

APENDICE TECNICO

ANEXO 3

ESPECIFICACIONES Y NORMAS TÉCNICAS GENERALES OBLIGATORIAS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS DE LOS TÚNELES

INTRODUCCION

El presente Anexo contiene las Especificaciones y Normas Técnicas Generales Obligatorias para el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de las obras subterráneas de los Túneles del **Proyecto Ruta del Sol – Sector 1**. Para efecto de este Anexo el término Túnel o Túneles debe entenderse como aplicable a los tres túneles previstos para este proyecto.

Su aplicación debe hacerse en conjunto con otros documentos contractuales. Si se presenta algún conflicto, en relación con las obras subterráneas, entre otras especificaciones y las aquí consignadas, deben preceder estas especificaciones, las cuales son la base para diseñar los Túneles.

Los términos que no se hallen definidos expresamente en este Anexo se entenderán de acuerdo con las definiciones dadas en las resoluciones y demás documentos emitidos por las entidades del sector, los cuales en la medida en que son mencionados en el presente Anexo hacen parte integrante del mismo.

Los demás términos no definidos, se entenderán en primera instancia de acuerdo con las definiciones de la minuta del Contrato que le sean aplicables y, en segunda, de acuerdo con su sentido natural y obvio, según su uso común o según el lenguaje técnico respectivo.

El Concesionario podrá escoger la forma en que ejecutará los procedimientos de intervención siempre y cuando los mismos cumplan como mínimo con las Especificaciones y Normas Técnicas Obligatorias de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Túneles, y/o con las normas vigentes y se ajusten a lo previsto en este Anexo.

NORMATIVIDAD Y CODIGOS APLICABLES.

Todos los trabajos de diseño de los equipos electromecánicos, sus sistemas e instrumentación, se elaborarán de acuerdo con lo establecido en este documento y con las últimas versiones de las normas publicadas por las siguientes entidades y que sean aplicables para el diseño, la construcción y la operación de túneles, las cuales deberán ser aplicadas de forma integral, es decir, sin mezclar especificaciones de diferentes instituciones:

- ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano.
- NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería.
- IEC. International Electrotechnical Comisión.
- IEEE. Institute of Electrical and Electronic Engineers.

- ANSI. American National Standards.
- CIE. Comité Internacional de Iluminación.
- NFPA. National Fire Protection Association.
- RFC. Internet Request for Comments. Red Local.
- ITU-T. International Telecommunication Union –Series G, V, L, M, H, K, O.
- NTSC. National Television Standards Committee –Video.
- ASTM. American Society for Testing and Materials.
- ISA. Instrument Society of America.
- ICEA. Insultad Cable Engineers Association, USA.
- NEC. National Electric Code.
- NEMA. National Electric Manufactures Association.
- ISO. International Standards Organization.
- PIARC. Permanent International Association Road Committee.
- FHWA. Federal Highway Administration.
- Directiva Europea 2004/54/CE.
- SIA-280. Swiss Standard Schweizer Norm 1994.
- American Institution of Steel Construction (AISC)
- American Society of mechanical Engineers (ASME)
- American Wire Gage (AWG)
- American Welding Society (AWS)
- Guide for Lighting of Road Tunnels and Underpasses (CIE 88-1990)
- Deutsche Institute für Normen (DIN)
- Under Writers Laboratories (UL)
- RAS 2000

ALCANCE DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS

El Concesionario hará entregas parciales de todos los estudios y diseños realizados para que la Interventoría pueda realizar seguimiento al cumplimiento de las especificaciones y requerimientos establecidos por el INCO en los apéndices, anexos y demás documentos. La interventoría únicamente revisará que se esté cumpliendo con los requerimientos establecidos por el INCO en los apéndices, anexos y demás documentos del contrato.

El Concesionario tiene plena autonomía para definir la metodología de diseño y construcción, y

asume toda la responsabilidad por las variaciones, modificaciones y ajustes que se requieran durante la construcción y operación.

Los estudios y diseños definitivos para la construcción, puesta en marcha y operación de un túnel para carretera unidireccional deben cumplir con todas las características mínimas consignadas en este Anexo y deben comprender metodología, resultados, cálculos, planos, especificaciones, conclusiones y recomendaciones de cada una de las áreas que lo conforman, cuyo contenido y alcances se describen a continuación:

Estudio de Topografía.

El informe final de los Estudios de Topografía, debe contener como mínimo una red de puntos (portales y brocales) amarrada al Sistema Nacional de Coordenadas.

La información final debe estar soportada sobre información que posea el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y como producto final esperado como mínimo se entregará las carteras de campo donde se haya consignado toda la información topográfica, planos de topografía a escala 1:1000 para planimetría y 1:100 para altimetría.

Estudio de Diseño Geométrico.

En este volumen se describirá la zona por donde atravesará el proyecto y los puntos geográficos que se van a vincular.

Se establecerán los parámetros de diseño geométrico, sitios críticos, zonas de falla de acuerdo con los resultados de los estudios geológicos, geotécnicos, de sísmica, También se incluirán los levantamientos topográficos para la localización, en su caso, de los pozos de ventilación, áreas de fuentes de materiales, zonas de disposición de materiales sobrantes, entre otros.

Se determinarán las características de las secciones transversales tipo de acuerdo con la geología y la geotecnia, los anchos de calzada, andenes, gálibo mínimo, nichos para parqueo de emergencia y nichos de auxilio. A lo cual no podrá ser modificado salvo previa autorización del INCO.

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

- Ubicación geográfica del proyecto.
 - Reducido del proyecto. Se presentará a escala 1:10.000.
 - Planta – perfil de construcción a escalas H: 1:2000 y V: 1:200 con el alineamiento horizontal y vertical del túnel, los elementos de curvatura, ancho de calzada, andenes, nichos, localización de obras de drenaje y otros.
 - Localización en planta- perfil con las respectivas carteras de campo que deberán contener el diseño geométrico detallado de los Túneles y sus obras requeridas para la conexión.
- **ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA PARA TÚNELES.**

Este Volumen deberá contener las memorias de cálculo y planos de los siguientes puntos como mínimo:

Exploración del subsuelo

- Resultados de ensayos de laboratorio e in-situ que se realicen
- Ensayos de laboratorio e in-situ adicionales, requeridos como complemento a los mencionados en el numeral anterior.

Geología y morfología

- Recopilación y análisis de la información geológica básica de referencia existente.
- Trabajo de fotointerpretación geológica y geomorfológica y su verificación de campo.
- Levantamientos geológicos de los portales y brocales y levantamiento de información estructural complementaria.
- Análisis de los registros de núcleos de perforaciones
- Marco geológico regional.
- Geomorfología.
- Estratigrafías.
- Geología estructural.
- Condiciones geológicas esperadas en la excavación de los túneles y sus instalaciones

Propiedades geomecánicas de los macizos rocosos

- Propiedades geomecánicas de las rocas en el área de estudio.
- Estimación de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso.

Diseño del Soporte

- Principios básicos.
- Tipos de comportamiento del macizo rocoso.
- Caracterización del macizo rocoso.
- Definición de tipos de terreno.
- Requisitos de soporte.
- Análisis de esfuerzos y deformaciones.
- Análisis de cunas potencialmente inestables.
- Análisis de situaciones especiales anticipadas durante la excavación
- Definición de tipos de soporte.

Sectorización del túnel.

F

N

ae

- Sectorización geológica.
- Sectorización geotécnica.
- Sectorización por soporte.

Secuencia de excavación e instalación de soporte para cada tipo de terreno.

- Esquema para cada uno de los tipos de terreno.

Instrumentación.

- Para la medición de las deflexiones de los soportes.

• **ESTUDIO VENTILACIÓN, NICHOS Y GALERÍAS.**

Este volumen deberá contener los estudios y diseños pertinentes para la ventilación nichos y galerías.

• **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO, HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.**

Este volumen debe contener todo lo referente a las aguas subterráneas del macizo, su circulación, su condicionamiento geológico y su criterio de captación, así como la relación existente con el ciclo hidrológico y su posible modificación al inicio y durante las obras.

A partir de los estudios de hidrogeología e hidrología se deben diseñar todas las estructuras necesarias para la captación, conducción, tratamiento y disposición de las aguas subterráneas y de escorrentía para minimizar la afectación de los terrenos y sus habitantes, además de los cambios en los regímenes hidrológicos e hidráulicos de las fuentes de agua a las que son dispuestas estas aguas.

Como producto mínimo a entregar se espera:

- Caracterización hidrogeológica.
- Caracterización de los ciclos hidrológicos.
- Modelo hidrogeológico del macizo.
- Modelo del comportamiento hidrológico e hidráulico de las fuentes de agua receptoras de las aguas de infiltración.

• **ESTUDIO DE IMPERMEABILIZACIÓN, REVESTIMIENTO Y DRENAJE.**

Con los resultados del estudio anterior se determinarán el origen, volumen y puntos de afluencia de las aguas de infiltración al interior del túnel, a fin de diseñar la impermeabilización y el revestimiento de los Túneles y garantizar de esta manera las condiciones de impermeabilidad de los túneles del proyecto, de tal manera que los equipos y demás instalaciones al interior de los túneles no se vean afectados por dichas aguas y de esta manera garantizar seguridad y comodidad a los usuarios de los mismos.

Entre los conceptos mínimos a tener en cuenta para el diseño de la impermeabilización, revestimiento y drenaje de los túneles están la captación, conducción, tratamiento y disposición de las aguas de infiltración, así como la captación, conducción, tratamiento y disposición del agua en la superficie de la *vía* y de líquidos provenientes del derramamiento por conducción de

sustancias peligrosas al interior del túnel.

Los diseños deberán garantizar fácil accesibilidad a aquellas obras e instalaciones del sistema de drenaje que requieran mantenimiento rutinario y periódico.

Como productos a entregar se espera como mínimo:

- Diseño de los sistemas para la impermeabilización en todas sus fases (primaria, intermedia, principal o posterior).
 - Diseño estructural para la impermeabilización y revestimiento y su técnica constructiva.
 - Las características técnicas y de resistencia de los materiales empleados.
 - Sistema de drenaje para aguas de infiltración.
 - Sistema de drenaje para aguas del lavado de los túneles y para derramamiento de sustancias tóxicas e inflamables.
 - Sistemas de tratamiento de las aguas tanto de infiltración, como de lavado y derramamiento de sustancias peligrosas
- ***ESTUDIO DE REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN, ILUMINACIÓN, ENERGÍA Y BOMBEO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.***

Dentro de los diseños el Concesionario deberá considerar los requerimientos de ventilación, iluminación, energía y bombeo durante la construcción de los Túneles, para lo cual deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Para la ventilación se deberá estimar la producción de gases contaminantes y polvo generados por la operación de la maquinaria de construcción, la quema de explosivos en el frente y la presencia de gases del macizo rocoso, con el fin de establecer el tipo y requerimientos de la ventilación en el frente y a lo largo de los túneles y su eficiencia a lo largo de la construcción.

Para la Energía e Iluminación se deberá estudiar, analizar y definir los requerimientos de potencial eléctrico necesario para abastecer el sistema de ventilación, iluminación y demás elementos eléctricos de los túneles. Para esto se deberá estudiar las diferentes fuentes de abastecimiento de energía que satisfagan las necesidades del proyecto.

Para el bombeo de las aguas de infiltración durante la construcción, se deberá estudiar y diseñar el sistema de evacuación, tratamiento y disposición final, tanto de las aguas provenientes del túnel principal como del túnel piloto.

Como productos a entregar se espera como mínimo:

- Las Memorias de cálculo de todas las redes diseñadas.
- Planos de despiece escala 1:50.
- Plano de localización general escala 1:1000.
- Recomendaciones para la adecuada instalación, funcionamiento, mantenimiento y operación de todos los sistemas descritos en el presente volumen.



- **ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS, DE LOS CENTROS DE CONTROL Y EDIFICIOS AUXILIARES**

El Informe Final de los Estudios y Diseños de las instalaciones electromecánicas y de equipos de control para la operación, debe contener como mínimo los aspectos generales y los parámetros de diseño y construcción para los sistemas que se operarán a partir de los centros de control únicos para el sistema de túneles, mediante un sistema de supervisión y adquisición de datos (SCADA). Cada uno de los sistemas tendrá criterios mínimos de diseño que se describen a continuación:

- Sistema de iluminación.
- Sistema de detección y extinción de incendios.
- Sistema de ventilación.
- Sistema de suministro de energía.
- Sistema de auxilio S.O.S.
- Sistema de control de tráfico.
- Sistema de circuito cerrado de televisión, que deberá garantizar cobertura visual de 100% en cada tubo de túnel.
- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de avisos alfanuméricos.
- Un sistema de control, supervisión y adquisición de datos

NOTA: El Concesionario deberá entregar para este volumen todas las memorias de cálculo de las estructuras y equipos diseñados, los planos generales y de detalle para construcción e instalación, y estudios definitivos de acuerdo con las obras y sistemas requeridos para la operación. Igualmente, la relación completa de las normas técnicas empleadas y que cumplen cada uno de los diseños elaborados.

- **ESTUDIO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LOS TÚNELES**

Las consideraciones mínimas a tener en cuenta, además de los consignados en el Apéndice Técnico, para el estudio y diseño de la estructura del pavimento de los Túneles son:

- Geología.
- Topografía.
- Suelos y materiales.
- Drenaje y sub-drenaje.
- Tránsito (TPD).
- Diseño de pavimento en concreto, con una vida útil de 20 años.

El Concesionario entregará como mínimo:

- Memorias de los cálculos realizados, incluyendo las proyecciones del tránsito.
- Planos de las secciones transversales de los túneles y sus nichos con las especificaciones del pavimento recomendadas.
- Recomendaciones generales sobre el drenaje superficial y subterráneo y mantenimiento del mismo.
- Recomendaciones generales sobre el proceso constructivo.
- Programa de mantenimiento para el pavimento.

• **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES DE CONSTRUCCIÓN**

Como resultado de los Estudios y Diseños de las obras civiles y de los equipos electromecánicos de los túneles, el Concesionario deberá entregar un documento que contenga las especificaciones técnicas particulares de construcción para cada una de las obras y equipos a instalar en los túneles, de acuerdo con la metodología y redacción planteada para las Especificaciones Generales de Carreteras del INVIAS.

• **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Durante la Operación y el mantenimiento se debe garantizar unas buenas condiciones de seguridad y altos grados de comodidad para los usuarios de los túneles y de las vías a cielo abierto. Por lo tanto, para el presente estudio se deberá establecer estrategias que aseguren las necesidades de los usuarios, para cumplir los objetivos de la operación.

El Concesionario por lo tanto, planteará dentro de la estrategia los objetivos de la operación y el mantenimiento, formulando entre otros el marco legal en el que debe realizar esta la operación, la participación de todos los organismos (estatales y no estatales) implicados y el cumplimiento de las premisas de seguridad y comodidad.

Dentro de la estrategia y de los objetivos planteados se debe incluir como mínimo:

- Gestionar la seguridad, el tráfico y el estado del proyecto, garantizando un nivel de seguridad vial homogéneo.
- Asegurar unas condiciones óptimas de conservación de instalaciones, equipamiento y servicios.
- Optimización de costos de operación.
- Garantizar la seguridad vial durante las 24 horas del día y de los 365 días del año.
- Mantenimiento y conservación de la estructura física, la calzada y las instalaciones de los diferentes sistemas.
- Control de circulación y mercancías peligrosas.
- **SERVICIOS GENERALES:** relacionados con gestión de personal, compras, es decir, administración del proyecto.

Como producto final se deberá entregar el Manual de Operación y Mantenimiento de las vías a

cielo abierto y de los túneles, el cual contendrá entre otros los siguientes tópicos:

- PLAN GENERAL DE EXPLOTACIÓN.
- PLAN DE OPERACIONES NORMALES.
- PLAN DE CONTINGENCIAS
- PLAN DE MANTENIMIENTO.
- PLAN DE IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO.
- PLAN DE SIMULACROS PROGRAMADOS.

INFORME FINAL RESUMEN

El Informe Final Resumen de los Estudios y Diseños Definitivos para la Construcción, deberá incluir como mínimo una síntesis de cada uno de los volúmenes mencionados, incluyendo su alcance, las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones formuladas, así como los planos, gráficos y cuadros que faciliten la comprensión del informe.

REQUISITOS MINIMOS PARTICULARES PARA DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION

Sin perjuicio de lo estipulado en los numerales anteriores, se describen a continuación algunos requisitos mínimos particulares para el diseño y la construcción de las obras y operación de los Túneles, de acuerdo con estándares, metodologías y procedimientos internacionalmente aprobados.

ANDENES y ductos para cableado

El ancho del andén construidos sobre los cárcamos que albergan los ductos para los cables de energía, la tubería contraincendio, cableado de control y otros ductos de servicios. El diseño de estos cárcamos debe tener en cuenta el proceso constructivo y el espacio requerido para estos ductos, deben ser de concreto hidráulico y se deben diseñar como mínimo para soportar la carga impuesta por un camión grande de dos ejes (C2 G), deberán cubrirse con placas fabricadas de un material resistente de tipo metálico o fibra de vidrio con una resistencia mínima de 80 kN, las cuales deben ser retiradas fácilmente para realizar labores de mantenimiento.

6.4 nichos para parqueo de emergencia.

6.5 nichos de auxilio (s.o.s.)

6.6 nichos contraincendio

6.7 salidas de emergencia peatonales

6.8 acceso de los servicios de emergencia

6.9 nichos para instalaciones eléctricas

6.10 tanque de almacenamiento de agua contraincendio

6.11 sistema de tratamiento de agua residual

IMPERMEABILIZACIÓN

Los túneles deberán tener una barrera impermeable entre el soporte primario y el revestimiento definitivo el cual no permitirá la infiltración de las aguas hacia el interior de los túneles a través de los hastiales y bóveda, garantizando 100% de impermeabilidad en estas áreas. Para las aguas que afloran por el piso, éstas deberán ser conducidas hacia el sistema de drenaje de agua subterránea. Para la impermeabilización de los hastiales y de la bóveda deberá instalarse una membrana impermeable en el interior y un filtro protector en el exterior en estas áreas. Esta barrera impermeable debe ser instalada sin importar el método de construcción del túnel ni el tipo de soporte primario utilizado.

SOPORTE PRIMARIO

El soporte primario debe ser diseñado para estabilizar la excavación subterránea con límites de movimiento predeterminados para el rango de roca/suelo esperado y encontrado durante toda la etapa de construcción.

Los esfuerzos y deformaciones en el soporte primario y el desarrollo de zonas de falla en la roca/suelo alrededor, deben ser determinados para cada etapa de la construcción, tanto a corto como a largo plazo. La situación a largo plazo se debe considerar como el periodo entre la excavación y la colocación del revestimiento definitivo, debe asumirse que no será menos de 1 año.

El soporte primario deberá componerse de concreto lanzado adicionado con fibra metálica y/o sintética, malla electrosoldada, pernos y arcos en acero, según las condiciones geotécnicas requeridas para las estructuras subterráneas y con el diseño correspondiente que el Concesionario deberá presentar en detalle en cada sección del soporte, acorde con cada tipo de terreno establecido en sus diseños geotécnicos.

REVESTIMIENTO DEFINITIVO

La utilidad de los estados límites de agrietamiento, los límites de esfuerzos y el estado último de ruptura deben ser analizados para el diseño del revestimiento definitivo.

El revestimiento definitivo deberá construirse de concreto convencional o concreto lanzado con un espesor tal que garantice la estabilidad geotécnica y estructural, así como su impermeabilización durante la vida útil de los túneles. Se requiere la construcción de un revestimiento definitivo sin tener en cuenta el método de excavación aplicado ni el tipo de soporte primario utilizado.

El revestimiento definitivo deberá tener la función de soporte permanente de los túneles, debe estar libre de infiltraciones y una superficie uniforme que cumpla con los requerimientos de acabado de acuerdo con las especificaciones de construcción y debe tener un coeficiente de resistencia menor en relación con los ductos de ventilación. Las características de acabado del revestimiento serán definidas en los pliegos de construcción a desarrollar durante el Estudio de Detalle.

RECUBRIMIENTO

Las paredes laterales de los túneles deben ser recubiertas con una pintura clara, reflectiva, no-intensa compatible con la efectividad de la luz, o con un enchape que cumpla la efectividad de la luz, o con otro material de igual o mejores condiciones. Igualmente, podrá utilizar en los concretos del revestimiento cementos blancos. Sea cual sea el recubrimiento a utilizar este debe

poseer todas las facilidades de limpieza y debe cumplir con una duración mínima de 5 años antes de su primera intervención por mantenimiento periódico. El recubrimiento debe ser resistente al lavado mecánico del túnel, debe ser aplicado estrictamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

La superficie del concreto debe ser tratada previamente según las normas para este tipo de recubrimientos.

El recubrimiento debe ser inflamable y no producir ningún tipo de gases en caso de un incendio.

SISTEMA DE DRENAJE DEL TÚNEL

Sistema de Drenaje de Agua Subterránea

Sistema para drenaje del agua en la superficie de la vía

Como los Túneles serán diseñados con un sistema impermeable, el agua subterránea debe entrar al túnel únicamente por las tuberías laterales de drenaje y no debe aparecer en la superficie de la vía. El sistema de drenaje de aguas en la superficie de la vía deberá considerar las aguas procedentes de lavado de los túneles como las que entran a éste por los portales.

Adicionalmente, el sistema de drenaje de la vía **debe** recibir cualquier tipo de líquido proveniente de derrames accidentales.

Todos los elementos para la conducción, tratamiento y disposición deberán ser diseñados bajo la normatividad consignada en el RAS-2000 y para el cumplimiento de la normatividad ambiental de vertimientos.

El diseño del drenaje del agua en la superficie de la vía, debe considerar las condiciones de mantenimiento eficiente de los canales de drenaje (cárcamos) durante el tiempo de operación del túnel, para lo cual deberán diseñar obras de fácil mantenimiento.

CABLEADO Y SERVICIOS

Con respecto a los Túneles, se deben proveer e instalar los siguientes servicios y cables:

- a) Cables para suministro de electricidad.
- b) Cables eléctricos para la supervisión y control del túnel.
- c) Cableado de detección de incendios.
- d) Cable radiante.
- e) Cableado de comunicaciones y teléfonos de emergencia
- f) Otros cables.

Los servicios para terceros no son permitidos en el túnel. Todos los servicios y cables deben ir a través de ductos y/o bandejas portacables que deben estar debajo de los andenes cubiertos por tapas de fácil retiro por los técnicos de mantenimiento.

Los cables a instalar en el túnel deberán ser blindados contra roedores y resistentes a altas temperaturas y apantallados en la medida que el diseño y las normas así lo requieran.

8. ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS TÚNELES

El Concesionario podrá escoger la forma en que ejecutará los procedimientos para intervenir el túnel, siempre y cuando los mismos cumplan como mínimo con las Especificaciones y Normas Técnicas Obligatorias de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento para los Túneles, o con las normas vigentes y se ajusten a lo previsto en este numeral. Igualmente, el Concesionario deberá cumplir con las obligaciones impuestas por la Licencia Ambiental y/o Plan(es) de Manejo para llevar a cabo la intervención de los túneles.

8.1 ORGANIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MANTENIMIENTO.

El túnel precisa personal con alta experiencia en las labores de operación, mantenimiento y conservación, y precisa también personal que pueda prestar servicio para resolver las incidencias que se presenten a los usuarios del túnel. Cada caso particular debe establecer el dimensionamiento óptimo, y la ubicación adecuada de los equipos destinados al mantenimiento, pero deben respetarse las siguientes reglas, que se usarán en dicho dimensionamiento y en la elección de la ubicación.

- Para cada equipo y muy especialmente para los de los sistemas citados, se tipificarán las averías como:
 - Nivel C. Averías de emergencia: Todas aquellas que interrumpen el funcionamiento del conjunto de la instalación, lo que puede ser motivo de pérdida grave en la seguridad de los usuarios.
 - Nivel B. Averías críticas. Todas aquellas que interrumpen el funcionamiento del conjunto, o de gran parte de la instalación, pero no son motivo de pérdida grave en la seguridad de los usuarios.
 - Nivel A. Averías normales. El resto de las averías.
- Los equipos de mantenimiento, deben dimensionarse para poder iniciar la reparación de las averías de emergencia (de nivel C) en un plazo máximo de dos horas. El plazo para las de nivel B es de ocho horas, y de cuarenta y ocho horas para las de nivel A.
- En el centro de control, debe haber permanentemente personal de mantenimiento con la formación y la experiencia necesaria como para poder diagnosticar de modo inmediato el tipo de las intervenciones correctivas necesarias, y la calificación del nivel de la avería. Puede también darse la formación adecuada al personal destinado a la operación del túnel para que realice esta función.
- Para el mantenimiento ordinario de las instalaciones, se pueden adoptar soluciones diversas, mediante personal del Concesionario, o mediante personal de otras empresas de servicios que presten el mantenimiento mediante un contrato con el Concesionario. En todo caso debe respetarse la prescripción anterior respecto al diagnóstico inmediato, y respecto a los tiempos de intervención según el nivel de las averías.
- Los equipos de mantenimiento se dispondrán en función de las probabilidades de las averías. Igualmente la presencia de personal en horas de alta afluencia de tráfico puede ser útil para reforzar, en caso necesario, a los equipos destinados a la operación del túnel, para lo que los miembros de los equipos de mantenimiento deben formarse en los principios de la operación.
- Los túneles deben disponer de sistemas de control de incidencias entre las que se encuentran los controles de velocidad. Los detalles de estos sistemas se desarrollarán durante la fase de Estudio de Detalle, con arreglo a la funcionalidad solicitada de control total de incidencias en el túnel y considerando la normativas internacional aplicable.

8.1.1 Listas de Revisión

El **Concesionario** deberá desarrollar una Lista de Revisión para cada una de las operaciones de mantenimiento tanto de la obra civil como de las instalaciones del Túnel, que deberá contener como mínimo:

- Lista de operaciones.
- Equipo de trabajo y estimación de recursos.
- Lista de materiales de repuesto y herramientas.
- Lista de medidas de seguridad.

El **Concesionario** deberá elaborar una lista de revisión específica para cada elemento o sistema del túnel que deba mantenerse y deberá entregar dos copias de estas listas, una al Interventor y una al INCO, a más tardar pasados 30 días después del inicio de la etapa de operación del Túnel.

8.1.2 Medidas de Seguridad

Si en cumplimiento de las obligaciones de mantenimiento de la infraestructura del Túnel, es necesario interrumpir el paso de vehículos por la zona, el **Concesionario** deberá seguir los procedimientos contenidos en las Normas de Señalización de Obras y en todo caso, el **Concesionario** deberá acogerse a lo establecido en la Norma NFPA 502.

8.1.3 Cuadro de periodicidades.

Las tareas de mantenimiento específico que deberá desarrollar el Concesionario deberán obedecer a un protocolo que deberá incluir y considerar las siguientes periodicidades de intervención:

PA	- Plurianual (cada varios años)
A	- Anual (cada año)
S	- Semestral
T	- Trimestral
M	- Mensual
Q	- Quincenal
S	- Semanal
D	- Diaria
H	- Por tiempo de funcionamiento

Para las tareas de mantenimiento el Concesionario deberá desarrollar una matriz donde se considerarán todos los sistemas para la operación, sus elementos y su instrumentación y las periodicidades de intervención.

9. ESPECIFICACIONES PARA LA OPERACIÓN

La operación de los túneles se realizará mediante la implementación y aplicación del manual de

operación y de contingencias. Todos los sistemas diseñados deberán integrar al sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) de última generación que se administrará en los centros de control ya sea mediante redes de comunicaciones o señales digitales y análogas. Estas señales son el punto de entrada al sistema mediante el cual se determina la acción a tomar en cada caso.

El sistema SCADA deberá estar compuesto por dos PLC redundantes de alta disponibilidad, tolerante a fallas, módulos de entrada/salida distribuidos en RTU's a lo largo del túnel, interfaces de comunicaciones, dos servidores de datos y dos interfaces gráficas en configuración cliente/servidor que le permiten al operador tener toda la información en tiempo real del estado de cada uno de los sistemas del túnel.

9.1 SCADA (SISTEMA DE CONTROL, SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS)

En operación normal, las funciones del sistema de control, supervisión y adquisición de datos son las de visualización del estado de los diferentes sistemas, selección de parámetros de funcionamiento, supervisión de automatismos locales, ejecución de comandos individuales manuales, visualización de los eventos y alarmas y edición de reportes.

El control de cada sistema debe ser totalmente computarizado, con interfaces hombre- máquina para permitir las ordenes de los operadores.

Los equipos de cómputo deberán contar con los programas operativos, de comunicaciones y de aplicación especializados para realizar la supervisión y el control del sistema.

Los equipos de este sistema estarán ubicados en los centros de control, desde donde se deberá controlar y supervisar la operación de los siguientes sistemas:

- Sistema de iluminación.
- Sistema de detección y extinción de incendios.
- Sistema de ventilación.
- Sistema de suministro de energía.
- Sistema de auxilio S.O.S.
- Sistema de semaforización y control de tráfico.
- Sistema de circuito cerrado de televisión.
- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de avisos alfanuméricos.
- Sistema de gestión de operaciones y contingencias

El sistema general de supervisión y control estará conformado por unidades concentradoras de señales, unidades procesadoras remotas, servidores, interfaces hombre- máquina, impresoras y unidades de almacenamiento de respaldo, entre otros equipos.

9.2 ORGANIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE OPERACIÓN

El Concesionario deberá garantizar el normal funcionamiento del tráfico en el túnel, disponiendo, como mínimo, del personal necesario para atender las siguientes actividades:

F

5

de

PROYECTO RUTA DEL SOL
CONTRATO DE CONCESIÓN DE OBRA PÚBLICA
Apéndice Técnico Sector 1 – Anexo 3

- Atención y supervisión de las indicaciones de los sensores, cámaras, sistemas y otros elementos del túnel.
- Atención a las llamadas procedentes de los nichos de auxilio S.O.S.
- Atención a las radiocomunicaciones.
- Petición de intervención a los servicios externos de emergencia, según necesidades de la situación.
- Intervención frente a las emergencias por avería mecánica de los usuarios.
- Intervención en las emergencias por accidente de circulación.
- Intervención en las emergencias por incendio, atentado, explosión u otras causas.
- Señalización de obras, de emergencias o de operaciones de mantenimiento. Esto incluye la elaboración de un plan de señalización y demarcación vial en acuerdo con lo exigido en el manual de señalización del Ministerio de Transporte vigente en el momento de la instalación de los dispositivos. Se exigirá la instalación de tachas.
- Actuaciones derivadas de las incidencias, tales como retirada de restos, despeje de la calzada, consolidación o retiro de elementos dañados o que amenacen el normal desarrollo del tráfico etc.
- Acompañamiento de los vehículos de transportes especiales, y de los de materias peligrosas.
- Atención inmediata de las llamadas de los nichos de auxilio S.O.S, a todas horas y en cualquier día del año.
- El Centro de Control deberá contar con presencia permanente de personal, dedicado a la atención a las llamadas de los nichos de auxilio S.O.S, la supervisión del funcionamiento de los equipos, a la activación de los procedimientos de emergencia, a la atención de las comunicaciones por radio o teléfono con los equipos de mantenimiento, y a la centralización de las informaciones de toda índole que afecten a la operación del túnel.
- Además del personal indicado anteriormente, el Concesionario deberá disponer de personal que pueda garantizar la intervención necesaria frente a las incidencias derivadas del tráfico. Este personal debe ser capaz de alcanzar el punto del incidente, e iniciar la actuación con los medios necesarios al caso, en los siguientes tiempos máximos:

El equipo mínimo para la intervención en el túnel deberá estar compuesto de los siguientes medios:

- Intervención en averías mecánicas con personal dedicado a la señalización e intervención. El Concesionario deberá disponer de vehículos debidamente señalizados, mediante indicadores giratorios y/ó destellantes.
- Intervención en accidentes. Para estos eventos, el Concesionario deberá disponer adicionalmente el personal y los medios necesarios para retirar los vehículos accidentados, recoger restos y despejar y limpiar la calzada.
- Para las operaciones que no se deriven de emergencias, tales como las intervenciones rutinarias para realizar operaciones de mantenimiento, el Concesionario deberá proveer el equipo necesario para que dichas operaciones no entorpezcan el adecuado flujo vehicular en el túnel.

En todos los casos, el Concesionario deberá suministrar y mantener medios auxiliares, tales como linternas, banderas y balizas luminosas, señales de tráfico en tipo y cantidad suficiente para las necesidades, trinchas reflectantes para todo el personal que pueda actuar en presencia de tráfico.

Así mismo, el Concesionario deberá proveer y mantener equipos de respiración autónomos y debe garantizar su permanente dotación dentro de los equipos de operación. Dichos equipos deberán contar con una reserva de aire de 30 minutos, los cuales deberán revisarse y ajustarse por lo menos una vez al semestre.

El Concesionario deberá garantizar la oportuna atención de emergencia a través de medios adicionales, pero en todo caso, los servicios médicos no podrán tardar más de cinco minutos desde la llegada del primer vehículo de señalización, y la llegada de los bomberos no deberá tardar más de 15 minutos desde el primer aviso.

Para realizar las actividades de operación y mantenimiento de todos los equipos que componen los sistemas electromecánicos del túnel, el Concesionario deberá disponer de un equipo de trabajo conformado por profesionales, tecnólogos y/o técnicos, con amplia experiencia en la operación de túneles carreteros con longitudes mayores a 4 km., con conocimientos claros de cada uno de los sistemas de operación que integran el SCADA y experiencia en la atención de contingencias.

La gestión de la operación será evaluada a través de la interventoría la cual supervisará el contrato y determinará los estándares mínimos de operación. En caso de que no se cumplan los estándares se aplicarán las sanciones establecidas en el contrato.

9.3 TRANSPORTES ESPECIALES Y DE MATERIALES PELIGROSOS

Los transportes especiales son los vehículos que exceden de las dimensiones o de los pesos habituales de los vehículos pesados.

En el túnel aplicarán las restricciones vigentes sobre peso total, peso por eje y dimensiones de vehículos.

Para el manejo de este tipo de tráfico el Concesionario deberá disponer de lugares anteriores a la entrada del túnel donde puedan detenerse los transportes y desde los que se inicien las actuaciones especiales que les permitan el paso por el túnel, para el caso de los transportes especiales.

Estos puntos de detención deben estar suficientemente indicados, y disponer de medios para comunicar la presencia del vehículo de transporte especial, al Centro de Control quien autorizará su paso por el túnel

El Concesionario deberá establecer como mínimo las siguientes tres categorías para el manejo de este tipo de transportes:

- Tipos y dimensiones de los vehículos que pueden atravesar el túnel sin ninguna precaución especial (umbral inferior de los transportes especiales)
- Tipos y dimensiones de los vehículos que pueden atravesar el túnel con actuaciones precautorias específicas (transportes especiales específicos para este túnel).
- Tipos y dimensiones de los vehículos que no pueden circular por el túnel (umbral superior de los transportes especiales).

Respecto a los transportes de cargas peligrosas, los conductores de camiones deben ser alertados, mediante señalización apropiada y suficiente, de los requerimientos de revisión de carga en caso

requerido, como medida de prevención de entrada de materiales prohibidos o controlados.

El transporte de explosivos debe ser restringido y en lo posible prohibido. El transporte de otros materiales peligrosos deberá ser restringido y en lo posible limitado a ciertos períodos del día o la semana. Los transportes de materiales peligrosos, adicionalmente a los explosivos, incluyen todas las sustancias con cuya exposición se ponga en riesgo la vida humana o cuya inclusión en un accidente resulte en pérdidas materiales y/o humanas, como lo son las sustancias venenosas, tóxicas, corrosivas o de naturaleza radioactiva o nuclear, ciertos sólidos producto de refinación de hidrocarburos, gasolina, químicos orgánicos, materiales de refinación y ciertos componentes alimenticios.

Dentro de este grupo se incluyen también los contenedores presurizados, debido a que los materiales componentes de estos equipos no deben exponerse a situaciones de incendio en recintos cerrados como el túnel, dada la naturaleza explosiva de los gases utilizados en dichos elementos.

Los camiones transportadores de estos materiales, deben ser inspeccionados en el área designada para este efecto, y esperar la llegada de otros vehículos con similares cargas, para posteriormente al despeje del tránsito en el túnel, ser escoltados por los vehículos de apoyo y de emergencia en su paso por el túnel.

ENTREGA DE LA OPERACIÓN DE LOS TUNELES

Además de las estipuladas en la minuta del contrato, para la entrega de la operación del Túnel, el Concesionario 4 meses anteriores a la fecha de finalización de la etapa de operación y mantenimiento deberá cumplir con todo y cada uno de los siguientes puntos:

- Permitirá el ingreso del personal del INCO o a quien éste delegue a todas las instalaciones para la operación. Durante este tiempo el Concesionario deberá realizar el empalme con el personal encargado de la operación del túnel.
- El Concesionario procederá a la reversión de todas las instalaciones al INCO lo cual incluye tanto el hardware como el software instalado para la operación de los sistemas. Esta entrega incluirá las licencias de los productos, el software de mercado instalado, tales como sistemas operativos y gestores de bases de datos, así como los códigos fuente de los programas que se encuentren en explotación. Además, se incluirá información de los protocolos de comunicaciones usados.
- Entrega de todo el equipamiento utilizado para los servicios a los usuarios tales como: vehículo, grúas, equipo de ataque rápido, ambulancias, equipos de radiocomunicaciones.
- Todos los elementos que de acuerdo con las recomendaciones del fabricante tienen una vida útil no mayor a 2 años serán restituidos por nuevos elementos al momento de entrega de la operación.
- Entrega de los stocks de repuestos y de herramientas solicitados.
- Entrega de toda la documentación relacionada con los equipos, manuales de mantenimiento, planes de contingencia, manuales de operación, estadísticas de operación, indicadores de gestión, etc.

F

