ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CORREDORES FÉRREOS

ET-16: TÚNELES

BOGOTÁ D. C., SEPTIEMBRE DE 2025

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

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

Contenido

1 OBJETIVO 2
2 NORMATIVIDAD 2
3 ALCANCE 4
3.1 DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA 4
3.2 DISEÑO DE FACTIBILIDAD 5
3.2.1 Requisitos generales 5
3.2.2 Requisitos de diseño 6
3.2.3 Secciones tipo 7
3.2.4 Procedimiento constructivo 7
3.2.5 Diseño estructural 8
3.2.6 Protección contra el fuego 9
3.2.7 Detección de incendios 9
3.2.8 Extinción de incendios 9
3.2.9 Análisis de subsidencias y afección a edificios/estructuras 9
3.2.10 Ventilación 10
3.2.11 Iluminación 12
3.2.12 Cámaras televisión 13
3.2.13 Comunicaciones 13
3.2.14 Opacímetros 13
3.2.15 Señalización de Emergencia 13
3.2.16 Bombeo 13
3.2.17 Salidas de emergencia 14
4 PRODUCTOS 14
4.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA 15
4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA 15

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

1 OBJETIVO

En este documento se especifican los requisitos que deben ser aplicados en el diseño de factibilidad de los túneles y obras auxiliares, tales como pozos de ataque, nichos, tratamientos del terreno, inyecciones de compensación, recalces y/o refuerzos de edificios, estructuras, redes, entre otros, así como de las obras complementarias (pozos de ventilación, bombeo, salidas de emergencia, etc.) necesarias para alojar los sistemas e instalaciones que permitan la explotación del Proyecto.

2 NORMATIVIDAD

Para la elaboración de los diseños de factibilidad se deben utilizar todas las normas vigentes de aplicación, tanto nacional como internacional, instrucciones, recomendaciones y pliegos oficiales vigentes en la República de Colombia, así como la normativa local en materia urbanística y medioambiental y las directrices vigentes sobre la ordenación y contenido de los proyectos, así como las instrucciones que dicte el Revisor Técnico o Interventor cuando no existan otras referencias sobre el tema. El seguimiento de la normatividad es solo una guía general y no exime al Consultor de la responsabilidad legal que tiene sobre la calidad de los estudios y diseños, por lo que debe profundizar, ampliar y cubrir todo aspecto técnico no contenido en ella. En cuanto a la técnica ferroviaria se debe diseñar conforme con la lista de normas europeas EN, las fichas UIC, así como las normas internacionales y nacionales vigentes. Se considerará sistemáticamente la versión más reciente de cada norma. A continuación, se citan algunas de estas normas:

El diseño de los túneles y obras auxiliares y complementarias se realizará de acuerdo con un conjunto de normas, códigos, recomendaciones de diseño y construcción de túneles existente, preferentemente de uso en la Unión Europea o en los Estados Unidos de América.

El Contratista será quién definirá la normativa para el proyecto, para lo cual debe justificar las razones para dicha elección. La normativa a utilizar debe ser aprobada por la Interventoría al inicio de los diseños del túnel.

A continuación, se lista la normatividad más utilizada:

- Normativa Colombiana
  - Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Normativa europea
  - Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing
  - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.

- European Document Directive 2004/54/EC of the European parliament and of the council of minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network (2004).

- Normatividad Inglesa

- BS 6164:2019: 2011 HEALTH AND SAFETY IN TUNNELLING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY. CODE OF PRACTICE
- BS 6031(2009): 2009 CODE OF PRACTICE FOR EARTHWORKS
- BS ISO 14837-1: 2005 MECHANICAL VIBRATION - GROUND-BORNE NOISE AND VIBRATION ARISING FROM RAIL SYSTEMS - PART 1: GENERAL GUIDANCE
- BS EN 16191: 2014 TUNNELLING MACHINERY - SAFETY REQUIREMENTS

- Normativa austriaca
  - AUSTRIAN ONORM B 2203-1 (2001): Driving of mined tunnels – contract standards. Part 1: cyclic excavation.
  - AUSTRIAN ONORM B 2203-2: Driving of mined tunnels – contract standards. Part 2: continuous excavation.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.231: Tunnel alignment.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.232 (1994): Tunnel cross sections.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.234 (2001): Installations in Tunnels.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.24 (1992): General and geotechnical preparatory work.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.31 (1994): Static design, Cut and Cover.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.32 (1994): Static design, Tunnels mined in soft underground covered with buildings.
  - AUSTRIAN GUIDELINES OF THE RESEARCH ASSOCIATION FOR ROADS AND TRAFFIC RVS 9.34 (1995): Concrete for permanent lining.
- Normativa alemana
  - German rail (DB), DS 853: Design, construction and maintenance of rail tunnels.
  - ETB – Germany (1995): Guidelines of the working group "Tunnelling", Ernst und Sohn, Berlin.
  - RABT Germany (2003): Guidelines for the equipment and operation of road tunnels. –
- Normativa suiza
  - Switzerland Codes and guidelines for tunnels SIA 197/1: Design of rail tunnels.
  - Switzerland Codes and guidelines for tunnels SIA 198: Underground works.
  - Switzerland Codes and guidelines for tunnels SIA 199: Exploration of underground.

  - Switzerland Codes and guidelines for tunnels SIA 267: Geotechnical engineering.
- Normativa francesa
  - Colección de Recomendaciones de la AFTES para el diseño y construcción de túneles.

3 ALCANCE

El alcance de los trabajos de diseño de factibilidad comprende: túneles y galerías subterráneas, nichos para las estaciones, pozos de ventilación, pozos de bombeo, instalaciones para evacuación de emergencia, accesos, cuartos de transformación, cuartos técnicos, subestaciones, pozos auxiliares de obra (tratamientos del terreno, montaje/desmontaje de tuneladora)

La documentación de diseño producida debe permitir la adecuada y precisa valoración de todas las obras antes citadas.

El diseño incluirá las medidas correctivas o de mitigación que se definan en el Estudio Ambiental. Se tendrán en particular consideración las correspondientes al plan de recuperación ambiental, defensa del arbolado existente, gestión de excedentes vertidos, excavación y residuos, riesgos de contaminación de suelos y aguas subterráneas, infiltración de aguas, adecuación paisajística, préstamos, instalaciones auxiliares de las obras, protección de yacimientos arqueológicos, calidad de las aguas y del aire y desafección a la fauna.

Así mismo, el diseño de factibilidad debe incluir un estudio hidrogeológico conceptual, el cual contendrá como mínimo lo siguiente:

- Cartografía hidrogeológica.
- Definición de la conexión de las unidades hidrogeológicas que serán intervenidas por las obras.
- Estudio de la circulación del flujo subterráneo y la influencia de las obras sobre éste.
- Propuesta y criterios generales para la elaboración, por parte del Consultor, del plan de disposición de tierras y demás materiales inertes procedentes de las excavaciones.

3.1 DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA

El Consultor recopilará y analizará, previo al inicio de las actividades de diseño objeto del presente Contrato, los diferentes estudios y diseños de la disciplina realizados para el proyecto o sobre proyectos similares en el corredor, así como los estudios, diseños o estado de construcción actual de otros proyectos de transporte férreo o vial o de otro tipo de infraestructura que puedan tener influencia o interacción con el Proyecto.

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

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

- Proyectos viales en desarrollo o priorizados en la zona de influencia del Proyecto.
- Estudios a nivel de prefactibilidad desarrollados por la ANI para el Corredor.
- Estudios diseños de otros proyectos férreos urbanos o interurbanos que se estén desarrollando en la zona de influencia del corredor del Proyecto.

Así mismo para la realización de los estudios y diseños de este componente de túneles deberán ser tenidos en cuenta, entre otros, los siguientes componentes de los estudios y diseños del Proyecto:

- Levantamiento topográfico y de infraestructura existente (ET-05 Topografía).
- Estudios e hidrogeológica de las zonas de estudio (ET-07 Interferencias con redes y estudios hidrológicos)
- Requerimientos a nivel de infraestructura que requiere el material rodante (ET 12 Material rodante).
- Requerimientos de sistemas ferroviarios: aparatos de vías y sistemas seguridad (ET-15 Vía férrea y ET-10 Sistemas ferroviarios)
- Identificación de las condiciones y los planes operacionales (ET-17 Operación y mantenimiento), teniendo en cuenta los siguientes aspectos: zonas de maniobras (cambiavías), cruces semaforizados, movimientos que se permitirán.
- Consideraciones de ruido y vibraciones por la operación del Material Rodante (ET 04 -Estudios ambientales y sociales)
- Identificación y medidas de mitigación de impactos ambientales (ET 04 - Estudios ambientales y sociales)

3.2 DISEÑO DE FACTIBILIDAD

3.2.1 Requisitos generales

El Contratista debe estudiar y definir los diferentes elementos que configuran la infraestructura del Proyecto incluyendo los túneles y obras auxiliares y complementarias ya mencionadas.

Se debe elaborar una propuesta de los programas informáticos a utilizar en los cálculos con el fin de someterla a la aprobación de la Interventoría. Dicha propuesta debe incluir, para cada uno de los programas la siguiente información:

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

- Nombre del programa.
- Versión a utilizar y fecha de la misma.
- Fabricante y, en su caso, comercializador del software.
- Descripción de las bases y procedimiento de cálculo, datos de entrada y demás características del programa.

La descripción de todos los cálculos realizados con programas informáticos incluirá:

- Hipótesis y simplificaciones consideradas.
- Archivos de entrada de datos completos.
- Salidas gráficas y numéricas de resultados.

3.2.2 Requisitos de diseño

El diseño de los túneles y obras complementarias debe incluir los siguientes aspectos:

- El trazado, incluyendo además de la geometría en planta y alzado, la localización de los portales de entrada y de salida, las obras complementarias correspondientes a éstas, así como otros elementos del túnel (pozos de ventilación y acceso, galerías auxiliares, pozos de bombeo, etc.)
- Las secciones constructivas utilizadas, con definición y cálculo de los sostenimientos provisionales y definitivos, previsión de técnicas de mejoramiento del terreno (inyecciones de contacto e impermeabilización), disposición y tipos de juntas, elementos de drenaje e impermeabilización, conductos para instalaciones, etc.
- Los procedimientos constructivos, incluyendo la secuencia de operaciones, el tipo de maquinaria a utilizar, los rendimientos y plazos de ejecución previstos, así como el estudio de las situaciones provisionales y de las afecciones correspondientes a cada fase de obra.
- La previsión y estudio de las superficies para instalaciones de obras y su ubicación más adecuada.
- Los tratamientos del terreno y refuerzos estructurales y, en su caso, recalces a ejecutar a fin de asegurar la estabilidad tanto de las obras a ejecutar como de las estructuras próximas.
- Plan de instrumentación, donde se definirá la cantidad y el tipo de instrumentación y control de obra que incluya los valores estimados para las medidas a realizar (asientos, tensiones, etc.) con el fin de facilitar su comparación con los resultados que se obtengan durante la ejecución.
- Medidas de seguridad durante la construcción, definiendo las normas a seguir durante la misma, con indicación de los medios y dispositivos que se utilizarán y el detalle de los puntos característicos a comprobar expresamente. Se debe prestar especial atención a la definición de procedimientos y fases de construcción con la elaboración de planos de construcción que reflejen las hipótesis de cálculo establecidas.

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

3.2.3 Secciones tipo

En el diseño de la sección tipo de los túneles se deben tener en cuenta los siguientes condicionantes:

- Trazado en planta y en alzado
- Sección transversal
- Gálibos cinemáticos y de implantación de obstáculos del material móvil
- Línea aérea de contacto
- Instalaciones de señalización y comunicaciones
- Drenaje
- Tolerancias de construcción
- Normativa de seguridad relativa a la evacuación de pasajeros.

3.2.4 Procedimiento constructivo

La elección del método constructivo para la ejecución de la excavación subterránea debe garantizar la seguridad de la obra, siempre buscando disminuir la afectación sobre las condiciones hidrogeológicas del lugar para evitar fenómenos de subsidencia, así como limitar las deformaciones dentro del túnel, zonas de influencia del mismo y asentamientos en superficie.

Los diferentes métodos de construcción de túneles usados en la actualidad tienen en cuenta la variabilidad litológica y estratigráfica probable, así como las condiciones hidrogeológicas y el entorno superficial en el que se desarrolla la obra a lo largo de su trazado. Por esta razón, la selección de uno o varios de los métodos constructivos disponibles en la práctica actual, dependen de las condiciones específicas definidas para el proyecto definitivo.

El Contratista debe definir el procedimiento constructivo y el tipo de maquinaria necesario para la ejecución, incluyendo:

- Los métodos de perforación que se estimen más adecuados, la secuencia de operaciones a utilizar para cada sección tipo y la metodología a aplicar en el paso de zonas difíciles. Se estudiará la repercusión contractual de estos aspectos de forma que puedan tenerse en cuenta en la posterior licitación y contratación de las obras.
- Se estudiará la localización de frentes de ataque y sus correspondientes pozos y rampas de acceso, así como la ubicación de pozos de ataque y salida de la tuneladora, cuando este sea el método de construcción seleccionado.
- Complementario a lo anterior se deberá realizar también un estudio de accesibilidad y métodos de construcción de las distintas excavaciones complementarias requeridas para los pozos de ventilación y/o de evacuación, exigidos para cumplir con las normatividades aplicables.
- El control durante la ejecución, definiendo las medidas de comprobación a adoptar y la instrumentación necesaria (sondeos, testificación

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

geomecánica, geofísica, medidas de convergencias, ensayos de arrancamiento en bulones, células de presión, extensómetros, etc.), todo lo cual será adecuadamente valorado.

En el caso de túneles excavados con tuneladora se realizarán recomendaciones justificadas del tipo de tuneladora a utilizar, así como de los parámetros mínimos y equipos a considerar en el diseño de la máquina, como mínimo los siguientes:

- Diámetro y longitud
- Presión máxima en el frente (valor mínimo)
- Tipología de los escudos (Máquinas abiertas o máquinas cerradas, Escudos de frente en presión)
- Tipo y especificaciones de bandas transportadoras, cortadores y requerimientos de ventilación
- Potencia rueda de corte (valor mínimo)
- Par máximo del disco de corte (valor mínimo)
- Fuerza de Empuje (valor mínimo)
- Sobrecorte (valor máximo)
- Revestimientos (Anillos prefabricados, accesorios)
- Fabricación y pruebas de la TBM
- Guiado de la tuneladora
- Seguridad y salud (Condiciones de alto riesgo)
- Programa de fabricación (grupos principales: cabeza / motorización / erector / extracción / escombro / electro – hidráulica)
- Seguimiento de la fabricación (plan de aseguramiento de la calidad PAC)
- Montaje y pruebas en fabrica (recepción provisional)
- Transporte a obra
- Montaje final y pruebas de operación

3.2.5 Diseño estructural

El diseño estructural del túnel se realizará de acuerdo con la normativa indicada en esta especificación técnica y en la ET 09 Estructuras en lo aplicable.

El diseño estructural comprende además de la estructura del túnel propiamente dicha el sostenimiento, anclajes, revestimiento, portales y demás elementos.

Se tendrán en cuenta las situaciones transitorias durante la construcción. En el caso de elementos prefabricados (p.ej. dovelas en túneles excavados con tuneladora) se considerarán, además de las cargas debidas al terreno una vez colocado el anillo, las hipótesis de carga correspondientes al acopio, manipulación y empuje de la máquina.

En caso de tuneladoras se deberán indicar las áreas de lanzamiento y recepción del equipo y demás elementos que la componen.

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

3.2.6 Protección contra el fuego

Los túneles dispondrán de una sala de control donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diferentes instalaciones del túnel, mediante la implantación de una serie de instalaciones que aseguren el adecuado nivel de servicio y seguridad, tanto en régimen normal, como en circunstancias excepcionales y se proyectarán los refuerzos constructivos y protecciones necesarias para evitar la ruina estructural de los túneles y demás obras subterráneas en caso de incendio.

3.2.7 Detección de incendios

Para la detección de incendios, se debe diseñar, en la clave del túnel y en toda su longitud, un sistema que ayude a determinar la existencia del fuego, con la asistencia de otros sistemas indirectos (opacímetros, circuito cerrado de televisión CCTV, detección automática de incidentes, etc.).

3.2.8 Extinción de incendios

Se deben diseñar las instalaciones contra incendios, que deben constar de una o dos fuentes de abastecimiento con su correspondiente equipo de bombeo y de armarios equipados con los elementos necesarios para el correcto control del fuego.

3.2.9 Análisis de subsidencias y afección a edificios/estructuras

El Contratista debe evaluar la posible afectación a edificios y otras estructuras, generada por las subsidencias derivadas de la ejecución de las obras. Se estudiará, particularmente, la interferencia de la obra con aquellos elementos que, por su singularidad o estado de conservación, obliguen a extremar las medidas de seguridad.

La determinación de los asentamientos para cada sección de cálculo se realizará mediante un modelo numérico (método de elementos finitos – MEF o de diferencias finitas) tridimensional y bidimensional que tenga en cuenta los modelos constitutivos adecuados y las diferentes fases de ejecución del túnel. Los cálculos se realizarán con un software contrastado (p.ej. FLAC3D, PLAXIS3D, ABAQUS, ANSYS, MIDAS GTS NX o equivalentes).

En la elección de las secciones de cálculo se tendrá en cuenta tanto las características geotécnicas e hidrogeológicas del terreno a atravesar como la proximidad a edificios y/o estructuras, tanto en superficie como enterradas.

El cálculo de asentamientos debe completarse con el correspondiente análisis de estabilidad del frente, lo cual permitirá definir la necesidad de tratamientos de estabilización del mismo o, en el caso de utilización de tuneladora, el modo de

funcionamiento de la misma y la horquilla de presiones a aplicar al fin de evitar tanto la formación de chimeneas como el levantamiento del terreno.

El cálculo de asentamientos debe completarse con el correspondiente análisis de estabilidad del frente, lo cual permitirá definir la necesidad de tratamientos para mejoramiento del terreno.

Una vez determinado el nivel de afectación producido sobre cada estructura a analizar, se procederá a la evaluación del nivel de daño a fin de determinar si es o no admisible. En el caso de edificios, la evaluación del nivel de daño se realizará de acuerdo con las categorías establecidas por Burland (1977) y la relación entre estas categorías y la deformación de tracción establecida por Boscardin y Cording (1989).

En aquellos casos en los que, como resultado del análisis descrito, se obtenga un nivel de afectación superior al valor máximo admisible, se definirán modificaciones en el procedimiento constructivo o medidas de refuerzo aplicadas a la estructura o al terreno que permitan garantizar la seguridad del elemento analizado.

Con énfasis en edificaciones patrimoniales, el Contratista debe proceder a la investigación de las cimentaciones existentes y a la definición del recalce de las mismas en la zona atravesada por el túnel con el nivel de detalle suficiente para permitir su valoración. La investigación documental de las cimentaciones debe confirmarse con reconocimientos *in situ* que permita validar las dimensiones y estado de las fundaciones

3.2.10 Ventilación

La ventilación estará constituida por el conjunto de ventiladores y conductos destinados a dirigir y canalizar el aire fresco y los humos. Se deben proyectar los pozos necesarios para garantizar la correcta ventilación de los túneles y los sistemas artificiales que se utilizarán para ventilar el túnel. Para tal efecto, se debe realizar un estudio de ventilación que incluya análisis unidimensionales, con software tipo SES o equivalente, para justificar la ubicación de los pozos y la potencia instalada en los mismos, así como análisis CFD tridimensionales para simular los efectos de un incendio en los túneles, la ventilación debe ser diseñada, pensando en la evacuación del humo producido por un incendio.

Se diseñarán los pozos y las galerías para ubicar los ventiladores. Se especificarán los ventiladores y silenciadores teniendo en cuenta los resultados del estudio de ventilación.

En caso de incendio, la impulsión se deberá detener, manteniéndose en funcionamiento el equipo de extracción de aire. Los ventiladores serán axiales capaces de soportar temperaturas de 400ºC durante 2 horas.

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

Se incluirán variadores de frecuencia para suavizar el arranque de los ventiladores debido a su gran par resistente, así como para poder configurar los regímenes de funcionamiento deseados.

El Consultor deberá estudiar la necesidad de instalar silenciadores para garantizar un nivel de ruido confortable en el interior del túnel y un nivel de ruido en el exterior acorde a las normativas nacionales e internacionales.

En el diseño del sistema de ventilación se tendrán en cuenta tanto la ventilación sanitaria normal, cuyo funcionamiento vendrá gobernado por la monitorización de la calidad del aire en el túnel (niveles de CO, etc.), como la ventilación de emergencia en caso de un incendio en el túnel. En este último caso se tendrán en cuenta las posibles posiciones del foco del incendio y las rutas de evacuación.

El sistema de ventilación se diseñará pensando en un posible incendio y no en la utilización normal del túnel.

3.2.10.1 Pozos de ventilación

Los pozos de ventilación comprenden el cubículo y el conjunto de elementos del equipo de ventilación, que consta de:

- Reja de acceso exterior
- Chimenea de ventilación
- Embocadura y acceso interior

Las dimensiones de cada pozo están condicionadas por el estudio de ventilación y por la velocidad máxima admisible del aire. El número mínimo de renovaciones/hora y velocidades de impulsado máximas serán determinados por la normativa vigente o, en su defecto, nunca inferior a 15 renovaciones/hora y velocidad máxima del aire impulsado de 5 m/s en zonas libres y 2 m/s en zonas de paso.

El calculo de renovaciones/hora debe cumplir los estándares mínimos de las normas aplicables bajo el criterio de seguridad humana, pero también se debe analizar los parámetros de circulación, renovación de aire y concentración de oxígeno que permitan una operación eficiente de los motores de combustión interna de las locomotoras que operarán en los túneles.

3.2.10.2 Chimenea de ventilación

La chimenea es el conducto de admisión de aire de ventilación. No debe alojar ningún equipo en su interior; solo debe existir la correspondiente escalera para la realización del mantenimiento.

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

3.2.10.3 Ventiladores

Los ventiladores serán de caudal suficiente para garantizar el número de renovaciones/hora establecido.

Los ventiladores de túnel, de salidas de emergencia y extractores de humo serán resistentes al fuego para garantizar su funcionamiento en caso de emergencia, cumplirán las normas IEC-60331, IEC – 34 -1 y 34-5 y estarán homologados con certificado clase 3 para garantizar dicho funcionamiento hasta una temperatura de 400 ºC durante un tiempo mínimo de 2 horas.

El Contratista detallará las especificaciones para los equipos de ventilación, con el grado suficiente de definición para alcanzar unos altos estándares de calidad, pero sin que se predefina la marca. La obra civil se diseñará, de forma tal que sea compatible con las características de los mejores fabricantes de estos equipos.

3.2.10.4 Conductos metálicos

Los conductos serán metálicos y cumplirán las especificaciones para este tipo de elementos.

Los conductos de ventilación que deben extraer humos deben asegurar que mantendrán su estabilidad y funcionalidad a 400ºC un tiempo mínimo de 2 horas. Los conductos tendrán su propio sistema de sujeción, no permitiéndose la utilización de soportes de otros sistemas o instalaciones de la estación.

3.2.10.5 Climatización

Para garantizar un correcto funcionamiento, las salas técnicas deben disponer de climatización siempre que las condiciones ambientales no garanticen los requerimientos de temperatura de funcionamiento de los equipos que se instalen. La climatización se realizará mediante equipos autónomos de expansión directa.

3.2.11 Iluminación

En los túneles se deben considerar dos tipos de iluminación:

- Para servicio normal: Estará constituida por una serie de lámparas de distintos tipos graduables en intensidad que se deben, ubicar por encima de los hastíales del túnel.
- De emergencia: Tiene por objeto que el túnel no se quede a oscuras ante una falta de suministro eléctrico y su instalación será de acuerdo con la normativa internacional vigente definida para este proyecto.

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

3.2.12 Cámaras televisión

Con las cámaras de televisión se controlará visualmente, desde un centro de control, todo lo que sucede en el interior del túnel; las cámaras deben colocarse por encima de los hastíales y se diseñarán junto con un sistema automático de detección de incidentes (sistema DAI), mediante comparación de imágenes.

3.2.13 Comunicaciones

Considerando que las comunicaciones vía radio en un túnel se pierden, se debe diseñar un sistema que sirva de camino para las ondas electromagnéticas que emiten los *talkys*.

3.2.14 Opacímetros

Los opacímetros tienen por misión detectar falta de visibilidad, producida por un posible incendio. En caso de requerirse, según la normatividad aplicable, deben ir colocados en los hastíales, no muy altos. Cuando detecten polución debida a los humos, deben accionar la ventilación de forma automática.

3.2.15 Señalización de Emergencia

Debe existir una señalización fotoluminiscente a lo largo de todo el túnel, que indique las distancias a las salidas de evacuación más próximas en ambos sentidos.

3.2.16 Bombeo

Se proyectarán los pozos de bombeo necesarios para garantizar la evacuación de las aguas que puedan infiltrarse en los túneles y recogerlas en los puntos bajos del trazado.

El diseño de los pozos de bombeo se deben considerar las cámaras necesarias para alojar los equipos electromecánicos requeridos, así como el puesto de transformación que le dé servicio.

Se debe elaborar un estudio de bombeo en el que se determinarán los caudales infiltrados, lo cuales deben ser conducidos hacia cada pozo. Se deben dimensionar los equipos de bombeo necesarios.

El sistema de bombeo se diseñará con las adecuadas redundancias en términos de equipos de bombeo y alimentación y control de estos, de forma que el periodo máximo de tiempo en que los equipos puedan no estar disponibles no supere los 15 minutos. La capacidad del pozo de recogida se dimensionará, al menos, para poder acumular el agua durante el citado periodo de 15 minutos.

3.2.17 Salidas de emergencia

Las salidas de emergencia o de evacuación, son de vital importancia para los usuarios, pues constituyen la vía de escape más segura, teniendo en cuenta la normativa considerada en Proyecto relativa a la evacuación de pasajeros.

Se acordará con la Interventoría la distancia entre salidas de emergencia, estimándose preliminarmente que a partir de una longitud de túnel de 500 m deben existir al menos una salida de evacuación y sus puertas estar dotadas con barras antipánico, con mecanismo de cierre de la puerta automático.

Las salidas de emergencia deben considerarse como zonas seguras, en la cual puedan permanecer por un tiempo indefinido la carga de pasajeros de los trenes bajo condiciones idóneas se temperatura, visibilidad y toxicidad. Todas las zonas seguras deben tener una solución de salida peatonal al exterior para ser considerada como salida de emergencia.

La ubicación de estas salidas será tal que permita a los evacuados el acceso a superficie en condiciones de seguridad, deben estar correctamente señalizadas y tener puertas de paso para personas, puede que den salida a una galería de servicio paralela al túnel o que suban verticalmente hacia la superficie del terreno. Asimismo, deben ser accesibles para los servicios de emergencia y disponer, en las proximidades, de espacio suficiente para la instalación de un campamento médico.

Las salidas de emergencia deberán tener conectadas a los sistemas de CCTV, de comunicación por interfonía y sistemas de eléctricos redundantes.

4 PRODUCTOS

En este capítulo se presentan los productos para el desarrollo del alcance de este documento. Estos entregables constituyen el mínimo número de elementos y deben ser entregados en medio digital (se deben entregar los archivos crudos en el software en el que fue desarrollado el producto, así como los archivos exportados al formato tradicional).

Adicionalmente, se debe entregar una base de datos georeferenciada y catalogada (en formatos .gdb o .dwg o similares de tipo SIG o CAD, según aplique). La base de datos debe contener la información de referencia usada y la información de diseño que se ha producido en el entregable, y debe estar construida en línea con las reglas codificación y estructura de la información definida en la *Especificación Técnica - Gestión del proyecto de estudios y diseños (ET-22)* y estar en concordancia con el Plan de Ejecución BIM a desarrollarse en la consultoría.

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

4.1 ETAPA DE DEBIDA DILIGENCIA

Como resultado de esta etapa de Debida Diligencia se deben incluir un informe técnico de análisis de la información secundaria recopilada en donde se indique como mínimo lo siguiente:

- Relación detallada de la información.
- Análisis de vigencia de la información.
- Análisis de relevancia de la información (importancia en el desarrollo del objeto contractual).
- Análisis de utilidad de la información (su uso dentro del desarrollo del objeto contractual).
- Conclusiones relacionadas con la recopilación y el análisis de la información.

4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

El Contratista debe entregar, como mínimo, las siguientes memorias y planos:

- Memorias de cálculo
- Planta y perfil longitudinal de trazado a escala mínima 1:1000 (H)
- Secciones tipo (incluyendo disposición de instalaciones) a escala mínima 1:25
- Planta geológica en superficie y a cota de eje de túnel a escala mínima 1:1000
- Perfil geotécnico del túnel a escala mínima 1:1000 (H)
- Plantas de los emboquilles/pozos de ataque y explotación incluyendo cartografía de superficie. Escala 1:100
- Secciones constructivas de excavación, sostenimiento y revestimiento.
- Definición estructural del revestimiento (o dovelas en caso de tuneladoras) y sus elementos constituyentes.
- Impermeabilización y drenaje.
- Plantas de drenaje y conexión con la red de saneamiento.
- Plantas y secciones tipo de instrumentación y control de obra, incluida monitorización de edificios, estructuras e instalaciones que puedan verse afectadas por las obras, monitorización de nivel freático, control de asientos en superficie, etc.
- Plantas y secciones tipo de tratamientos del terreno.
- Definición geométrica y estructural de las obras complementarias (pozos) y su conexión con el túnel.
- Especificaciones Técnicas para el Diseño Detallado de túneles y obras auxiliares y complementarias.
- Especificaciones Técnicas para la Ejecución de túneles y obras auxiliares y complementarias.
- Especificaciones Técnicas para la instrumentación y control de las obras y edificios, estructuras e instalaciones que puedan verse afectadas por las mismas., incluyendo un Plan Preliminar de Instrumentación y Control.

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

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

- Demás documentos y anexos a que se hace referencia en el numeral 3.2 de la presente especiación técnica.