2 Descripción funcional del sistema

El Sistema Telefonía para la Línea debe garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- Establecimiento de llamadas o videollamadas entre usuarios internos de la Línea 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 o videollamadas hacia otros sistemas de voz (Interfonía (opcional) y Radiocomunicaciones de Voz y Datos) de la Línea
- 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, etc.
- Capacidad para la recepción y envío tanto interno como externo de documentos (aplicaciones de escaneo de documentos).
- 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 especial 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, etc.
- Administración técnica del sistema, permitiendo la supervisión completa y continua del mismo, la actualización y/o modificación de parámetros, así como la exportación de informes y estadísticas de alarmas e incidencias.
- La solución debe ser tipo Enterprise, unificada e integral desde los dispositivos finales (aparatos telefónicos IP, cámaras- video) o soluciones end-point soportados por el fabricante de la plataforma de colaboración y comunicación unificada.
- Debe soportar funcionalidades de presencia, mensajería instantánea, movilidad, gestión, colaboración y conferencia para todos los usuarios.

El Sistema de Telefonía para la Línea debe ofrecer las funcionalidades particulares que se detallan a continuación:

- Llamada o videollamada interna
- Llamada externa directa, externa por operadora
- Llamada o videollamada directa a extensión
- Teleconferencia Interna o externa
- Videoconferencia Interna
- 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

6.5.2.5.3 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe 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

6.5.2.5.4 Cobertura de terminales telefónicos

El Consultor debe usar los siguientes criterios para el despliegue de terminales telefónicos en las instalaciones de la Línea:

- Se deberá proveer en locales y dependencias técnicas, como por ejemplo salas de enclavamientos, salas de comunicaciones o subestaciones eléctricas de terminales telefónicos multimedia.
- Se habrá de proveer en el PCC, oficinas, Puestos de Mando Descentralizado y cuartos de jefe de estación, de terminales telefónicos avanzados, que deben incluir pantalla, teclado alfanumérico extendido y funcionalidades adicionales de directorio. Todos los operadores del PCC deben disponer de un terminal telefónico avanzado. Este terminal debe operar como elemento de reserva, en caso de fallo de la consola telefónica integrada. Debe considerarse que las diferentes funcionalidades antes anotadas puedan obtenerse con aplicaciones sobre PC, tablets, smartphones, etc.
- Se habrá de proveer en PCC u otra ubicación que lo requiera, de una o varias consolas de comunicación avanzadas para operadoras
- Los terminales telefónicos deben ir asociados a las estaciones de influencia. En el caso que existan terminales telefónicos en locales técnicos en vía, se deben asociar al Puesto de Mando Descentralizado que gobierne el respectivo tramo y a la estación más cercana.

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

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

6.5.2.5.5 Consola de comunicación avanzada para operadora

La gestión de llamadas externas entrantes y salientes, así como algunas posibles restricciones internas debe ser llevada a cabo por una o varias operadoras(es) telefónicas. El Consultor debe proponer el número de recursos necesarios con base en el cálculo estimado de llamadas generadas en el sistema.

No obstante, el Consultor debe considerar que las llamadas se reciban automáticamente y enrutarse en igual forma, conservando que las operadoras(es) humanas sean una opción elegible por el usuario a través del menú automático establecido.

Las operadoras podrán ser emplazadas en cualquier dependencia de la línea y deben 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

6.5.2.5.6 Consola de voz integrada

Los operadores del PCC 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 o videollamadas hacia cualquier de los tres sistemas de voz de la Línea (Telefonía, Interfonía (opcional) 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 debe disponer de un terminal telefónico avanzado con capacidad para la realización y/o recepción de llamadas de voz o videollamadas a cualquier de los sistemas de voz. El paso de un terminal

a otro debe ser transparente, de forma que ambos terminales deben operar con el mismo número e identificador.

6.5.2.5.7 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 aísle una o varias estaciones, se prevé la utilización de un servicio de telefonía de emergencia.

El servicio de telefonía de emergencia debe garantizar la capacidad de comunicación de una estación o de un Puesto de Mando Descentralizado con el PCC u otro centro de contingencia aún a pesar de la pérdida total de comunicación con el PCC u otras instalaciones (estaciones, Puestos de Mando Descentralizado) debido a la caída de las redes de comunicación.

El terminal telefónico de emergencia de una estación o de un Puesto de Mando Descentralizado debe ser ubicado en una zona segura y de fácil acceso por parte del personal autorizado.

6.5.2.5.8 Redundancia de elementos críticos

En el diseño del sistema debe contemplarse el desarrollo de una arquitectura redundante, donde los elementos considerados críticos para la operación del sistema se encuentren duplicados. Así mismo, con el fin de obtener el mayor grado de redundancia, en los elementos considerados como más críticos, debe proveerse redundancia geográfica.

Los modos de operación redundante:

- Activo-No activo
- Activo-Activo
- Hot-standby

Se podrán ajustar a los requisitos de fiabilidad, no obstante, el Consultor en su diseño debe garantizar el mínimo tiempo posible de pérdida de servicio por conmutación de elementos redundantes. Debe considerarse en el diseño los posibles requisitos de sincronización existentes.

6.5.2.5.9 Dimensionado del tráfico del sistema

El Consultor debe 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 centrales, enlaces con otros sistemas de voz o con la RTPC).
- Número estimado de extensiones telefónicas requeridas.
- Capacidad de conmutación/procesado de las centrales.
- Capacidad de los grabadores de audio.

Dado que actualmente no se dispone de referencias, el Consultor debe hacer uso de hipótesis y experiencia en otros entornos con características similares.

6.5.2.5.10 Plan de Numeración Integrado

El Consultor debe incluir como parte del diseño del sistema el plan de numeración telefónico. El plan de numeración telefónico debe ser integrado, significando que no solamente debe abarcar las extensiones asociadas al sistema sino también las asociadas a los sistemas de Interfonía (opcional) y Radiocomunicaciones de Voz y Datos. Por tanto, el Consultor debe comprobar que no existe ninguna incompatibilidad entre sistemas.

El número de dígitos a utilizar vendrá determinado por el número de extensiones telefónicas, no obstante, siempre debe ser superior a 4 dígitos.

6.5.2.5.11 Estudio de integración de sistemas de voz

El Consultor debe 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 Consultor debe 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 o videollamadas que deban efectuarse, independientemente del sistema de voz utilizado, serán gestionadas por el sistema de Telefonía. En este sentido se debe considerar que las aplicaciones modernas permiten escanear los documentos y estos pueden ser enviados como datos.

6.5.2.5.12 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 cualquiera de los tres sistemas de forma

transparente mediante una única aplicación. No obstante, debe mantenerse como método de backup el acceso a esta información desde las aplicaciones nativas de cada uno de los sistemas de voz integrados.

6.5.2.6 SISTEMA DE INTERFONÍA (opcional)

El sistema de Interfonía proporcionará un canal de comunicación de voz o videollamada directo, fiable y seguro entre los usuarios de la Línea y los operadores o personal de seguridad, diferenciando la atención de llamadas de información de llamadas de emergencia.

A través de este sistema, un operador podrá atender a cualquier consulta informativa formulada por un viajero, así como cualquier petición de auxilio o ayuda que pueda aparecer. Así mismo, este sistema será utilizado como complemento de seguridad para el control de accesos en puntos críticos de la línea, donde un operador podrá realizar un reconocimiento verbal y/o visual de la persona que realiza la llamada de solicitud de acceso.

Con el fin de asegurar un correcto servicio al usuario, debe realizarse un amplio despliegue de interfonos, con el objetivo de cubrir las principales zonas de tránsito, así como los puntos de mayor interacción con el viajero, como por ejemplo las líneas de control de acceso y billetaje (en caso de que aplique).

Así mismo se incluyen la definición de la integración de este sistema con los siguientes sistemas:

- Telefonía y radiocomunicaciones de voz y datos
- Red telefónica pública conmutada
- Grabación de voz integrada
- Consola telefónica integrada

6.5.2.6.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema Interfonía para la Línea debe garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- El sistema de Interfonía será totalmente independiente respecto al sistema de Telefonía. No obstante, se deben proporcionar todas aquellas interfaces necesarias para alcanzar los requerimientos de integración necesarios.
- Establecimiento de llamadas o videollamadas de información o emergencia por parte de los usuarios de la línea desde las principales zonas públicas de estación (vestíbulos, líneas de billetaje (en caso de implementar un sistema de recaudo electrónico), ascensores, andenes, etc.) y en las zonas de evacuación (salidas de emergencia, túneles, etc.)

- Establecimiento de llamadas o videollamadas de emergencia por parte de los usuarios de la línea desde el interior de las unidades de material móvil.
- Establecimiento de llamadas o videollamadas de seguridad por parte de personal operativo o asociado en zonas restringidas donde se requiera la aplicación de controles de acceso (Accesos a estaciones, accesos a instalaciones, subestaciones eléctricas, etc.)
- Establecimiento y recepción de llamadas de la Red Telefónica Pública conmutada a través del sistema de Telefonía.
- Establecimiento de llamadas hacia otros sistemas de voz (Telefonía y Radiocomunicaciones de Voz y Datos) de la línea.
- Capacidad para la integración de cualquier tipo de interfono
- Cobertura de todas las funcionalidades estándar y avanzadas de un sistema de Interfonía, como, por ejemplo: redirección de llamada, desvío de llamada, restricción de llamada, llamada en espera, etc.
- Monitorización periódica y configurable del estado del interfono y de sus principales elementos internos
- Grabación de todas las llamadas de voz 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 Interfonía.
- Interaccionar con el sistema de video vigilancia (CCTV) a fin de facilitar una identificación visual del usuario que inicia la llamada.
- 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, etc.
- 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 Interfonía para la Línea debe ofrecer las funcionalidades particulares que se detallan a continuación:

- Llamadas o videollamadas en modo Full-Duplex, Hot-line manos libres
- Llamadas o videollamadas preprogramadas configurables
- Rellamada secuencial
- Cierre del enlace por temporización, inactividad, recepción #, línea ocupada, actuación del pulsador, etc.
- Llamada en espera
- Priorización de llamadas

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

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

- Mensajes pregrabados de atención al usuario: Llamada iniciada..., Línea ocupada…, Rellanando etc.
- Alerta visual del proceso de llamada
- Escucha remota
- Configuración desde un teléfono remoto

6.5.2.6.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura de interfonos y consolas
- Integración de interfonos en elementos externos
- Redundancia de elementos críticos
- Dimensionado del tráfico del sistema
- Plan de Numeración Integrado
- Estudio de integración de sistemas de voz
- Sistema de grabación integrado
- Integración con el sistema de video vigilancia (CCTV)
- Consola de Voz Integrada

6.5.2.6.3 Cobertura de interfonos y consolas

Los interfonos deben proporcionar funcionalidades de atención a llamadas de información, a llamadas de emergencia y a llamadas asociadas a control de accesos.

La funcionalidad de cada interfono vendrá dada por su emplazamiento dentro de la línea, siendo en muchos casos posible el solape en un mismo interfono de varias funcionalidades. En dichos casos, los interfonos deben proveer diferenciación entre funcionalidades mediante el uso de botones independientes correctamente etiquetados, reconocimiento de voz y ayudas sonoras y visuales.

Todas las llamadas generadas en un interfono deben ser recibidas y atendidas por un sistema automático de respuesta, por los operadores del PCC o por los operadores de estación. El criterio de elección vendrá determinado con base en el Modelo de Explotación de la Línea. Respecto a los terminales, los operadores del PCC harán uso de consolas de voz integradas mientras que los operadores de estación harán uso de consolas de interfonía.

El despliegue de interfonos se realizará con base en el siguiente criterio:

- Se considerará, como mínimo, dar cobertura de interfonos de atención a llamadas de información en los siguientes puntos:
  - Vestíbulos, junto a puntos de información
  - Líneas de Billetaje (aplica en caso de implementar un sistema de recaudo electrónico)
  - Andenes

- Se considerará, como mínimo, dar cobertura de interfonos de atención a llamadas de emergencia en los siguientes puntos:
  - Vestíbulo
  - Ascensores
  - Salidas de emergencia
  - Andenes
  - Interior del material móvil (opcional)
  - Vía (opcional ubicación en sitios estratégicos del trazado)

- Se considerará, como mínimo, dar cobertura de interfonos de atención a llamadas de control de accesos en los siguientes puntos:
  - Accesos a estaciones y Talleres
  - Accesos a zonas de locales técnicos ubicados en: estaciones, vía, Puestos de Mando Descentralizado

6.5.2.6.4 Integración de interfonos en elementos externos

Los interfonos a integrar en elementos externos ajenos al sistema, como por ejemplo interior de interior del material móvil (opcional), etc., o en elementos arquitectónicos existentes, deben ser de tipo modular, encastrables y en ciertos casos con un alto índice de protección (IP), facilitando la integración de los mismos en cualquier tipo de entorno.

Por ello, el Consultor debe contemplar en el diseño del sistema la utilización de distintos tipos de interfonos.

6.5.2.6.5 Redundancia de elementos críticos

En el diseño del sistema debe contemplarse el desarrollo de una arquitectura redundante, donde los elementos considerados críticos para la operación del sistema se encuentren duplicados. Así mismo, con el fin de obtener el mayor grado de redundancia, en los elementos considerados como más críticos, debe 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 Consultor en su diseño debe garantizar el mínimo tiempo posible de pérdida de servicio por conmutación de elementos redundantes. Debe considerarse en el diseño los posibles requisitos de sincronización existentes.

6.5.2.6.6 Dimensionado del tráfico del sistema

El Consultor debe 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 centrales, enlaces con otros sistemas de voz o con la RTPC).
- Número estimado de extensiones requeridas
- Capacidad de conmutación/procesado de las centrales
- Capacidad de los grabadores de audio

Dado que actualmente no se dispone de referencias, el Consultor debe hacer uso de hipótesis y experiencia en otros entornos con características muy similares.

6.5.2.6.7 Plan de Numeración Integrado

El Consultor debe incluir como parte del diseño del sistema el plan de numeración telefónico. El plan de numeración telefónico debe ser integrado, significando que no solamente debe abarcar las extensiones asociadas al sistema sino también las asociadas a los sistemas de Telefonía y Radiocomunicaciones de Voz y Datos. Por tanto, el Consultor debe comprobar que no existe ninguna incompatibilidad entre sistemas.

El número de dígitos a utilizar vendrá determinado por el número de extensiones telefónicas, no obstante, siempre debe ser superior a 4 dígitos.

6.5.2.6.8 Estudio de integración de sistemas de voz

El Consultor debe 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 Consultor debe 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 videollamadas que deban efectuarse, independientemente del sistema de voz utilizado, serán gestionadas por el sistema de Telefonía.

6.5.2.6.9 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 tres sistemas de forma transparente mediante una única aplicación. No obstante, debe mantenerse como método de backup el acceso a esta información desde las aplicaciones nativas de cada uno de los sistemas de voz integrados.

6.5.2.6.10 Integración con el sistema de video vigilancia (CCTV)

La integración del sistema de interfonía con el sistema de video vigilancia (CCTV) debe permitir al operador o personal dedicado a la supervisión del sistema de control de accesos ejecutar una identificación visual de la persona que trata de acceder a una zona restringida de la línea.

El Consultor debe considerar en el diseño la funcionalidad de intercambiar información entre ambos sistemas a fin de que el inicio de una llamada de interfonía genere la presentación al operador de la imagen de video más cercana, de forma que pueda realizarse correctamente un reconocimiento visual.

6.5.2.6.11 Consola de voz integrada

Los operadores del PCC 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 o videollamadas 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 debe disponer de un terminal telefónico avanzado con capacidad para la realización y/o recepción de llamadas de voz o videollamadas a cualquier de los sistemas de voz. El paso de un terminal a otro debe ser transparente, de forma que ambos terminales deben operar con el mismo número e identificador.

6.5.2.7 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 pregrabado. Mediante este sistema, un operador del PCC 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 y patios y material móvil.

Así mismo, este sistema debe ser considerado crítico por parte del Consultor, dado que podrá ser usado como mecanismo para la emisión de alertas de emergencia y/o evacuación de las instalaciones por parte de los viajeros, casos en los cuales las alertas auditivas van acompañadas de alertas visuales. Por tanto, este sistema debe 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 debe estar totalmente sincronizado con otros sistemas de información al viajero (opcional), especialmente cuando se emiten mensajes vinculados al estado del tráfico.

Los puestos de operación de tráfico de las diferentes zonas o tramos en el PCC deben estar totalmente integrado con el puesto de operación del sistema de información al viajero (opcional), de forma que un operador del PCC pueda gestionar ambos sistemas de forma conjunta y transparente.

6.5.2.7.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de Megafonía para la Línea debe garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- División de las instalaciones de la Línea en zonas o tramos de megafonía independientes con capacidad de selección unitaria de zonas o tramos
- Difusión de mensajes informativos o de emergencia en tiempo real o pregrabados desde el PCC o desde el 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 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.

6.5.2.7.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura del sistema de Megafonía
- Estudio electroacústico
- Requisitos de emergencia
- Integración con el sistema de tráfico
- Integración con el sistema de información al viajero (opcional)

6.5.2.7.3 Cobertura del sistema de Megafonía

El sistema de Megafonía debe dar cobertura de servicio a los siguientes emplazamientos:

- Estaciones
- Talleres
- Material Móvil

Dado que estaciones y talleres disponen de múltiples zonas funcionales distintas, será requerida una segmentación en como mínimo las siguientes zonas locales de Megafonía:

- Estaciones:
  - Accesos a la estación
  - Vestíbulos y pasillos de interconexión
  - Andenes
  - Salidas de emergencia
  - Locales y dependencias técnicas

- Talleres y patios:
  - Accesos a los Talleres y Parqueaderos (si aplica)
  - Playa de Vías
  - Talleres
  - Oficinas y vestuarios
  - Locales y dependencias técnicas

- Respecto al material móvil, el Consultor debe basarse en los siguientes criterios a efectos de determinar las zonas de megafonía:
  - Debe poder emitirse un mensaje en una unidad de material móvil concreta
  - Debe 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
  - Debe poder emitirse un mensaje en todas las unidades de material móvil de la línea

6.5.2.7.4 Estudio electroacústico

El número, tipo y emplazamiento de los altavoces, así como la potencia sonora requerida a especificar por el Consultor se realizará previa ejecución de un estudio electroacústico.

El estudio electroacústico no solamente tendrá en cuenta la geometría y volumen propio de estaciones, talleres y material rodante, sino que también debe tener

en cuenta los materiales utilizados por arquitectura como revestimientos y acabados.

El Consultor debe obtener un modelo electroacústico por cada tipo de estación, taller y unidad de material móvil definida, siempre y cuando los materiales de construcción previstos sean similares.

Las conclusiones del estudio deben 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

6.5.2.7.5 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 debe funcionar al inicio de la incidencia, sino que también debe 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 deben ser utilizadas por el Consultor para efectuar el diseño del sistema.

6.5.2.7.6 Integración con el sistema de tráfico

El sistema de Megafonía debe disponer información periódica y en tiempo real sobre el estado del tráfico en la línea.

Mediante el conocimiento de dicha información, el sistema debe ser capaz de generar automáticamente mensajes de información al usuario de tipo general. A modo de ejemplo, el sistema debe ser capaz de emitir mensajes del tipo:

- Próximo tren no para en la presente estación
- Servicio temporalmente interrumpido
- Próximo tren con destino a estación XXX
- Último tren

6.5.2.7.7 Integración con el sistema de información al viajero (opcional)

Los sistemas de Megafonía e información al viajero son dos sistemas complementarios destinados para proporcionar al usuario información (sonora y visual) importante que facilita su desplazamiento a través de la infraestructura de la Línea.

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 mala 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 PCC tenga capacidad para operar de forma conjunta y transparente ambos sistemas.

6.5.2.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (opcional)

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 móvil, 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 móvil.

A fin de ofrecer un completo servicio al viajero, el sistema debe poder emitir información referente a horarios y estados de tráfico, así como horarios y estados de sistemas de transporte ajenos, especialmente en estaciones con interconexiones. Dado que el sistema de información al viajero debe complementarse con el sistema de megafonía, debe asegurarse la coherencia de mensajes emitidos en ambos sistemas.

A nivel de control, el sistema de información al viajero debe 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 PCC de forma conjunta y transparente.

Finalmente, debe analizarse las posibilidades de utilizar este sistema como una plataforma de difusión de mensajes institucionales y publicitarios. Debe valorarse los distintos modos de explotación de esta funcionalidad, tanto por parte del operador de la línea como por parte de terceros.

6.5.2.8.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de Información al Viajero para la Línea debe 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)
- 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 simultánea de uno o varios mensajes en distintas zonas
- Generación de órdenes de visualización por parte de un operador del PCC 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, definiendo, de ser necesario un número mínimo de caracteres.
- Almacenamiento centralizado en el PCC 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 móvil de mensajes pregrabados por parte de un operador del PCC
- 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 PCC 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 operativos y publicitarios o institucionales gestionados por el operador o terceras partes.

6.5.2.8.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe 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

6.5.2.8.3 Cobertura del sistema de Información al viajero

El sistema de Información al Viajero debe 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 móvil, el Consultor debe basarse en los siguientes criterios a efectos de determinar las zonas:

- Debe poder emitirse un mensaje en una unidad de material móvil concreta
- Debe 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
- Debe poder emitirse un mensaje en todas las unidades de material móvil de la línea

Criterios de visualización

El sistema de Información al Viajero debe 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.

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

El sistema a diseñar por el Consultor debe 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 deben ser poco directivas, de forma que un amplio ángulo de visión permita ser visualizadas por un gran número de viajeros.

6.5.2.8.4 Integración con el sistema de tráfico

El sistema de Información al Viajero debe 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 debe ser capaz de generar automáticamente mensajes de información al viajero que variaran con base a la zona de visualización y al criterio del operador. Como mínimo, el sistema debe 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. Debe 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
  - Final de línea
  - Último tren

- Estado general del tráfico

6.5.2.8.5 Integración con el sistema de Megafonía

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

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 mala 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 PCC tenga capacidad para operar de forma conjunta y transparente ambos sistemas.

6.5.2.8.6 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 debe ser compatible con el formato de difusión de la señal de sincronismo de la central horaria.

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

6.5.2.8.7 Modelos de financiación y explotación

El Consultor debe contemplar como alcance de sus trabajos el análisis de los distintos modelos de financiación y explotación posibles para la reutilización del

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

sistema de información al pasajero como una plataforma de difusión de mensajes publicitarios.

El análisis debe centrarse en los siguientes aspectos:

- Integración de esta funcionalidad dentro del conjunto de funcionalidades especificadas.
- Modelos de implantación, explotación y financiación del sistema por parte de terceros, reflejándose el valor añadido adquirido por el operador de la línea, así como los posibles ingresos económicos derivados de esta actividad.

6.5.2.9 RED DE NIVEL FÍSICO

La red de nivel físico de la Línea, destinada a proporcionar el medio físico de alta capacidad para el transporte de voz y datos entre elementos activos de la línea, estará constituida con base en la definición de un sistema de cableado estructurado según la normativa EN 50173 (ISO 11801).

De este modo, esta red estará constituida por los siguientes niveles:

- Nivel troncal, destinado a proveer enlaces físicos redundantes de cable óptico multifibra, monomodo entre emplazamientos de la línea como pueden ser estaciones, puestos de mando descentralizado, talleres y PCC.
- Nivel de distribución, destinado a proveer enlaces físicos redundantes de cable óptico multifibra, monomodo para interconectar salas de comunicaciones dentro de estaciones, puestos de mando descentralizado y talleres, así como para interconectar locales técnicos situados en vía.
  - Nivel horizontal, destinado a proveer enlaces físicos de acceso para elementos finales mediante enlaces simples de fibra óptica o cables multifilares de cobre.
  - Nivel de administración, destinado a establecer la organización de conexiones entre enlaces mediante el uso de repartidores de fibra óptica y cables de cobre.

La presente especificación expone los requisitos referentes a las tipologías redundantes aplicables, a las restricciones vinculadas al conexionado del cableado, especialmente en cableado de fibra óptica, así como las restricciones en el uso de canalizaciones para el tendido de cableado.

6.5.2.9.1 Descripción funcional del sistema

La red de nivel físico para el corredor, debe garantizar la cobertura de un conjunto de funcionalidades generales que se organizaran 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, puestos de mando descentralizado, talleres y PCC
  - 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 internacionales vigentes, en referencia a la propagación de incendios, generación y emisión de gases tóxicos y halógenos y protecciones mecánicas.
  - El tendido de cableado debe ser realizado siempre por canalización, subterránea o aérea cumpliendo con las normas nacionales vigentes para tal fin.
  - Los cableados que hagan uso de mallas y protecciones metálicas deben asegurar la conexión a la red de tierras.

- Subsistema Campus
  - El subsistema Campus soportará el transporte masivo de servicios y datos entre emplazamientos mediante el uso de tendidos de cableado óptico multifilar monomodo, conectados a equipos de conmutación y/o enrutamiento de paquetes con interfaces de 10 GigaEthernet o superiores, con posibilidad de crecimiento de las mismas.
  - Proporcionará una arquitectura redundante, mediante el uso de topologías en anillo, mallas, tresbolillo u otras, otorgando protección ante el primer fallo.
  - Los tendidos de cableado deben estar sobredimensionados y deben abarcar el máximo número de emplazamientos, facilitando la integración de servicios o el establecimiento de nuevas conexiones entre emplazamientos en un futuro.

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

- Las entradas y salidas de cableado en estaciones, puestos de mando descentralizado, talleres y PCC 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 monomodo conectado a equipos de conmutación y/o enrutamiento de paquetes con interfaces de 10 GigaEthernet, que sean fácilmente escalables.
  - El subsistema Distribución dará cobertura tanto a salas y locales técnicos de estación, como a los puestos de mando descentralizado y los locales técnicos existentes en la línea.
  - 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 deben ser sobredimensionados, permitiendo la ampliación sencilla y efectiva de servicios

- Subsistema Horizontal
  - El subsistema Horizontal proporcionara 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 cuando las distancias lo ameriten, conectados a equipos de conmutación y/o enrutamiento de paquetes con interfaces de 1 GigaEthernet o superiores.
  - 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.

- Subsistema de Gestión Eléctrico.

- El subsistema de gestión eléctrico es una red de alto desempeño que proporciona conectividad de todos las interfaces de comunicación de los equipos de potencia, protección y medida de las subestaciones de energía.
- Las interfaces de comunicación de estos equipos deben estar integradas con el sistema Scada necesaria para la operación del sistema eléctricos del Proyecto e integrada con el sistema de control del SDL (Sistema de Distribución Local) de las empresas de energía, a través de protocolos estándar.
- La red de transporte implementada para la Gestión del Sistema Eléctrico debe considerar los requisitos de latencia, velocidad de actuación exigidos por el fabricante, especialmente las protecciones del sistema eléctrico.

6.5.2.9.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente a las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Topologías de cableado
- Conexionado del cableado
- Integración con servicios
- Tendido del cableado e integración con obra civil

6.5.2.9.3 Topologías de cableado

En el diseño del sistema, el Consultor debe considerar el uso de topologías redundantes que garanticen el correcto funcionamiento de los servicios en forma permanente.

Especialmente, debe proveerse una topología redundante a los tendidos de cableados asociados a los subsistemas Campus y Distribución.

Debe asegurarse el uso de caminos físicamente independientes, en cuanto se refiere a:

- Entradas y salidas de cableados en emplazamientos
- Tendido en soterrados (sí aplica)
- Tendido en superficie
- Acceso a locales técnicos

6.5.2.9.4 Conexionado del cableado

El cableado de fibra óptica se realizará de acuerdo con las normas nacionales vigentes, utilizando elementos normalizados de conexión como:

- Repartidores de fibra óptica u ODF
- Módulos de fusión y empalme
- Cajas de terminación

El conexionado del cableado siempre se realizará en locales técnicos acondicionados para ello, donde se cuente con el espacio adecuado para su ejecución. No se podrán realizar conexiones de cableado en el interior de los túneles ni en zonas de difícil acceso o manipulación compleja.

El Consultor debe 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 Consultor deben ser recogidos en un mapa de cableado, donde debe 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 debe ser etiquetada y codificada para su fácil identificación.

6.5.2.9.5 Integración con servicios

El Consultor será responsable de contemplar en el desarrollo del diseño de la red de nivel físico los requisitos de conexión y transporte de cada uno de los servicios que lo precisen, en especial:

- Requisitos asociados al dimensionado de enlaces
- Requisitos asociados al número de puntos de conexión
- Requisitos asociados al nivel de redundancia

Dichos requisitos deben poder ser comprobados y validados en el mapa de cableado.

6.5.2.9.6 Tendido del cableado e integración con obra civil

El tendido de cableado debe 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 deben hacer uso de las reservadas para baja tensión.

Debe prestarse especial atención al cruce de canalizaciones con cableado de tipo eléctrico, donde debe cumplirse la normativa vinculada al reglamento de baja tensión vigente.

El trazado de las canalizaciones será responsabilidad del Consultor, que debe mantener una comunicación directa con obra civil a efectos de coordinar la:

Definición de pasamuros, bajantes y pasos de cableados

Definición de suportaciones

Integración con arquitectura

Todas las canalizaciones deben ser registrables. Las canalizaciones y cajas de inspección deben ser protegidas, deben diseñarse y construirse contra riesgos de hurto y vandalismo.

El Consultor debe proveer un conjunto de planos donde se identifique el trazado y tipo de canalización utilizado.

6.5.2.10 RED DE TRANSMISIÓN DE 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 Consultor debe 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 debe dar cobertura a la totalidad de zonas de la Línea, pudiéndose definir tres niveles funcionales:

- Nivel de acceso, destinado a ofrecer los puntos de acceso finales de red, tanto a nivel de estaciones, puntos de mando descentralizado, talleres, interior de las unidades de material móvil y PCC.

- Nivel de distribución, destinado a ofrecer comunicación dentro de una estación o entre estaciones pertenecientes a grupos, a un puesto de mando descentralizado o entre puestos de mando descentralizado pertenecientes a zonas o tramos, así como entre unidades o grupos de unidades de material móvil y PCC. Implementado sobre MPLS (conmutación de etiquetas multiprotocolo) hacia el backbone.
- Nivel de backbone, destinado a ofrecer comunicación de alta capacidad para la conexión de grupo de estaciones y grupo de puntos de mando descentralizado con el PCC o con otras redes de comunicación. Implementado sobre MPLS.

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 debe 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 debe ofrecer un amplio abanico de mecanismos y funcionalidades avanzadas (seguridad, gestión de recursos, aplicación de políticas de calidad), de forma que pueda satisfacer cualquier requerimiento actual o futuro por parte de los servicios transportados.

6.5.2.10.1 Descripción funcional del sistema

La red de transmisión de voz y datos para la línea debe garantizar la cobertura de un conjunto de funcionalidades generales organizadas con base en los siguientes conceptos:

- La red de transmisión de voz y datos será estructurada con base en 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 nivel físico.

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

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

El sistema estará pensado para conectarse y dar servicio a los siguientes sistemas de comunicaciones:

- Red de Radiocomunicaciones de voz y datos
- Telefonía
- Interfonía (opcional)
- Megafonía
- Información al pasajero (opcional)
- CCTV Fijo y Embarcado (opcional)
- Cronometría
- Billetaje (en caso de implementar un sistema de recaudo electrónico)
- Control de Accesos
- Sistema de supervisión unificada

Y todos aquellos sistemas que se crean necesarios en la siguiente fase de diseño.

- Proporcionará servicio a elementos finales de estaciones, puntos de mando descentralizado, talleres, 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, CCTV, etc. (opcionales)

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

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

6.5.2.10.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente de las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe 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

6.5.2.10.3 Cobertura de red

La red de transmisión de voz y datos será el mecanismo mediante el cual se procederá al intercambio de información entre elementos y usuarios de la línea. Dada esta funcionalidad, la cobertura de la red debe ser máxima, garantizando la existencia de puntos de acceso en cualquier zona donde exista un elemento con requisitos de comunicación incluyendo el interior del tren.

A nivel global, la red debe dar cobertura en las siguientes zonas:

- Estaciones
- Puestos de Mando Descentralizado
- Locales técnicos
- Túneles, viaductos, tramos en superficie
- Talleres y patios
- Unidades de Material Móvil
- PCC

Será responsabilidad del Consultor la recogida de requisitos de puntos de acceso a la red por parte de todos los servicios de la línea.

6.5.2.10.4 Arquitectura y topologías de red

La arquitectura de la red de transmisión de voz y datos debe estar basada en los 4 niveles funcionales especificados: Acceso, Distribución, Backbone y Gestión.

Siguiendo esta estructura, la red de transmisión de voz y datos debe disponer de:

- Nodos centrales de enrutamiento a alta velocidad, a ubicar en puntos estratégicos de la línea, como por ejemplo PCC.
- 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, puestos de mando descentralizado, locales técnicos 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 debe transportar los servicios de la línea, el diseño de la arquitectura debe 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 debe garantizar una alta escalabilidad y debe asegurar una correcta distribución del tráfico, a fin de evitar desequilibrios entre zonas de la red. La red debe cumplir con las normas técnicas internacionales vigentes para este tipo de sistemas.

6.5.2.10.5 Redundancia de elementos críticos

En el diseño del sistema debe contemplarse el desarrollo de una arquitectura redundante, donde los elementos considerados críticos para la operación del sistema se encuentren duplicados. Así mismo, con el fin de obtener el mayor grado de redundancia, en los elementos considerados como más críticos, debe proveerse redundancia geográfica.

Los modos de operación redundante son:

- Activo-No activo

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

- Activo-Activo
- Hot-standby

Se podrán ajustar a los requisitos de fiabilidad; no obstante, el Consultor en su diseño debe garantizar el mínimo tiempo posible de pérdida de servicio por conmutación de elementos redundantes. Debe considerarse en el diseño los posibles requisitos de sincronización existentes.

6.5.2.10.6 Requisitos de transmisión

Será responsabilidad del Consultor 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 de 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 deben ser utilizados como base para el diseño y desarrollo de la red de transmisión de voz y datos.

El Consultor debe redactar un estudio técnico donde se presenten todos los requisitos identificados. Dicho informe técnico, previa aprobación debe ser ratificado para cada uno de los servicios transportados.

6.5.2.10.7 Integración con el material móvil

Las unidades de material móvil 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 deben ser integrados con sistemas o servicios externos a la unidad de material móvil, de forma que será preciso el establecimiento de una interconexión.

Para el diseño de la red de transmisión de voz y datos, la red interna de las unidades de material móvil formará parte de su alcance, considerando esta red como parte de su sistema.

Por lo tanto, el Consultor debe coordinar la interfaz con el diseño de las unidades de material móvil 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.

Debe tenerse en cuenta la necesidad de una red tren – tierra de radiocomunicaciones de voz y datos.

6.5.2.10.8 Seguridad Perimetral

Se garantizará un transporte fiable y seguro de la información transportada a través de la red de transmisión de voz y datos. Esta funcionalidad se garantizará mediante la aplicación de:

- Mecanismos para la autenticación de todos los usuarios y servicios que deseen acceder a la red. Dicho mecanismo se ejecutará en el punto de acceso a la red.
- Aislamiento de los usuarios y servicios no autorizados en redes independientes (Zonas desmilitarizadas)
- Separación de servicios mediante el uso de redes virtuales
- Filtraje de la información recibida de redes de transmisión de voz y datos externas a la línea mediante el uso de firewalls.

6.5.2.11 SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA (CCTV)

El sistema de vídeo vigilancia (CCTV) de la línea, 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, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, puntos estratégicos de la línea y talleres como al PCC y las unidades de material móvil (opcional).

El sistema debe 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.

Dados 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, debe 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 o tramos de la línea donde exista interconexión con otros sistemas de CCTV de entes territoriales (municipios).

El entorno de configuración será plenamente adaptable, 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 grabada, entre otras.

Finalmente ofrecerá al operador del PCC funcionalidades avanzadas, tales como:

- Detección automática de movimientos, objetos perdidos y aglomeraciones (opcional)
- Detección automática de inicio de llamada en interfono
- Detección automática de inicio de llamada de emergencia desde el material móvil o la estación

6.5.2.11.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de video vigilancia (CCTV) debe 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, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, talleres, puntos estratégicos de la línea, PCC y unidades de material móvil (opcional) desde el PCC 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, pudiendo 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, entre otras)
  - El sistema permitirá la selección y posterior visualización de imágenes de CCTV de otras redes de CCTV interconectadas.
  - El Consultor debe considerar que las cámaras puedan ser manipuladas desde el PCC, permitiendo hacer zoom y mover la posición de la cámara (girar y cambiar de ángulos), fundamental para el apoyo al PCC en la toma de decisiones y revisión de los itinerarios de los trenes y las distintas paradas o andenes.

- El Consultor debe analizar la posibilidad y conveniencia de que las cámaras permitan el reconocimiento facial.
- El Consultor debe analizar la posibilidad y conveniencia de disponer de cámaras térmicas.

- Grabación de imágenes:
  - El sistema permitirá la grabación local en estaciones, puestos de mando descentralizado, talleres y unidades de material móvil (opcional) de todas las imágenes de CCTV, indicando la fecha, hora y ubicación de grabación en cada secuencia.
  - 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 grabadas

- Reproducción de imágenes grabadas:
  - El sistema permitirá la reproducción por parte de un operador de las imágenes grabadas y almacenadas en las unidades de grabación.
  - Dispondrá de funciones de búsqueda rápida, así como funciones generales de reproducción y visualización (adelante, atrás, parada, lento hacia delante, lento hacia atrás, congela, imagen a imagen, etc.).
  - El sistema permitirá la exportación de imágenes grabadas 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 (opcional)
  - 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 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.

6.5.2.11.2 Cobertura cámaras y puestos de visualización

El sistema de video vigilancia (CCTV) debe dar cobertura a los siguientes emplazamientos:

- Estaciones:
  - Accesos a la estación
  - Vestíbulos
  - Barrera de billetaje (en caso de implementar un sistema de recaudo electrónico)
  - Pasadizos de interconexión
  - Andenes
  - Accesos a zonas técnicas

- Talleres y patios
  - Accesos
  - Zonas perimetrales
  - Playa de vías
  - Zonas técnicas
  - Accesos a oficinas

- PCC
  - Accesos a zonas técnicas
  - Accesos a zona de operación

- Unidades de material móvil (opcional)
  - Interior de los vagones

- Cabeceras y cabina de conducción.
- Retrovisores

6.5.2.11.3 Requisitos de transmisión

El sistema de video vigilancia (CCTV) debe 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

6.5.2.11.4 Requisitos de codificación

El sistema de video vigilancia (CCTV) debe 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 puede permitir la integración de imágenes de CCTV de otras plataformas, debe proporcionar las interfaces de conversión de codificadores necesarias.

6.5.2.11.5 Requisitos de grabación y exportación de imágenes

El sistema permitirá la grabación continuada y local de todas las imágenes de CCTV generadas en el ámbito de una estación, locales técnicos, puestos de mando descentralizado, talleres y patios, unidad de material móvil (opcional) y PCC.
A fin de optimizar la relación calidad – capacidad, el sistema debe permitir la grabación en alta calidad, pudiendo modificar el número de secuencias por segundo (fps). De este modo, debe 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 (opcional), la activación de una alarma del control de accesos u otros.

Así mismo, el sistema debe 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.

6.5.2.11.6 Integración con el material móvil (opcional)

El sistema de video vigilancia (CCTV) embarcado debe estar totalmente integrado con el sistema de video vigilancia (CCTV) de estaciones, puestos de mando descentralizado, puntos estratégicos de la línea, talleres y PCC.

Los operadores del PCC deben operar este sistema de forma transparente, sin necesidad de realizar acciones o procedimientos adicionales.

Será responsabilidad del Consultor, gestionar las posibles interfaces entre ambos sistemas.

6.5.2.11.7 Integración Interfonía (opcional)

Mediante la integración de ambos sistemas, un operador del PCC debe recibir una alerta de interfono pulsado y la imagen CCTV de la cámara más próxima.

De este modo, el operador, si lo cree conveniente, podrá realizar un reconocimiento visual de la persona que ha pulsado el interfono.

6.5.2.11.8 Integración con control de accesos

Mediante la integración de ambos sistemas, un operador del PCC debe recibir la imagen CCTV de la cámara más próxima a un punto de control de acceso en uno de los siguientes casos:

- Se ha procedido a la apertura de una puerta de acceso restringido sin validación previa
- Se ha sobrepasado el tiempo máximo de puerta abierta

De este modo, el operador, si lo cree conveniente, podrá realizar una inspección visual del entorno que facilitará la posterior toma de decisiones.

6.5.2.12 SISTEMA DE CRONONOMETRÍA

El Sistema de Cronometría de la Línea, proporcionará una señal de sincronismo estable y segura que permita el correcto funcionamiento de los sistemas síncronos definidos. Dicha señal debe 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 debe 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.

6.5.2.12.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de Cronometría para la Línea, debe 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 calibración 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.

6.5.2.13 SISTEMA DE SUPERVISIÓN UNIFICADA

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 PCC, 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, deben 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 PCC 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 layouts, 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.

6.5.2.13.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de Supervisión Unificada para la Línea, debe 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
  - Red de Transmisión de Voz y Datos
  - Telefonía
  - Interfonía (opcional)
  - Megafonía
  - Información al Viajero (opcional)
  - Video vigilancia (CCTV)
  - Cronometría
- La adquisición de alarmas debe 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 debe proveer un elemento mediador capaz de 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
- Debe disponer de mecanismos de correlación de eventos
- Permitirá la integración con otras plataformas de gestión con el fin de realizar 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 monitoreo
- El sistema debe sincronizarse mediante el uso de la hora oficial de la línea

6.5.2.13.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente de las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Listado y criticidad de alarmas
- Criticidad de alarmas y señales tipo
- Correlación de eventos

6.5.2.13.3 Criticidad de alarmas y señales tipo

El Consultor debe establecer los distintos tipos genéricos (plantillas) de señales de alarmas y eventos a adquirir de cada uno de los sistemas supervisados.

Así mismo, debe establecer unos niveles estándares de criticidad, asociando a cada nivel un color, un nombre y las posibles consecuencias (fallo total sistema, fallo leve, otros)

La selección de alarmas y niveles de criticidad propuestos serán incluidos dentro de un documento técnico.

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

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

6.5.2.13.4 Informes y estadísticas

El sistema de supervisión unificada permitirá al operador la selección y/o creación/edición de informes y estadísticas a partir de la información historiada que podrán ser visualizados en diferentes formatos y podrán ser exportados a otras aplicaciones.

La aplicación debe 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

El sistema de supervisión debe incluir la opción para que personal autorizado pueda editar los distintos tipos de informes o estadísticas

El Consultor debe proponer en un documento técnico un conjunto de plantillas de informes y estadísticas genéricos que permitan visualizar y evaluar el funcionamiento y rendimiento de los sistemas supervisados.

6.5.2.13.5 Correlación de eventos

El sistema de supervisión unificada debe 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.

6.5.2.14 SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS A LAS INSTALACIONES

El Sistema de Control de Accesos del corredor, ofrecerá la capacidad de controlar el acceso a zonas con carácter restringido dentro de las instalaciones del corrredor, siendo considerada como zona restringida aquella en la que no puede haber viajeros y donde el acceso por parte de personal de la línea debe realizarse mediante identificación.

El sistema debe ser totalmente configurable, permitiendo seleccionar por zonas de acceso el personal admisible, los horarios de acceso y el modo o método de validación (tarjetas magnéticas o contactless, introducción de código pin vía teclado, biométrico, etc.). Así mismo, debe registrar cualquier interacción de los usuarios con el sistema, de forma que se podrá trazar las autenticaciones o intentos de autenticación habidos en un acceso o los realizados por un usuario.

En zonas de control de acceso de interés especial, debe existir una integración con el sistema de vídeo vigilancia, de forma que, al activarse una alarma de intrusión, el operador recibirá la imagen de la cámara más cercana.

El sistema debe permitir desbloquear el acceso a zonas restringidas en situaciones de emergencia y/o evacuación siempre y cuando formen parte de una ruta de evacuación.

6.5.2.14.1 Descripción funcional del sistema

El Sistema de Control de Accesos para la Línea, debe garantizar la cobertura de las siguientes funcionalidades generales:

- El sistema de control de accesos permitirá tener constancia, restringir o validar los accesos a las diferentes zonas de las estaciones, puestos de mando descentralizado, talleres y PCC, así como a otros emplazamientos de línea, en especial a salas y zonas más sensibles para la seguridad e integridad de las personas
- La validación para acceder a un punto de acceso controlado se realizará mediante el uso de elementos de identificación personales
- Todas las puertas de acceso controlado dispondrán de una llave maestra como elemento redundante de apertura
- El sistema debe discriminar entre tres tipos distintos de puntos (puertas) de acceso:
  - Puertas de acceso restringido: debe controlarse el acceso y se generará alarma en caso de apertura sin identificación previa
  - Puertas en rutas de evacuación: debe darse alarma en caso de apertura, no se restringe su acceso y es posible anular la alarma mediante identificación
  - Puertas de salida de emergencia: debe darse alarma en caso de apertura, pero no se restringe su acceso

El control, supervisión, gestión y mantenimiento del sistema se realizará desde el PCC por parte del operador de seguridad

- El sistema proporcionará al operador del PCC una aplicación de administración que permitirá la realización de las siguientes tareas:
  - Supervisar el estado de cada uno de los puntos de control de acceso
  - Realizar aperturas remotas
  - Gestión de listas blancas (personal autorizado para el acceso a una o varias zonas de control) y horarios
  - Anular temporalmente las restricciones de un punto de control de acceso
  - Gestión de visitas y acreditaciones
  - Administración de los elementos de identificación personal
  - Consulta de históricos de validación por un usuario o grupo de usuarios

- El sistema debe tener capacidad para gestionar más de 100 usuarios en tiempo real
- El sistema hará uso de la red de transmisión de voz y datos para establecer la comunicación entre el PCC y los elementos de campo.
- El sistema debe disponer de una integración con el sistema de video vigilancia de forma que la activación de una alarma del sistema genere automáticamente la aparición de la imagen de vídeo más cercana.

6.5.2.14.2 Criterios particulares de diseño del sistema

Adicionalmente de las especificaciones funcionales definidas en el anterior apartado, el Consultor debe considerar los siguientes criterios particulares de diseño del sistema:

- Cobertura del sistema
- Procedimiento puertas de acceso restringido
- Procedimiento puertas en ruta de evacuación
- Procedimiento puertas de salida de emergencia
- Integración con Interfonía (opcional) y Video vigilancia (CCTV)

6.5.2.14.3 Cobertura del sistema

El sistema de control de accesos debe tener cobertura en estaciones, talleres y patios, emplazamientos ubicados en túnel y en el PCC.

Los puntos de control, en base a los distintos tipos, deben estar ubicados, como mínimo, en las siguientes zonas:

- Puerta de acceso restringido:
  - Accesos a estaciones
  - Accesos a zonas técnicas
  - Acceso cuarto de operador de estación
  - Accesos a dependencias en túneles
  - Accesos a subestaciones eléctricas

- Puertas en ruta de emergencia
  - Accesos a salidas de emergencia

Accesos a pozos o salidas de evacuación en túnel

- Puertas de salida de emergencia
  - Salidas de emergencia

6.5.2.14.4 Procedimiento puertas de acceso restringido

Las puertas de acceso restringido deben implementar los siguientes mecanismos:

- Lector de elementos de identificación personal
- Pulsador de solicitud de salida
- Elemento de bloqueo de puerta
- Sensor de detección de la apertura de la puerta

El procedimiento de un usuario que accede a una puerta de acceso restringido debe ser el siguiente:

- El usuario accede a una zona restringida:
  - Realiza validación de su elemento de identificación personal mediante el lector
  - Se desbloquea la puerta (desactivación elemento de bloqueo) y el usuario dispone de un tiempo configurable para abrir y acceder a la zona restringida
  - Cuando se detecta la apertura de puerta, automáticamente se activa el elemento de bloqueo de la puerta

- El usuario sale de una zona restringida:
  - El usuario pulsa el pulsador de solicitud de salida
  - Se desbloquea la puerta (desactivación elemento de bloqueo) y el usuario dispone de un tiempo configurable para abrir y salir de la zona restringida
  - Cuando se detecta la apertura de puerta, automáticamente se activa el elemento de bloqueo de la puerta

En el caso de detectarse una apertura de puerta sin validación previa, se debe generar una alarma de intrusión.

En el caso que una puerta no se cierre en un tiempo determinado se debe generar una alarma de tiempo de puerta abierta finalizado.

6.5.2.14.5 Procedimiento puertas en ruta de evacuación

Las puertas en ruta de evacuación deben implementar los siguientes mecanismos:

- Lector de elementos de identificación personal

- Sensor de detección de la apertura de la puerta
- Pulsador de solicitud de salida

El procedimiento de un usuario que accede a una puerta en ruta de emergencia debe ser el siguiente:

- El usuario accede a una puerta en ruta de emergencia:
  - Realiza validación de su elemento de identificación personal mediante el lector para anular la alarma de puerta abierta
  - Accede a la puerta

- El usuario sale de una puerta en ruta de emergencia:
  - El usuario activa el pulsador de solicitud de salida para anular la alarma de puerta abierta
  - Accede a la puerta

Si un usuario abre una puerta sin previa validación, debe generarse una alarma de puerta abierta.

Si una puerta no se cierra en un tiempo determinado, se debe generar una alarma de tiempo de puerta abierta finalizado.

6.5.2.14.6 Procedimiento puertas de salida de emergencia

Las puertas de salida de emergencia deben implementar el mecanismo de sensor de detección de apertura de la puerta.

El procedimiento de un usuario que accede a una puerta en ruta de emergencia debe ser el siguiente:

- Accede a la puerta
- Se genera una alarma de puerta abierta

6.5.2.14.7 Integración con interfonía y Video vigilancia (CCTV) (opcional)

El sistema debe proporcionar las integraciones con los sistemas de interfonía y Video vigilancia (CCTV):

En aquellos casos donde un usuario autorizado no pueda acceder a una puerta de acceso restringido por no disponer del elemento de identificación personal o por avería del mismo, debe disponer en las cercanías de un interfono integrado al sistema de video vigilancia (CCTV).

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

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

A través de este interfono, el usuario debe poder contactar con el operador de seguridad responsable de la administración del sistema. De este modo, en caso de validación exitosa (reconocimiento verbal y visual), el operador de seguridad podrá realizar una apertura remota de la puerta en mención.

Siempre que el sistema genere una alarma por apertura ilícita de puerta o temporizador de puerta abierta a cero, debe mostrarse al operador de seguridad la imagen de la cámara de video vigilancia más cercana.

6.6 PRODUCTOS

6.6.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

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

6.6.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

Dentro del entregable Sistema de comunicaciones, se deben incluir como mínimo los siguientes productos y los correspondientes proyectos básicos de diseño a nivel de factibilidad que incluyan como mínimo los documentos entregables indicados en cada caso:

6.6.2.1 Sistema de radiocomunicaciones de voz y datos

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos básicos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Planos básicos 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 PROYECTO)
- Estudio de Integración de sistemas de voz y grabación
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Plan de Frecuencias
- Análisis de interferencias con otros sistemas de radios
- Plan de Numeración Integrado en concordancia con el de telefonía e interfonía (opcional).
- 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 definidos en la "Gestión RAMS".

6.6.2.2 Plataforma colaborativa y comunicaciones unificadas IP

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.

- Planos básicos de ubicación de teléfonos.
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- 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 (opcional).
- 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 y documentación del SW de Gestión
- Entregables de RAMS definidos en el documento de la "Gestión RAMS".

Sistema de interfonía (opcional)

- Especificación funcional
- Planos básicos de instalación de interfonos.
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Definición de interfaces
- Esquemas de interconexión con otros sistemas
- Estudio de integración de sistemas de voz
- Plan de Numeración Integrado en concordancia con el de telefonía y radiocomunicaciones.
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Datasheet de equipos y documentación de Software de Gestión
- Entregables RAMS definidos en el documento de la "Gestión RAMS

6.6.2.3 Sistema de megafonía

- Especificación funcional
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Planos básicos de instalación de megáfonos.
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Definición de interfaces

- Esquema de interconexión con otros subsistemas
- Estudio electroacústico para megafonía
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Data sheet de equipos y documentación del SW de gestión.
- Entregables de RAMS definidos en el documento "Gestión RAMS

6.6.2.4 Sistema de información al viajero (opcional)

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Definición de interfaces
- Planos básicos de instalación de los paneles de información
- Planos básicos de ubicación de los paneles.
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas.
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- 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 y documentación de todo el SW de gestión.
- Plan de control de calidad
- Entregables de RAMS definidos en el documento "Gestión RAMS
- Estudio de alternativas de Modelos de financiación y explotación

6.6.2.5 Red de nivel físico

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Definición de equipos e interfaces
- Estudio de dimensionado de tráfico
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas.
- Entregables de HW definidos en la Norma EN 50129.
- Entregables de RAMS definidos en el documento "Gestión RAMS"

6.6.2.6 Red de transmisión de voz y datos

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo
- Planos básicos de instalación y ubicación de los emplazamientos

- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas
- Definición de interfaces
- Esquemas de interconexión con otros subsistemas
- Estudio técnico de requisitos de transmisión red de voz y datos
- Estudio de Integración de sistemas de voz y grabación
- Plan de direccionamiento IP
- Estudio de cobertura radio (Cobertura, Regiones de Handover, Interferencias, en túnel, estaciones y demás edificios del PROYECTO)
- Plan de Frecuencias
- 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 definidos en el documento "Gestión RAMS"
- Billetaje: plan de explotación de las aplicaciones de gestión y control, plan de administración de medios de pago, plan de implantación (aplica en caso de implementar un sistema de recaudo electrónico)

6.6.2.7 Sistema de video vigilancia (CCTV)

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos básicos de cobertura CCTV
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas, estaciones e instalaciones de la línea
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- 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 definidos en el documento "Gestión RAMS"

6.6.2.8 Sistema de cronometría

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Esquema de interconexión con otros subsistemas

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

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

- 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 de la "Gestión RAMS"

6.6.2.9 Sistema de supervisión unificada

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- 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 definidos en la "Gestión RAMS"
- Planos básicos de distribución de equipos en puestos de supervisión

6.6.2.10 Sistema de control de accesos

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos de instalación y ubicación de los emplazamientos
- Planos básicos 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
- Definición de interfaces
- Datasheet de equipos y documentación de todo el SW de gestión.
- Entregables de RAMS definidos en "Gestión RAMS"
- Plan de cumplimiento de calidad
- Protocolo de ingreso a salas con control de acceso
- Planos básicos de instalación de dispositivos en los edificios del sistema
- Listado de salas con control de acceso
- Documentación de los perfiles de usuarios con acceso a las salas

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

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

7 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y TRACCIÓN

7.1 OBJETIVO

El objeto del presente documento consiste en definir las especificaciones funcionales y requerimientos técnicos mínimos que el Consultor debe cumplir en la elaboración de los diseños de factibilidad del Sistema de alimentación eléctrica y tracción del corredor, siguiendo los niveles de calidad y prestaciones establecidas en las presentes especificaciones.

El Sistema de Alimentación Eléctrica y Tracción se considera como parte de los sistemas ferroviarios, y estas especificaciones técnicas aplican, en el caso de que los trenes sean alimentados con energía eléctrica y se requiera el diseño, a nivel de factibilidad, de un sistema de alta tensión y de alimentación eléctrica para la tracción de los trenes. En caso contrario, la alimentación eléctrica de instalaciones se realizará con el diseño de redes de media y baja tensión conectadas a las líneas de distribución locales de los municipios o zonas donde se implanten las respectivas instalaciones.

Inicialmente se deberá realizar un análisis de la potencial de electrificación de tramos del trazado que podrían ser electrificados, según sus necesidades de demanda, cercanía con la red interconectada y requisito de infraestructura de soporte para implementar este sistema. Este análisis deberá realizarse mediante una metodología simplificada de evaluación multicriterio o de ciclo de vida que permita evaluar y justificar en qué tramos de la red es viable y eficiente instalar infraestructura de alimentación eléctrica para su operación desde el punto de vista de costos de inversión, costos de operación y mantenimiento, eficiencia energética y beneficios por reducción de externalidades, entre otros. Este análisis deberá realizarse de forma integrada con análisis de selección de tecnologías de material rodante.

Para la definición de la tipología de tracción de los trenes, el consultor debe realizar el estudio de las diferentes alternativas de tipología de motores y tracción de los trenes, entre ellas, de: motores diésel de última generación (Euro V o Euro VI), motores electro-diésel, motores de hidrógeno y motores eléctricos. Esta evaluación de alternativas debe realizarse mediante una matriz multicriterio que involucre al menos los siguientes aspectos para cada alternativa:

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

El resultado de estudio alternativas de motores y de tracción de los trenes, será presentado para aprobación a la Revisoría Técnica o Interventoría, y para definición de la alternativa por parte de la ANI.

Posteriormente, sobre los tramos potenciales se deberá definir los requisitos técnicos, funcionales y operacionales que deberán cumplir los Sistemas de Energía de la línea y realizar el diseño de este sistema a nivel de factibilidad.

7.2 NORMATIVIDAD

Se presenta a continuación la normativa nacional e internacional más significativa, sin ser los listados de carácter limitativo. Debe darse cumplimiento a toda la normatividad nacional e internacional, en sus últimas versiones.

- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas para la República de Colombia NTC 2050: Código eléctrico colombiano
- Resoluciones de la CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia.
- Normativas de las entidades prestadoras de servicios de distribución y alimentación de energía eléctrica que operan en el área de influencia del corredor férreo.
- Normativa UAESP: Manual Único de Alumbrado Público. (MUAP) Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.
- RETILAP: REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO
- EN 50119 Aplicaciones ferroviarias. Líneas aéreas de contacto para tracción eléctrica
- En EN 50121 Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética.
- EN 50122 Aplicaciones ferroviarias. Medidas de protección relativas a la seguridad eléctrica y a la puesta a tierra.
- En 50123 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Aparamenta de corriente continua. EN 50124 Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento.
- EN 50125 Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo.
- EN 50126 Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la seguridad de funcionamiento, fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad (RAMS)
- EN 50128 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección de ferrocarril.
- EN 50149 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Cables de contacto acanalado de cobre y de aleación de cobre.
- EN 50151 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Requisitos esenciales para aisladores compuestos.

- EN 50152 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Requisitos particulares para aparamenta de corriente alterna.
- EN 50153 Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Medidas de protección relativas a riesgos eléctricos.
- EN 50163 Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de las redes de tracción.
- EN 50317 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Requisitos y validaciones de medidas de la interacción dinámica entre el pantógrafo y las líneas aéreas de contacto.
- EN 50318 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Validación de la simulación de la interacción dinámica entre el pantógrafo y las líneas aéreas de contacto.
- EN 50327 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Armonización de los valores asignados para grupos convertidores y ensayos sobre grupos convertidores.
- EN 50328 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Convertidores electrónicos de potencia para subestaciones.
- EN 50329 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Transformadores de tracción.
- EN 50343 Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Reglas para la instalación del cableado.
- EN 50345 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Conjuntos de cables sintéticos aislantes para el apoyo de líneas aéreas de contacto.
- EN 50367 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de toma de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre)
- IEC 60 Ensayos en alta tensión.
- IEC 60850. Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de los sistemas de tracción.
- IEC 60146. Convertidores de semiconductores. Requisitos generales y convertidores de conmutación de línea
- IEC 61128 Seccionadores para corriente alterna. Corrientes transferidas durante la maniobra del seccionador.
- IEC 61129 Seccionadores de puesta a tierra para corriente alterna. Corrientes inducidas durante la maniobra del seccionador.
- EN 50266 Métodos de ensayos comunes para cables eléctricos sometidos a fuego. Ensayo de propagación de la llama en cables colocados en capas en posición vertical. Categoría B.
- EN 50265 Métodos de ensayos comunes para cables eléctricos sometidos a fuego. Ensayo de propagación de la llama para un conductor individual aislado o cable.
- EN 50267 Métodos de ensayos comunes para cables eléctricos sometidos a fuego. Ensayo de gases emitidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables.

- EN 50268 Métodos de ensayos comunes para cables eléctricos sometidos a fuego. Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.
- CEI 60287 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.
- EN 60811, CEI 811 Métodos de ensayos comunes para materiales de aislamiento y cubiertas de cables eléctricos.
- IEC 44 Transformadores de medida.
- IEC 56 Disyuntores de alta tensión en corriente alterna.
- IEC 71 Coordinación de aislamiento
- IEC 76 Transformadores de potencia.
- IEC 185 Transformadores de corriente.
- IEC 186 Transformadores de tensión.
- IEC 228 Conductores de cables aislados.
- CEI 229 Ensayo de cubiertas exteriores de cables.
- IEC 265 Interruptores de Alta Tensión.
- IEC 270 Medida de descargas parciales.
- IEC 287 Cálculo de intensidades de corriente en los cables.
- IEC 296 Aceites minerales para transformadores.
- IEC 376 Especificaciones para la recepción del SF6.
- CEI 949 Cálculo de las corrientes de cortocircuito admisibles.
- NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.

7.3 INSUMOS NECESARIOS

Para el diseño a nivel de factibilidad del Sistema de Alimentación de Energía Eléctrica y Tracción, se deben tener en cuenta entre otros los siguientes documentos:

- Componentes de los Estudios y diseños de factibilidad y estructuración:
  - Estudio de demanda y logística (ET-01)
  - Estudio de movilidad vehicular y peatonal (ET-02)
  - Estudios ambientales y sociales (ET-04)
  - Topografía (ET-05)
  - Diseño geométrico férreo y vial (ET-06)
  - Interferencia con redes y estudios hidrológicos (ET-07)
  - Geotecnia, geología y geomorfología (ET-08)
  - Estructuras (ET-09)
  - Material rodante (ET-12)
  - Centros intermodales (ET-13)
  - Patios y talleres (ET-14)
  - Vía férrea (ET-15)
  - Túneles (ET-16)
  - Operación y mantenimiento (ET-17)

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

7.4 GLOSARIO

AT: Alta Tensión

BT: Baja Tensión

CM: Centro de Maniobra

CT: Centro de Transformación

PCC: Puesto Central de Control

MT: Media Tensión

SER: Subestación Receptora

SET: Subestación de Tracción

SGE: Sistema de Gestión de Energía

UPS: Sistema de Alimentación Ininterrumpida o SAI

7.5 ALCANCE

7.5.1 DEBIDA DILIGENCIA

Se deben revisar todos los estudios técnicos que se hayan realizado con anterioridad que se consideren relevantes para el desarrollo del diseño, a fin de comprender cabalmente los diseños de ingeniería y, en general, todos aquellos estudios desarrollados hasta la fecha que tengan aplicabilidad. Para el efecto debe realizar:

- Revisión y análisis de información de las etapas anteriores. El Consultor recibirá los estudios realizados a la fecha, y debe revisar y analizar los mismos, dado que éstos serán los insumos básicos con los que se contará para llevar a cabo el alcance del Consultor, en especial los mencionados en el numeral 6.3 de este documento.
- Durante este proceso, el Consultor debe revisar y analizar el nivel de desarrollo de los estudios realizados de cara a la estructuración del proyecto.
- Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

7.5.2 FACTIBILIDAD

Las prescripciones aquí descritas engloban la información necesaria relativa a los requisitos técnicos, funcionales y operacionales que deben cumplir los Sistemas de Alimentación de Energía Eléctrica del Proyecto, siguiendo los niveles de calidad y prestaciones establecidas en el documento.

El Proyecto debe disponer de los Sistemas de Alimentación de Energía Eléctrica que permitan el correcto funcionamiento de todos los sistemas alimentados con energía eléctrica con los niveles de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad adecuados para conseguir la prestación de un servicio de transporte de viajeros y carga con estándares de calidad.

El presente documento define las prescripciones técnicas para un sistema de alimentación eléctrica con configuración propia y de alta fiabilidad, de los siguientes subsistemas:

- **Subestaciones Receptoras (SER)**: Recepción en Alta Tensión, transformación y salidas de las mismas hacia los anillos de distribución.
- **Anillos de Distribución de Energía**: Subsistema que transporta la energía desde las receptoras hasta los diferentes consumidores de la línea (subestaciones de tracción, estaciones, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, pozos de ventilación, túneles, talleres, etc.).
- **Centros de Transformación de Energía (CTE)**: Transforman la tensión de los anillos a la tensión de utilización de los consumidores y entregan la energía a los tableros correspondientes.
- **Subestaciones de Tracción (SET)**: Transforman y rectifican la tensión para poder suministrar energía a la catenaria.

No forman parte del alcance de la presente especificación técnica las distribuciones en la tensión de utilización más allá de los Centros de Transformación de Energía. Esta parte debe estar recogida en las especificaciones técnicas correspondientes.

El consultor podrá presentar alternativas de configuración de alimentación eléctrica combinada por zonas o sectores, siempre cuando justifique estándares de seguridad, fiabilidad y mantenibilidad similares a los que tiene la configuración que a continuación se propone.

7.5.2.1 Funcionalidad

El sistema eléctrico de un sistema de transporte ferroviario cuyos motores son alimentados por energía eléctrica, es un elemento esencial para el funcionamiento de este, tanto desde el punto de vista del propio funcionamiento para prestar un servicio de calidad como desde el punto de vista de la seguridad del transporte de usuarios y carga del mismo. 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 estaciones para atención de los usuarios y en los centros logísticos de manejo de carga.

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

El sistema de alimentación de energía eléctrica debe permitir la rápida recuperación del suministro eléctrico en el caso de fallo o avería de cualquier parte de la instalación. El diseño se debe realizar teniendo en cuenta que las operaciones de mantenimiento se puedan realizar en el menor tiempo posible, con el fin de aumentar la disponibilidad del sistema, mediante la reducción de los tiempos de reparación entre averías.

7.5.2.1.1 Descripción general del sistema eléctrico

El sistema eléctrico debe suministrar energía eléctrica a todos los consumidores del sistema de transporte ferroviario.

El sistema eléctrico del Proyecto se conectará a la red eléctrica de Alta Tensión del Sistema Interconectado Nacional mediante Subestaciones Receptoras. Estas subestaciones transforman 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.

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 de Energía (locales técnicos, puestos de mando descentralizado, túneles, pozos de ventilación, estaciones, talleres, patios, etc.)
- Anillo de tracción: Suministra energía eléctrica a todas las subestaciones de tracción.

Los Centros de Transformación de Energía están situados en los diferentes puntos de consumo ya mencionados anteriormente 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 eléctricamente.

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 móvil. Esta energía de corriente continua se transporta entre las subestaciones de tracción y el material móvil a través de un elemento de distribución que para el caso del Proyecto es la catenaria. El circuito eléctrico de suministro de los trenes se cierra a través de los rieles que conforman la vía, conectando de manera inversa a la catenaria, el material móvil con las subestaciones de tracción.

En la siguiente tabla se presentan los niveles de tensiones previstos para cada elemento que forma parte del sistema eléctrico en su generalidad y según los casos que se pudieran dar en los tramos o zonas del trazado:

Sistema	Nivel de tensión previsto
Acometidas de Alta Tensión	115 kV
Anillos de Distribución de Media Tensión	34,5 kV (por validar en los estudios de factibilidad)
Alimentación de Tracción	Debe definirse con base en estudio técnico y propuesta a realizarse por el consultor, considerando la operación mixta de trenes de carga y pasajeros
Servicios Auxiliares de Subestaciones Receptores, de Tracción y Centros de Transformación de Energía.	208/120 V, 3F+N, 60 Hz
Distribución de Baja Tensión en estaciones, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, pozos de ventilaciones, instalaciones de túneles, talleres, patios, etc.	208/120 V, 3F+N, 60Hz
	380 ó 440 V, 3F +N, 60 Hz
Sistemas de alimentación segura (SAI o UPS)	208/120 V, 3F+N, 60Hz
	120 Vcc i 48 Vcc

7.5.2.1.2 Subestaciones Receptoras (SER)

El planteamiento de suministro eléctrico para el Proyecto se determina a partir de subestaciones receptoras.

Los objetivos del planteamiento mediante subestaciones receptoras son los siguientes:

- Conseguir una alta disponibilidad y continuidad del suministro por conexión a redes de Alta Tensión malladas de alta disponibilidad
- Disminución de los costos de conexión por gran reducción de los puntos de conexión
- Optimización de la gestión de la red
- Optimización de la gestión de la facturación (concentración de las tarifas de acceso, optimización de las potencias a contratar, reducción de costos por compra en AT, etc)

Las subestaciones receptoras de energía son las instalaciones donde se recibe la energía eléctrica en alta tensión de las redes de distribución o transporte ubicadas a lo largo del corredor, redes que son abastecidas y respaldadas por la red interconectada nacional. A partir de la tensión de entrada, ésta se transforma para obtener la tensión de distribución, con la cual se realiza la distribución de la energía para la alimentación de todos los consumos (tracción, estaciones, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, instalaciones de túnel, pozos de ventilación, talleres, patios, etc.).

7.5.2.1.2.1 Ubicación y número de Subestaciones Receptoras

El planteamiento del Consultor debe definir el número y ubicación de las subestaciones receptoras para el suministro de energía. El estudio debe incluir:

- Estudio de la ubicación de las subestaciones receptoras
- Estudio del funcionamiento de toda la red del Proyecto a partir de las subestaciones receptoras

7.5.2.1.2.2 Dimensionamiento de las subestaciones receptoras

Las subestaciones receptoras deben estar dimensionadas de manera que, en caso de fallo o pérdida de suministro de una de ellas, las otras subestaciones receptoras puedan garantizar el funcionamiento normal del servicio. El diseño debe considerar la fiabilidad de la operación ante la falla de más de una subestación receptora, propendiendo por el mantenimiento de un servicio en condición nominales.

El dimensionamiento de las subestaciones receptoras 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 subestación receptora.

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. Los detalles de estas simulaciones se encuentran en el apartado correspondiente relativo a las subestaciones de tracción.

Para el cálculo de las potencias de instalaciones previstas, se debe hacer un estudio completo que incluya entre otros, los siguientes parámetros:

- Potencias instaladas en cada punto (estaciones, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, pozos de ventilación, túneles, talleres, patios, etc.).
- Factores de simultaneidad aplicados.
- Reserva para incrementos de potencias en el futuro, según las proyecciones de demanda de la línea.

7.5.2.1.2.3 Descripción funcional general de las Subestaciones Receptoras

7.5.2.1.2.3.1 Recinto de albergue

Las subestaciones receptoras se deben albergar en un edificio interior, se recomienda que este compuesto por dos plantas más una galería de cables transitable en la planta -1, siendo la distribución orientativa de equipos 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 líneas de acometida y la salida de los anillos de distribución.
- Planta 1: Aparamenta del cliente de AT, transformadores de potencia y sala de celdas de Media Tensión (Tensión de distribución de los anillos de distribución).
- Planta 2: 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, etc.), dependencias auxiliares (sala de tablero de BT, sala de comunicaciones, sala de extinción de incendios, etc.).

Cada subestación receptora debe disponer como mínimo de dos accesos (uno principal y una salida de emergencia), debiendo existir en todos los puntos de la receptora dos rutas alternativas de evacuación.

Las diferentes dependencias de las subestaciones receptoras deben sectorizarse con las adecuadas medidas pasivas para garantizar áreas de incendio independientes.

La galería de cables debe 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 deben ser suficientemente

anchos y altos para facilitar el cómodo tránsito de personas para la realización de tareas de mantenimiento, así como para realizar ampliación de las instalaciones. Se debe planificar la distribución de las galerías previendo las sectorizaciones de las mismas para garantizar una alta disponibilidad de la subestación receptora. Las galerías deben tener prevista la ventilación mediante la existencia de ductos 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 las subestaciones receptoras lo permita, los transformadores de potencia deben estar 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 debe facilitar la entrada y salida de los diferentes materiales, así como prever la fácil y rápida substitución de cualquier equipo en caso de necesidad. Para el mismo fin, se deben prever los equipos necesarios para el montaje, desmontaje, substitución o mantenimiento de los equipos existentes, como pueden ser puertas o accesos previstos, puentes grúa, elementos de sujeción, cestas, grúas, etc.

Debido al tamaño de los equipos, se debe prestar especial atención a los recorridos y maniobras de los transformadores de potencia, recurriendo al uso de carriles embebidos en el suelo para facilitar el movimiento de estos en las zonas de recorrido interior del recinto de albergue.

7.5.2.1.2.3.2 Conexión a la red de Alta Tensión

Las subestaciones receptoras se conectarán a la red de 115 KV en subestaciones de los operadores de red ubicados a lo largo del trazado, alimentadas eléctricamente mediante doble línea de alimentación, a circuitos diferentes provenientes del Sistema Interconectado Nacional. Estas conexiones deben entrar en la subestación receptora a través de la galería de cables, mediante cables aislados.

Para subestaciones receptoras diferentes, en lo posible se buscará que el origen de las conexiones sea lo más independiente posible, de manera que un fallo en una línea, una subestación o una zona del trazado nunca afecte a más de una subestación receptora.

En función de la forma de conexión con las compañías de energía, es muy probable que estas precisen un espacio para los equipos de entrega. En ese caso, este espacio se preverá en la planta 1 y también se deben prever accesos independientes para el personal de la compañía de energía.

7.5.2.1.2.3.3 Sala de Alta Tensión

Las dos líneas de conexión deben entrar 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 preferiblemente con la tecnología GIS, con celdas compactas y aisladas en gas SF6.

El esquema de Alta Tensión debe ser con doble barraje, a los cuales se 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 del operador de red, se debe acordar y validar el esquema unifilar con dicho operador para que se pueda realizar la conexión. De la misma manera, se debe acordar con el operador de red 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 en las posiciones de salida hacia cada transformador. Esta ubicación permitirá 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, se debe prever su funcionamiento 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, etc.). Es importante aclarar con el operador de red, 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 deben comunicarse e intercambiar información con las instalaciones del operador de red.

7.5.2.1.2.3.4 Transformación

Deben incluirse un total de 3 transformadores de potencia en cada subestación receptora para transformar la tensión de entrada (115 KV) a la tensión de distribución de 34,5 KV (tensión a validarse en los estudios de factibilidad). De ellos, uno debe estar 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 debe ser 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 debe ser 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 por los equipos, como para la evacuación de gases y humo en caso de incendio. También deben 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 el exterior, deben ser ubicados en un recinto independiente o dependencia cerrada individual, dotada de un acceso para personas, incorporando un enclavamiento de apertura con el interruptor de alimentación del transformador correspondiente. El recinto debe respetar la distancia mínima necesaria, tanto condiciones de aislamiento como para permitir el acceso y libre movimiento del personal durante el montaje, desmontaje y mantenimiento de este. Así mismo, en el caso de exterior, el cerramiento debe favorecer la ventilación del transformador.

7.5.2.1.2.3.5 Distribución de energía hacia el exterior

La distribución en el nivel de tensión de 34,5 KV (a validarse en los estudios de factibilidad) se realizará desde la sala de Media Tensión.

Los cables deben circular 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 deben haber 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 auxiliares de la subestación receptora).

Se deben incluir tres barrajes, uno alimentado de cada transformador. En los extremos estarán los barrajes correspondientes a Tracción ubicados a un lado y las 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.

7.5.2.1.2.3.6 Servicios auxiliares

La alimentación en Baja Tensión de los servicios auxiliares de la subestación receptora se debe realizar a través de los dos transformadores de servicios auxiliares 34,5/0,208 KV. Estos transformadores deben ser redundantes y conmutados, de manera que solo uno de ellos aportará la potencia necesaria para la alimentación eléctrica 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 falla de los transformadores de servicios auxiliares, se debe estudiar la posibilidad de instalación de una de las siguientes dos soluciones:

- Grupo electrógeno: situado en una dependencia propia, junto 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, el cual debe consistir 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 deben estar ubicados en una misma dependencia, donde 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 implique el equipamiento que se instale.

Los servicios auxiliares existentes en la receptora deben ser, al menos, 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, etc.)
- Control distribuido de la subestación receptora
- Comunicaciones con el Puesto Central de Control

7.5.2.1.2.4 Anillos de distribución de energía

Los anillos de distribución de energía tienen como misión suministrar la energía procedente de las subestaciones receptoras a la totalidad del sistema eléctrico

de la red, para la alimentación de la totalidad de los consumos de la red del corredor.

La distribución se debe realizar 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 puestos de mando descentralizado, los locales técnicos, los túneles, los pozos de ventilación, los talleres, los patios, etc.

7.5.2.1.2.4.1 Aspectos generales

Cada uno de los dos anillos constará de dos ramas, las cuales deben transitar por los espacios reservados en la infraestructura y cada rama transitará por un lado diferente.

La tensión de distribución prevista será de 34,5 KV (a validarse en los estudios técnicos de factibilidad), por tratarse de una tensión extendida a nivel de distribución, es posible, aunque no está previsto, que de manera provisional se pueda conectar a la red pública en algunos puntos de la línea, por lo que es ventajoso para el proyecto tener una tensión de distribución en los anillos existentes en las ciudades y zonas del trazado. No obstante, la elección de la tensión debe ser analizada y avalada en el estudio correspondiente.

7.5.2.1.2.4.2 Anillo de distribución de tracción

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

- El anillo constará de dos ramas.
- Cada rama transitará por un lado diferente de la sección, manteniendo siempre el mismo criterio de lado.
- 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 subestaciones receptoras 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 reducir los puntos potenciales de averías.

El siguiente esquema ejemplifica un anillo de distribución para una red conformada por 3 SER (subestaciones receptoras)

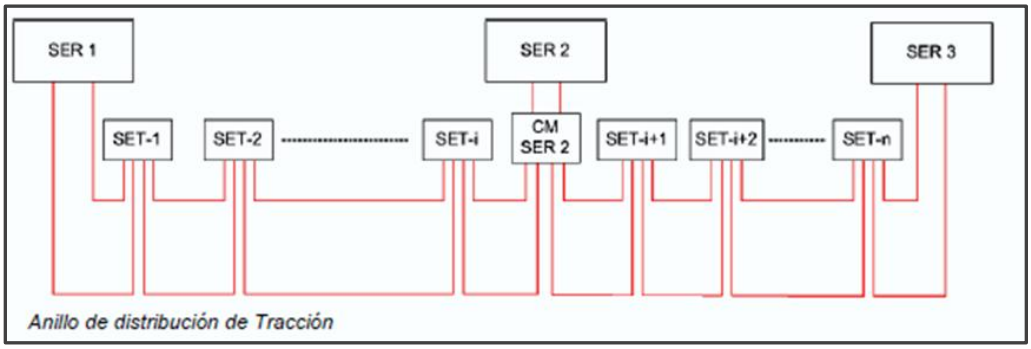


Figura 1. Anillo de Distribución de Tracción de referencia

7.5.2.1.2.4.3 Anillo de distribución de instalaciones

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

- El anillo constará de dos ramas.
- Cada rama transitará por un lado diferente de la sección, manteniendo siempre el mismo criterio de lado.
- 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 subestaciones receptoras correspondientes.
- Cada rama del anillo estará dividida en tramos comprendidos entre dos centros de transformación de energía a alimentar.
- Cada punto de suministro (estaciones, puestos de mando descentralizado, locales técnicos, túneles, ductos de ventilación, talleres, patios, etc.) dispondrá de dos centros de transformación de energía redundados. Cada rama del anillo alimentará a un centro de transformación de energía diferente.
- Los tramos de las ramas no podrán tener empalmes en los cables, para minimizar las
- averías de los mismos.

El siguiente esquema ejemplifica un anillo de distribución para una red conformada por 3 SER (subestaciones receptoras)

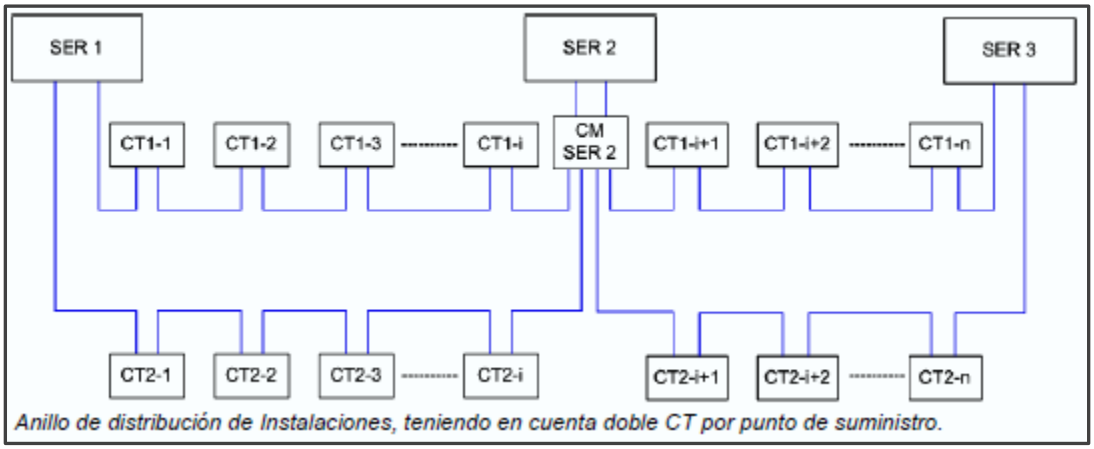


Figura 2. Anillo de Distribución de Instalaciones de referencia

7.5.2.1.2.4.4 Centros de maniobra

Para los casos en los que la subestación receptora no esté situada al final de la línea, se deben prever unos centros de maniobra adyacentes a la subestación receptora, con el objeto de poder maniobrar los anillos adecuadamente, para dar continuidad al suministro en caso de fallo de suministro en la subestación receptora en cuestión. Las características funcionales de este centro de maniobra deben ser como mínimo las siguientes:

- Recinto independiente de la subestación receptora, con accesos independientes, para que en caso de incendios o afectaciones en la misma no perturben a las dos instalaciones y se pueda garantizar la continuidad del suministro eléctrico.
- Servicios auxiliares independientes: comunicaciones, alimentación eléctrica, etc.
- Las salidas de los anillos de las subestaciones receptoras entrarán en el centro de maniobra y de allí se repartirán adecuadamente las diferentes ramas de los diferentes anillos.

7.5.2.1.2.4.5 Gestión de los anillos de distribución

Aunque cada instalación (subestaciones de tracción o centros de transformación de energía) tenga dos acometidas, solo una de ellas debe dar 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 deben asegurar la continuidad de los circuitos de los anillos, posibilitando que todas las instalaciones conectadas dispongan de tensión.

En condiciones normales de operación comercial, cada subestación receptora debe suministrar 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 operación del corredor.

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

La gestión de los anillos se debe realizar desde el PCC mediante un programa de ayuda a la operación de los mismos, que se denominará Sistema de Gestión de Energía (SGE), para conseguir la optimización económica de la operación comercial.

Los diferentes tramos de cada rama de cada anillo de distribución deben contar con protecciones coordinadas para proteger el tramo correspondiente. La configuración de las protecciones se debe poder 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 podrían originar cortocircuitos, sobrecargas, tensiones homopolares, sobretensiones y subtensiones. El sistema de protección eléctrica debe 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 falla, 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.

7.5.2.1.2.4.6 SCADA de Energía

El SCADA de Energía estará ubicado en el PCC y tendrá tres modos de funcionamiento:

- Automático: A petición del operador, el sistema calculará la configuración óptima y ejecutará las maniobras necesarias.
- Semiautomático: El sistema calculará la configuración óptima y la presentará al operador de energía. Éste decidirá si acepta la propuesta y en caso afirmativo el SCADA de Energía la ejecutará.

- Manual: Será el operador el que realice las maniobras. El SCADA de Energía informará de la situación.

El SCADA de Energía debe proponer, a petición del operador de energía, alternativas de reconfiguración de los anillos, para mejorar la operación de los mismos, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Maniobras mínimas.
- Mejora de la eficiencia energética (minimizar pérdidas por caídas de tensión).

Debe ser posible deshabilitar el criterio de maniobras mínimas, teniendo en cuenta los posibles cambios de configuración que se puedan plantear durante los mantenimientos programados fuera de operación comercial.

7.5.2.1.3 Centros de transformación de Energía (CTE)

Los Centros de Transformación de Energía, 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 (ascensores, escaleras mecánicas, ventiladores, equipos de taller, etc.) Los centros de transformación de energía se sitúan en los puntos de necesidad de tensión de utilización, los cuales son:

- Estaciones de viajeros
- Centros logísticos de carga
- Puestos de mando descentralizado
- Túneles
- Pozos de ventilación
- Talleres
- Patios

7.5.2.1.4 Aspectos generales

En todos los puntos de consumo, donde se requiere la instalación de centros de transformación de energía, se debe estudiar entre las siguientes opciones de configuración:

- Disponer de dos CTEs 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 CTE se realizará la entrada y salida del anillo.
- Disponer de un único CTE, con transformadores redundantes que suministren las tensiones necesarias, alimentados igualmente de diferente rama del anillo, haciendo entrada y salida.

En este documento se describe el caso de dos CTEs independientes. En el caso de que el estudio resuelva que debe haber un solo CTE, deben hacerse las adaptaciones correspondientes.

Se deben instalar un total de dos centros de transformación redundantes. Cada uno de ellos debe 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 debe estar conectado a una rama del anillo de distribución de instalaciones.

Cada Centro de Transformación de Energía constará de una zona común y de un recinto cerrado en forma de sala o celda donde se alojará el transformador, con acceso peatonal a través de la zona común, si bien puede haber una puerta de materiales directa a la celda del transformador hacia una vía de acceso, para el suministro o sustitución del transformador. El resto de las instalaciones del centro de transformación de energía se situarán en la zona común.

Los centros de transformación de energía deben incluir 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 de energía, 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 de energía 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.

7.5.2.1.5 Subestaciones de Tracción

Se dispondrá de una red de subestaciones de tracción distribuidas a lo largo del trazado, con el objetivo de transformar y rectificar la tensión alterna de suministro de los anillos de distribución (34,5 KV) en una tensión continua según se defina con base en estudio técnico a realizarse como parte de los estudios de factibilidad), para posteriormente distribuirla al sistema de catenaria y alimentar, de esta manera, a el material rodante que circule.

7.5.2.1.5.1 Dimensionamiento

El dimensionamiento, número y distribución geográfica de las subestaciones de tracción se realizará mediante simulación de tracción. Los parámetros a considerar en esta simulación, entre otros, serán:

- Ubicación de las SETs
- Características energéticas y de regeneración del material rodante seleccionado, para cumplir con los requisitos de explotación exigidos.
- Frecuencia máxima de operación para responder a la capacidad de transporte exigida
- Características de la catenaria

7.5.2.1.5.2 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 operación que se haya definido, sin que ello suponga ninguna pérdida ni degradación del servicio.

Cada subestación debe estar 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 para la 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 debe ser la típica de larga distancia y de cercanías, de manera que, en condiciones normales de operación, cada vehículo recibirá energía eléctrica procedente de las dos subestaciones que le sean colaterales. Cada subestación de tracción debe tener la 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 permitirán alimentar desde las dos ramas del anillo SET. De esta manera, la caída de una de las líneas de 34,5 KV (tensión a validarse en los estudios de factibilidad) no debe afectar al normal funcionamiento de la subestación de tracción.

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

- 100% en permanencia
- 150% durante 2 horas
- 300% durante 1 minuto

Los servicios auxiliares de la subestación de tracción se deben alimentar 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 eléctrico. Además, la subestación de tracción también recibirá una línea de alimentación de la instalación que la albergue o de la instalación. Esta línea debe asegurar 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 deben disponer del equipamiento necesario dependiendo de su ubicación y de las posibles singularidades existentes. Son especialmente importantes las subestaciones que alimentarán a los tramos de túnel, talleres y centros logísticos, con grupos exclusivos para este fin.

El Consultor debe 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 las compañías eléctricas suministradoras.

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

7.5.2.1.5.3 Criterios de seguridad

Los requisitos exigibles a los equipos y materiales que formen parte del sistema se deben elaborar en estricto cumplimiento de la normativa nacional e internacional aplicable sobre la seguridad, tanto del personal de operación y mantenimiento del sistema, como de los propios equipos. De acuerdo con lo indicado, el diseño de las instalaciones, así como las características constructivas de los equipos, debe cumplir 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.

- Las instalaciones y tendidos de cables deben ser protegidas, deben diseñarse y construirse contra riesgos de hurto y vandalismo.

7.5.2.1.5.4 Criterios de mantenimiento

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

- Implantaciones de equipos y sistemas que permitan el rápido 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 debe permitir que cualquier acción de mantenimiento de las mismas que implique total desconexión, se pueda realizar sin afectar la operación del sistema.

Teniendo en cuenta que las conexiones de servicio de las acometidas en cada subestación de tracción se deben realizar mediante doble seccionamiento de entrada y salida, cualquier tarea de mantenimiento o ampliaciones de estas líneas, debe poderse 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 deben ser preferiblemente del tipo seco, con ventilación natural y libres de mantenimiento.

7.5.2.1.6 Sistema de alimentación eléctrica por Catenaria

El sistema de alimentación eléctrica es el encargado de transportar la energía entre la subestación de tracción y el material móvil que circula por la línea.

El retorno de la energía entre el material móvil y la subestación de tracción se hace a través del llamado circuito de retorno. El circuito de retorno también se abordará en este apartado.

La tensión de alimentación del sistema será de a través de la catenaria (con una tensión a definirse con base en estudio a realizarse como parte de la factibilidad).

El sistema debe estar diseñado para operar a la velocidad máxima de diseño de la línea; además, debe 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.

7.5.2.1.7 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 (, 115 KV, 34,5 KV, tensión para la alimentación eléctrica a los trenes, a través de la catenaria, a definirse según estudios técnicos del consultor, Baja Tensión, etc.)

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

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

- Tener en cuenta todos los niveles de tensión existentes y la convivencia de los diferentes sistemas de electrificación en espacios reducidos.
- Contemplar todas las incidencias eléctricas que se puedan dar y sus simultaneidades posibles.
- Ser un sistema robusto y confiable. Se deben evitar en la medida de lo posible, sistemas que requieran mantenimientos exhaustivos.
- Ser un sistema perdurable en el tiempo. Previendo y evitando que el sistema pueda dejar de ser seguro en el caso de que las condiciones del terreno o de contorno varíen.
- Ser respetuoso con instalaciones de terceros, desde el punto de vista de circulación de corrientes galvánicas. Para lo cual, debe disponerse de protecciones catódicas.
- Permitir el correcto y sencillo mantenimiento de las instalaciones.

7.5.2.1.8 Administración de la Compatibilidad Electromagnética (CEM)

El objetivo de la administración CEM es mitigar las interferencias producidas por las emisiones electromagnéticas, en los equipos propios del sistema de transporte, así como en los sistemas y equipos externos, así como las afectaciones al entorno y a las personas, para la especificación técnica de este apartado, el Consultor debe tener en cuenta los criterios establecidos en la serie de normas EN 61000 y UNE-EN 50121

7.5.2.2 Descripción Técnica

A continuación, se presenta una descripción técnica de los diferentes componentes del sistema de suministro eléctrico.

7.5.2.2.1 Subestaciones Receptoras

7.5.2.2.1.1 Dependencias de una Subestación Receptora

Las subestaciones receptoras deben constar, como mínimo, de las siguientes dependencias o recintos:

- **Galerías de cables:** A ambos lados de los pasillos de las galerías se instalarán ménsulas (Bandeja porta cable) para la colocación de los diferentes cables. La distancia vertical entre ménsulas (de la bandeja porta cable) debe permitir la evacuación del calor producido por los cables. Los cables de alta tensión se agruparán en ternas trifásicas (cable trenzado), montando cada terna sobre la bandeja porta cable. Las ternas se fijarán a las bandejas porta cable ménsulas por medio de abrazaderas.
- **Alta Tensión:** Con acceso a galerías, espacio lateral para acceso y mantenimiento, acceso previsto para entrada y salida de equipos y puente-grúa o materiales a utilizar para el montaje de los equipos.
- **Sala de Control Alta Tensión:** Situada al lado de la Sala de Alta Tensión, controlará tanto los equipos y elementos de alta tensión como los transformadores de distribución.
- **Celda Transformador de Tracción:** Con cerramiento y cumpliendo con las normas de instalaciones eléctricas NTC 2050, RETIE y de las compañías eléctricas suministradoras, enclavamiento de acceso, carrileras, acceso a galerías y en el caso de interior ventilación forzada y extinción.
- **Celda Transformador de Instalaciones:** Con cerramiento y cumpliendo con las normas de instalaciones eléctricas NTC 2050, RETIE y de las compañías eléctricas suministradoras, enclavamiento de acceso, carrileras, acceso a galerías y en el caso de interior ventilación forzada y extinción.
- **Celda Transformador de Reserva:** Con cerramiento y cumpliendo con las normas de instalaciones eléctricas NTC 2050, RETIE y de las compañías eléctricas suministradoras, enclavamiento de acceso, carrileras, acceso a galerías y en el caso de interior ventilación forzada y extinción.
- **Media Tensión:** Acceso a galerías y espacio de reserva para ampliaciones.
- **Resistencias de puesta a tierra del neutro**
- **Sala Centralizada de Control de la Subestación Receptora:** Con acceso al control distribuido, réplica de la central de incendios y desde donde se comunica con el Puesto Central de Control.
- **Sala de Comunicaciones:** Centraliza los equipos de comunicaciones (central telefónica, repartidores de fibra óptica, equipos de radio, servidores, central de megafonía, servidor de vídeo).
- **Sala de Baja Tensión:** Con los tableros de Servicios Críticos, servicios no críticos y – Transformador 1: Con enclavamiento de acceso, detección y extinción de incendios (ésta última si el transformador es por aislamiento de aceite).
- Transformador 2: Con enclavamiento de acceso, detección y extinción de incendios (ésta última si el transformador es por aislamiento de aceite).

- **Sala de Protección contra incendios:** Equipos centralizados de extinción automática, central de incendios, equipos de detección, etc.
- **Grupo Electrógeno:** Grupo electrógeno y depósito de combustible.

7.5.2.2.1.2 Alta Tensión

Las instalaciones de Alta Tensión deben estar formadas preferiblemente por celdas blindadas con tecnología GIS con conductores aislados en SF6. La configuración prevista debe ser un sistema de doble barraje y con 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.

Los cables, tanto de las líneas de acometida, como los de conexión con los transformadores, se deben conectar 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 deben estar 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, etc.), 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 de este.

El punto de frontera entre el operador de red y el sistema de alimentación eléctrica del proyecto, debe ser río arriba del interruptor (Circuit breaker) 115 kV instalado en la SER.

La conexión del punto de frontera debe realizarse con cable aislado del tipo seco a través de las galerías de cables, a no ser que las instalaciones de operador de red estén en una ubicación y situación que permitan una conexión directa en tecnología blindada.

Se debe prever el sistema de comunicación e intercambio de información entre el operador de red y el Proyecto, mediante sistemas de Fibra Óptica y buses de comunicación.

7.5.2.2.1.3 Transformación

Las características básicas de los transformadores deben ser, como mínimo, 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: 115/34,5 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.

7.5.2.2.1.4 Media Tensión

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

- Celdas tipo interior.
- Aislamiento en SF6.
- 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, al menos, con 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 deben 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 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, etc.). 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 substituibles, incluidas las centrales; es decir, 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 debe 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 deben 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.

7.5.2.2.1.5 Servicios auxiliares

Como se ha indicado en el apartado funcional, deben contemplarse tres tableros o celdas 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 instalarán los interruptores adecuados para realizar la protección magnetotérmica y diferencial de cada una de las salidas hacia los diferentes servicios de la subestación receptora. Los interruptores tendrán como mínimo el poder de corte obtenidos en los cálculos de cortocircuitos, las desconexiones deben ser automáticas, con posibilidad de accionamiento manual. Se deben instalar 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 construidos 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 deben estar debidamente identificados mediante rotulación. Todos los interruptores deben estar debidamente protegidos contra contactos involuntarios con las manos.

Los elementos de medida como voltímetros y amperímetros, así como los pilotos de señalización deben ser visibles desde el exterior sin necesidad de apertura de las puertas. Los rectificadores-cargadores de baterías, necesarios para obtener 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 niquel-cadmio, instaladas en armario autoventilado.
- Módulo de control.
- Interruptores magnetotérmicos de protección.

La autonomía mínima del grupo electrógeno debe ser de al menos 24 horas. El grupo electrógeno debe estar 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 debe tener un cuadro de control dotado de un microprocesador que proporcionará el mando y control del grupo de manera automática o manual.

La ventilación debe dimensionarse con base en un estudio inicial, donde se analizarán las cargas térmicas de los equipos de la subestación receptora. El aire de renovación se introducirá directamente desde el exterior. El sistema de ventilación expulsará el aire interior hacia el exterior y se debe 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 deben contar 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 deben prever sistemas de silenciadores que sean precisos para garantizar un comportamiento acústico confortable en el interior de la subestación receptora y según las normas en el exterior de la misma.

Se debe realizar un estudio de climatización, para las salas que contengan equipos electrónicos: sala de control de Alta Tensión, sala centralizada de control de la subestación receptora y la sala de comunicaciones.

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

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

7.5.2.2.2 Anillos de distribución de energía

7.5.2.2.2.1 Celdas

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

Las celdas de acometida de las subestaciones de tracción deben tener, al menos, 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 deben incorporar funciones de protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos de fases y homopolar.

En función del escenario de operación que se proponga, se deben coordinar las protecciones para mantener la selectividad del sistema. En caso de fallo, se debe disparar la protección correspondiente y aislar el tramo afectado.

7.5.2.2.2.2 Cables

Los cables unen diferentes puntos consumidores de los anillos. Así en el caso de los anillos de distribución, deben existir 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 de energía 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 de energía es menor, los tramos de cable entre celdas de acometida deben tener el mínimo número de empalmes, para minimizar averías posteriores. En caso de realización de empalmes, se debe 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 debe mantener las mismas características de estanqueidad, resistencia mecánica y demandas térmicas y electromecánicas a cortocircuitos que el resto del cable. En estos empalmes, es de vital importancia

eliminar la capa semiconductora sobre el aislamiento. En cualquier caso, una vez instalados los cables, debe 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, y especialmente los de túnel, deben ser de características que minimicen los efectos de un incendio, entre ellos:

- 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 (túnel, vía exterior o puentes). En el caso de los tramos en túnel, los cables se colocarán con abrazaderas de sujeción sobre ménsulas sujetas al hastial del túnel. En las demás secciones dependerá de la configuración que se prevea con canalizaciones para instalaciones u otras soluciones. En cualquier caso, las fijaciones deben soportar los esfuerzos mecánicos que puedan ocasionar las sobrecargas que puedan producirse.

7.5.2.2.3 Centros de transformación de Energía

7.5.2.2.3.1 Celdas de Media Tensión

Las celdas de media tensión de 34,5 KV (tensión a validarse como parte de los estudios de factibilidad) deben formar un barraje simple, formado por tres celdas, dos de acometida y una de grupo, debe ser accesibles frontalmente y se preverá el espacio para el acceso de los cables. Las celdas tendrán las siguientes características generales:

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

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

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

La celda de grupo debe ser con interruptor automático de corte en vacío y seccionador de tres posiciones (conectado-desconectado-puesta a tierra) en serie con él. Las celdas deben ser motorizadas, permitiendo el accionamiento del interruptor automático en local o a través del telemando. El interruptor automático y el seccionador de puesta a tierra deben ser independientes, pero

deben estar enclavados para no permitir la conexión del interruptor automático con el seccionador de puesta a tierra cerrado, ni viceversa.

Las celdas deben incluir todos los equipos o aparatos de protección y medida que sea necesaria, la cual será telemanda desde el sistema de Control Distribuido del Centro de Transformación de energía. La alimentación de las maniobras debe ser a 110 Vcc, mediante el suministro de una fuente de alimentación + baterías.

7.5.2.2.3.2 Control y gestión de los equipos

Los centros de transformación de energía deben estar dotados de un autómata, que permitirá la señalización del estado de las instalaciones y su telemando a distancia. Este autómata debe ser compatible con los autómatas de nivel superior del sistema de comunicaciones.

7.5.2.2.3.3 Transformador

Los transformadores se deben alojar 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. Deben cumplir con las normas NTC 2050, RETIE y de la compañía eléctrica suministradora, relacionado con las celdas para transformadores en aceite o tipo secos según el caso.

Las dimensiones de la celda del transformador deben ser suficientes 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 deben transitar 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 de energía correspondientes.

7.5.2.2.3.4 Servicios Auxiliares

- **Ventilación**

Se debe calcular la ventilación necesaria para evacuar el calor generado tanto en la zona común como en la celda del transformador. Debe existir un circuito de impulsión y un circuito de extracción, teniendo en cuenta que las rejas de captación y extracción de aire estén debidamente separadas para garantizar que no haya recirculaciones del aire caliente de salida.

Tanto en la entrada como en la salida de aire se debe instalar compuertas cortafuegos conectadas al sistema de protección contra incendios para que, en caso de incendio, se sectorice la sala y el incendio quede confinado.

La puesta en marcha de la ventilación puede ser mediante conexión manual o mediante el accionamiento a través de un termostato de ambiente situado en el interior.

- **Protección contra incendios**

La instalación por 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 central de incendios instalada en la subestación o en la instalación que la alberga.

En el caso de que los transformadores instalados sean de aceite, se debe instalar 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.

7.5.2.2.4 Subestaciones de tracción

7.5.2.2.4.1 Aspectos generales

Las Subestaciones de Tracción deben incluir como mínimo, 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 la tensión a para la alimentación eléctrica de los trenes a través de la catenaria (a definirse como parte de los estudios de factibilidad), tensión de alimentación de la catenaria
- Celdas de corriente continua a la tensión de alimentación eléctrica de los trenes para la salida de los 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, etc.)
- 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 deben disponer 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.

En los tramos de túnel, las subestaciones de tracción deben estar situadas en recintos específicos situados en puntos estratégicos del túnel. En secciones exteriores o en puentes, si bien se considera mejor para reducir el impacto visual, la colocación de las subestaciones de tracción junto a las estaciones de pasajeros o centros logísticos de carga, podrán ubicarse previa autorización en el lugar óptimo, de acuerdo con la ubicación resultante de la simulación de tracción correspondiente.

7.5.2.2.4.2 Instalaciones de Media Tensión

La tipología de la subestación de tracción debe ser interior, con celdas de media tensión de 34,5 KV y debe disponer 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 deben ser del tipo seco, con ventilación natural y libres de mantenimiento.

También debe haber dos celdas de protección de los dos transformadores de servicios auxiliares, que protejan contra cortocircuitos y sobrecargas.

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

7.5.2.2.4.3 Instalaciones de corriente continúa

Las celdas de corriente continua son del tipo modular, constando de un embarrado de tres polos (positivo, negativo y by-pass). Todos los elementos de seccionamiento deben ser motorizados, alimentados a 110 Vcc. Se debe prever acceso para el personal de mantenimiento a través de un pasillo.

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

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

Las celdas de alimentación de tracción deben disponer 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 interruptor de tracción ya exista tensión en línea debida a otra subestación de tracción colateral, será necesario que antes de cerrar automáticamente el interruptor extrarrápido, se analice la tensión en la línea 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 interruptor 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 la línea (información proveniente del Telemando de Energía), enviará una señal de desconexión al disyuntor de tracción correspondiente de la subestación colateral, el cual estaba alimentando en paralelo el cantón afectado por el defecto.

La salida de las líneas de tracción hacia el sistema de alimentación se realiza a través de seccionadores de tracción ubicados en la Sala de seccionadores.

El polo negativo del embarrado de corriente continuo se conecta a los cables procedentes de los rieles de la vía a través de la celda de retornos, llevándose a cabo la 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 (riel) y tierra
- Defectos eléctricos de las celdas a tierra
- Intensidades de retorno
- Diferencias de tensión entre barra positiva-negativa-by-pass

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

7.5.2.2.4.4 Control y gestión de las subestaciones de tracción

Todas las subestaciones deben poder operar sin personal permanente, gracias a un sistema de control distribuido basado en autómatas programables. En condiciones de operación normales, el funcionamiento debe ser automático, aunque el sistema debe estar permanentemente supervisado desde el SCADA

de Energía del PCC de la línea. Desde el PCC se debe tener conocimiento del estado de los circuitos de potencia de todas las subestaciones, y se debe recibir la información de cualquier incidencia o alarma que se dé. El operador técnico del PCC debe poder acceder a los circuitos de potencia y modificar su estado en remoto.

Desde el punto de vista de protección y control distribuido, se debe prever todos los relés de protección, PLCs dedicados, Puesto de Control Local y red de comunicaciones interna de cada subestación. Así mismo, se debe prever el equipamiento de conexión al sistema de comunicaciones previsto.

Las subestaciones de tracción deben estar dotadas de los siguientes niveles de control:

- Nivel a pie de equipo, desde los propios equipos
- Nivel local, desde el autómata (PLC) de control de cada equipo
- Nivel centralizado local, desde el Puesto de Control Local (PCL) de cada subestación
- Nivel de telemando remoto, a través del Telemando de Energía desde el PCC

La prioridad sobre el control siempre debe recaer en el nivel inferior (local), anulando cualquier posibilidad de control desde los niveles superiores (remoto) mientras duren las operaciones correspondientes.

7.5.2.2.4.5 Servicios auxiliares

Las subestaciones deben ir equipadas con los servicios auxiliares necesarios para garantizar una explotación segura (alumbrado normal y de emergencia, ventilación forzada, detección automática de incendios, protección anti intrusión, puesta a tierra, etc), el control de estos debe estar integrado en el sistema de control distribuido general.

Cada Subestación de Tracción debe disponer 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, etc.
- Servicios críticos en corriente alterna: rectificador, subcuadro de seccionadores, videovigilancia, tomas de corriente sala de control, alumbrado de emergencia, ondulador, compuertas de ventilación, central 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 de medida, seta de desconexión general, enclavamientos puertas transformadores, ondulador, alumbrado de continua,

- Línea de Baja Tensión procedente de la subestación o instalación más próxima, para conmutación de los servicios críticos en el caso de pérdida del suministro habitual.

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

Cada subestación de tracción debe constar de una red de tomas de corriente de 208 V (3F+T) y otra de 120 V (2F+T). Se debe disponer 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 deben tener sistemas de protección contraincendios, basados en sistemas automáticos de detección conectados a la central de incendios y equipos portátiles de extinción (extintores).

Cada subestación de tracción debe tener tres tipos de alumbrado:

- Alumbrado Normal: alimentado desde el tablero de servicios no críticos
- Alumbrado de Emergencia: alimentado desde el tablero de servicios críticos, asegurando 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) debe ser la necesaria para el correcto funcionamiento de las subestaciones de tracción.

7.5.2.2.5 Sistema de alimentación por Catenaria

7.5.2.2.5.1 Aspectos generales

Para minimizar las corrientes vagabundas, se deben tomar en cuenta todas las indicaciones contenidas en la norma UNE-EN 50122-2 "*Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas producidas por los sistemas de tracción de corriente continua*"

7.5.2.2.5.2 Salas de seccionadores

Las salas de seccionadores deben contar, al menos con los siguientes equipos:

- **Detectores de tensión:** los detectores de tensión son dispositivos de funcionamiento automático y totalmente autónomo de cualquier fuente de alimentación exterior.

- **Descargador de intervalos:** es un dispositivo de funcionamiento automático, motorizado, con posibilidad de mando manual con y sin tensión de maniobra, que controla permanentemente la tensión carril-tierra y en el caso de superar el valor de ajuste "Tensión Máxima", (sobretensión motivada por un defecto de aislamiento que provoca la elevación del potencial de los herrajes de una sala de seccionadores de tracción o de la subestación de tracción, respecto al riel), conecta la tierra de los herrajes de la sala de seccionadores o de la subestación de tracción al riel, descargando la tensión peligrosa.
- **Tableros de seccionadores:** corresponden a los tableros eléctricos de los seccionadores a controlar.
- **PLC's de gestión y control:** Se trata de dispositivos para la gestión y control de la maniobra de los seccionadores.
- **Control centralizado con telemando de seccionadores**: equipo que gestiona el mando remoto de los seccionadores desde el SCADA de Energía del PCC de la línea.
- **Seccionadores:** seccionadores motorizados con capacidad de corte en carga, permiten el corte de secciones de la catenaria y/o su puesta a tierra, de forma visible. Disponen de mando manual y telemando.

7.6 PRODUCTOS

7.6.1 DEBIDA DILIGENCIA

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

7.6.2 FACTIBILIDAD: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA

Dentro del entregable del Sistema de alimentación eléctrica, se deben incluir como mínimo los siguientes informes:

- Memoria descriptiva y dimensionamiento básico de los distintos componentes que forman parte del sistema de alimentación de energía eléctrica, indicados a continuación:
  - Subestaciones Receptoras con todos sus componentes
  - Alimentadores de Distribución
  - Centros de Transformación de Energía con todos sus componentes
  - Subestaciones de Tracción con todos sus componentes
  - Sistema de alimentación de energía eléctrica, en sus diferentes niveles de tensión
  - Puesta a tierra de las instalaciones
  - Administración de la Compatibilidad Electromagnética (CEM)

- Cálculos de regulación eléctrica
- Esquema de protecciones necesarias
- Filtros de Armónicos en las subestaciones que lo requieran
- Cálculos de energía reactiva y sus compensaciones
- Requerimientos de Pruebas y Puesta en servicio, de documentación y de capacitación
- Informe de simulación para el dimensionamiento del sistema de alimentación de energía eléctrica (AT, MT, BT y Tracción), en condiciones normales y degradadas
- Informe de simulación de ahorro de energía
- Descripción de procedimientos de los modos degradados

- Estudios específicos justificativos:

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

- Análisis de la potencial de electrificación de tramos del trazado que podrían ser electrificados, según sus necesidades de demanda, cercanía con la red interconectada y requisito de infraestructura de soporte para implementar este sistema.
    - Estudio para la definición de la tipología de los motores y de la tracción de los trenes: el consultor debe realizar un estudio de evaluación las diferentes alternativas de tipologías de motores y de tracción de los trenes, entre ellas, de: motores diésel de última generación (Euro V o Euro VI), motores electro-diésel y motores eléctricos. El Sistema de Alimentación Eléctrica y Tracción se considera como parte de los sistemas ferroviarios, y estas especificaciones técnicas aplican en el caso de que los trenes sean alimentados con energía eléctrica y se requiera el diseño, a nivel de factibilidad, de un sistema de alta tensión y de alimentación eléctrica para la tracción de los trenes. En caso contrario, la alimentación eléctrica de instalaciones se realizará con el diseño de redes de media y baja tensión conectadas a las líneas de distribución locales de los municipios o zonas donde se implanten las respectivas instalaciones.
- Estudio de número y ubicación de subestaciones receptoras: con un planteamiento global de la red completa, estudiar y ubicar las subestaciones receptoras necesarias para el Proyecto, según los criterios planteados en el apartado correspondiente, estudiando la solución a partir de las subestaciones receptoras mencionadas. El estudio debe considerar la configuración y dimensionamiento de los anillos de distribución.
- Dimensionamiento de las potencias necesarias en las receptoras: con base en estimaciones de consumos de las instalaciones de las diferentes dependencias de la red, los datos de las simulaciones eléctricas y teniendo en cuenta las pertinentes simultaneidades, se debe estimar la potencia

necesaria para los transformadores de las subestaciones receptoras, 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 operación requeridos, características del material móvil y dimensionamiento de las instalaciones fijas que forman parte de los circuitos de tracción.
- Elección de la tensión de los anillos de distribución: con base en los equipos disponibles en el mercado, las tensiones de distribución estándares en Colombia y los estudios de eficiencia energética para las potencias transportadas, decidir si es óptima la utilización de la tensión de distribución de 34,5 KV.
- Configuración de los Centros de Transformación de Energía: se debe realizar un estudio técnico-económico para decidir entre las dos opciones planteadas:
    - Disponer de dos CTEs redundantes o disponer de un único CTE.
    - Se evaluarán tanto la confiabilidad 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 permite.
- Determinación del sistema para garantizar la alimentación de los servicios críticos de la receptora: en función de las potencias necesarias, los tiempos de garantía del suministro, el riesgo de incendio, los costes de mantenimiento etc., estudiar la opción óptima de suministro de entre estos dos sistemas: grupo electrógeno o UPS.
- Subestaciones Receptoras: se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para las diferentes subestaciones receptoras.
- Anillos de Distribución: Se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para los anillos de distribución.
- Centros de Transformación de Energía: se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para los centros de transformación de energía.
- Subestaciones de Tracción: se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para las subestaciones de tracción.
- Catenaria: se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para la catenaria, incluyendo la evaluación de la tensión más conveniente de alimentación eléctrica para los trenes.

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

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

- Puesta a tierra de las instalaciones: Se incluirán los criterios utilizados, las soluciones adoptadas y la justificación de estas soluciones para la Puesta a Tierra de las Instalaciones, los cálculos de malla a tierra de acuerdo con las normas eléctricas.

Se deben incluir todos los planos requeridos para definir el sistema de alimentación de energía eléctrica a nivel de factibilidad.