



NAP 2-3-1.0

NORMA ADIF PLATAFORMA

TÚNELES

2ª EDICIÓN: OCTUBRE 2022

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	M1: JUNIO 2018	Inclusión de las conclusiones del "Estudio de efectos aerodinámicos sobre tapas de canaletas en túneles de Alta Velocidad"	Apartado 6.1 Trazado y sección transversal
2	ED 2 OCTUBRE 2022	Revisión completa del documento, tanto del índice tipo como de las fases constructivas. Inclusión de las distintas instalaciones del túnel y de la documentación propia del mismo	Todos

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-102. Túneles.

Propone:	Aprueba:
 Grupo de trabajo GT-102 Fecha: 24 de octubre de 2022	 Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
2.- INTRODUCCIÓN.....	5
3.- ÍNDICE TIPO DEL ANEJO DE TÚNELES.....	5
4.- OBRA CIVIL DEL TÚNEL.....	11
4.1.-ANÁLISIS JUSTIFICATIVO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA. SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	11
4.2.-DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN LIBRE DE ACUERDO CON LA ETI DEL SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA.....	12
4.2.1.-CRITERIOS DE SALUD	13
4.2.2.-CRITERIO DE CONFORT.....	13
4.2.3.-EFECTO PISTÓN	14
4.3.-SECCIÓN GEOMÉTRICA	14
4.4.-PERFIL LONGITUDINAL.....	15
4.5.-RECOMENDACIONES SOBRE GEOLOGÍA, GEOTECNICA E HIDROGEOLOGÍA.....	16
4.6.-RECOMENDACIONES SOBRE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTOS	16
4.6.1.-MÉTODOS CONSTRUCTIVOS	16
4.6.2.-CÁLCULO DE LA EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	17
4.6.3.-CONTRABÓVEDAS.....	18
4.6.4.-EMBOQUILLES	18
4.6.5.-SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO	19
4.6.5.1.-SOSTENIMIENTO EN TÚNEL.....	20
4.6.5.2.-SOSTENIMIENTOS DE EMBOQUILLE.....	20
4.6.6.-RELLENO SOBRE TÚNEL ARTIFICIAL.....	21
4.6.7.-ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS NECESARIOS	22
4.6.8.-MEJORA DE LA EXCAVABILIDAD Y TRATAMIENTOS ESPECIALES.....	23
5.- INSTALACIONES A CONTEMPLAR EN LOS TÚNELES	23
5.1.-INSTALACIONES DE AUTOPROTECCIÓN Y SEGURIDAD	23
5.1.1.-EVACUACIÓN DE PERSONAS.....	23
5.1.2.-PASILLOS DE EVACUACIÓN	24
5.1.3.-ACCESO A LA ZONA SEGURA	25
5.1.4.-ZONAS SEGURAS Y DE RESCATE	26
5.1.5.-COMUNICACIONES EN ZONAS SEGURAS Y DE EMERGENCIA	28
5.1.6.-PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO.....	28
5.1.7.-SUMINISTRO DE AGUA	29
5.1.8.-PREVENCIÓN DE ACCESO NO AUTORIZADO	30
5.1.9.-HUECOS DE DESACOPLE CON LAS ESTACIONES SUBTERRÁNEAS	30
5.1.10.- SIMULACIÓN DEL INCENDIO Y DE EVACUACIÓN	30
5.1.11.- ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	31
5.2.-INSTALACIONES DE PLATAFORMA.....	31
5.2.1.-IMPERMEABILIZACIÓN	31
5.2.2.-DRENAJE Y EVACUACIÓN DE VERTIDOS	31

5.2.3.-POZOS DE BOMBEO	33
5.2.4.-ILUMINACIÓN PERMANENTE.....	33
5.3.-INSTALACIONES DE VÍA	33
5.4.-INSTALACIONES DE CABLES.....	34
5.4.1.-CANALIZACIONES HORMIGONADAS BAJO PASILLO DE EVACUACIÓN	34
5.4.2.-CANALETAS PREFABRICADAS	35
5.4.3.-CRUCES DE CABLES BAJO VÍA	35
5.5.-INSTALACIONES DE ENERGÍA Y LÍNEA AÉREA DE CONTACTO	36
5.6.-INSTALACIONES DE CONTROL, MANDO Y SEÑALIZACIÓN	36
5.7.-INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES	37
5.8.-PUESTAS A TIERRA	37
5.9.-ESTACIONES SUBTERRÁNEAS	38
5.9.1.-SECTORIZACIÓN TÚNEL – ESTACIÓN SUBTERRÁNEA	38
5.10.- SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS	38
6.- EXPEDIENTE DE MANTENIMIENTO	38
7.- DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR	39
8.- NORMATIVA DEROGADA	40
9.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	40
10.-NORMATIVA DE REFERENCIA.....	40
I.Anejo 1. SECCIONES TIPO	43
II.Anejo 2. DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLES	44
III.Anejo 3. ESQUEMAS DE PUESTAS A TIERRA	45

1.-OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente norma tiene por objeto fijar el contenido mínimo del anejo de túneles de los proyectos y establecer criterios y recomendaciones para el diseño y gestión de los túneles en el ámbito ferroviario a implementar en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) gestionada por Adif y Adif AV (en adelante Adif).

Tal y como se indica en la NAP 1-2-0.1 – Índices tipo y contenido de los proyectos de plataforma ferroviaria, procede, en su caso, la inclusión en los proyectos del anejo de túneles.

Las condiciones establecidas en este documento serán de aplicación a los túneles de nuevo trazado. Las actuaciones en túneles existentes se atenderá a lo recogido en el apartado 7.2.2 del Reglamento 1303/2014 relativo a la ETI de seguridad en túneles, pudiendo utilizar el presente documento como referencia.

2.-INTRODUCCIÓN

Un túnel ferroviario es una excavación o una construcción alrededor de las vías que permite que el ferrocarril pase, por ejemplo, por debajo del terreno, edificios o agua. La longitud de un túnel viene definida por la longitud cuya sección transversal está totalmente confinada, medida al nivel del carril. Un túnel, en el ámbito del presente documento y conforme a la ETI de «seguridad en túneles ferroviarios», es el que tiene una longitud igual o superior a 0,1 km. Dichos elementos se inventariarán según la NAP 2-5-0.1 Inventario de túneles ferroviarios.

La renovación, rehabilitación, ampliación y acondicionamiento de túneles deberá cumplir con el Reglamento 1303/2014 relativo a la ETI de seguridad en túneles, y en particular con el 7.2.2. “Medidas de acondicionamiento o renovación de túneles” donde se indica que “el resultado de los trabajos de renovación o acondicionamiento garantizará que se mantiene o mejora la compatibilidad de las instalaciones fijas con el material rodante que cumpla la ETI”.

Las estaciones que formen parte del túnel deberán cumplir las normas nacionales en materia de seguridad contra incendios y la NAG 5-0-1.0 “Requerimientos para el diseño de estaciones subterráneas”. Como criterio general, y salvo excepciones debidamente justificadas, las estaciones deberán poder usarse siempre como zona segura y Punto de Evacuación y Rescate (PER) del túnel, puesto que son habitualmente los puntos del mismo donde se reúnen las mejores condiciones de evacuación y de accesibilidad para los servicios de intervención en emergencias. Los puntos límite entre la estación y el/los túneles serán, a efectos de evacuación los extremos de los andenes y, desde el punto de vista del control de humos e incendio, las sectorizaciones mediante pozos de ventilación, si las hubiese.

Cualquier elemento que se instale dentro de un túnel ferroviario debe respetar la ETI de seguridad en túneles ferroviarios, relativo a la reacción al fuego. Los materiales de construcción del túnel cumplirán los requisitos de la clase A2 y los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B, según Reglamento (UE) 2016/364 de la Comisión o bien no contribuirán significativamente a la carga de fuego.

3.-ÍNDICE TIPO DEL ANEJO DE TÚNELES

1. INTRODUCCIÓN

1.1.Objeto

1.2.Datos de partida. Se resumirá la información que se ha tenido en cuenta para el diseño de los túneles pertenecientes al sub-tramo, tanto la proporcionada por Adif (Estudio Informativo,

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 5 de 46

Estudio geológico-geotécnico, Declaración de Impacto Ambiental) como la desarrollada por el propio proyectista en otros Anejos del proyecto. Se incluirá el análisis multicriterio.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS TÚNELES PROYECTADOS

Se relacionarán los túneles proyectados, identificados por sus P.K. y su designación, y para cada uno de ellos se hará la siguiente descripción:

2.1. Sección libre. Se confirmará los criterios de salud y confort.

2.2. Sección geométrica. Deberá incluirse la justificación matemática, mediante cálculo, de que se cumple la sección libre recomendada. Se analizarán posibles interferencias entre todos los subsistemas.

2.3. Perfil longitudinal. Se incluirá una tabla con los puntos altos, bajos y pendiente longitudinal, así como la descripción de los pozos de bombeo y salidas de emergencia.

2.4. Velocidades de paso. Se incluirá una tabla donde para cada túnel se describa todo el proceso de dimensionamiento y de determinación de la velocidad máxima por aerodinámica. Dicha tabla constará de los siguientes epígrafes:

- Velocidades máximas desarrollables en el túnel por condicionantes geométricos (planta, alzado) o de explotación (proximidad de Bifurcaciones, estaciones, apartaderos, etc.).
- Tipología de vía a disponer (Placa o Balasto).
- Longitud del túnel.
- Descripción de la sección (vía doble, vía única, instalaciones de que dispondrá, etc.).
- Descripción y justificación del método de cálculo y dimensionamiento de la sección libre del/los túneles.
- Comprobaciones (de la sección libre).
- Recomendaciones sobre otros efectos aerodinámicos a tener en cuenta, relacionados con el diseño de la sección (p.e.: Efecto sobre la capa límite por elementos auxiliares como pasillos de evacuación; cumplimiento de aspecto medioambientales derivados del efecto pistón, etc.).
- Determinación de las velocidades máximas de paso por el túnel debidas a efectos aerodinámicos.

2.5. Excavación. Descripción de los tipos de terreno considerados, métodos constructivos y maquinaria más adecuada para la excavación, fases de excavación previstas, longitudes de avance recomendadas, consideraciones específicas para contrabóveda, emboquilles, rellenos, etc. Adjuntar documentación en abierto y digital de cálculo.

2.6. Emboquilles. Justificación de la tipología y ubicación de los emboquilles. Tratamiento previsto del talud frontal y plano de emboquille.

2.7. Sostenimiento. Definición y justificación de los distintos tipos de sostenimiento previstos, descripción de los elementos que los constituyen, orden de colocación, etc. y justificación de presolera en avance, contrabóveda o solera sin función resistente. Adjuntar documentación en abierto y digital de cálculo.

2.8. Revestimiento. Definición de la sección adoptada y, en su caso, función estructural considerada y su cálculo (tensiones inducidas por el sostenimiento, fluencia diferida del

terreno, etc.).

2.9. Impermeabilización y drenaje. Descripción de las zonas de posible irrupción de agua en la excavación y precauciones a adoptar. Definición del sistema de impermeabilización y sus elementos constituyentes. Definición de la captación transversal de filtraciones y de la evacuación longitudinal (drenes, colectores, cunetas) en el centro y laterales del túnel. Detalles del sistema de impermeabilización en el entronque entre las galerías y el túnel principal.

2.10. Túneles artificiales (si procede): condicionantes del trazado, ambientales, accesos, y factores geomecánicos: cobertura necesaria y calidad del terreno, etc.

2.11. Condiciones especiales de contorno o diseño:

- Se comprobará la correcta conexión con los tramos adyacentes comprobando la totalidad de la sección transversal, en cuanto a características geométricas (planta y alzado), canalizaciones de instalaciones, sistemas de drenaje y en cuanto al cierre de coordenadas de las bases de replanteo. En todo caso se verificará el trazado obtenido de forma que la rasante proyectada optimice el consumo de materiales (volumen de hormigonado, etc.) y los condicionantes en cada caso (posición del tercer hilo si lo hubiera, etc.)
- Se definirán las oportunas transiciones de rigidez a nivel de infraestructura en todo caso a la salida del túnel de forma compatible según NAV 7-1-0.7 NAV Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva y según NAP 1-2-4.0 Geología, geotecnia y estudio de materiales.
- Se establecerán los requisitos especiales de seguridad de la explotación (necesidad de tránsito de vehículos de emergencia, continuidad de pasillos laterales de evacuación, etc.) y de mantenimiento de la vía que puedan condicionar la definición de la infraestructura de acceso o evacuación.
- Cuando se requiera el montaje de aparatos de vía en el interior del túnel, se deberá considerar el gálibo necesario para la ubicación de los accionamientos y evitar la inundación de los motores mediante las obras de drenaje necesarias.

2.12. Diseño de Galerías (si procede): La sección tipo de éstas debe tener en cuenta la instalación de, al menos, puertas de emergencia y equipos de presurización.

3. MAQUINARIA UTILIZADA (epígrafe a incluir cuando proceda).

3.1. Maquinaria (Incluir un capítulo por cada tipo utilizado cuando proceda).

- Descripción de la tipología actual de máquinas, para los diversos tipos de terrenos.
- Descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas de la traza, y parámetros que influyen en la selección de la tipología de máquina, a saber:
 - Características geomecánicas del terreno.
 - Abrasividad.
 - Perforabilidad.
 - Presencia de cavidades.
 - Riesgo de atrapamiento en escudos.
 - Presencia de agua (presión, golpes de agua, sifonamiento en arenas, etc.).
 - Presencia de gases peligrosos: grisú/metano.
 - Granulometría en suelos y contenido de finos.

- Grado de conocimiento de los terrenos atravesados y posibles incertidumbres.
- Selección de la tipología de máquina adecuada para el túnel, en función del terreno que se va a excavar, justificando las razones.
 - Tuneladora de roca.
 - Topo.
 - Simple Escudo.
 - Doble Escudo.
 - Tuneladoras para suelos.
 - Escudo de presión de tierras (EPB).
 - Hidroescudo.
 - Tuneladoras mixtas para suelos y rocas.
- Evaluación de los riesgos geotécnicos según el tipo de máquina elegido.
- Condicionantes geométricos para la excavación: diámetro de excavación, diámetro interior del revestimiento, radio mínimo en planta y en alzado.
- Descripción del proceso constructivo, con la máquina seleccionada.
- Estimación de rendimientos y plazos.
- Descripción general de los componentes de la máquina, elementos auxiliares y parámetros básicos (potencia instalada, empuje máximo y de trabajo, par, etc.).
- Procedimiento de trabajo; descripción de un ciclo de avance, inyección del trasdós de las dovelas, revisión de herramientas, parámetros de trabajo de la tuneladora.
- Protocolo para el mantenimiento de cortadores auxiliares y medidas que conlleve.
- Estimación de rendimientos y plazos.
 - Ubicación de los pozos de ataque y extracción de la máquina, en caso de ser túneles urbanos, y de los emboquilles cuando es un túnel no urbano.
 - Definición de la zona de instalaciones en el punto de ataque, para la ejecución del túnel, zona de talleres, oficinas, acopios y desescombro.
 - Definición de elementos auxiliares, como conexiones entre tubos o salidas al exterior, método de transporte (cinta o vagonetas), accesos, etc.
 - Necesidad de acondicionar accesos a las bocas y/o zonas de instalaciones auxiliares.
 - En túneles con escudo, ubicación y acometidas para plantas de prefabricación de dovelas.
 - Prever la necesidad de acometida eléctrica para instalaciones y tuneladoras. En su caso, proyecto de acometida y estimación de plazos, autorización, ejecución y legalizaciones.
 - Instalaciones de tratamiento de aguas procedentes de la excavación.

3.2.Sostenimiento y revestimiento

- Descripción de la tipología actual de máquinas para los diversos tipos de terrenos.
- Descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas de la traza, y parámetros que influyen en la selección de la tipología de máquina.

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 8 de 46

- Características geomecánicas del terreno (matizar para cada tipo de maquinaria utilizada).
 - Tuneladoras con escudo.
 - Tipología de anillos de dovelas existentes (universal, izquierda-derecha, etc.) y selección del más adecuado.
 - Definición del revestimiento seleccionado; geometría, materiales, junta de impermeabilización (en función de las cargas de agua existentes y condiciones de ejecución), fibras, etc.
 - Dimensionamiento estructural de las dovelas con sus cálculos correspondientes: por empuje del terreno y gatos, acopio, desencofrado, etc.
 - Tuneladoras abiertas. Topos.
 - Definición del tipo de sostenimiento seleccionado para los diferentes tipos de terreno.
 - Definición y dimensionamiento estructural del revestimiento definitivo.
 - Estudio del ciclo de construcción. Momento de ejecución del revestimiento respecto al avance de la excavación.

3.3. Análisis de subsidencias

- Estudios de subsidencias.
- Evaluación de riesgos y zonificación.
- Modelización numérica de subsidencias.

3.4. Instrumentación y control de subsidencias

- Criterios generales para la definición del Plan de Auscultación.
- Definición de las magnitudes que han de controlarse: movimientos del terreno, edificios, infraestructuras, revestimiento del túnel, franja de posibles subsidencias.
- Definición de la instrumentación necesaria.
- Definición detallada de las secciones a instrumentar en el túnel.
- Secciones internas.
- Secciones de control externas.
- Metodología del control de subsidencias.
- Estudio estructural de los edificios en la franja de subsidencias, con su estado de conservación y valor patrimonial, si procede.

3.5. Tratamientos del terreno

- Justificar la necesidad de realizar tratamientos del terreno en determinadas zonas, en función del análisis de subsidencias y de todas las condiciones de contorno del túnel; edificios, infraestructuras, servicios, cobertera del túnel, terreno, etc.
- Definición de los tratamientos del terreno necesarios.
- En túneles que tengan tramos largos en terrenos de baja calidad se ejecutarán tratamientos del terreno para crear "zonas seguras" en las que puedan hacerse operaciones de mantenimiento de la máquina.

4. SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN DE LOS TÚNELES

Se definirá el plan de seguimiento, la separación media entre secciones de auscultación en cada tipo de terreno, detalles de la instrumentación a instalar, tipo y frecuencia de las medidas de tensiones y deformaciones, así como pautas/criterios respecto a las medidas a adoptar en obra en función de la deformación acumulada, de los umbrales de alarma, de las velocidades de las deformaciones y de su aceleración.

Los planes de auscultación deben incluir la medida del caudal de agua evacuado durante la excavación del túnel. Según la complejidad del túnel, la medida del caudal se realizará por formaciones, instalando secciones de aforo intermedias.

5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Se describirán, aunque que no sea objeto del proyecto, con detalle las medidas de protección y seguridad adoptadas en el proyecto a fin de satisfacer los criterios fijados por la ETI de Seguridad en Túneles en vigor, en materia de (ver punto 5.1):

- Condicionantes de trazado para la evacuación de personas.
- Condicionantes de la sección transversal para la evacuación de personas.
- Pasillos de evacuación. Especificar en los documentos del proyecto (planos entre otros) los aspectos relativos al pasillo de evacuación y pasamanos (disposición, ubicación, descripción, dimensiones, etc.), acotando todos los elementos de las secciones y representando el gálibo de evacuación dando cumplimiento a la ETI. Justificar que los elementos que se instalen en las inmediaciones del pasillo de evacuación (generalmente en los hastiales del túnel) no obstaculizan su gálibo de evacuación. Justificar la posición relativa del pasillo de evacuación respecto al gálibo utilizado analizando su posición con el material rodante parado.
- Zonas seguras y de rescate. Indicar en el proyecto su superficie evidenciando el cumplimiento de la ETI. Incluir en el proyecto evidencias de disposición de las zonas seguras con sus dimensiones. Considerar los tramos adyacentes al proyectado, por si, en conjunto, fuese necesario la disposición de puntos de evacuación y rescate o de lucha contra incendios. Indicar en el proyecto las dimensiones de las puertas de acceso, dando cumplimiento a la ETI. Si hay alguna singularidad en el acceso incluir en proyecto las medidas necesarias y coordinarlas con el Plan de autoprotección. Se definirán las instalaciones de comunicación en zonas seguras y la conexión con el Centro de Control.
- Protección contra el fuego. Justificar con evidencias el cumplimiento de la ETI de seguridad en túneles.
- Simulación de incendio y evacuación. Incluir simulaciones y conclusiones.
- Reacción al fuego de los materiales de construcción y resistencia al fuego de las estructuras del túnel. Se realizará de manera sistemática y ordenada un listado de los materiales que se utilizan, su procedencia (nuevo o reutilizado) y su clase de resistencia al fuego, analizando su reacción frente al fuego, aportando las evidencias de cumplimiento de la ETI y justificaciones necesarias.
- Suministro de agua: Justificar las necesidades y requerimientos.
- Instalaciones de seguridad (CCTV, control de acceso no autorizado, alarma, etc.), si procede.
- Instalaciones de autoprotección (ventilación, iluminación de emergencia, etc.), si procede. Incluir en planos la señalización de evacuación. Evidenciar cumplimiento de los requisitos especificados en la ETI.
- Huecos de desacople con las estaciones subterráneas (si procede).
- Iluminación de emergencia: Definir completamente todos los elementos de la iluminación de emergencia. Incluir cálculos justificativos y simulaciones.
- Salidas de emergencia y salas técnicas (si procede): comprobar si las obras proyectadas repercuten sobre las salidas de emergencia y salas técnicas o sus accesos.

- Categoría del material rodante para el cual se construye el túnel. A o B.
- Suministro eléctrico principal y de reserva.
- Locales técnicos y estaciones de ventilación.
- Depósitos y pozos de bombeo para filtraciones y vertidos.
- Puntos de evacuación y rescate. Incluir en los documentos del proyecto la señalización de los puntos de detención de tren, en las inmediaciones de los puntos de lucha contra incendios (PLCI). Evidenciar y justificar en el proyecto la garantía del suministro de agua (800 l/min), aportando la descripción, planos, dimensiones, justificación y cálculos necesarios.

6. INSTALACIONES

- Se describirán las instalaciones del resto de técnicas que contemplen el proyecto, y en caso de no contemplarlas, indicaras con el objeto de identificar posibles incompatibilidades, debiéndose recoger planos de detalles que eviten problemas durante la fase de construcción.
- Se adjuntará un cálculo estático con una presión y succión equivalente a 7,5 kPa, en el caso de que proceda, de los elementos y sus sujeciones mecánicas, como señales, puertas, tapas de registro y de soportes.

7. APÉNDICE

- Cálculos auxiliares. Métodos de cálculo utilizados para definir los sostenimientos, en media sección y en destroza, y en su caso la contrabóveda, así como los elementos del emboquille (talud frontal, protecciones), acompañando los esquemas necesarios.
 - Estudio de sensibilidad del diseño. El proyecto incluirá, con el suficiente detalle, un análisis de sensibilidad sobre el diseño realizado para cada túnel, examinando el posible efecto que variaciones en los parámetros e hipótesis geotécnicas adoptadas, dentro de una gama razonablemente previsible, pudieran tener en el dimensionamiento del conjunto sostenimiento + revestimiento. Además incluirá el análisis del efecto de variaciones en los parámetros de abrasividad, perforabilidad y parámetros de permabilidad.
 - Estudio del comportamiento a largo plazo. En determinadas condiciones (ver recomendaciones en el punto 5) el proyecto debe incluir la consideración de las acciones correspondientes a una eventual degradación a largo plazo de la resistencia al corte, expansividad o fluencia del terreno.
- Otros. Documentación fotográfica del emplazamiento de los emboquilles, así como otros temas que el proyectista considere de interés específico, como problemas singulares, por ejemplo: Squeezing, Karst, Gases explosivos, etc. con descripción de la problemática y justificación de las soluciones adoptadas.
- Expediente de mantenimiento.
- Plan de mantenimiento.

4.-OBRA CIVIL DEL TÚNEL

4.1.-ANÁLISIS JUSTIFICATIVO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA. SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Se realizará un análisis multicriterio independiente para cada una de las siguientes características básicas, como mínimo:

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 11 de 46

- Sección geométrica tipo.
- Método constructivo.

Cada análisis simple tendrá como mínimo los siguientes criterios de valoración:

- Costes de construcción.
- Proceso de evacuación y rescate.
- Longitud del túnel.
- Costes de mantenimiento.
- Rendimiento de construcción.
- Accesibilidad para inspección y mantenimiento.
- Afección al tráfico ferroviario.
- Integración ambiental.
- Adaptación del túnel al cambio climático: temperatura, precipitación, nivel del mar, velocidad del viento, humedad y radiación solar.
- Consideraciones sobre geología, geotécnicas e hidrogeología.
- Dificultad en la ejecución.
- Afección durante la ejecución a otras infraestructuras existentes.
- Facilidad de drenaje.
- Otros a seleccionar por el proyectista.

Los pesos del análisis multicriterio serán propuestos por el proyectista y validados por la dirección del contrato.

Para la realización del análisis multicriterio, se deberán tener en cuenta las consideraciones recogidas en el presente documento.

4.2.-DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN LIBRE DE ACUERDO CON LA ETI DEL SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA

La sección libre del túnel es la sección excavada menos los elementos estructurales de sostenimiento y revestimiento y los diferentes equipamientos.

La sección libre a adoptar para cada túnel es un dato de proyecto que el proyectista deberá proponer a Adif, justificando en cada caso el cumplimiento del presente documento.

La longitud total que debe tener el túnel (en mina + túnel artificial) se habrá justificado previamente por el proyectista, teniendo en cuenta los condicionantes topográficos, de trazado, geológico-geotécnicos y medioambientales.

La longitud de cálculo no deberá diferir en ± 5 m respecto a la longitud total del túnel.

4.2.1.-Criterios de salud

Para el criterio de salud, tal y como se indica en el Reglamento (UE) nº 1299/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» en el sistema ferroviario de la Unión Europea, cualquier túnel o estructura subterránea que tenga que utilizarse a velocidades iguales o superiores a 200 km/h tendrá que garantizar que la variación máxima de presión (pico a pico), causada por el paso de un tren a la velocidad máxima permitida en el túnel, no exceda de 10 kPa durante el tiempo necesario para que el tren pase por el túnel. Cualquier tren que cumpla lo previsto en la ETI de locomotoras y vagones de pasajeros tendrá que cumplir el requisito anterior.

Una vez se ha determinado la sección que cumple con el criterio de salud, se le aplicará el criterio de confort y en caso de que cumpla se dará por válida.

Criterios de aplicación en la comprobación del criterio de salud

- Para comprobar el criterio de salud es necesario realizar cálculos específicos con programas de simulación aerodinámica en túneles ferroviarios, con el fin de determinar el área libre del túnel que satisfaga dicho criterio.
- El tren de cálculo será el tren interoperable definido en la ETI de Material Rodante. Tren de sección transversal según gálibo de acuerdo con los apartados 6.2.4.12 y 7.7.15.9 de la ETI de infraestructura, longitud máxima 400 m y con la firma aerodinámica definida por la "curva característica tren-túnel-presión en una posición fija en un túnel" (valores aerodinámicos del tren a considerar en los programas) de la Norma EN 14067-5.
- En túneles de vía única la velocidad máxima del tren será de 350 km/h.
- En túneles de vía doble se analizará el caso de cruce de dos trenes no estancos a la velocidad de proyecto incrementada en un 10% si el resultado es inferior a 300km/h, con un mínimo de 220 km/h, y con el desfase a la entrada pésimo (máximas variaciones de presión pico a pico). Se analizarán las longitudes de trenes más críticas en función de la longitud del túnel (100, 200 y 400m).
- En cualquier caso la máxima variación de presión no debe superar los 10 kpa durante todo el tránsito del tren en el túnel, incluida la diferencia de presión debida a la declividad del túnel.
- Según la norma EN 14067-5, la franja temporal adecuada y suficiente para captar los picos es $\Delta t \leq L_{tu}/5c$, siendo L_{tu} la longitud del túnel y "c" la velocidad del sonido. En túneles de vía doble, se simulará el cruce de los dos trenes durante todo el tránsito de los mismos en el interior del túnel con intervalos de desfase citado, partiendo de una entrada simultánea hasta la salida de uno de los trenes.

4.2.2.-Criterio de confort

Con el criterio de confort se pretende limitar la variación de presión en el interior de los trenes, realizándose los cálculos a una situación límite habitual de explotación, sin considerarse casos extremos poco frecuentes, que quedarán cubiertos por el criterio de salud.

Criterios de aplicación en la comprobación del criterio de confort

- Para comprobar el criterio de confort en túneles de vía única se considera un tren convencional moderno no estanco a la velocidad de 220km/h, limitándose a 2kpa la máxima variación de presión en 4 segundos.

- En túneles de vía doble se considera el cruce de dos trenes, con el desfase pésimo, uno de alta velocidad a la velocidad de proyecto incrementada en un 10% si el resultado es inferior a 300km/h, y con un mínimo de 220 km/h, y otro convencional a 220 km/h (admitiéndose un tren no estanco con una estanqueidad pasiva de 0,5 segundos al no tener ventanas practicables) limitándose a 4kpa en 4 segundos la máxima variación de presión que puede experimentar el tren convencional.
- Adicionalmente al cálculo anterior, para el confort de los trenes estancos, se calculará con un tren de estanqueidad 6 segundos las presiones experimentadas por los viajeros o la tripulación que no deberán exceder los siguientes límites:
 - 1.0 kPa en un periodo de 1 segundos.
 - 1.6 kPa en un periodo de 3 segundos.
 - 2.0 kPa en un periodo de 10 segundos.
 - 3.0 kPa durante todo el tránsito del tren en el túnel.

Tanto el tren como los niveles de confort deben cumplir con las "Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros" del Ministerio de Fomento (2011).

La Ficha UIC 779-11 "Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations", solo está recomendada para prediseño, según indica la propia ficha. En ningún caso podrá justificarse la sección libre de un túnel mediante su aplicación para el criterio de salud.

4.2.3.-Efecto pistón

Se debe comprobar la posible generación del "efecto pistón / Sonic Boom / Estallido Sónico" para velocidades de paso por los túneles igual o superiores a 200 km/h, según lo establecido en la EN 14067-5, en relación al cálculo de micro-presiones.

4.3.-SECCIÓN GEOMÉTRICA

La sección geométrica es la sección utilizada que integra todos los requisitos de los diferentes subsistemas.

Para cada túnel específico, una vez fijada la sección libre, el proyectista ha de diseñar su sección geométrica.

El proyectista deberá hacer un cálculo justificativo del cumplimiento de la sección libre estricta conforme a la ETI de Seguridad en Túneles. En caso de que esta sección libre estricta sea un valor inferior a los 52 m² en vía única y 85 m² en vía doble, se tomarán estas para la sección libre del proyecto. En caso justificado, se podrá dimensionar la sección libre menor a 52 m² en vía única y 85 m² en vía doble.

En el caso de un túnel con más de dos vías se realizará un análisis para determinar la sección libre.

Dadas las distintas soluciones posibles para una misma sección libre total, el proyectista deberá presentar al comienzo de su trabajo la sección geométrica totalmente definida, incluido dimensiones de soleras, pasillos de evacuación, colectores, etc., respetando lo especificado en los Reglamentos (UE) nº 1303/2014 "ETI de Seguridad en túneles y el Reglamento (UE) nº 1299/2014 "ETI de Infraestructura" (DOUE 12/12/2014) así como Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, y los requisitos para cada tipo de instalación recogidos en el presente documento o los que proceda.

En la presente NAP se aporta un catálogo con ejemplos de secciones tipo. En cualquier caso, el diseño en su conjunto deberá justificarse desde todos los puntos de vista (técnica, funcional y de su carácter de interoperabilidad según el Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias). Cuando proceda, el túnel deberá incorporar, las instalaciones y equipamientos recogidos en el presente documento. En el caso de no poder satisfacer lo recogido en el presente documento, se deberá justificar su no inclusión.

El gálibo empleado en los planos será coherente con la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Ferroviaria de Gálivos, y deberá respetar las especificaciones técnicas de interoperabilidad de los subsistemas de infraestructura, material rodante y energía de los sistemas ferroviarios. En caso de ser necesario un gálibo más restrictivo por condicionante externos o contar con características menos restrictivas, se ajustará la sección transversal a estos condicionantes.

La sección transversal, además de estar dimensionada a efectos de las variaciones de presión del aire en su sección libre, deberá cumplir los siguientes condicionantes mínimos en todos los casos:

- Sostenimiento estructural y revestimiento de hormigón en todos los casos. Se dispondrá de contrabóveda, en lugar de losa plana, en los siguientes casos:
 - Excavación de túnel en suelos.
 - Excavación de túnel en roca, siempre que se justifique su necesidad estructural.

Se estudiará caso por caso la necesidad de armado de la contrabóveda.

- Impermeabilización del revestimiento.
- Espacio suficiente para las instalaciones ferroviarias (plataforma, vía, cables, energía y catenaria, control, mando y señalización, telecomunicaciones, puestas a tierra, etc.) y las instalaciones de protección y seguridad (pasillos de evacuación, zonas seguras, Protección contra el fuego, suministro de agua, etc.). Los criterios generales se recogen en el apartado 5 del presente documento.

En trazados urbanos o cercanos a edificaciones se realizará un estudio vibratorio para analizar la necesidad de disponer de elementos para mitigar las vibraciones. Como mínimo se realizará este estudio cuando existan edificaciones en una franja igual a la profundidad del túnel medida en proyección horizontal a ambos lados del eje.

4.4.-PERFIL LONGITUDINAL

Adicionalmente a los requisitos recogidos en el presente documento para cada instalación, el diseño del perfil longitudinal tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar los puntos bajos en los que no haya posibilidad de desagüe del túnel por gravedad y puedan producirse acumulación de aguas en el interior del túnel y, en su caso, proyectar los pozos y equipos de bombeo necesarios.
- Se evitará, en la medida de lo posible, que la rasante dentro del túnel tenga puntos altos, ya que puede favorecer la acumulación de gases.
- La pendiente longitudinal mínima será de 5‰ salvo en acuerdos verticales. En casos excepcionales de estaciones subterráneas la pendiente longitudinal mínima podrá ser de hasta el 2‰ salvo en acuerdos verticales. La pendiente máxima será de acuerdo con el apartado 4.4.15 de la NAP 1-2-1.0 Parámetros para el diseño de trazado ferroviario. Para túneles de más de 1.000 m se realizará un estudio CFD de incendio y evacuación para la

confirmación de que la pendiente máxima de diseño elegida no obliga a implantar ventilación mecánica.

4.5.-RECOMENDACIONES SOBRE GEOLOGÍA, GEOTECNICA E HIDROGEOLOGÍA

Se realizarán los estudios según la NAP 1-2-4.0 Geología, geotecnia y estudio de materiales.

4.6.-RECOMENDACIONES SOBRE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTOS

4.6.1.-Métodos constructivos

La excavación mediante máquinas tuneladoras, rozadoras, palas, o explosivos; la protección y estabilidad de las excavaciones mediante escudos a presión atmosférica o presurizados, precortes, cerchas, bulones, hormigón proyectado, armadura con mallazos o fibras metálicas, micropilotes, jet-grouting, inyecciones, etc., serán convenientemente analizadas.

Se realizará una descripción de los aspectos fundamentales de la secuencia operativa del método de construcción elegido.

Se calculará y definirá el sostenimiento y el revestimiento de la obra subterránea. Se entiende por sostenimiento el conjunto de dispositivos precisos para mantener la estabilidad de la excavación de manera definitiva. En situaciones especiales, que justifique el proyectista, será necesaria la colaboración estructural del revestimiento. El revestimiento, en condiciones normales, será un elemento no estructural.

Se justificarán y proyectarán las condiciones de drenaje o impermeabilización de los entornos de la excavación durante la construcción y explotación.

En el caso de que las deformaciones sean prioritarias por la proximidad de edificaciones o instalaciones importantes, los métodos constructivos y los sostenimientos se dirigirán especialmente hacia una admisibilidad de los movimientos originados por la obra, fijándose en el proyecto las condiciones de admisibilidad.

Salvo justificación en contrario, la selección de pesos sobre el análisis multicriterio priorizará que el proyecto de los túneles en macizos rocosos se ajuste a la técnica del Nuevo Método Austríaco de Construcción de Túneles, tanto en lo que se refiere a su diseño y cálculo como a la definición del procedimiento constructivo.

En suelos, rocas blandas, etc. la selección de pesos sobre el análisis multicriterio considerará al mismo nivel otros posibles métodos como los de sostenimiento-revestimiento (método Belga o Alemán), el Bernold, los de sostenimiento al avance (como el precorte mecánico), sin descartar, en determinadas condiciones, el empleo de rozadoras, escudos o tuneladoras.

La subdivisión del avance y/o la destroza y sus posibles decalajes en secciones menores deben estudiarse si el terreno lo requiere, contemplándose en todo caso que los tamaños de las secciones deben permitir la ejecución con maquinaria habitual de excavación de túneles.

Salvo justificación en contrario, los túneles se excavarán en dos secciones: avance y destroza. La línea divisoria entre ambas deberá tener en cuenta criterios constructivos: altura y sección suficiente para albergar la maquinaria más adecuada en cada caso.

A la vista del perfil geológico – geotécnico del terreno, el proyecto definirá si la excavación se realiza a sección completa o en avance y destroza. Se podrá plantear la alternancia entre un método y otro de excavación, pero siempre que la longitud del tramo con cada tipo de excavación se justifique técnica y económicamente.

4.6.2.-Cálculo de la excavación y sostenimiento

Con independencia de la clasificación geomecánica basada en las características intrínsecas de los terrenos a atravesar, todos los proyectos deberán incluir comprobaciones de cálculo y/o modelos que reproduzcan adecuadamente el comportamiento de los macizos en el entorno de la excavación, así como las acciones de los elementos básicos del sostenimiento.

En todos los cálculos se reflejarán con claridad las características de los procedimientos y datos de entrada utilizados, y en cuadros o gráficos de síntesis se dará la comparación global de los resultados obtenidos.

Cuando se calcule para métodos de voladura, se recomienda incorporar una corona de terreno alterado.

Como criterios de rotura se recomienda utilizar los de Hoek y Brown (1992) en roca y el de Mohr-Coulomb, especialmente apropiado para suelos y rocas blandas, si bien, se justificará debidamente el criterio de rotura seleccionado, debiendo justificarse con claridad la relación elegida para las tensiones principales.

En los túneles en rocas blandas y suelos se estudiará con especial detenimiento las condiciones de paso en zonas de especial peligrosidad: contactos con rocas duras, zonas de filtraciones, en función de su cuantía e importancia prevista y de la consistencia del terreno, etc.

En los casos en los que el túnel tenga presencia de agua, se ha de especificar claramente el caudal de cálculo máximo, así como su repercusión en los métodos de construcción.

Se estudiará con especial detenimiento las zonas con montera reducida (menos de dos diámetros).

Se analizarán las consideraciones que puedan dar lugar a sobre – excavaciones.

Deberá incluirse en la memoria una descripción detallada de las fases y de cómo se ha realizado el modelo, incluyendo características de las juntas, interfaces, etc.; se deberá reflejar el modelo de endurecimiento de hormigones utilizado; si el cálculo es 2D, deberá considerarse el efecto Panet y explicar cómo se materializa.

Se realizarán cálculos en 3D en aquellas zonas donde exista una clara componente 3D: por ejemplo, intersecciones de túneles, galerías de conexión, emboquilles y en zonas urbanas donde los asientos sean una magnitud importante a considerar.

El revestimiento deberá ser justificado con cálculos. Se pueden considerar dos hipótesis de cálculo:

- Hipótesis 1. Estudio de las máximas compresiones en clave de bóveda y centro de contrabóveda. Relajando los empujes del terreno hasta el 60% de su valor inicial, y empeorando el sostenimiento (tras la ejecución del revestimiento) reduciendo su módulo de elasticidad, cohesión y resistencia a tracción hasta un 30% de su valor inicial.
- Hipótesis 2. Estudio de las máximas tracciones en clave de bóveda y centro de contrabóveda. Se relaja el terreno hasta el 10 % de su valor inicial, y no se empeora el sostenimiento en el momento en que se ejecuta el revestimiento.

Se estudiará incorporar armadura al revestimiento para mejorar la durabilidad del mismo.

Se entregarán los archivos de cálculo en formato digital abierto, o al menos se fijarán un listado de gráficas obligatorias y listados completos.

4.6.3.-Contrabóvedas

Como norma general, se proyectará y calculará contrabóveda en todos los casos de túnel en suelos. Las juntas constructivas serán radiales (normales a las tensiones).

En terrenos de roca, teniendo en cuenta todas sus características específicas: valores del RMR, condicionantes especiales, altura de montera, etc. deberá razonarse justificadamente la no necesidad de contrabóveda. En este caso, se dispondrá una losa plana armada o, si se trata de roca sana no evolutiva, una solera de hormigón de regularización. Cuando se disponga de losa plana, dicha losa debe quedar enrasada con los muretes de arranque de la bóveda. Cuando se requiera contrabóveda, se calculará.

El diseño de la contrabóveda, su geometría y la armadura necesaria, en su caso, deberán quedar definidos en los planos del sostenimiento.

Cuando la losa sea plana, se dispondrá de hormigón de limpieza. En el caso de las contrabóvedas se utilizará hormigón de limpieza de manera general salvo en aquellos casos en los que los condicionantes geotécnicos recomienden una ejecución inmediata de la contrabóveda armada.

4.6.4.-Emboquilles

En los emboquilles debe comprobarse siempre la estabilidad de los taludes (frontal y laterales) frente a deslizamientos generales de la ladera o inestabilidades locales. En los taludes en roca es obligado efectuar un análisis previo que determine qué modelos de rotura son posibles en el talud, contemplando como mínimo el deslizamiento general a través de una superficie circular o combinada, la rotura plana, las roturas por cuña, el vuelco de estratos o combinaciones de estas roturas. Deberá analizarse también la posibilidad de inestabilidades a medio largo plazo por erosión (general o diferencial) y/o alteración y meteorización de la superficie del talud. En base a las conclusiones del análisis de modelos de rotura del talud, se realizará el cálculo aplicando los modelos de cálculo habituales a cada tipo de inestabilidad que se pueda dar. En el caso de inestabilidades que no dispongan de un modelo de cálculo específico (p.e. caídas de estratos por erosión diferencial), podrán emplearse métodos empíricos o semiempíricos para proponer medidas de refuerzo y/o sostenimiento. En todos los casos, sean cuales sean los modelos de rotura posibles, se realizará una comprobación de la estabilidad global del talud suponiendo una superficie de rotura circular. En suelos relativamente homogéneos y rocas blandas, siempre que no presenten planos de fracturación preexistentes, el modelo general de cálculo será el de deslizamiento general a través de una superficie circular. En caso de que la complejidad del emboquille lo requiera, se podrá realizar un estudio por elementos finitos 3D que incluya la afección a la estabilidad del túnel.

Los taludes de emboquilles deben proyectarse con una inclinación mixta, reservando las mayores inclinaciones (aprox. 1H:5V) para el frente de emboquille (hasta unos 3-5 m por encima de la clave) donde se ejecutaría, en su caso, el paraguas de protección. Se tendrá en cuenta en el diseño la posterior finalización (demolición o no) para la implantación de las viseras. Por encima de esa cota se justificará el talud usado, no siendo recomendable superar el 1H:2V o incluso el 2H:3V, ya que pueden plantearse problemas en la fase de excavación, antes de bulonar el talud.

Si el terreno lo requiere será necesario proyectar medios especiales para su estabilización: anclajes, hormigón proyectado, cosido del terreno, etc. así como medios de captación y drenaje en caso de afloramientos de surgencias o rezumes en el talud.

Para el encaje de la sección del túnel se buscará un plano lo más vertical posible en la parte inferior del frente de ataque, y la cobertura que garantice la estabilidad del talud frontal (normalmente entre 1 y 2 diámetros).

Los elementos que se instalasen en los emboquilles para mitigar los riesgos medioambientales

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 18 de 46

derivados del efecto pistón no deberán de afectar a la evacuación y cumplirán los requisitos de la clase de reacción al fuego B de acuerdo con el Reglamento 2016/364.

Los elementos de instalaciones y sus anclajes existentes en el túnel y en la zona de afección del emboquille serán diseñados para soportar el efecto pistón cuando se considere dicho efecto.

La instalación de Detectores de Caída de Objetos se llevará a cabo en aquellos lugares donde como resultado del análisis de riesgos se adopte dicha medida mitigadora según se recoge en el apartado 5.6.- Instalaciones de control, mando y señalización.

En las trincheras próximas al emboquille de los túneles puede ser mayor el riesgo de caída de piedras o tierra a la plataforma de la vía, por lo que debe estudiarse especialmente las medidas necesarias (bermas, barreras, protecciones superficiales, etc.).

Cuando se requiera de colocación en los emboquilles de los túneles y trincheras próximas del sistema de detección de caída de objetos a la vía (DCO), se tendrá en cuenta en el diseño una accesibilidad óptima mediante escalera metálica u hormigonada para tareas de mantenimiento y conservación (inspecciones, desbroces, tratamientos de desprendimientos, etc.). Siempre que sea técnicamente viable, deberán prever la disposición de una berma de 5,0 m de anchura para la ubicación de los dispositivos del DCO. Además, para mayor protección de la vía se dejará sin cubrir el último metro del emboquille.

4.6.5.-Sostenimiento y revestimiento

De acuerdo con el tipo y requerimientos de la obra, con las características del terreno y con los métodos de construcción elegidos, se justificará la seguridad del túnel u obra subterránea durante la construcción y explotación frente a los diferentes modos de posible inestabilidad que puedan presentarse.

Se definirán una o varias secciones tipo, longitudinales y transversales, de la obra, de su sostenimiento, y, si es el caso, de su revestimiento, que respondan a las diversas circunstancias previsibles del terreno y de la profundidad o situación de la obra. Se prestará especial atención a las zonas de emboquille.

Si la consecución del sostenimiento o revestimiento finales tiene lugar según diferentes etapas (desfases entre excavación y dispositivos del sostenimiento, galerías u otro tipo de excavaciones en avance, destroza, etc.), se justificará también la estabilidad en todas las fases intermedias.

También se contemplará la seguridad frente a eventuales desprendimientos de bloques.

Se determinará la seguridad de cada uno de los elementos que configuran la obra, su sostenimiento y revestimiento, y el del conjunto obra-terreno. En el caso de utilizar el cálculo tenso-deformacional, se justificará la admisibilidad de las tensiones de trabajo y el coeficiente de seguridad a la rotura permisible, según las circunstancias de la obra, el modo de inestabilidad analizado, el método de diseño utilizado y la fiabilidad de los datos que han servido de base para los cálculos de estabilidad.

En el caso de obras lineales, y en concordancia con los estudios geológico-geotécnicos, se incluirá la justificación de una sectorización longitudinal que prevea la adopción, por tramos, de alguna de las secciones tipo diseñadas. En el caso de que existan edificaciones o instalaciones industriales próximas, será preceptivo un cálculo deformacional que demuestre la inocuidad en aquéllas de los movimientos originados por la obra.

Cuando el sostenimiento o revestimiento se realice mediante elementos metálicos, como cerchas, se debe conectar a la tierra que ejecute Línea Aérea de Contacto, por lo que se conectarán todas las cerchas entre sí y se dejarán cables de cobre desnudo que atraviesen el revestimiento para su

puesta tierra con el resto de elementos metálicos del túnel.

4.6.5.1.-SOSTENIMIENTO EN TÚNEL

Se procurará no definir demasiados tipos distintos de sostenimientos (en general no más de cinco), evitando cambios en longitudes inferiores a 40 metros, salvo si se trata de fallas o secciones singulares. La definición se resumirá en cuadros de síntesis que permitan la visión rápida y comparativa de los diversos sostenimientos utilizados. Cada sección tipo de sostenimiento definida en el proyecto debe ir referida a criterios inequívocos de aplicación, al menos intervalo de RMR corregido aplicable y montera máxima, con objeto de que, si el perfil geológico geotécnico de proyecto no coincide con lo observado en el terreno, se puedan adoptar fácilmente las secciones tipo que resultarían adecuadas al terreno realmente observado.

En el Anejo de Túneles y en la Memoria se incluirá una tabla o cuadro que refleje la tramificación de las secciones tipo de sostenimientos adoptadas para los túneles. Se deberá establecer de forma clara y explícita (mediante una tabla, por ejemplo), independientemente de la guitarra reflejada en los planos geotécnicos, la distribución por PPKK de las secciones tipo de sostenimientos a aplicar en los túneles.

Para cada tipo de sostenimiento debe definirse el gálibo de excavación que tenga en cuenta los márgenes necesarios para absorber las deformaciones previsibles, así como la máxima distancia al frente para eventuales cerramientos en solera o contrabóvedas.

Además de los sostenimientos deducidos para cada tipo de terreno, el proyecto debe contener también unidades de obra que permitan ejecutar, medir y valorar otros posibles sostenimientos requeridos por variaciones imprevistas en la naturaleza del terreno.

Para los tratamientos del frente de avance debe preverse que el hormigón proyectado, en lugar de mallazo, esté reforzado con fibras. Asimismo, se emplearán de preferencia bulones de fibra de vidrio que puedan ser cortados por la maquinaria de excavación. Salvo razones justificadas, debe evitarse el refuerzo de hormigón proyectado con mallazo de acero por la dificultad y riesgo de su colocación, siendo preferible el refuerzo del hormigón proyectado mediante la adición de fibras.

En el entorno de los emboquilles se podrá diseñar, además del paraguas de protección, una aureola formada por una corona circular de bulones, mallazo y hormigón proyectado a una cierta distancia del contorno del túnel.

Se podrán sustituir las cerchas de sostenimiento tradicionales por costillas reforzadas de hormigón de forma justificada cuando existan recomendaciones de sostenimiento como la derivada del índice Q del NGI.

En caso de ser necesario, se utilizarán paraguas de micropilotes en el interior del túnel.

4.6.5.2.-SOSTENIMIENTOS DE EMBOQUILLE

Bulones en emboquilles. No conviene que la longitud de estos bulones sea inferior a los 8 metros y es preferible colocar mallazo en lugar de incorporar fibras al hormigón proyectado. El diseño debe tratar de evitar, sin detrimento de la seguridad, el bulonado o gunitado de las partes de los frentes de emboquille que no vayan a quedar tapados por los rellenos posteriores de los falsos túneles.

Paraguas de protección. Se recomienda usar micropilotes tubulares los cuales deberán ser justificados mediante cálculos.

Se debe indicar expresamente en el resultado del cálculo cuál es la resistencia nominal del micropilote considerada y si se ha aplicado algún coeficiente de reducción de éstas por el tipo de

juntas.

Las cabezas de los elementos del paraguas de protección deberán unirse mediante una viga de atado de hormigón armado in situ.

4.6.6.-Relleno sobre túnel artificial

El Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto debe incluir un apartado específico de definición de las condiciones relativas a ejecución y materiales (utilización de escombros seleccionados del túnel, simetría de cargas sobre la bóveda, p.e.) para los rellenos a realizar sobre los túneles artificiales y sus hastiales. Se deben establecer los criterios para las hipótesis de cálculo. Se justificará en proyecto el tamaño máximo del relleno.

Se deben impermeabilizar mediante geocompuestos o similar el falso túnel y se deben disponer los elementos de drenaje del relleno del falso túnel y, a ser posible, que desagüen hacia la boca y no hacia el túnel en mina en caso de que la pendiente de la rasante sea a favor del túnel.

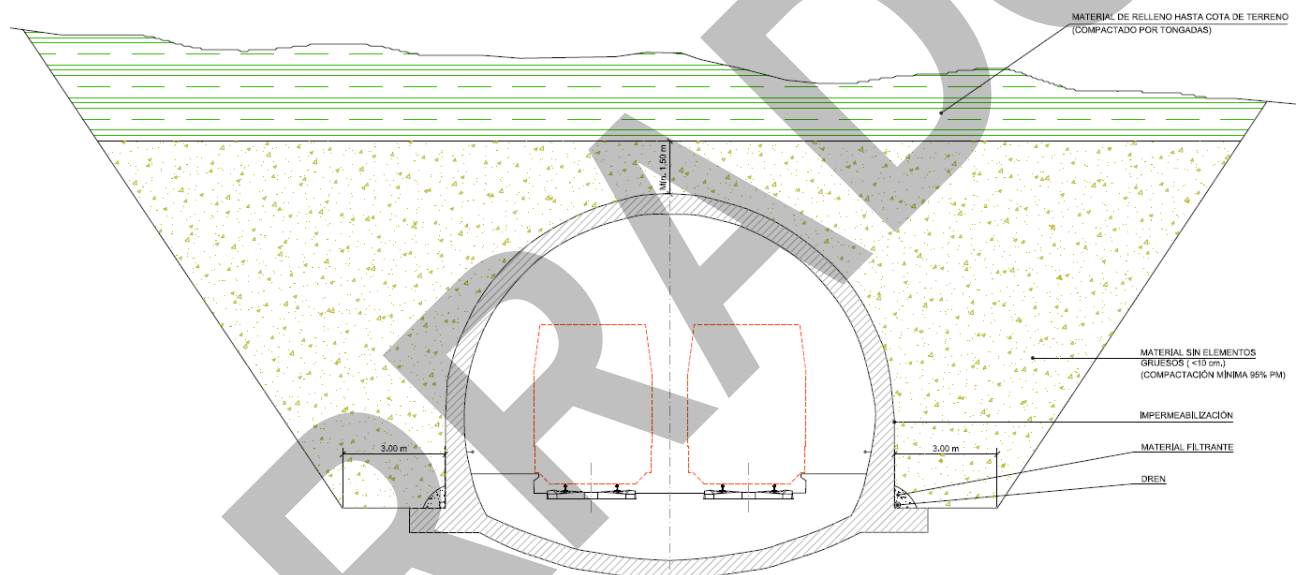


Figura 1. Relleno sobre túnel artificial

Los rellenos sobre túnel artificial en las bocas, siempre que sea técnicamente viable, deberán prever la disposición de una berma de 5,0 m de anchura para la ubicación de los dispositivos del DCO. Además, para mayor protección de la vía se dejará sin cubrir el último metro del pico de flauta. (Ver figura esquemática adjunta).

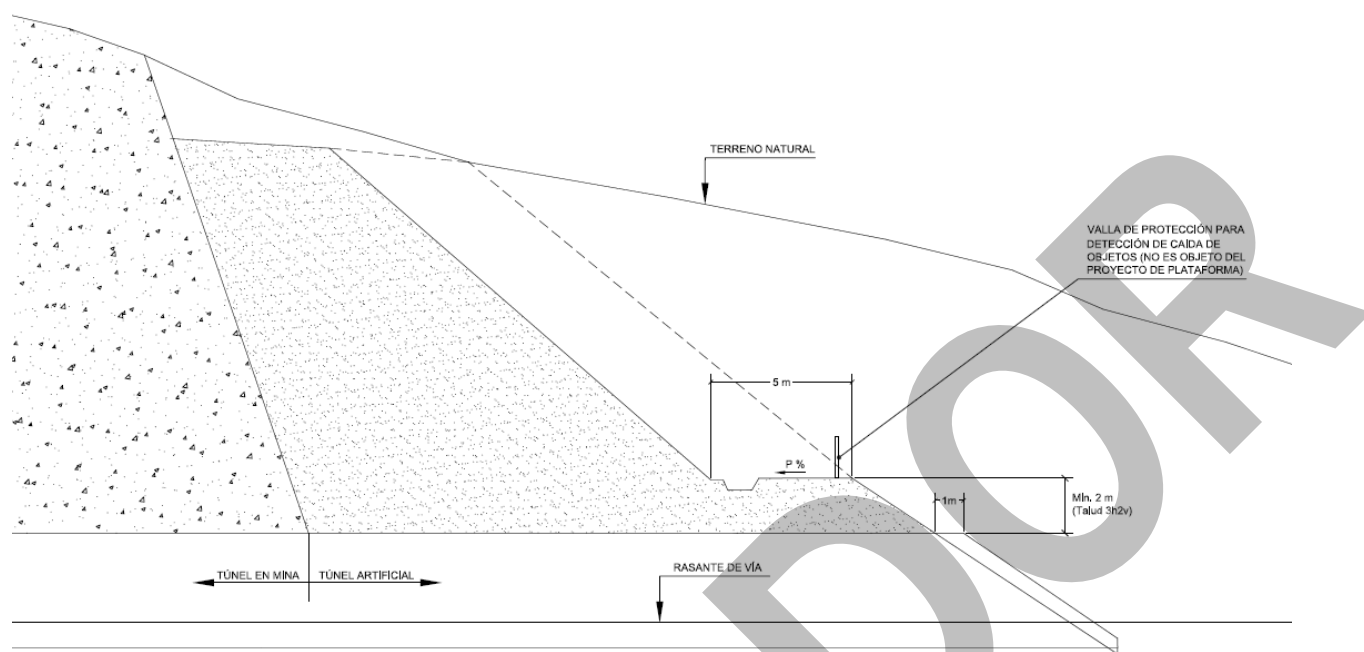


Figura 2. Esquema de emboquille

La berma deberá contar con pendiente hacia el interior y cuneta al pie del talud para recogida y desagüe de la escorrentía superficial. Además, en la medida de lo posible, se contemplará acceso a la misma para vehículos desde el camino de servicio o, alternativamente, acceso peatonal mediante escalera hormigonada desde cota de vía o cabeza de desmonte lateral.

La estructura del falso túnel se prolongará un metro dentro del túnel en mina, salvo justificación contraria por el proyectista.

4.6.7.-Estudios complementarios necesarios

Estudio de sensibilidad del diseño. El Proyecto incluirá, con el suficiente detalle, un análisis de sensibilidad sobre el diseño realizado para cada túnel, examinando el posible efecto que variaciones en los parámetros e hipótesis geotécnicas adoptadas, dentro de una gama razonablemente previsible, pudieran tener en el dimensionamiento del conjunto sostenimiento + revestimiento.

Comportamiento a largo plazo. A partir de la información hidrogeológica disponible, el diseño de la Impermeabilización y Drenaje incluirá los elementos necesarios para captación y conducción de las aguas que en el futuro puedan afluir hacia el contorno del túnel en servicio, justificando expresamente la suficiencia de dichos elementos para anular las eventuales presiones hidrostáticas que puedan originarse sobre el revestimiento definitivo. Si no se pudiera garantizar a largo plazo y con las mejores técnicas disponibles el funcionamiento del sistema de drenaje, el revestimiento deberá diseñarse para resistir las presiones hidrostáticas esperables. En cualquier caso, el sistema de drenaje deberá estar suficientemente dimensionado, a la vez que deberá facilitar sus labores de limpieza y mantenimiento para asegurar su correcta funcionalidad en el tiempo.

Por otra parte, siempre que el túnel deba atravesar terrenos de naturaleza arcillosa o margosa, anhidritas o materiales evolutivos, cuyas características geotécnicas permitan suponer posibles fenómenos a largo plazo de degradación de la resistencia al corte, expansividad o fluencia, el diseño del conjunto sostenimiento + revestimiento incluirá obligadamente la consideración de las

NORMA ADIF PLATAFORMA	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES	COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022 Pág. 22 de 46

acciones correspondientes.

En los casos en los que el túnel tenga presencia de agua, se ha de especificar claramente el caudal de cálculo máximo, así como su repercusión en los métodos de construcción.

4.6.8.-Mejora de la excavabilidad y tratamientos especiales

El proyectista analizará la excavabilidad y los tratamientos especiales y, en caso de ser compleja, deberá proponer mejoras a la misma.

5.-INSTALACIONES A CONTEMPLAR EN LOS TÚNELES

Este punto tiene por objeto recoger y complementar los criterios y requisitos técnicos de seguridad que establece la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) de Seguridad en túneles ferroviarios (Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión y sus actualizaciones, de 18.11.2014 (DOUE 12.12.2014)), la NAPS 001 Montaje de elementos de protección en túneles, ET 03.399.007.8 Puertas de emergencia en Túneles y ET 03.399.008.6 Puertas de salida al exterior en templete y compuertas de emergencia en túneles.

Este epígrafe incluye únicamente los aspectos a considerar en los proyectos de plataforma para la posterior inclusión de medidas de seguridad e interoperabilidad en los túneles. La verificación de estos aspectos no exime de cumplir el resto de las ETI de los distintos subsistemas. Las salidas de emergencia o las zonas de seguridad en el interior de los túneles deberán contar con una ventilación adecuada que evite la condensación de humedad. Debería evitarse la utilización de estructuras metálicas en elementos estructurales portantes como escaleras, pasillos, plataformas, etc. En caso de elegirse elementos metálicos, se realizará un estudio de corrosividad de las aguas existentes de cara a proteger dichas estructuras portantes. En estructuras no portantes (pasamanos, puertas, armarios, ...) en caso de que el proyectista elija un elemento metálico para las mismas se realizará, como mínimo, un galvanizado de 400 g/m² de espesor.

En los cálculos de los espacios interiores para la construcción de las salidas de emergencia, se deberá de tener en cuenta su equipamiento (por ejemplo, el espacio de los sistemas de presurización, armarios de comunicaciones, etc.) y además deberá garantizar o al menos argumentar el cumplimiento del punto 4.2.1.5.1 a), del Reglamento 1303/2014 (M2).

Todos los equipos y componentes de las instalaciones del túnel que puedan verse afectados por las variaciones de presión generadas por el paso de los trenes, independientemente de su posición respecto a las bocas o estaciones subterráneas, deberán acreditar su resistencia a una sobrepresión estática creciente de 0 a 7,5 kPa, y a una succión decreciente de 0 a -7,5 kPa, sin que se produzcan roturas ni deformaciones que afecten a su funcionalidad. Para ello, los aparatos tales como BIEs, luminarias, equipos de detección de incendios y ventiladores se someterán a un ensayo estático doble en una cámara de presión-vacío, aplicándoles gradualmente una presión creciente de 0 a 7,5 KPa y posteriormente una succión gradual hasta -7,5 KPa.

En el caso de los elementos mecánicos simples tales como señales, puertas, tapas de registro y soportes, se realizará un cálculo estático con una presión y succión equivalente a 7,5 kPa.

5.1.-INSTALACIONES DE AUTOPROTECCIÓN Y SEGURIDAD

5.1.1.-Evacuación de personas

El diseño de los túneles debe asegurar la evacuación de las personas hasta que puedan alcanzar un lugar seguro final. La señalización de evacuación, el alumbrado de emergencia, los pasamanos, las puertas de emergencias y las puertas de salida al exterior en templete y compuertas se realizarán conforme a la NAPS 001 Montaje de elementos de protección en túneles.

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 23 de 46

En el caso de discrepancias entre la normativa vigente de aplicación, se atenderá a la más restrictiva, previa consulta al área responsable de protección y seguridad de Adif y Adif Alta Velocidad.

En túneles de más de 1 km de longitud, se deberá cumplir que: las salidas de emergencia a la superficie laterales y/o verticales deberán distanciarse, como máximo, cada 1000 m; las galerías de conexión transversales entre tubos independientes y contiguos del túnel que permitan utilizar el tubo contiguo del túnel como zona segura deberán distanciarse, como máximo, cada 500 m.

Los túneles de más de 1 km de longitud y aquellos túneles consecutivos que cumplan las condiciones para constituir un túnel único, deberán contar con un espacio, de 500 m², en los puntos de evacuación y rescate exteriores conectados con los pasillos de evacuación ejecutados en el túnel para poder acceder a pie en caso de necesidad. Estas zonas estarán habilitadas para que los servicios de intervención en emergencias puedan maniobrar con sus vehículos de intervención. Estos 500 m² deben estar libres de cualquier tipo de instalación posterior a la ejecución del túnel, por lo que habrá que hacer una previsión de espacio para dichas instalaciones en el momento de la ejecución del proyecto del túnel, de modo que no invadan estos 500 m². Se recomienda un mínimo de 300 m² adicionales para instalaciones de telecomunicaciones, seguridad, punto de evacuación y rescate, CMS, etc. En esta zona deben dejarse canalizaciones y arquetas suficientes para las instalaciones a futuro.

Las transiciones de los pasillos de evacuación por la plataforma, para facilitar el paso a otro pasillo de evacuación o andén de estación u otra parte del recorrido de evacuación, serán solucionadas mediante pasillos de al menos 0,80 metros, libres de obstáculos, al mismo nivel de la parte alta del carril, dotados de señalización horizontal de color amarillo. Cuando la velocidad de circulación en dicho cruce sea superior a 160 km/h, se analizará la implantación de vía en placa o soluciones alternativas en la zona del cruce, evitando las soluciones técnicas de cruces con elementos de caucho.

5.1.2.-Pasillos de evacuación

En todos los túneles de más de 0,5 km de longitud se construirán pasillos de evacuación por ambos lados en caso de vía doble, o al menos a un lado en caso de túneles de vía única, que coincidirán con el hastial en el que se sitúan las salidas de emergencia. Este pasillo de evacuación se construirá hasta llegar a una de las bocas o bien a una Salida de Emergencia (a través de galería o pozo), y terminará en una zona segura situada preferentemente en el exterior del túnel, en una galería o túnel auxiliar paralelo, o, en casos específicos, en una estación subterránea. Las dimensiones mínimas de los accesos a las zonas seguras a través de las puertas de acceso, desde el pasillo de evacuación, serán de 1,40 m de anchura y 2,00 m de altura. Tras pasar las puertas de la salida de emergencia, debe quedar un espacio, de al menos, 1,50 m de ancho libre por 2,25 m de altura. La instalación de armarios u otros elementos que deban ir adosados a los hastiales no afectarán a la dicho espacio, debiéndose prever en el diseño de las galerías de evacuación. Se permiten puertas contiguas.

Con el objeto de que la evacuación de personas se realice sin necesidad de ningún elemento intermedio entre el material rodante y el pasillo de evacuación, en situaciones de emergencia de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.7.3 de la Instrucción Ferroviaria de Gálidos, el borde de los pasillos de evacuación se situará a la distancia correspondiente al gálibo nominal de implantación de obstáculos obtenido a partir de los parámetros de trazado de ese tramo o sección. En casos excepcionales debidamente justificados, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar que la acera se sitúe respetando únicamente el galibo límite de implantación de obstáculos.

Las características de los pasillos de evacuación serán las siguientes:

- En túneles de vías múltiples, será posible el acceso al pasillo de evacuación desde cada vía, dejando libre el gálibo de obstáculos, con una anchura mínima de 0,8 m y una altura libre

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 24 de 46

mínima de 2,25 m, según ETI de Seguridad en Túneles. Estas dimensiones serán verificadas por el estudio CFD de Incendio y Evacuación exigido para túneles de más de 1.000m. El tubo pasamanos estará anclado al hastial, entre 0,80 m y 1,10 m por encima de la acera y fuera del gálibo libre mínimo del pasillo de evacuación, según se especifica en el apartado 4.2.1.6 "Pasillos de evacuación" de la ETI de Seguridad en Túneles.

- En túneles de vía única, se respetarán las mismas características, a un solo lado.

A los pasillos de evacuación se les dará continuidad fuera del túnel hasta conectar con la zona de rescate o bien con la plataforma ferroviaria. La conexión se realizará mediante rampas para salvar el desnivel. Estas rampas se situarán en el emboquille del túnel una vez finalizada la sección confinada, de manera que al final del mismo la cota de la rampa sea la cota de carril. La superficie de la rampa será antideslizante y tendrá una anchura libre no inferior a 760 mm. La pendiente máxima de la rampa será conforme al Real Decreto 173/2010. Las rampas deberán ir provistas de pasamanos a ambos lados. Los pasamanos deberán ser continuos conectados con los del interior del túnel y sus especificaciones serán análogas a las de los pasamanos en el interior del túnel.

La superficie del pasillo de evacuación estará libre de obstáculos, será antideslizante (con coeficiente de deslizamiento Clase 2 acorde al Real Decreto 314/2006, modificado por el Real Decreto 173/2010) y no existirán escalones ni resaltes en la zona de evacuación.

En los túneles con dos pasillos laterales, deberá facilitarse la interconexión entre ambos en las inmediaciones de las salidas de emergencia con el fin de permitir la evacuación desde el pasillo del lado opuesto a la salida. Las soluciones técnicas para el cruce de las vías serán conformes al apartado 4.1 de la NAPS 001 y deberán garantizar una superficie de rodadura uniforme y sin obstáculos, no invadirán el gálibo de implantación de obstáculos, no requerirán modificar la tipología de la vía y tendrán en cuenta las velocidades máximas de circulación por el túnel, así como la facilidad y el coste de las operaciones para su mantenimiento.

En los túneles colindantes con estaciones subterráneas, se incluirá elementos de transición entre túnel y andén de la estación que permite dar continuidad al recorrido de evacuación del túnel hasta el extremo del andén. Esta comunicación se realizará mediante rampa con pendiente igual o inferior 12%, preferentemente, o escaleras con pasamanos.

En los túneles con más de dos vías, será posible el acceso a un pasillo de evacuación desde cada vía. El pasamanos debe delimitar la zona libre de obstáculos, por lo tanto, debe situarse en planta de forma que cualquier paramento, conducción, instalación, elemento, hueco, etc. quede entre el propio pasamanos y el hastial del túnel.

Los pasillos de evacuación de túneles sucesivos, en la medida de lo posible, deberán intentar homogeneizar su disposición y configuración.

5.1.3.- Acceso a la zona segura

El acceso a las zonas seguras se proyectará según se determina en el apartado 4.2.1.5.2 de la ETI de seguridad en túneles ferroviarios.

En aquellos túneles, en que mediante un estudio de incendio y de evacuación, se determinen otras necesidades de equipamiento, como puede ser reducir la interdistancia entre salidas de emergencia, se estudiará la ubicación de zonas seguras que garanticen la evacuación de todo el pasaje del tren.

El acceso para los servicios de intervención en emergencias se describirá en el plan de autoprotección, aprobado por el área de Adif responsable en materia de autoprotección.

5.1.4.-Zonas seguras y de rescate¹

El dimensionamiento de la zona segura se realizará conforme al apartado 4.2.1.5.1 de la ETI de seguridad en túneles, pero se matiza para evitar disparidad de interpretaciones:

a) *Una zona segura permitirá la evacuación de los trenes que utilicen el túnel. Tendrá una capacidad acorde con la capacidad máxima de los trenes que se prevea que circulen en la línea donde se localiza el túnel.* Se dimensionará cada zona segura dependiendo de la capacidad disponible de espacio, a razón de 4 personas por m². Para la evacuación de los trenes de mayor capacidad se podrán utilizar varios itinerarios a través de zonas seguras, teniendo en cuenta que cuando se corte el tráfico (4 minutos), el otro tubo se considera zona segura, en caso de túneles bitubo.

b) *La zona segura garantizará condiciones de supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa desde la zona segura hasta el lugar seguro final.* Se considerará el otro tubo sin incidente, en caso de túneles bitubo.

c) *En caso de zonas seguras subterráneas o submarinas, las instalaciones permitirán que las personas se desplacen desde la zona segura hasta la superficie sin tener que volver a entrar en el tubo afectado del túnel.* La evacuación se realizará, en caso de túneles bitubo, por el tubo sin incidente cuando el tráfico esté cortado confirmado por el CPS a los responsables de la evacuación.

d) *El diseño de una zona segura y su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto-evacuación.* Se requerirá de sistemas de control de humos que aseguren una presión positiva sobre la existente en el tubo en la que se genera el incidente.

Adicionalmente, se dispondrá de señalización interior en las puertas que den acceso al túnel ferroviario con la siguiente indicación "No abrir hasta confirmación de tráfico ferroviario cortado".

Adicionalmente, las zonas seguras serán un espacio suficiente fuera o dentro del túnel donde se cumplan las condiciones siguientes:

- Es posible el acceso de las personas con ayuda o sin ella.
- Puede hacerse un auto-rescate o bien puede esperarse a ser socorrido por los servicios de rescate.
- Es posible la comunicación con el centro de control de Adif.

La sección de las galerías de conexión y de evacuación, independientemente de si son zonas seguras o no, serán de dimensiones que permitan su ejecución con métodos habituales de ejecución de túneles ferroviarios (jumbo de perforación, cargadora, camión) evitándose, salvo casos justificados, las secciones pequeñas que exigen maquinaria especial de rendimientos reducidos. Además, deberán tener espacio reservado para la instalación de equipamiento existente en el túnel como, por ejemplo:

- Disposición, tipo y dimensiones de puertas de emergencia.
- Equipos de presurización
- Tierras de neutro (caso de galerías con centro de transformación).
- Dispondrán de pendiente de bombeo y sistema de drenaje con caces de recogida de agua.

¹ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

Se recogerán los detalle de impermeabilización en los planos.

- Posición de canalizaciones y arquetas.
- Paso de tuberías de agua contraincendios.

Las puertas de emergencia serán de unas dimensiones mínimas de 0,90 m de ancho y 2,00 m de alto, con marco independiente para cada puerta, independientemente del número de puertas que se instalen. En el caso de galerías de evacuación, se requerirá de dos puertas de dichas dimensiones con apertura hacia la zona segura. En el caso de galerías de conexión de túneles bitubo, se instalarán dos puertas de emergencia en cada sentido de evacuación. Las puertas que no pertenezcan al recorrido de evacuación se pintarán de gris y se colocará un pictograma que indique la dirección de evacuación. Las puertas que pertenezcan al recorrido de evacuación se realizarán conforme a la NAPS 001. Dichas puertas deben satisfacer las presiones que existan en el túnel. No existirán caces ni diferencias de cota en los accesos a las puertas de emergencia.

La ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios obliga a que todos los túneles de más de 1 km, o consecutivos de más de 1 km, dispongan de los denominados "Puntos de evacuación y rescate" entendiendo como tales los lugares definidos, dentro o fuera del túnel, en los que la instalación de lucha contra incendios pueda ser utilizada por los servicios de intervención de emergencias y donde los pasajeros y el personal del tren puedan dirigirse en su evacuación, considerándose lugar seguro final.

Los puntos de evacuación y rescate se ubicarán en las bocas de entrada y salida de dichos túneles e interiormente, si el caso lo requiere, en función de la categoría del material rodante que esté previsto vaya a circular por el túnel (material rodante de pasajeros de las categorías A y/o B)

Las zonas a cielo abierto en torno al punto de evacuación y rescate dispondrán, cerca de las vías de acceso, de una superficie mínima libre de 500 m² (sin contar con el espacio del equipamiento técnico o auxiliar del túnel) con acceso viario afirmado de 3,5 m de ancho mínimo, siendo recomendable una anchura no inferior a 7 m para garantizar el cruce de vehículos. La ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios exige dicha superficie para facilitar la disposición de los denominados "Puntos de evacuación y rescate" exteriores (antes citados).

En zonas donde no sea posible disponer estas plataformas podrán utilizarse las calles y carreteras existentes como zonas de rescate, como puede ser en las zonas urbanas e industriales.

Entre los accesos a las bocas previstos para la fase de obra se elegirá los que deban mantenerse para la fase de explotación definitiva conectando con la red viaria existente. Los caminos seleccionados serán objeto de expropiación definitiva en lugar de ocupación temporal y tendrán las siguientes características mínimas:

- Anchura libre: 3,5 m, no obstante, es recomendable que los caminos tengan una anchura libre de 7 m para permitir el cruce de vehículos si la orografía u otros condicionantes lo permiten.
- Altura libre o gálibo: 4,5 m
- Capacidad portante: 20 KN/m²

En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyos radios mínimos deben ser 5,3 m y 12,5 m, con una anchura libre para circular de 7,2 m. En clotoideas o curvas muy abiertas donde un ancho de 3,5 m pueda ser suficiente, se estudiará la inclusión de apartaderos cada 100 m, para permitir los cruces con seguridad.

5.1.5.-Comunicaciones en zonas seguras y de emergencia²

Se incluyen las siguientes instrucciones adicionales en relación con el apartado 4.2.1.8 de la ETI de seguridad en túneles.

Este apartado es de aplicación a todos los túneles de más de 1000 m de longitud.

Comunicación en zonas seguras:

- Se dispondrá de comunicaciones con el Centro de Protección y Seguridad (CPS), mediante una conexión fija (teléfono, interfono, etc.) en todas las zonas seguras y en las bocas del túnel.
- El elemento de comunicación deberá ser fácilmente identificable, visible, disponiendo de señalización y de unas instrucciones sencillas de uso. Los elementos de comunicación instalados dentro de las zonas seguras, se dispondrán a una altura para que puedan ser utilizados por personas de movilidad reducido en silla de ruedas.

Comunicación de emergencia:

- Deberá haber comunicación por radio en cada túnel, entre el tren y el Centro de control de tráfico mediante GSM-R. Adicionalmente, se dará cobertura en las zonas seguras.
- Asimismo, tendrá que haber continuidad por radio, para que los servicios de intervención en emergencias se comuniquen desde el túnel con sus Centros de mando. El sistema permitirá que los servicios de intervención en emergencias puedan utilizar su propio equipo de comunicación, el cual deberá ser multicanal y operar en las bandas de frecuencia utilizadas por los servicios de intervención. Este sistema se acordará entre el administrador de infraestructuras y los servicios de intervención en emergencias. La continuidad por radio debería asegurarse tanto en estaciones subterráneas y túneles, como en las zonas seguras.
- En caso de que dichos servicios de intervención en emergencias no dispongan de ninguno, y se haya instalado el sistema GSM-R para uso ferroviario, se le facilitará el uso de dicho sistema a los servicios de intervención en emergencia cuando requieran entrar al túnel por alguna situación de emergencia.

5.1.6.-Protección contra el fuego³

En cada túnel, con independencia de su longitud, se comprobará que se cumplen los requisitos de comportamiento frente al fuego:

- Integridad de la estructura de hormigón. La integridad del revestimiento del túnel será tal que le permita soportar la temperatura del fuego durante un período de tiempo suficiente acorde con las exigencias de la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios (DOUE 12.12.2014). Dicho periodo de tiempo se ajustará a lo dispuesto en los escenarios de evacuación recogidos y descritos en el plan de autoprotección. Esta integridad deberá quedar justificada a través de un documento que así lo acredite, denominado "Documento de integridad estructural frente al fuego".
- En los casos de túneles sumergidos o que puedan provocar el desplome de estructuras cercanas importantes, la estructura resistente del túnel deberá soportar la temperatura del fuego durante un período de tiempo suficiente para que se realice la evacuación de las

² Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

³ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

zonas de túnel dañadas y de las estructuras cercanas.

- Dicho período de tiempo se especificará en el plan de autoprotección, que se llevará a cabo de conformidad con una "curva temperatura-tiempo" apropiada, que deberá figurar en el proyecto.
- Estabilidad de los materiales. La ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios exige, para todos los túneles, en lo referente a la "reacción al fuego de los materiales de construcción", que el material de construcción del túnel cumpla los requisitos de la clase A2 del Reglamento 2016/364. Los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B de dicha Decisión. Igualmente, exige que se enumeren los materiales en una lista que no contribuyan significativamente a una carga de fuego, y que quedarán exentos de cumplir lo antes citado.
- Los cables eléctricos expuestos en los túneles satisfarán, como mínimo, los requisitos de la clase B2ca, s1a, a1 definidos en el Reglamento 2016/364, según establece la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios, considerándose cable expuesto a aquel tendido sin protección frente al fuego.
- Los cables de fibra óptica expuestos en los túneles satisfarán, como mínimo, los requisitos de la clase B2ca, s1a, a1 definidos en el Reglamento 2016/364, según establece la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios, no considerándose cable expuesto aquel tendido bajo monotubo ignífugo.
- Frente a la opción de sobredimensionar los elementos estructurales del túnel, se recurrirá a la colocación de un elemento aislante sobre las superficies expuestas o la incorporación de elementos, como el empleo de hormigón con fibras de polipropileno. Esta última será la opción a aplicar, salvo que a partir del análisis que se presente a la Dirección del contrato se apruebe otra diferente.
- Cabe señalar que, por exigencias de interoperabilidad, las instalaciones eléctricas importantes para la seguridad (en túneles) estarán protegidas contra los daños derivados de incendio, calor o impactos mecánicos, por lo que estos aspectos deberían quedar recogidos en proyecto.
- Se eximirá de los requisitos de la clase contra incendios a aquellos elementos que por hallarse de forma puntual no supongan una carga significativa al fuego.
- Las salas técnicas deberán disponer de los detectores de incendio y sistemas de comunicaciones con objeto de alertar al CPS correspondiente.

5.1.7.-Suministro de agua⁴

En los túneles de longitud superior a 1 km o consecutivos deberán existir los denominados "Puntos de evacuación y rescate", exteriores e interiores (cuando proceda), de acuerdo con la "ETI de túneles", que estarán equipados con suministro de agua como se cita en el párrafo siguiente. Además, estos puntos serán accesibles a los servicios de intervención de emergencias, pudiéndose interrumpir en ellos la alimentación eléctrica de tracción y poner a tierra la instalación eléctrica (de forma manual o por control remoto).

En los puntos de acceso a los túneles de longitud superior a 1 km o consecutivos se deberá contar con la posibilidad de suministrar (a partir de una boca de incendios existente o de una balsa o depósito a proyectar) un total mínimo de 100 m³ de agua, a razón de, al menos, 800 litros por

⁴ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

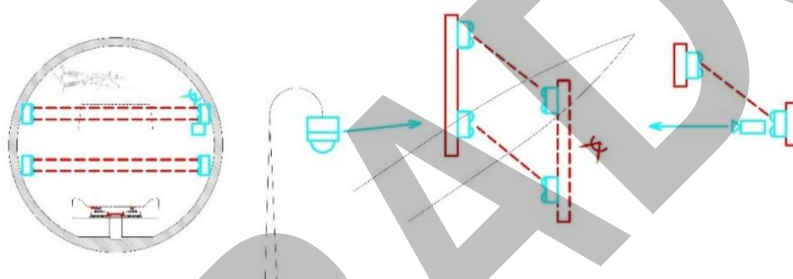
minuto durante dos horas. Si el depósito no es de uso en exclusividad, siempre se deberá garantizar el caudal mínimo. Las canalizaciones para el suministro del agua se realizarán de manera no embebida o soterrada.

5.1.8.-Prevención de acceso no autorizado⁵

Se cumplirá lo recogido en el apartado 4.2.1.1 de la ETI de seguridad en túneles.

En aquellos túneles de más de 100 m de longitud, se garantizará la prevención de acceso no autorizado en las salas técnicas, salidas de emergencia y bocas de los túneles. Se incluirá como zona a proteger los accesos no autorizados en los accesos desde las estaciones subterráneas hacia el túnel.

En la boca de los túneles, el sistema permitirá detectar la intrusión de personas o animales, discriminando el paso de tren. A modo de ejemplo, se muestra una posible solución con CCTV y barreras infrarrojas, siendo válido cualquier otro sistema que garantice esta funcionalidad previa consulta al área competente de Adif / Adif-AV en materia de protección y seguridad.



5.1.9.-Huecos de desacople con las estaciones subterráneas

Cuando en el interior de un túnel mayor de 100 metros se proyecte una estación subterránea, en ambos extremos de la estación se proyectarán huecos al exterior con el objeto de sectorizar el túnel con respecto a la estación subterránea y que permita que los humos y gases puedan salir por los mismos. Las características geométricas de estos huecos vendrán determinadas por un estudio de incendio y evacuación.

5.1.10.-Simulación del incendio y de evacuación⁶

Se realizará un Estudio de incendio y evacuación, según parámetros del túnel y con el tren de mayor capacidad previsto a circular por el túnel, considerándose siempre en el punto más desfavorable, donde se inicia la simulación y analizan las conclusiones.

A partir de este punto, se realizan simulaciones de evacuación, se miden los tiempos y se analiza si es capaz de alcanzar una zona segura todo el pasaje con las condiciones mínimas de supervivencia. En función de sus resultados, se valida que las instalaciones según normativa son suficientes o, en caso contrario, se opta por el diseño de soluciones alternativas para garantizar la evacuación, como acortar las distancias de evacuación a las zonas seguras, poner ventilación mecánica, etc. En el caso de Estaciones subterráneas, se tendrá en cuenta lo recogido en la NAG 5-0-1.0 Requerimientos para la protección y seguridad en el diseño de estaciones subterráneas. Punto 6. Estudios de Incendio y de Evacuación.

La simulación del incendio fijará las condiciones ambientales bajo las cuales las personas

⁵ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

⁶ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

realizarán la evacuación y cómo estas condiciones evolucionan en el tiempo, para determinar, mediante una simulación de evacuación, que todos los usuarios son capaces de llegar a una zona segura en condiciones de seguridad

Se analizará la geometría del túnel, las ubicaciones de las zonas seguras, de los huecos de ventilación, y cualquier otro parámetro significativo que permita llevar a cabo simulaciones mediante estudios CFD, considerando diversos escenarios de incendio para poder determinar si el pasaje del tren es capaz de llegar a una zona segura.

El principal objetivo de estos estudios consistirá en evaluar, mediante la realización de simulaciones de dinámica computacional de fluidos (CFD), las condiciones ambientales desarrolladas al producirse un incendio de un tren en el ámbito del túnel, con el fin de determinar los tiempos de evacuación y concluir que las personas que se encuentran en el túnel son capaces de llegar a una zona segura. En caso desfavorable, se propondrán las medidas mitigadoras más idóneas, con el fin de permitir la evacuación de forma segura, las cuales deberán ser validadas mediante una simulación de incendios y de evacuación adicional.

5.1.11.-Alumbrado de emergencia

Se seguirán los criterios recogidos en la NAPS 001, teniendo en cuenta las indicaciones de la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios.

Los criterios para la iluminación permanente se recogen en el apartado 5.2.4. de la presente norma.

5.2.-INSTALACIONES DE PLATAFORMA

5.2.1.-Impermeabilización

Se impermeabilizarán todos los túneles independientemente del tipo de material por el que se pase, así como las galerías de conexión y de evacuación, teniendo especial cuidado en las uniones de las mismas con el túnel.

Los geotextiles a utilizar se calcularán para que aguanten las solicitaciones a las que serán sometidas de cara a evitar el punzonamiento de la impermeabilización.

La posición de la lámina de impermeabilización será la más baja posible compatible con las fases de ejecución de los distintos hormigonados de sostenimiento/revestimiento.

5.2.2.-Drenaje y evacuación de vertidos

La red de drenaje del túnel se basará en caces y colector unitario, donde los caudales de cálculo de los colectores y canalizaciones serán definidos en el estudio hidrogeológico del proyecto. El cálculo de los colectores se obtendrán a partir de hipótesis razonables en cuanto a concurrencia de agua de escorrentía, de limpieza, de extinción de incendios, vertidos de mercancías, etc. Como mínimo, el colector principal deberá poder evacuar 100 l/s. Se recomienda que las pendientes de los caces y colectores sean superiores al 1% y nunca inferiores al 0,5%.

El drenaje será unitario, y recogerá las infiltraciones tanto de los drenajes del trasdós, si los hubiera, como de las filtraciones del recubrimiento sobre aceras o sobre la propia vía. Todas esas vías de agua deben canalizarse a un colector central. En caso de túneles con tráfico mixtos, con locomotoras diésel o con transporte de líquidos, el colector central deberá contar con arquetas sifónicas para evitar la propagación de las llamas en la superficie del vertido por los colectores. En este último caso, el colector general deberá contar con un depósito sifónico en el exterior de la boca del túnel para evitar que el vertido accidental de gasoil de las locomotoras o de cualquier líquido contaminante que se pueda transportar acabe en el medioambiente. El depósito sifónico

deberá contar con tres cámaras:

- La primera retendrá los elementos sólidos que transporte el vertido y sean más pesados que el agua. Un muro separará esta cámara de la siguiente, rebosando el agua por la parte superior.
- La segunda cámara es la que retiene los elementos sólidos y líquidos menos densos que el agua. Deberá tener un volumen útil igual o superior al que se estime como el mayor volumen de vertido posible. El muro de separación entre la segunda y tercera cámara tendrá el paso del agua por la parte inferior del mismo. La cota del hueco inferior marcará la capacidad de retención del depósito.
- La tercera cámara no tiene que tener ningún volumen mínimo. La salida del agua de esta tercera cámara será por la parte superior del depósito.

En el caso de que la evacuación de las aguas se hiciese por bombeo y no se pudiese hacer un depósito sifónico externo, el diseño del pozo de bombeo deberá ser similar, colocando las bombas en la tercera cámara, con la precaución de que el nivel mínimo de agua sea siempre superior al de la cota superior de la ventana de paso entre las cámaras segunda y tercera.

En el caso de túneles muy secos y sin filtraciones, se debe mantener artificialmente un nivel mínimo de agua en las cámaras segunda y tercera del depósito sifónico para que el contaminante permanezca siempre en las dos primeras cámaras.

El volumen mínimo útil del depósito sifónico será de 100 m³. En túneles con depósito de agua o tomas de la red para bomberos en caso de incendio, el depósito sifónico tendrá un volumen mínimo útil de 200 m³.

En el caso de los bombeos, el accionamiento automático de los bombeos debería poder bloquearse remotamente en caso de incidente.

La red de caces estará distribuida a lo largo del pie del hastial, y en caso de vía en placa, en los laterales de la vía o centrada en la vía, para recoger el agua de infiltraciones y cada 50 m estará conectada al colector unitario mediante arquetas. Las conexiones entre las arquetas de los caces y las arquetas del colector se realizarán con tubo de diámetro mínimo 90 mm. Las arquetas de los caces serán preferentemente de rejilla no metálica, a excepción de si se prevé paso de vehículos. Los caces que estén fuera del pasillo de evacuación no dispondrán de rejilla. Se evitará la existencia de caces en el pasillo de evacuación.

Los pasillos de evacuación dispondrán de pendiente transversal de bombeo hacia la vía no inferior al 1% para garantizar la evacuación del agua.

En función del perfil transversal del túnel y si es de vía única o doble, el colector unitario podrá estar situado centrado o en un lateral con un diámetro mínimo de 30 cm. Dicho colector unitario dispondrá de arquetas de registro cada 50 m. En el caso de vía en balasto, el drenaje unitario se basará en tubos dren envueltos en geotextil para los colectores unitarios de diámetro mínimo 30 cm. Los localizados en la entrevía se protegerán superiormente con hormigón.

En túneles mayores a 1 km, si se prevé la posibilidad de tráfico de mercancías peligrosas, se deberán instalar arquetas y sumideros sifónicos, a fin de impedir la transmisión del fuego. Deberán ser de materiales que soporten el fuego. El colector unitario, en dichos casos, se diseñará para que la velocidad mínima del flujo para el 70% del caudal máximo sea 0,5 m/s. Se dispondrá de un depósito en el exterior del túnel diseñado para almacenar o retener los líquidos potencialmente contaminantes captados hasta su posterior retirada por personal especializado. Si el túnel tiene puntos bajos, se dispondrá de un depósito estanco para almacenamiento y bombeo con la capacidad que se calcule para el bombeo de las filtraciones más una reserva mínima 100 m³ para el caso de accidentes. Dicho depósito tendrá las siguientes características: recinto de hormigón armado, visitable mediante acceso por trampilla y pates, espacio de maniobra interior, tubería de

salida de gases, etc.

Deberá intentarse evitar que entren al túnel aguas de escorrentía exteriores, cuyos caudales deben desviarse a cauces naturales por gravedad o mediante bombeo.

En aquellas secciones diseñadas para acceso de vehículos no ferroviarios por la plataforma, se evitará la recogida de aguas por el centro con canaleta, realizándolo por los laterales mediante caces o cuneta hormigonada.

5.2.3.-Pozos de bombeo

Se diseñarán pozos de bombeo en los puntos bajos y en las bocas donde el agua de escorrentía exterior pueda penetrar en su interior y no puedan derivarse por gravedad. Se proyectarán en la boca correspondiente dispositivos de retención de elementos sólidos en suspensión (arena, residuos, etc.). En cada caso, se dimensionarán los grupos de bombas para el punto óptimo de funcionamiento según el caudal calculado en situación normal (no accidente) y la altura de bombeo.

Los bombeos deberán poder pararse desde un puesto de control para evitar evacuar agua contaminada en caso de accidente. Si el túnel dispone de algún sistema de detección automática de incidentes, éste deberá bloquear el funcionamiento del bombeo automáticamente.

Los mandos y los cuadros eléctricos no estarán ubicados en la zona inundable del túnel.

5.2.4.-Iluminación permanente

De manera general los túneles sólo dispondrán de iluminación de emergencia a excepción de las zonas:

- Alumbrado de zonas seguras.
- Acceso a las zonas seguras (pórticos de salida de emergencia).
- Lugar seguro final.
- Zona de seccionadores de puesta a tierra.
- Zonas solicitadas por departamentos de Adif bajo justificación expresa.

5.3.-INSTALACIONES DE VÍA

Con relación a la tipología de vía, se atenderá a lo recogido en el punto 7 del anexo I de la Orden FOM/3317/2010 de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.

"Se instalará vía en placa en todos los túneles de más de 1.500 m de longitud, siempre que no existan otras circunstancias que puedan desaconsejar ese tipo de vía. En esos casos, así como en aquellos trayectos en que la sucesión de túneles y viaductos alcance esa longitud, en los túneles entre 500 y 1.500 m, o cuando otras consideraciones así lo aconsejen, para adoptar la decisión entre vía en placa o vía en balasto se realizará un estudio técnico-económico, que incluya el tipo de tráfico, las condiciones y costes de construcción, explotación y mantenimiento y el coste asociado a la transición placa-balasto".

Cuando existan cruces de vía para conectar los pasillos de evacuación y la velocidad de circulación en dicho cruce sea superior a 160 km/h, se analizará la implantación de vía en placa o soluciones alternativas en la zona del cruce, evitando las soluciones técnicas de cruces con elementos de

caucho.

Se utilizará la tipología de vía conforme a lo recogido en las Normas Adif Vía vigentes y en concreto, la NAV 7.1.0-7 "Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva" y la NAV 3.4.3-0 "Montaje de vía en balasto para obra nueva".

La posición teórica de la vía se ubicará verificando el cumplimiento del gálibo establecido por el pasillo de evacuación en cualquier punto del túnel y respecto a cualquier elemento existente en el mismo, según el apartado 5.1.2 del presente documento.

En trazados urbanos o cercanos a edificaciones y si así se considera en las conclusiones del estudio vibratorio, se dispondrán de elementos para mitigar las vibraciones, como pueden ser mantas elastoméricas, apoyos aislados o carril embebido.

Cuando se disponga de cartelones, se deberán instalar sin generar interferencia en el gálibo de implantación de obstáculos y no afectarán a los gálibos de los pasillos de evacuación.

Se dispondrán cuñas de transición en las bocas de los túneles en caso de existir transición vía en placa – vía en balasto.

En el caso de vía en placa, la armadura se conectará a la puesta a tierra conforme al apartado 5.8.

5.4.-INSTALACIONES DE CABLES

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

Atendiendo a los requerimientos de las aceras como pasillos de evacuación, se considera las canalizaciones hormigonadas como la solución preferente en el diseño de nuevos túneles. En el anejo 2 se recogen detalles de las instalaciones de cables. En caso contrario, serán aceras técnicas sin los requisitos exigidos para los pasillos de evacuación.

En el caso que se requieran tender cables a posteriori y no quede hueco en la canalización existente, se tenderán anclados al hastial a una altura superior a 2,25m del suelo.

Las instalaciones de cables deben estar dimensionadas al menos para el doble de los cables que se espera que alberguen en proyecto.

El proyectista definirá los detalles necesarios para evitar indefiniciones que puedan dar lugar a problemas durante la obra, como las uniones de las canalizaciones hormigonadas en emboquilles, distribuciones de canalizaciones por pasillos de emergencia, etc.

En proyectos de túneles en servicio, donde se instalen nuevos cables en sustitución de otros, se deberá contemplar la retirada de los mismos.

5.4.1.-Canalizaciones hormigonadas bajo pasillo de evacuación

Las canalizaciones de cables se ubicarán ocultas en los pasillos de evacuación con arquetas de paso (a definir según proyecto) registrables cada 50 m en túneles de dos pasillos de evacuación. Estas arquetas se repartirán al tresbolillo cuando se disponga de luminarias de emergencia puntuales (implica que la primera arqueta desde un cruce por uno de los lados esté a 25 m y la del otro pasillo de evacuación esté a 50 m de dicho cruce). Cuando sean túneles de un pasillo de evacuación, las arquetas deben disponerse cada 25 m para la distribución al alumbrado de emergencia. Si la luminaria de emergencia es lineal no es necesaria la disposición al tresbolillo, lo que reduce el número de arquetas entre cruces (una arqueta menos entre cada cruce).

Se dispondrán de prismas de, como mínimo, 12 tubos de diámetro, generalmente, de 160 mm bajo los pasillos de evacuación.

En los túneles bitubo, en el lado contrario del pasillo de evacuación se dispondrá en la acera de mantenimiento un prisma de, al menos, de 6 tubos de 160 mm y arquetas de paso cada 50 m.

Dichas canalizaciones, durante la fase de construcción, deberán ser tapadas y mandriladas para evitar problemas de obstrucción de tubos.

Los cruces de vía se realizarán conforme al apartado 5.4.3 mediante uso de arquetas de cruce (a definir según proyecto).

Las dimensiones mínimas de las arquetas de paso serán de 1000 mm x 750 mm, siendo la mayor dimensión paralela al eje de la vía.

Independientemente del tipo, cada arqueta dispondrá de desagüe en la parte inferior con tubo de diámetro, generalmente, 110 mm, dirigido al colector y dispondrán de dos salidas al hastial mediante tubo de acero galvanizado de diámetro normal de 90 mm. En todos los casos, las tapas serán de hormigón armado HA-40/S/16/* (*como norma general se utilizará la clase de exposición XC4, debiéndose modificar según las condiciones más restrictivas de la ubicación acorde a la tabla 27.1.a del RD 470/2021), cuyas dimensiones permitan su manipulación de manera manual.

Se realizarán canalizaciones separadas para cables de alta tensión y baja tensión con una distribución de arquetas independientes aunque discurren en paralelo. Cuando por condicionantes técnicos se prevea el uso conjunto de la canalización para cables de Alta tensión (energía) y Baja tensión (señalización, protección y seguridad, etc.) se deberán tender los cables de alta tensión en la parte inferior del hastial, realizando una pared y rellenando dicho hueco con arena para evitar el contacto directo con los mismos. Una alternativa a dicha distribución, es el perchado de los cables de alta tensión por encima de la acera técnica preferiblemente o pasillo de evacuación a una altura superior a los 2,25 m, protegiendo físicamente en dicho caso, la transición de los cables desde la canalización exterior enterrada hasta la altura establecida. En caso de existir salidas de emergencias, el cable no quedará colgado en ningún punto.

5.4.2.-Canaletas prefabricadas

Cuando se consideren necesarias canaletas en los pasillos de evacuación serán debidamente justificadas. Si se prevé el uso por energía y señalización, se dispondrá de una canaleta de dos senos o dos canaletas. Se colocarán preferentemente las canaletas de 60 cm. Se analizarán soluciones "in-situ" o prefabricadas que incluyan la sección de la canaleta. Adicionalmente, se implementarán tapas reforzadas en las esquinas para evitar roturas y posibles afecciones a los pasillos de evacuación.

Los cruces de vía se realizarán conforme al apartado siguiente mediante uso de arquetas de cruce.

En los túneles de vía doble de más de 1800 m, con tapa de canaleta de 4 cm de espesor y cuando se prevea un aumento de la velocidad igual o superior a 350km/h y cruces de trenes en doble composición, se deberá realizar un estudio concreto de detalle para el análisis de los efectos aerodinámicos sobre la citada tapa, independientemente del cumplimiento de los criterios de salud y confort de cara a la protección del viajero.

En el caso de zonas singulares que supongan bruscos cambios de sección tales como pozos de ventilación, cavernas de bifurcación, estrechamientos continuados u otros, se deberán realizar estudios aerodinámicos específicos para el análisis de los efectos aerodinámicos sobre las tapas de canaleta de estas zonas, siempre y cuando la velocidad de circulación sea igual o superior a 350km/h.

5.4.3.-Cruces de cables bajo vía

Los túneles deberán contar con cruces bajo vía para cableado en las bocas de los túneles, en cada

galería de evacuación y, al menos, cada 450 metros de túnel, debiendo ubicarlos equidistantes dentro del mismo.

Los cruces bajo vía se realizarán con arquetas de cruce enfrentadas que dispondrán de un mínimo de 6 tubos de PVC de al menos 160 mm de diámetro, protegidos con mortero+resina y embebidos en el hormigón de la plataforma.

Adicionalmente, en las bocas de los túneles se deben prever cruces para cables de alta tensión, al menos 4 tubos de PVC, de al menos 200 mm de diámetro, diferenciados de cruces para otros servicios y con arquetas separadas.

Las dimensiones mínimas de las arquetas de cruce serán establecidas para el correcto tendido de los cables con la curvatura a desarrollar por el cable.

5.5.-INSTALACIONES DE ENERGÍA Y LÍNEA AÉREA DE CONTACTO

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

Los anclajes de elementos de energía y línea aérea de contacto se realizarán directamente sobre hastiales, bóveda, vigas o pilas.

Se intentará reducir el número de compensadores dentro del túnel. Se evitarán interferencias con los pasillos de evacuación de los elementos de la línea aérea de contacto utilizando las soluciones más adecuadas acordes al gálibo de dicho pasillo de evacuación.

Cuando se requiera de disponer de cables aislados de alta tensión, se tenderán por la canalización hormigonada por los tubos inferiores, debiendo compartimentarlos con arena del resto de cables de baja tensión. En el caso que se requieran tender a posteriori, se tenderán anclados al hastial a una altura superior a 2,25m del suelo.

La línea aérea de contacto deberá cumplir con el gálibo de pantógrafo.

Para túneles de longitud superior a 1km, se instalarán dispositivos de puesta a tierra de la catenaria en los puntos de acceso al túnel y, si los protocolos permiten la puesta a tierra de una única sección, se instalarán cerca de los puntos de separación entre secciones. Se instalarán los medios de comunicación e iluminación necesarios para las operaciones de puesta a tierra.

En función del tipo de energía en la línea aérea de contacto, se dispondrá de puestas a tierra de los elementos metálicos conforme en el apartado 5.8. Cuando se prevea la instalación de Centros de Transformación en interior de túneles se realizará una red de tierras para el neutro de los transformadores diferente a la tierra de elementos metálicos del túnel, debiéndose ejecutar en fase de construcción.

5.6.-INSTALACIONES DE CONTROL, MANDO Y SEÑALIZACIÓN

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

Las señales luminosas, cartelones, cajas de terminales y resto de elementos de control, mando y señalización se instalarán sin generar interferencia en el gálibo de implantación de obstáculos y no afectarán a los gálibos de los pasillos de evacuación. En caso de no conocerse la solución técnica, se realizará una consulta al área técnica responsable que establezca dichos parámetros mínimos.

Los sistemas de gestión de la seguridad de los administradores de infraestructuras incluirán una metodología de evaluación y valoración del riesgo de las bocas de túnel u otros puntos de la red existentes en las que exista riesgo de caídas de objetos de gran volumen y peso, debiéndose adoptar las medidas entre las que se podrán incluir, en su caso, un sistema de detección

automática de objetos a la vía en aquellos puntos en los que el nivel de riesgo resultante así lo determine.

Cuando se requiera de colocación en las bocas de túnel del sistema de detección de caída de objetos a la vía (DCO), se tendrá en cuenta en el diseño una accesibilidad óptima mediante escalera metálica u hormigonada para tareas de mantenimiento y conservación (inspecciones, desbroces, tratamientos de desprendimientos, etc.).

5.7.-INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

En sistemas de información se deberán adoptar las medidas de seguridad adecuadas para cumplir la legislación a la que está obligada a Adif (o la legislación que aplica a Adif), así como la Política de Seguridad de la Información y normativas vigentes en la entidad.

Se dispondrán de los sistemas de comunicaciones requeridos por las autoridades pertinentes en materia de seguridad y ciberseguridad, los sistemas de comunicaciones de circulación (GSM-R, tren tierra, etc.) y los sistemas de comunicaciones para Operadores de telefonía móvil que se estimen oportunos sin afección al gálibo de implantación de obstáculos ni al gálibo del pasillo de evacuación.

Las zonas seguras y los puestos de maniobra de las puestas a tierra dispondrán de comunicaciones fijas.

La fibra óptica se dispondrá en la canalización hormigonada o canaleta. En el caso de túneles existentes que no dispongan de canalización hormigonada ni canaleta, se podrá disponer de canalización en hastiales cumpliendo la normativa vigente.

En el caso de requerirse sistemas de cable radiante, se buscará la mejor posición en la sección del túnel para que no genere ninguna interferencia con el resto de sistemas.

5.8.-PUESTAS A TIERRA

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

La puesta a tierra de las armaduras, barandillas, postes y todos los elementos metálicos en túneles ferroviarios tiene por objeto proteger a las personas e instalaciones de los efectos derivados de la diferencia de potencial causados por el propio sistema de la tracción eléctrica en condiciones normales y en condiciones anormales (fallos, cortocircuitos, descargas atmosféricas etc.). Deberán cumplir la UNE-EN 50122-1 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos.

Se trata de conseguir, por tanto, que todas las partes metálicas y armaduras de acero continuas se encuentren unidas equipotencialmente. Todos los demás elementos metálicos (incluido señales, barandillas, postes, etc.), deben ponerse a tierra a través del sistema global que se describe.

Los cables para las conexiones a tierra deben ser, en todos los casos, resistentes a las intensidades de cortocircuito que se produzcan en cada caso.

Tanto las características del cable, como la distancia entre las conexiones a tierra, serán diferentes en función del tipo de línea:

- En el caso de líneas de 25 kV CA, la conexión a tierra se realizará como máximo cada 450 m. Los elementos metálicos se conectarán al carril y al cable de tierra de catenaria o cable de retorno.

- En líneas de 3,3 kV CC y 1,5 kV CC se realizarán siguiendo los criterios establecidos en las normas NAE 300 y NAE 301: Todas las estructuras metálicas estarán conectadas equipotencialmente entre sí y conectadas al cable de tierra de catenaria. Se incluye aquí cualquier estructura que por avería en catenaria pueda ponerse en tensión.

La colocación de los cables y conexiones de puesta a tierra se realizará según el detalle que figura en los planos esquemáticos del anejo 3. Se deberán particularizar en cada proyecto para los túneles realmente proyectados.

En el caso de armaduras de vía en placa, se conectarán entre sí eléctricamente y cada 450 m como máximo deberían dejarse latiguillos para su conexión a la red de tierras general.

Se podrá interrumpir la alimentación eléctrica de tracción y poner a tierra la instalación eléctrica mediante seccionadores en ambos emboquilles de forma manual o por control remoto, siendo parte del contrato de catenaria.

5.9.-ESTACIONES SUBTERRÁNEAS

Se tendrá en cuenta la NAG 5010 "Requerimientos para el diseño de estaciones subterráneas".

5.9.1.-Sectorización túnel – estación subterránea

En los túneles colindantes con estaciones subterráneas se incluirán pozos de ventilación a la entrada y la salida del mismo, con objeto de materializar la sectorización túnel – estación subterránea desde el punto de vista del control de humos e incendio.

Como criterio general, y salvo excepciones debidamente justificadas, las estaciones deberán poder usarse siempre como zona segura y como puntos de evacuación y rescate del túnel, puesto que son habitualmente los puntos del mismo donde se reúnen las mejores condiciones de evacuación y de accesibilidad para los servicios de intervención en emergencias.

5.10.-SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS

En los túneles donde se proyecte subestaciones subterráneas, así como autotransformadores intermedios ATI y autotransformadores finales ATF, se diseñarán ventilaciones específicas que, en caso de incendio de algún elemento, no genere afección al túnel.

6.-EXPEDIENTE DE MANTENIMIENTO

El proyectista preparará un expediente de mantenimiento, según establece la ETI de Seguridad en Túneles en su apartado 4.5.1, que establezca al menos:

- 1) identificación de elementos propensos a sufrir desgaste, fallo, envejecimiento o cualquier otra forma de deterioro o degradación;
- 2) especificación de los límites de utilización de los elementos mencionados en el apartado 1 y una descripción de las medidas que han de tomarse para impedir que se sobrepasen esos límites;
- 3) identificación de aquellos elementos relevantes en las situaciones de emergencia y su gestión;
- 4) comprobaciones periódicas y actividades de revisión necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas y partes de ellos mencionados en el apartado 3 de la citada ETI.

El proyectista redactará un Plan de Mantenimiento ad hoc para el túnel. Dicho plan será revisado y actualizado tras la ejecución de la obra con la documentación "As built".

El contenido de este documento incluirá, al menos, las siguientes fases, especificando sus responsables y la necesidad o no de registro:

1. Medios necesarios para la ejecución del plan de mantenimiento.
2. Elementos singulares que requieren especial atención a efectos de inspección y mantenimiento.
3. Sistema de Auscultación y protocolo de actuación.
4. Actividades de mantenimiento preventivo a realizar y su periodicidad:
 - 4.1. Inspecciones básicas (semestral como mínimo).
 - 4.2. Inspecciones principales (2 años como mínimo).
 - 4.3. Actuaciones a realizar.
 - 4.4. Inspección, comprobación y mantenimiento in situ del sistema de auscultación (trimestral como mínimo). Incluye comprobaciones manuales de contraste de las mediciones realizadas por los sensores automatizados. Los resultados de esta actividad se registrarán en un "Informe de estado del sistema de auscultación" y en la aplicación informática correspondiente.
 - 4.5. Lectura manual de los elementos del sistema de auscultación no automatizados al menos con frecuencia trimestral (cada 3 meses como mínimo).
 - 4.6. Aplicación de las medidas recogidas en el protocolo de actuación, en función de los niveles de alarma que detecte el sistema de auscultación.
 - 4.7. Elaboración de un informe semestral de seguimiento de los elementos singulares del túnel controlados por el sistema de auscultación.
5. Registro: formato, código, responsable de custodia, lugar del archivo y tiempo de permanencia en archivo.

7.-DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR

El proyectista entregará la documentación reflejada en el apartado 3 Índices tipo del anejo de túneles.

Tras la ejecución del túnel, será necesario la adaptación de la documentación anterior a lo realmente ejecutado "As built". El contratista realizará una propuesta de nomenclatura de los elementos construidos acorde a lo definido en la norma NAP 2-5-0.1 "Inventario de túneles ferroviarios", y otros procedimientos relacionados que se pudieran haber aprobado, siendo la base para su identificación unívoca durante la fase de explotación y mantenimiento de su ciclo de vida y para su incorporación en el inventario de Adif.

Cuando se utilice metodología BIM (Building Information Modeling), se entregará el archivo digital.

Toda la documentación que se generen, durante la vida útil del túnel, deberá incorporarse a los sistemas informáticos y herramientas de Adif, con:

- Proyectos constructivos de los túneles con los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, etc. utilizados para su elaboración.

- Archivos de cálculo.
- Información geológica y geotécnica adicional obtenida durante la construcción o explotación.
- Modificaciones introducidas al proyecto durante la construcción.
- Resultados de ensayos y análisis realizados para comprobar la calidad de las obras.
- Posibles tratamientos de mejora, refuerzo o estabilización del terreno, control de erosión, etc. llevados a cabo.
- Informes y actas de todas las inspecciones (básicas y principales), incluso las previas a la puesta en servicio, con las anomalías detectadas.
- Plan de auscultación, en su caso, con los resultados obtenidos y su interpretación.
- Descripción de los trabajos de conservación realizados en elementos estructurales y elementos instalados.
- Estudios de incendio CFD y evacuación en túneles de más de mil metros. Documentos en abierto.
- Enumeración de materiales que no contribuyan significativamente a la carga de fuego.
- Manuales de uso de los diferentes sistemas instalados en el túnel.

8.-NORMATIVA DEROGADA

La presente NAP deroga los siguientes documentos normativos:

- NAP 2-3-1.0. Túneles. 1ª Edición+M1. Junio 2018.

La presente NAP deroga el contenido relativo a túneles contemplado en el documento normativo:

- NAP 3-0-0.0. Instalaciones ferroviarias de la plataforma. 2ª Edición+M1. Noviembre 2019.

9.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAP entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

La presente NAP no será de aplicación para los proyectos cuyo encargo/orden de estudio sea anterior a la fecha de entrada en vigor de esta norma, ni a las obras derivadas de ellos, ni a sus posibles modificados. No obstante, en estos casos se recomienda su uso como referencia.

10.-NORMATIVA DE REFERENCIA

- Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, que modifica los Reglamentos (UE) n.º 321/2013, (UE) n.º 1299/2014, (UE) n.º 1301/2014, (UE) n.º 1302/2014 y (UE) n.º 1303/2014 y (UE) 2016/919 de la Comisión y la Decisión de Ejecución 2011/665/UE de la Comisión en lo que se refiere a la armonización con la Directiva

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 40 de 46

(UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo y la implementación de los objetivos específicos establecidos en la Decisión Delegada (UE) 2017/1474 de la Comisión.

- Orden FOM/3317/2010 de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.
- REGLAMENTO (UE) 1299/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» del sistema ferroviario de la Unión Europea.
- REGLAMENTO (UE) 1302/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema "locomotoras y material rodante de viajeros" del sistema ferroviario en la Unión Europea.
- REGLAMENTO (UE) 1303/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre la Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa a la "Seguridad en los túneles ferroviarios" del sistema ferroviario de la Unión Europea.
- Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos.
- Reglamento delegado (UE) 2016/364 de la Comisión de 1 de julio de 2015 relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Guía de Instalaciones de Protección de los Túneles. Fichas: GIPT-04, GIPT-05 y GIPT-10.
- "Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros" del Ministerio de Fomento (2011).
- PNE-EN 14067-5:2021 "Aplicaciones ferroviarias. Aerodinámica. Parte 5: Requisitos y métodos de ensayo aerodinámicos dentro de túneles".
- Norma UNE-EN 50122-1 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos.
- NAP 1-2-0.1. "Índices tipo y contenido de los proyectos de plataforma ferroviaria". 5ª Edición+M1+M2. Julio 2020.
- NAP 1-2-4.0. "Geología, geotecnia y estudio de materiales". 1ª Edición. Julio 2015.
- NAP 2-5-0.1. "Inventario de túneles ferroviarios". 1ª Edición. Julio 2020.
- NAP 2-4-0.1. "Inspección Básica de túneles de ferrocarril". 1ª Edición. Enero 2020.
- NAP 2-4-1.1. "Inspección Principal de túneles de ferrocarril". 1ª Edición. Enero 2021.

NORMA ADIF PLATAFORMA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
TÚNELES		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAP 2-3-1.0	2ª EDICIÓN	OCTUBRE 2022	Pág. 41 de 46

- NAV 3-4-3.0. "Montaje de vía en balasto para obra nueva". 1ª Edición. Julio 2015.
- NAG 5-0-1.0. "Requerimientos para el diseño de estaciones subterráneas". 1ª Edición. Julio 2021.
- NAV 7-1-0.7. "Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva". 1ª Edición. Enero 2021.
- NAE 300. "Diseño funcional de la línea aérea de contacto tipo CA-160/3kV". 1ª Edición+Erratum+M1. Julio 2021
- NAE 301. "Diseño funcional de la línea aérea de contacto tipo CA-220/3kV". 1ª Edición+M1. Julio 2021
- NAPS 001. "Montaje de elementos de protección en túneles". 1ª Edición. Julio 2020.
- Ficha UIC 779-11 "Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations".

I. Anejo 1. SECCIONES TIPO

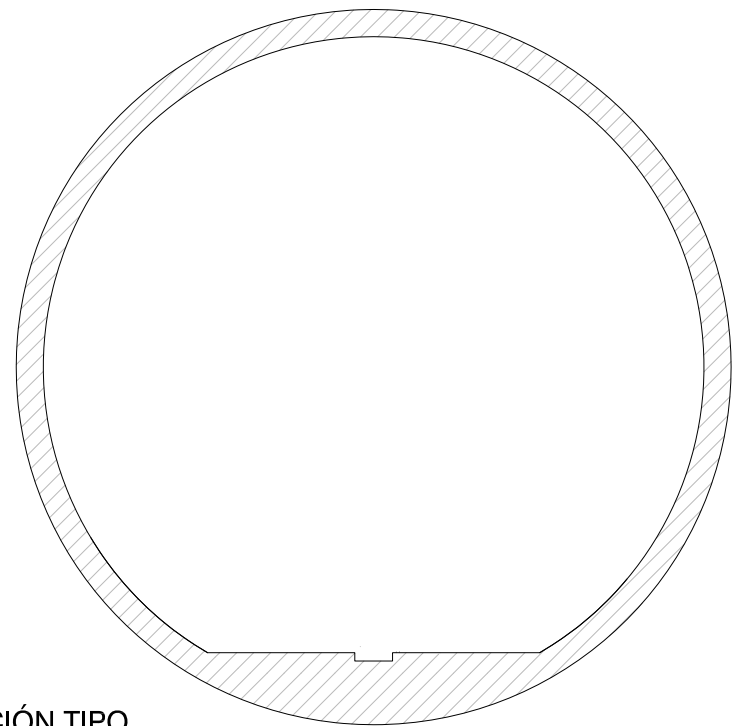
Los siguientes planos recogen las características orientativas descritas en el documento, a modo de ejemplo, los cuales se presentan en cada sección tipo.

La solución adoptada por el proyectista deberá ser confirmada por Adif durante el desarrollo del proyecto y puede ser distinta a los ejemplos recogidos en este documento.

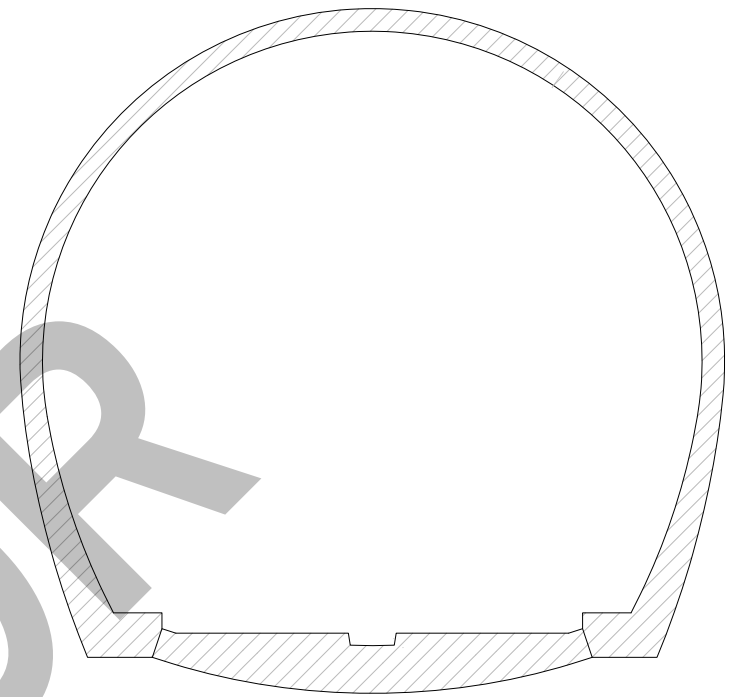
Los elementos colocados en la parte inferior de la sección (drenaje, prismas de cableado, cruces de vía,...) deben ser posicionados intentando la optimización de la superficie ocupada por hormigón sobre la contrabóveda/llosa.

El proyectista deberá velar por el cumplimiento de cada uno de los subsistemas y evitar las posibles interferencias entre los mismos, así como que todos los elementos necesarios sean tenidos en cuenta para el cálculo de la sección. Estos elementos serán, como mínimo, los siguientes:

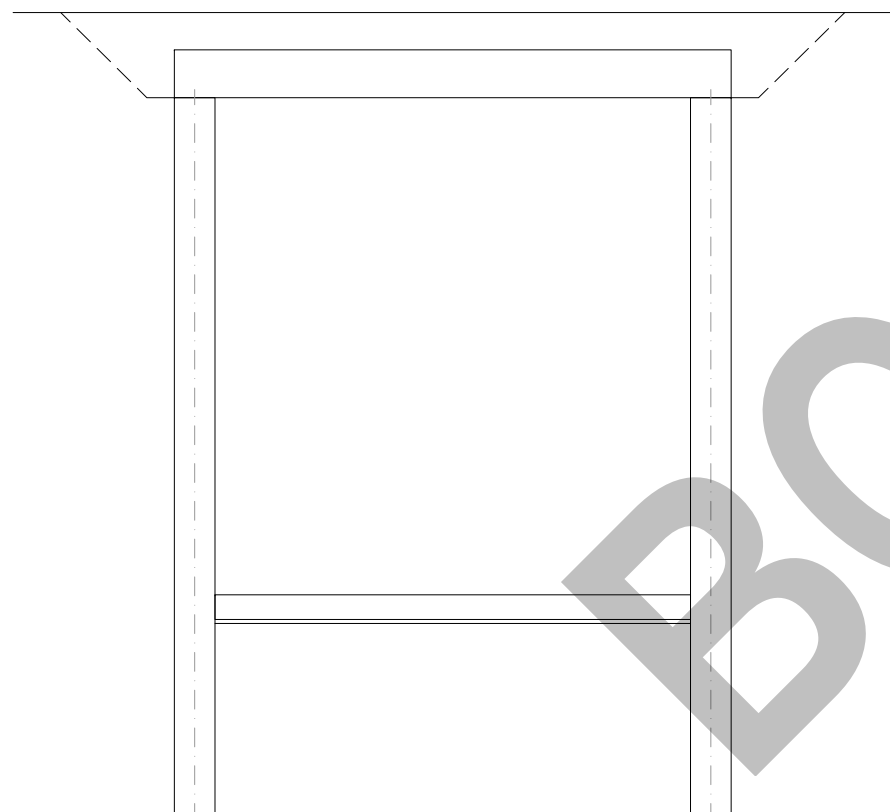
- Ventilación mecánica del túnel y sus sistemas de control.
- Cable radiante y antenas de comunicaciones, incluso armarios.
- Alumbrado de emergencia y pulsadores.
- Señalización de evacuación.
- Tuberías e hidrantes de PCI.
- Señalización ferroviaria (semafórica y fija).
- Catenaria, anclaje de catenaria y regulación de tensión.
- Cámaras CCTV, control de accesos y armarios de comunicación.



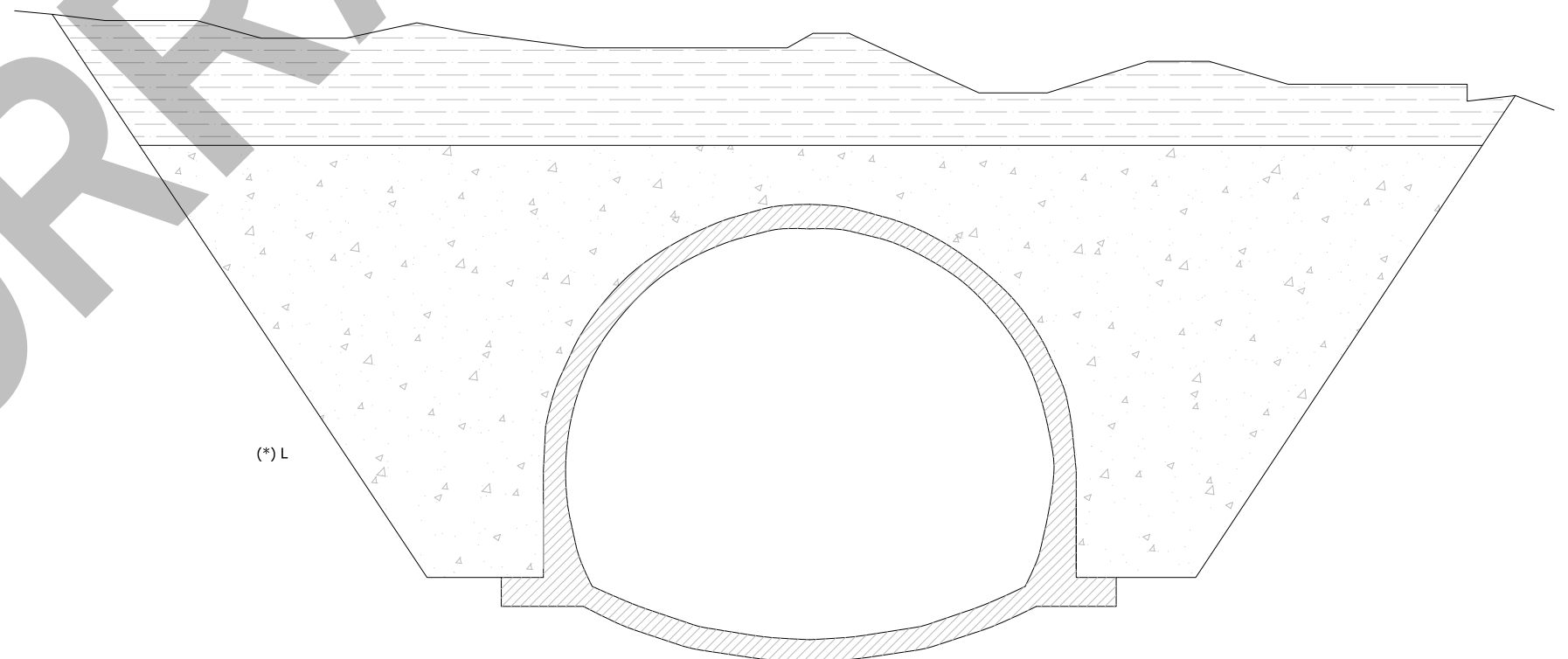
SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR TUNELADORA



SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA

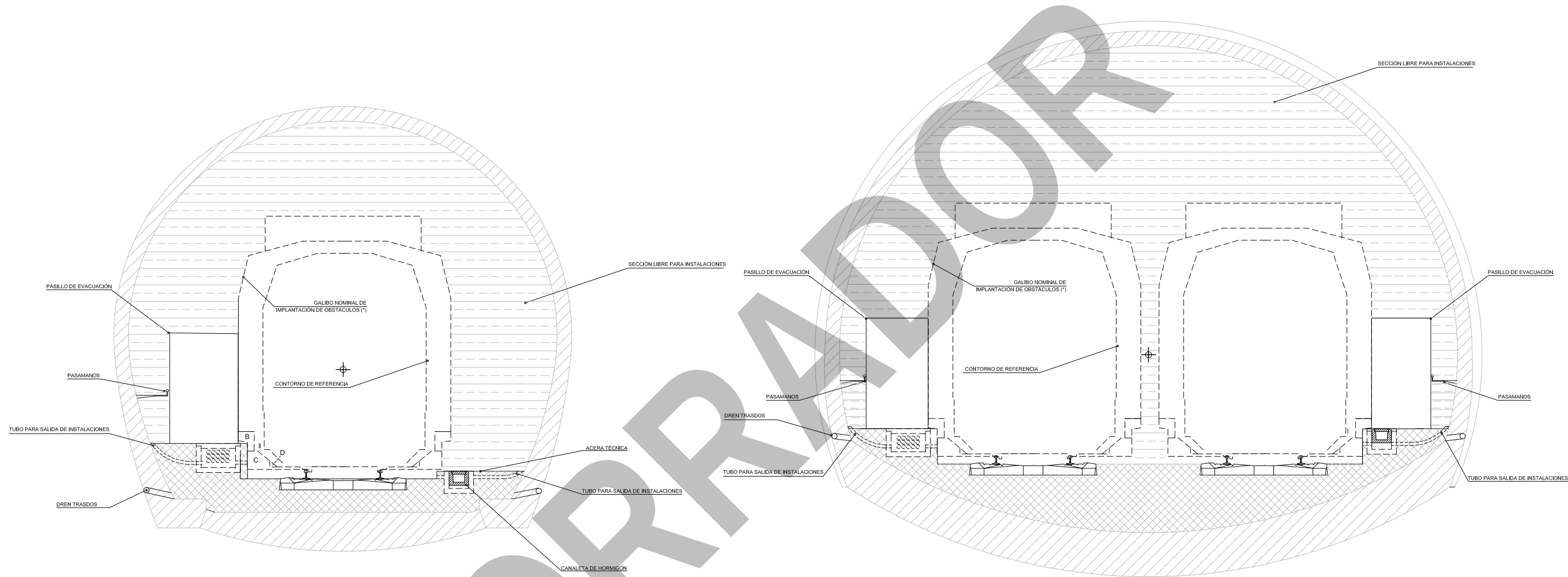


SECCIÓN TIPO
ENTRE PANTALLAS



(*) L

SECCIÓN TIPO
FALSO TÚNEL



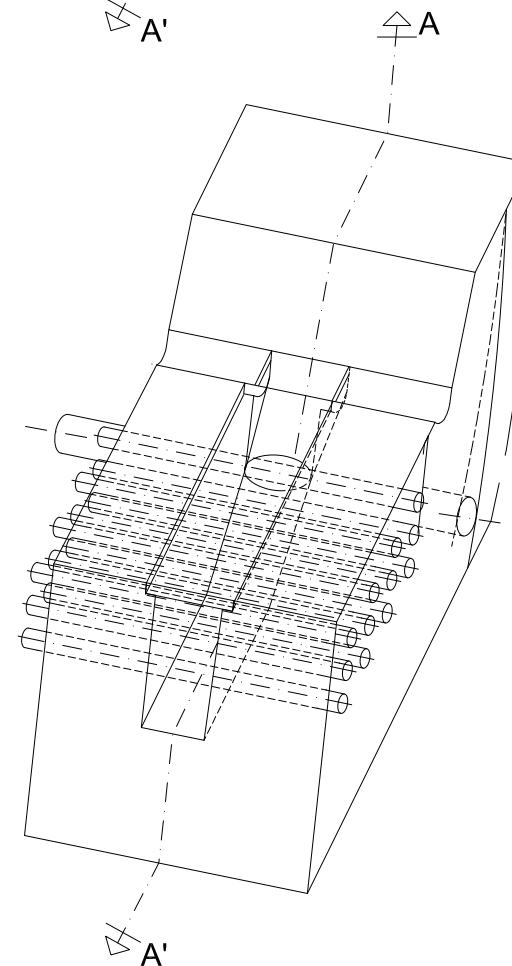
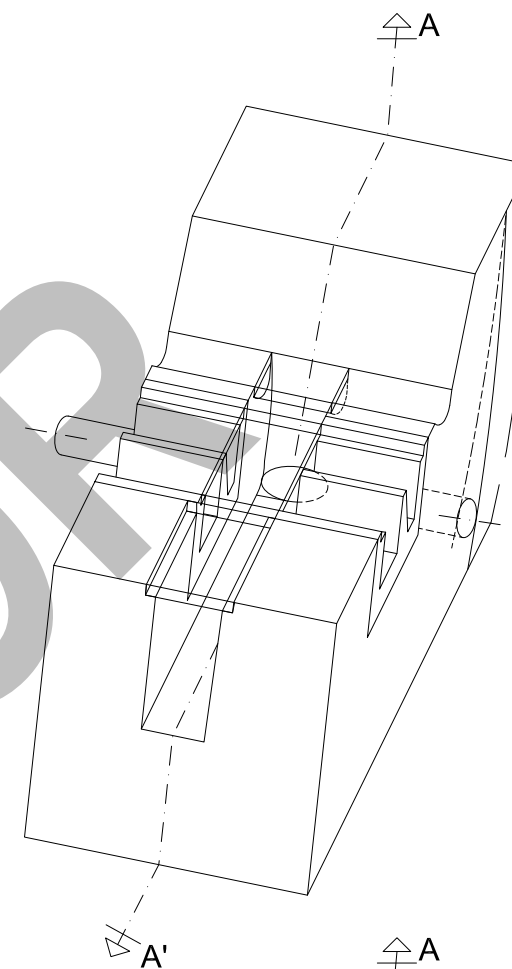
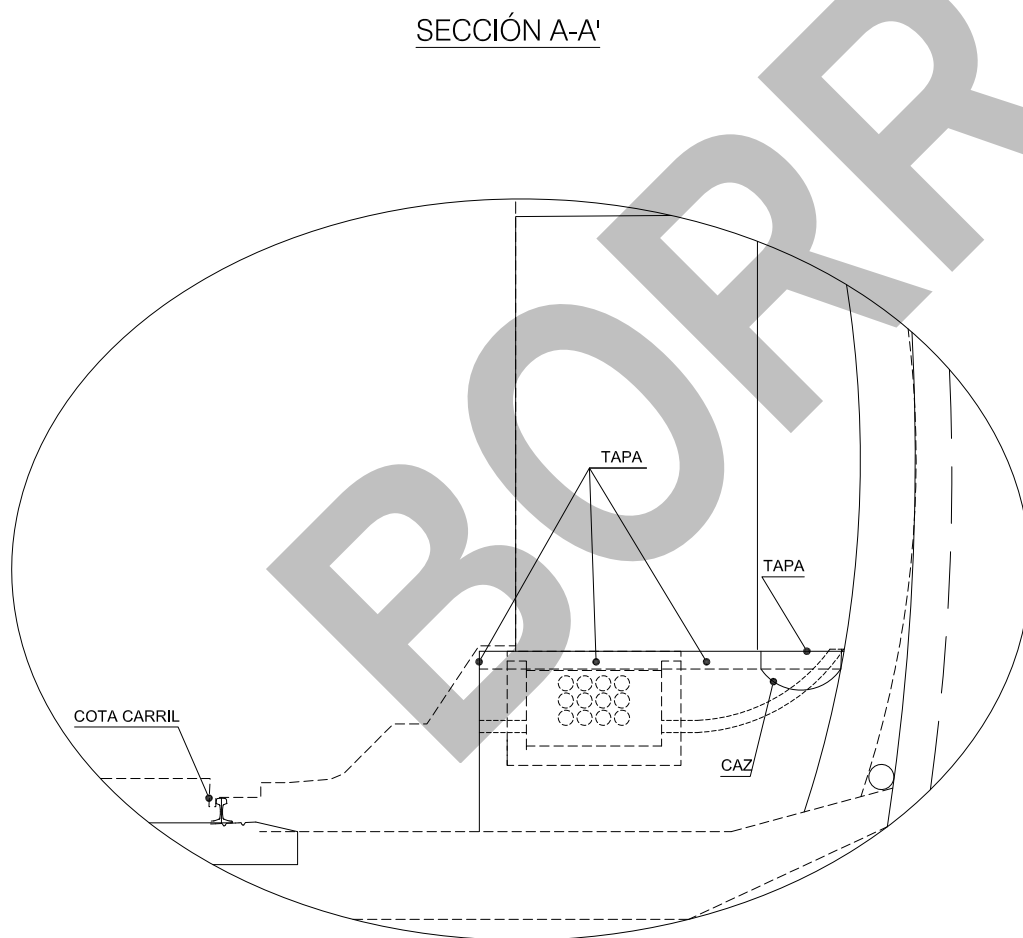
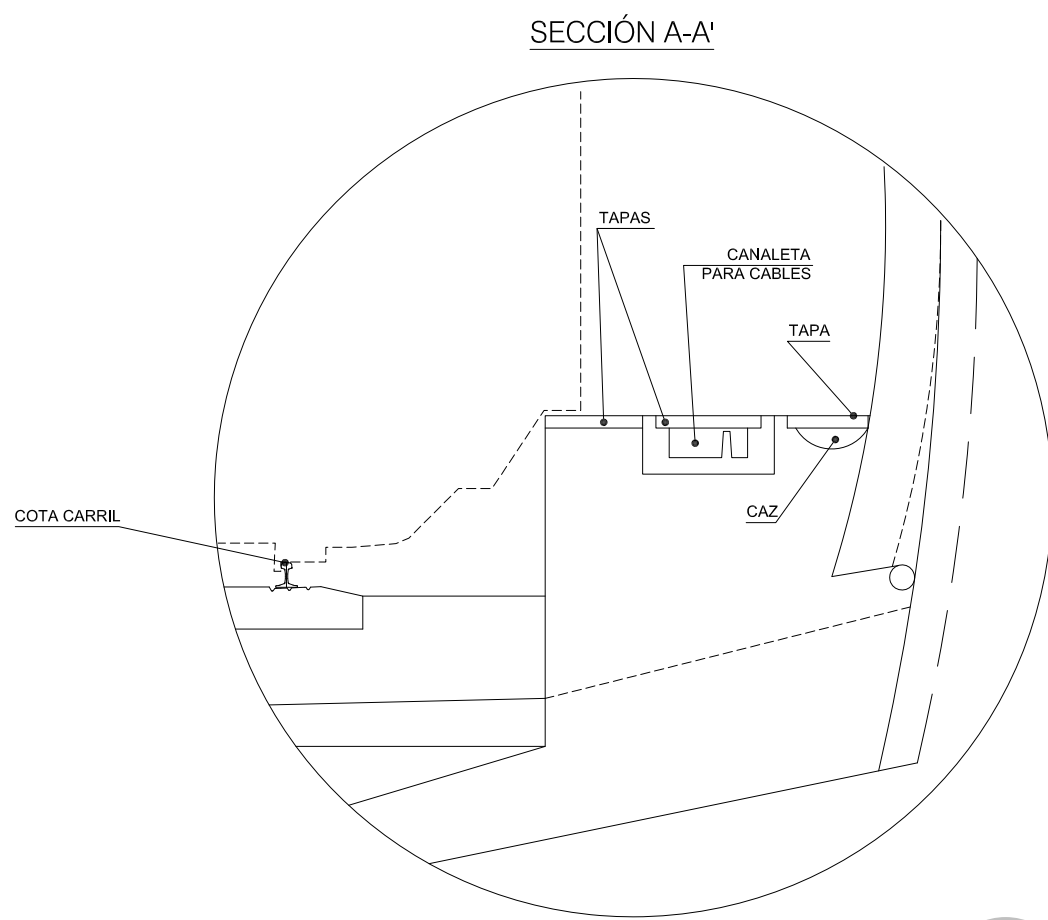
SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA VÍA ÚNICA

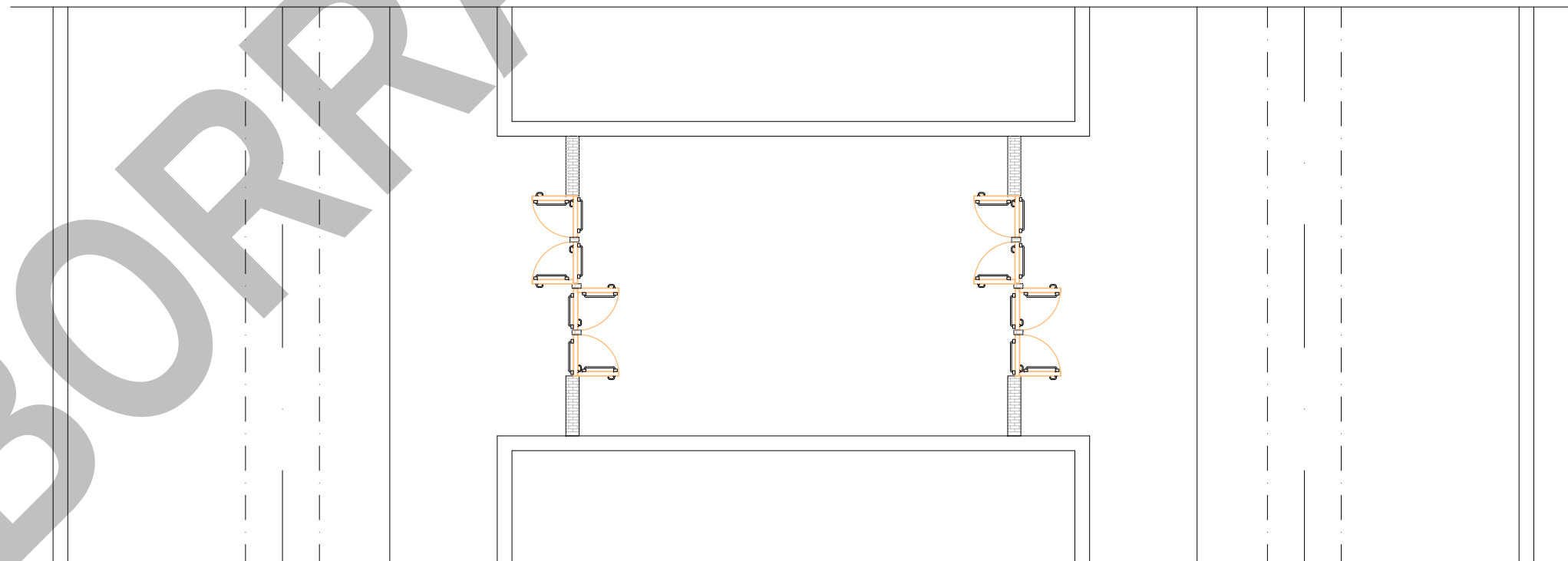
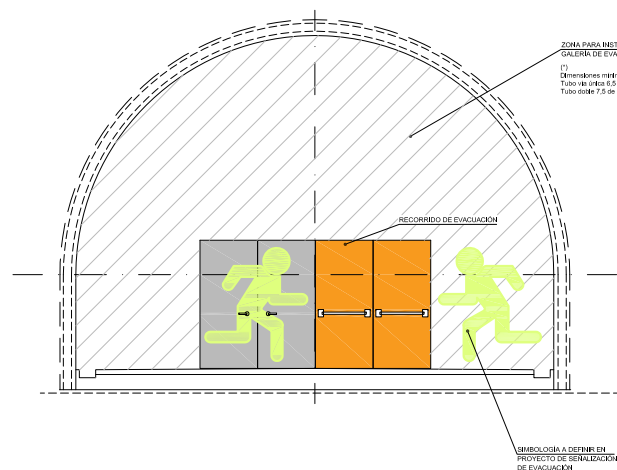
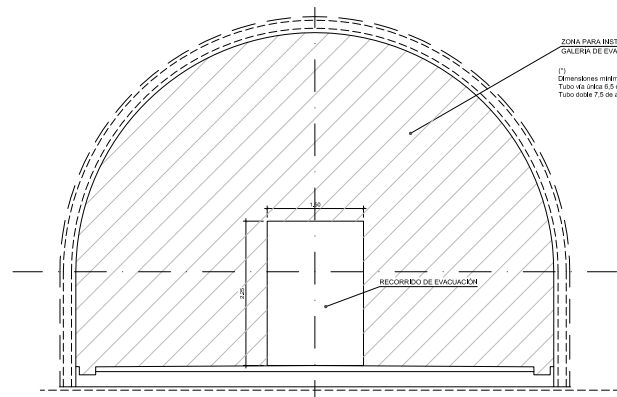
SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA VÍA DOBLE

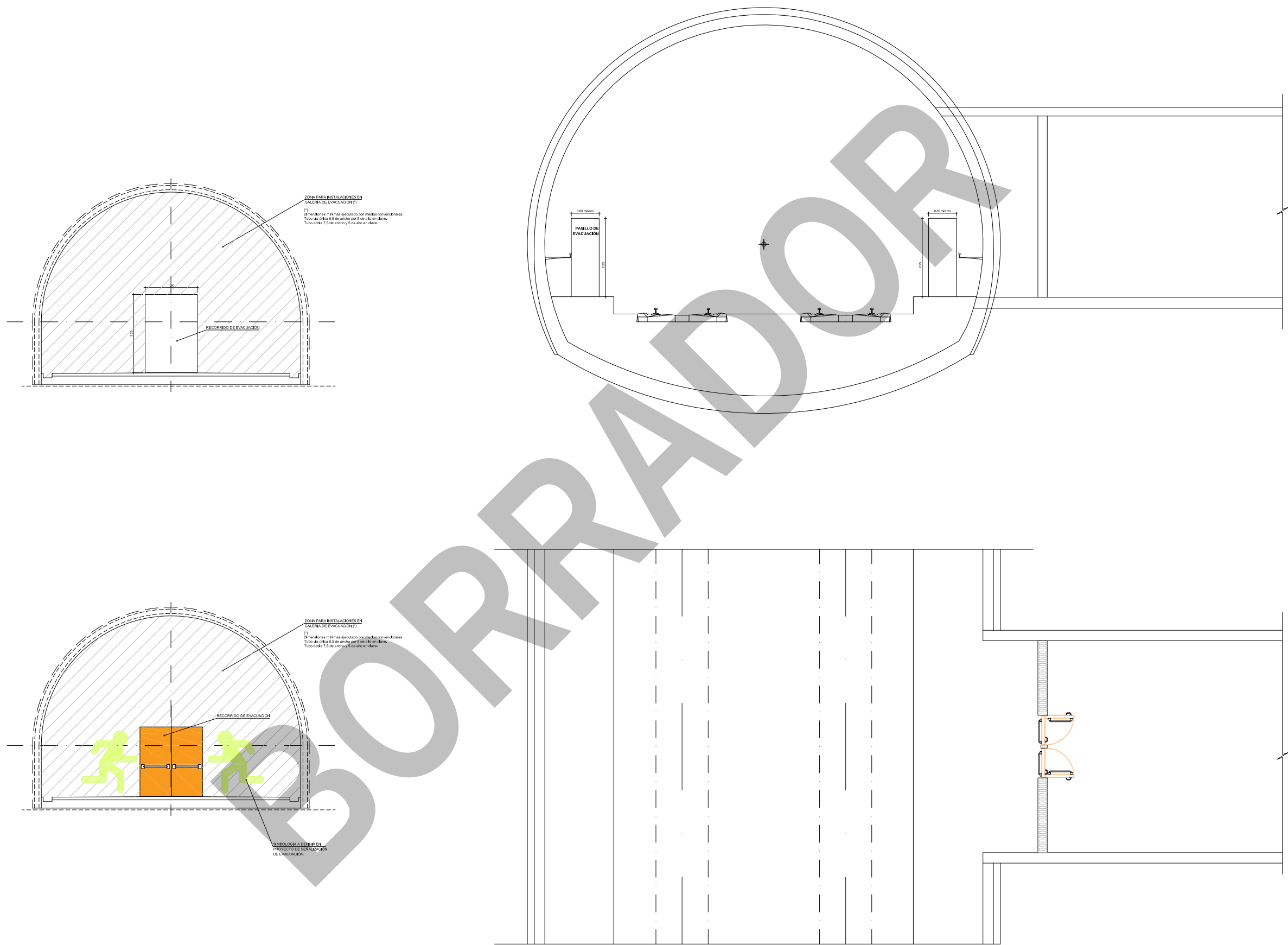
NOTA:

- El drenaje será diseñado según las necesidades de cada proyecto.
- El pasillo de evacuación mínimo es de 0,80 m x 2,25 m según la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios.
- Los elementos colocados en la parte inferior de la sección (drenaje, prismas de cableado, cruces de vía,...) deben ser posicionados intentando la optimización de la superficie ocupada por hormigón sobre la contrabóveda/losa.
- El projectista deberá velar por el cumplimiento de cada uno de los subsistemas y evitar las posibles interferencias entre los mismos, así como que todos los elementos necesarios sean tenidos en cuenta para el cálculo de la sección.

(*) Los pasillos de evacuación se realizará conforme señala la Instrucción Ferroviaria de Gálibos. Se utilizará el gálibo nominal salvo en situaciones excepcionales que podría usarse el gálibo límite

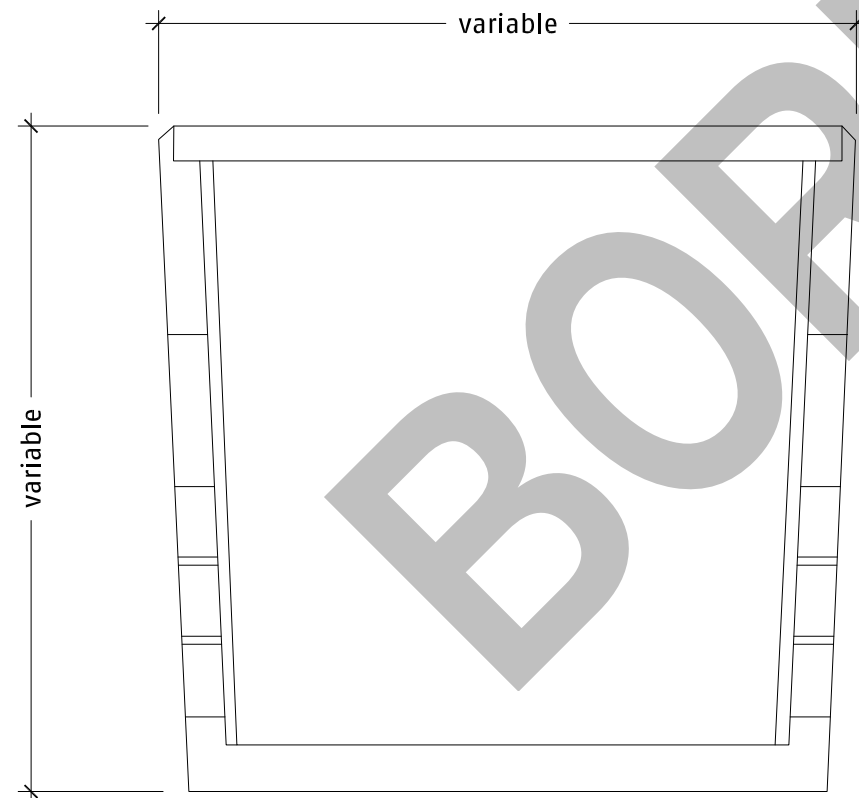
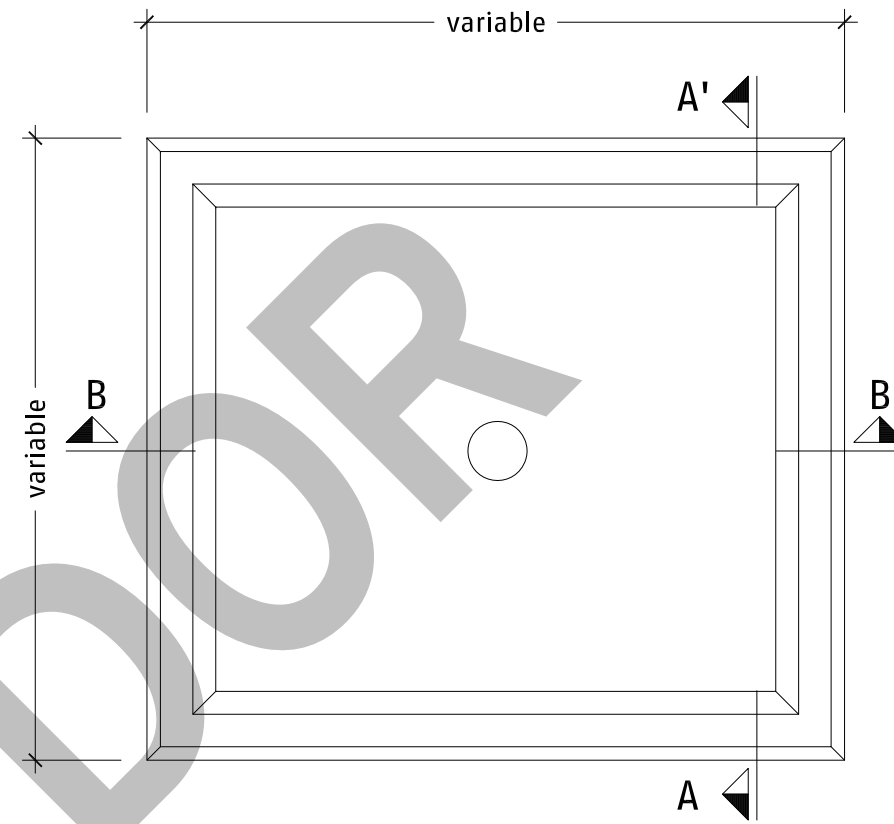
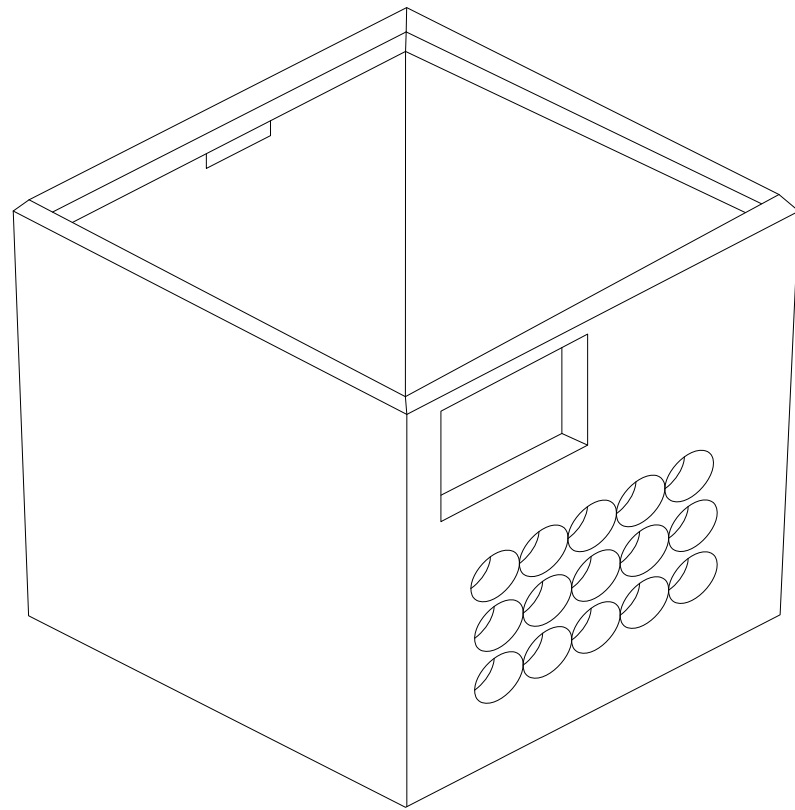




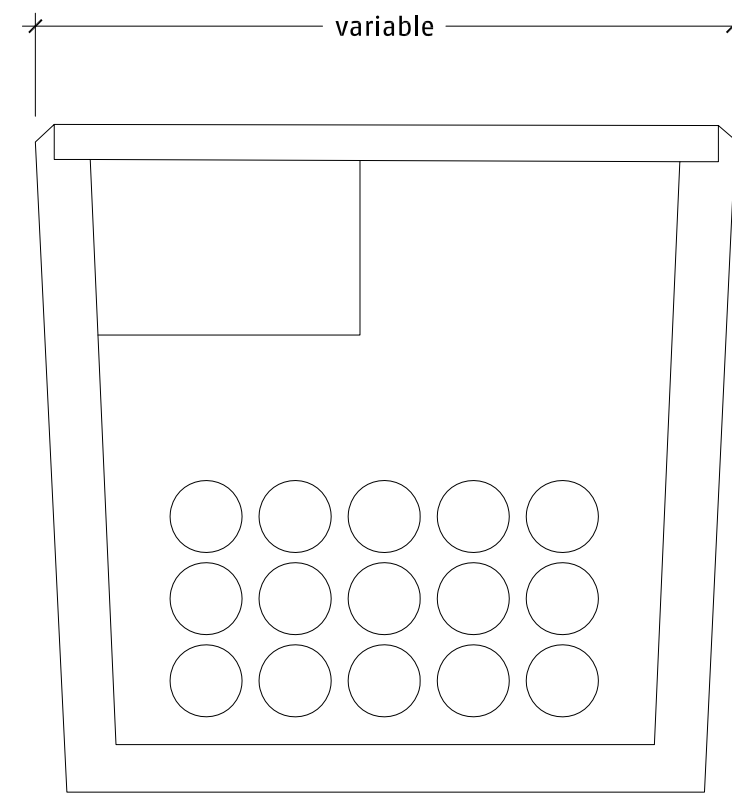


II. Anejo 2. DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLES

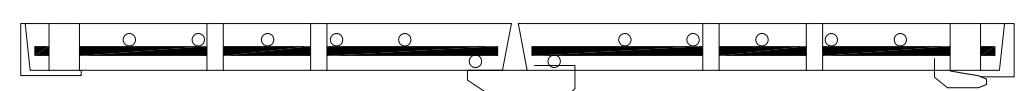
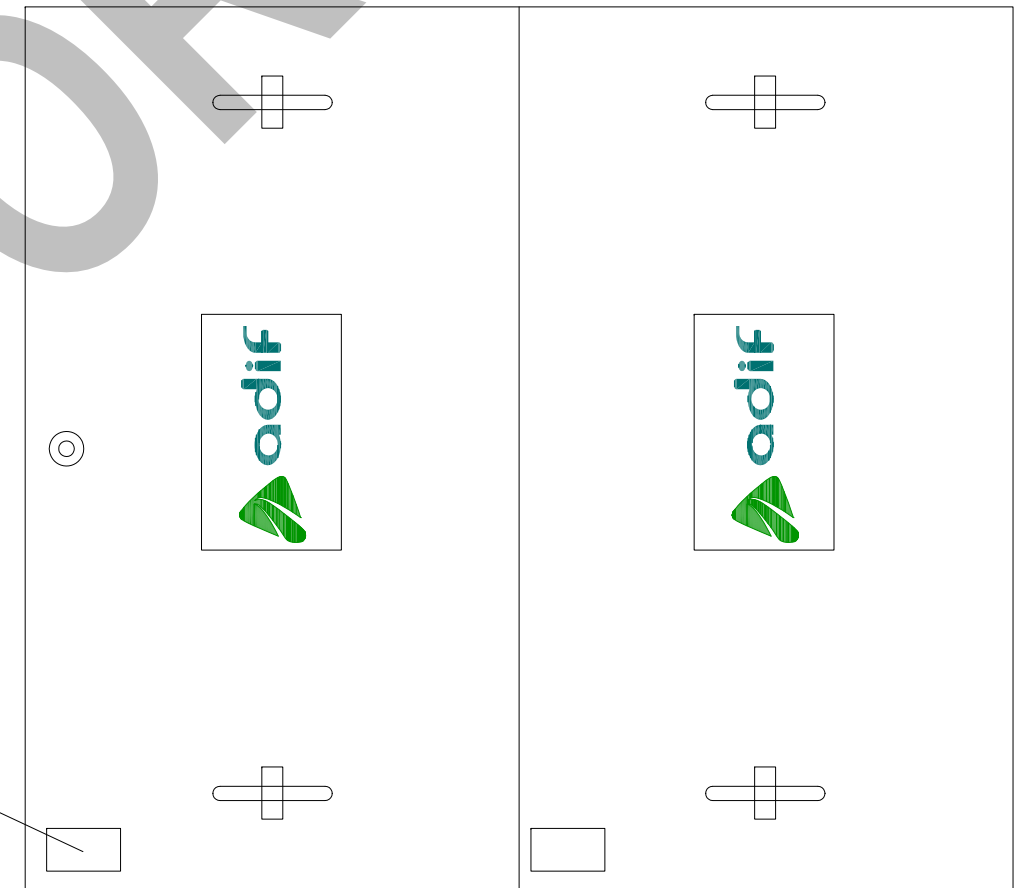
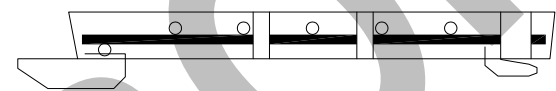
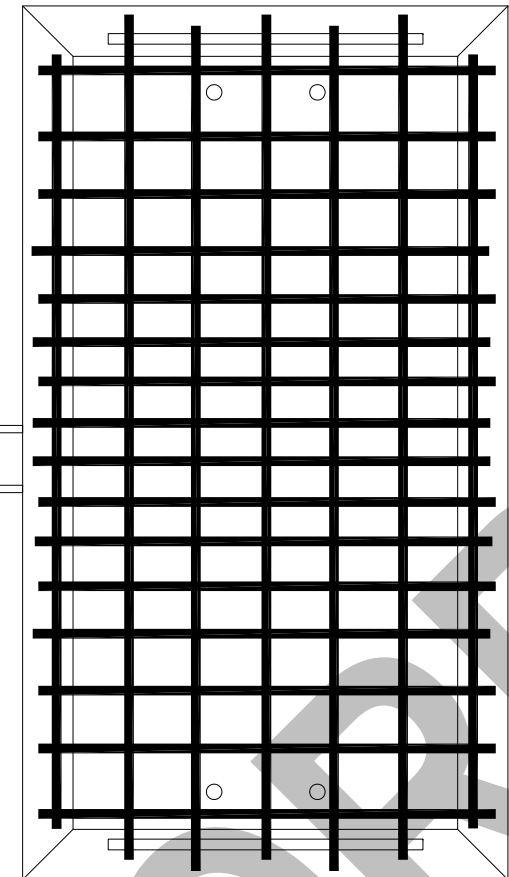
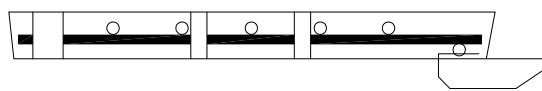
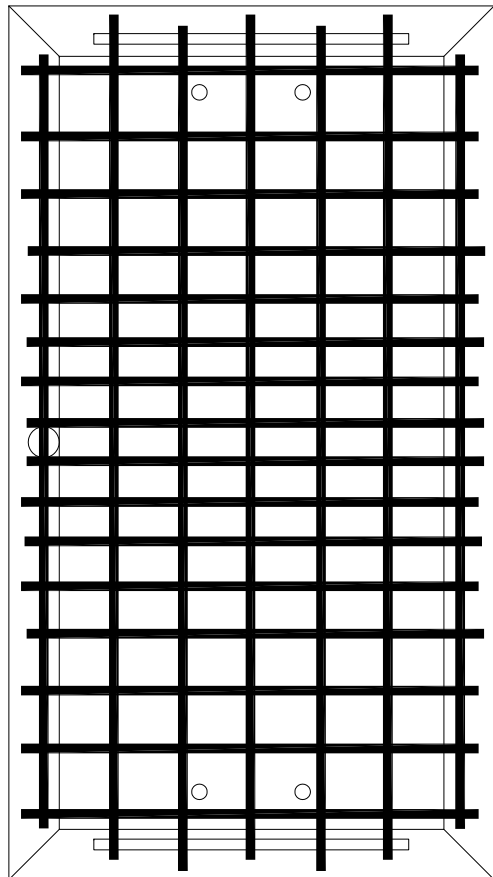
BORRADOR



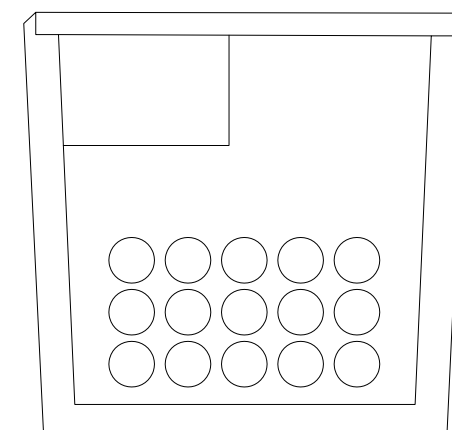
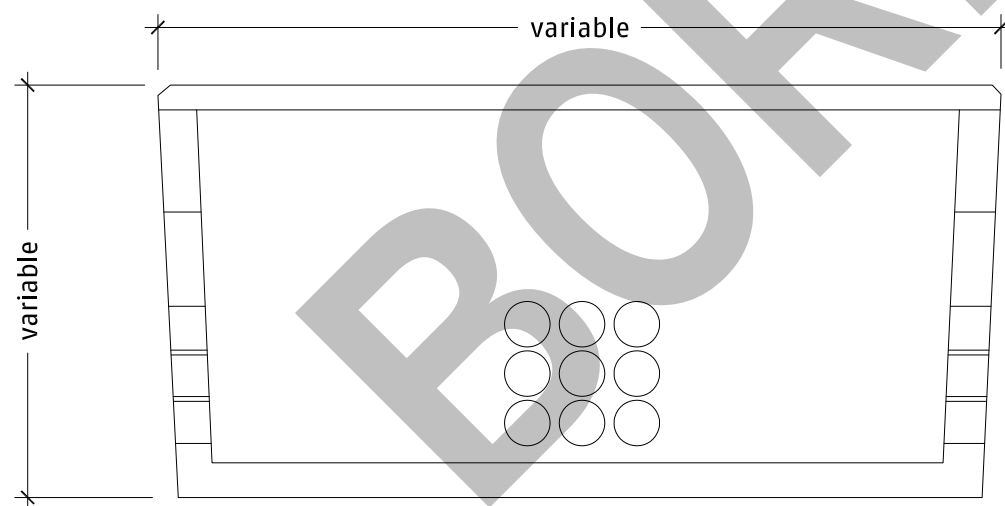
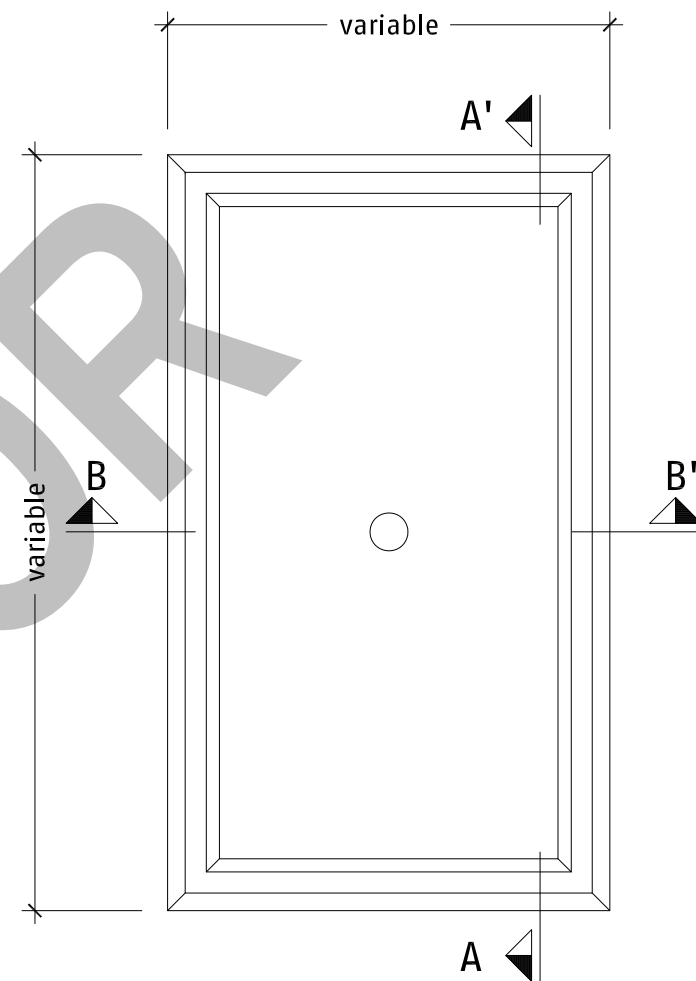
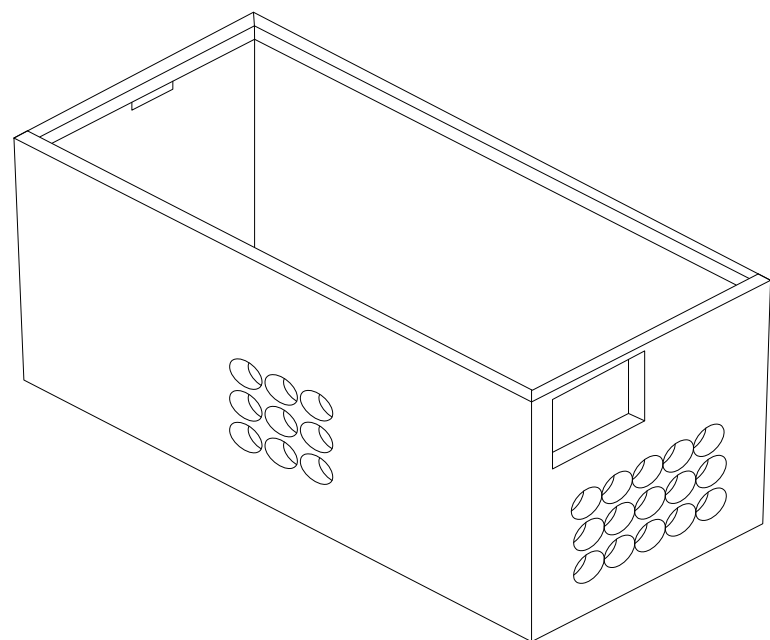
SECCIÓN A-A'



SECCIÓN B-B'

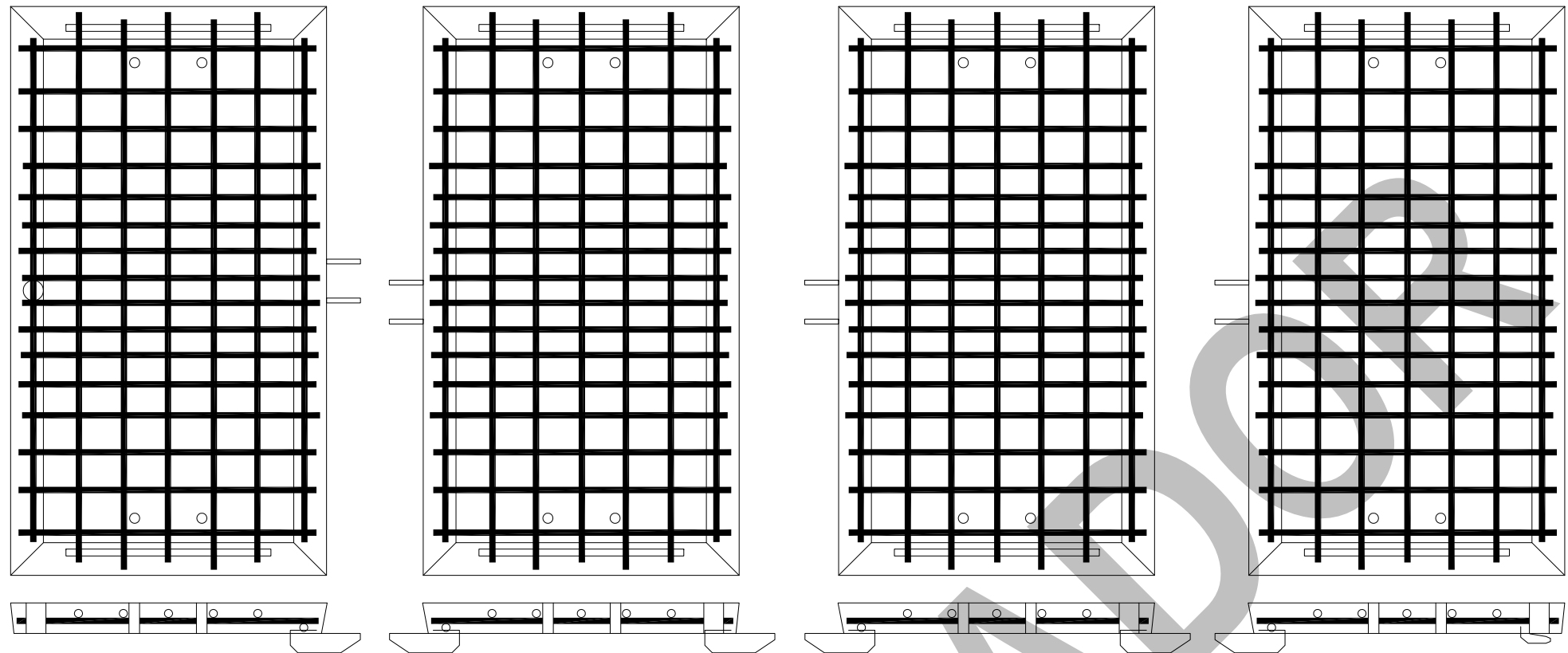


LOGOTIPO DEL FABRICANTE

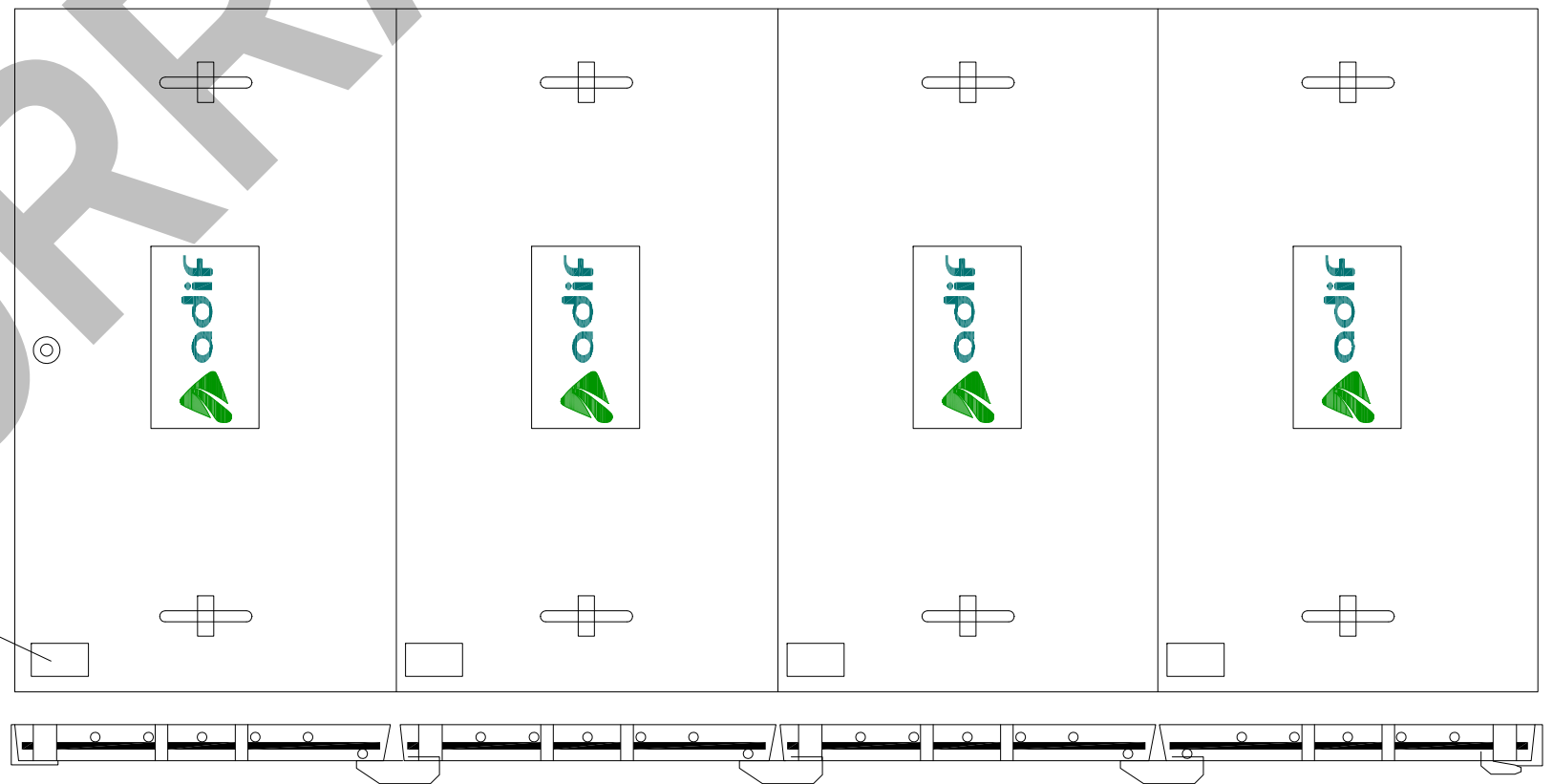


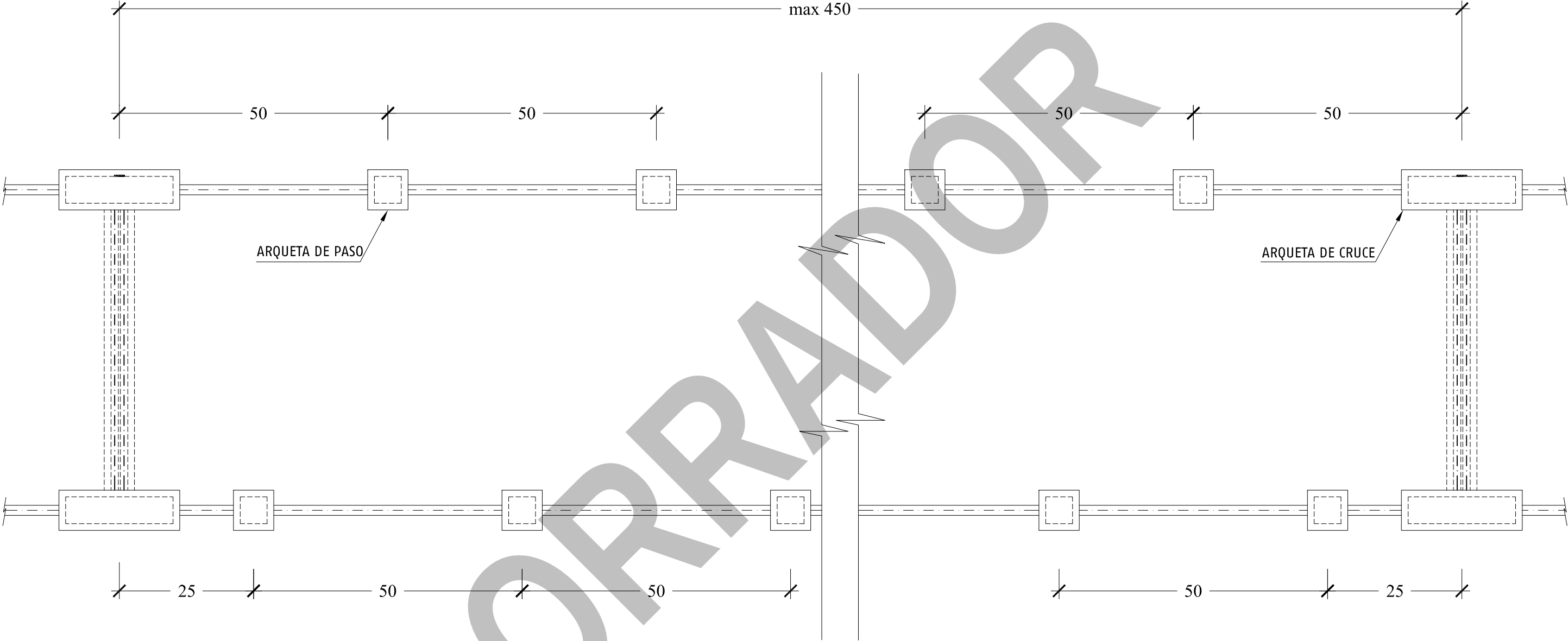
SECCIÓN A-A'

SECCIÓN B-B'



LOGOTIPO DEL FABRICANTE

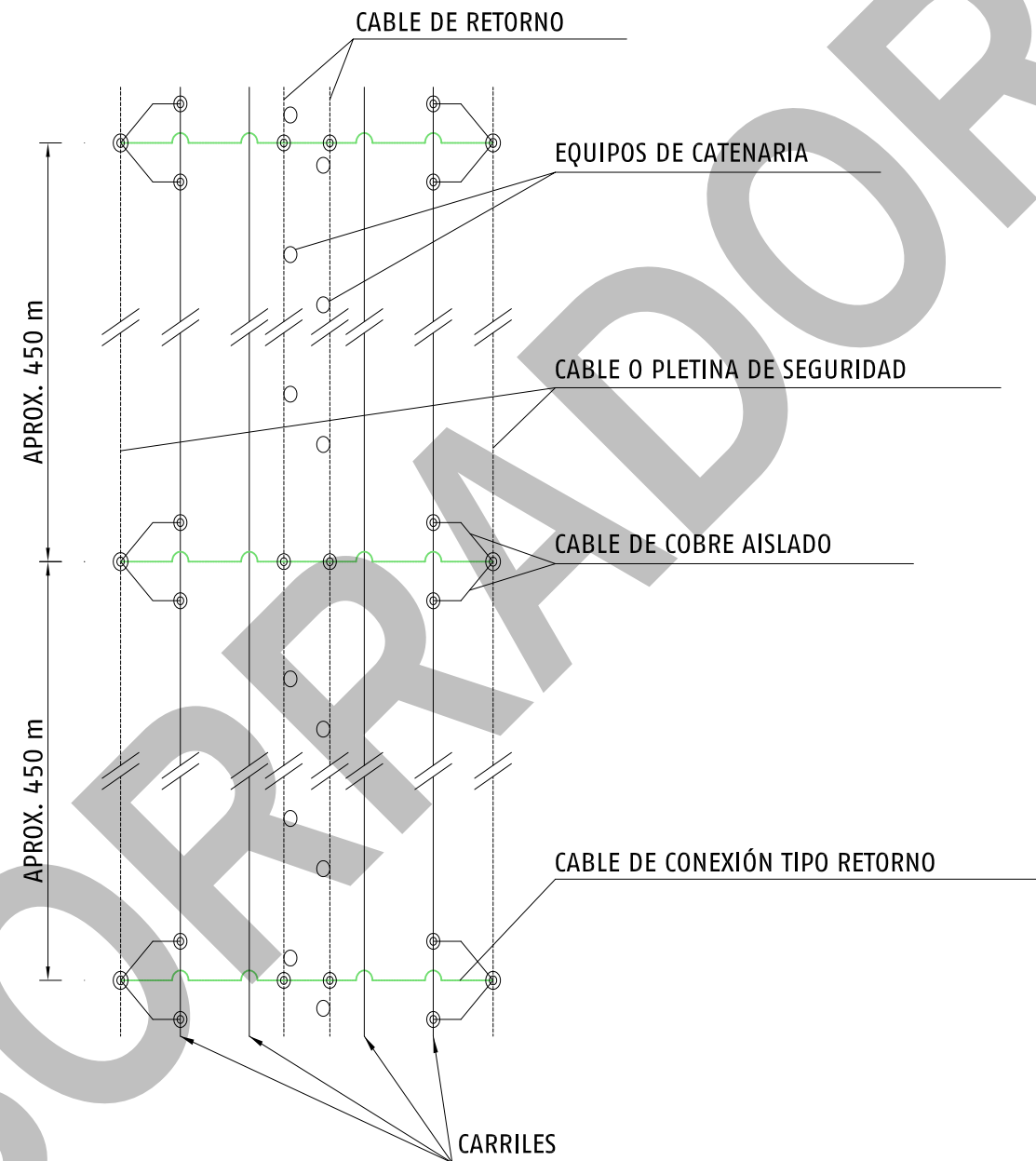




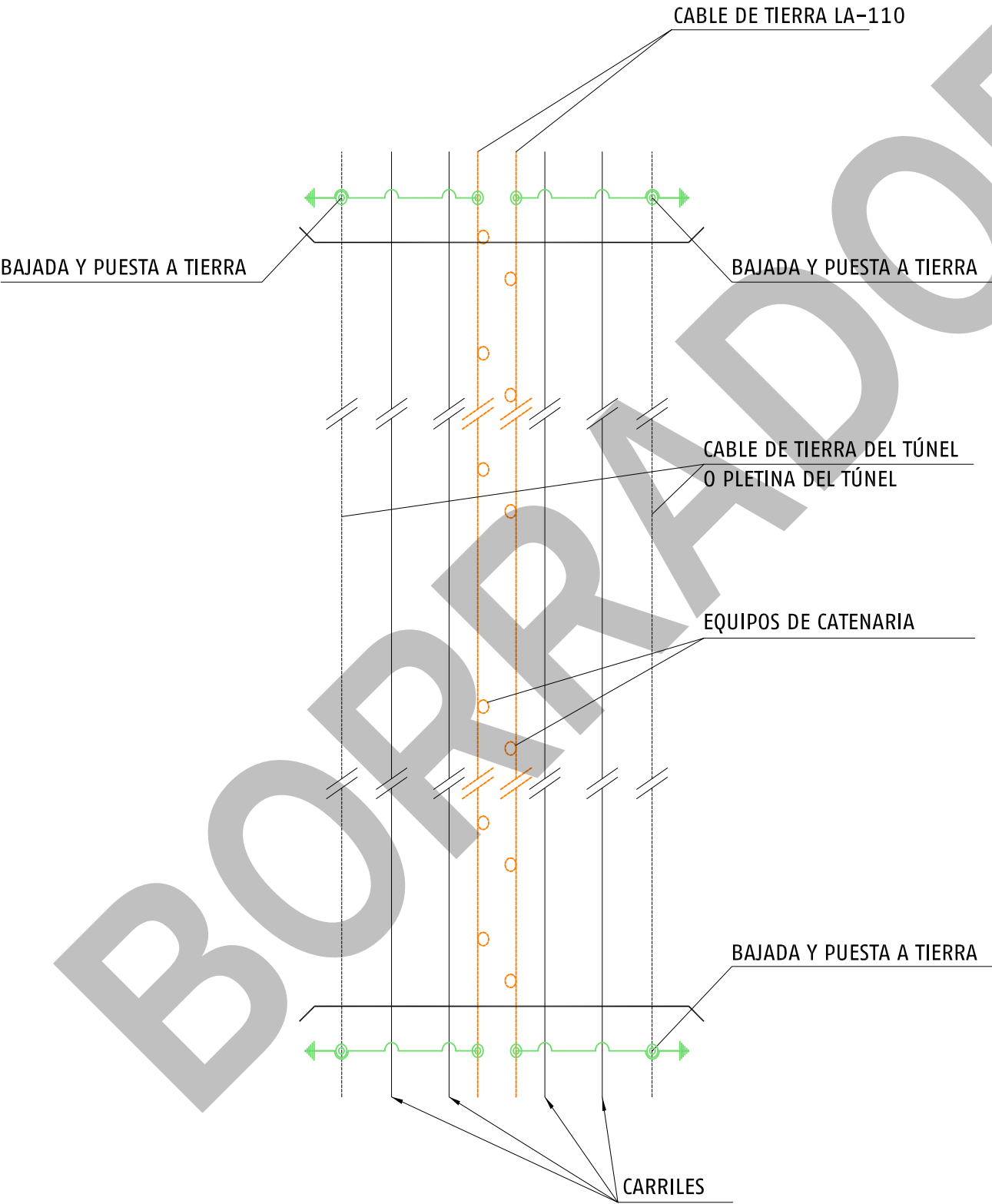
III. Anejo 3. ESQUEMAS DE PUESTAS A TIERRA

BORRADOR

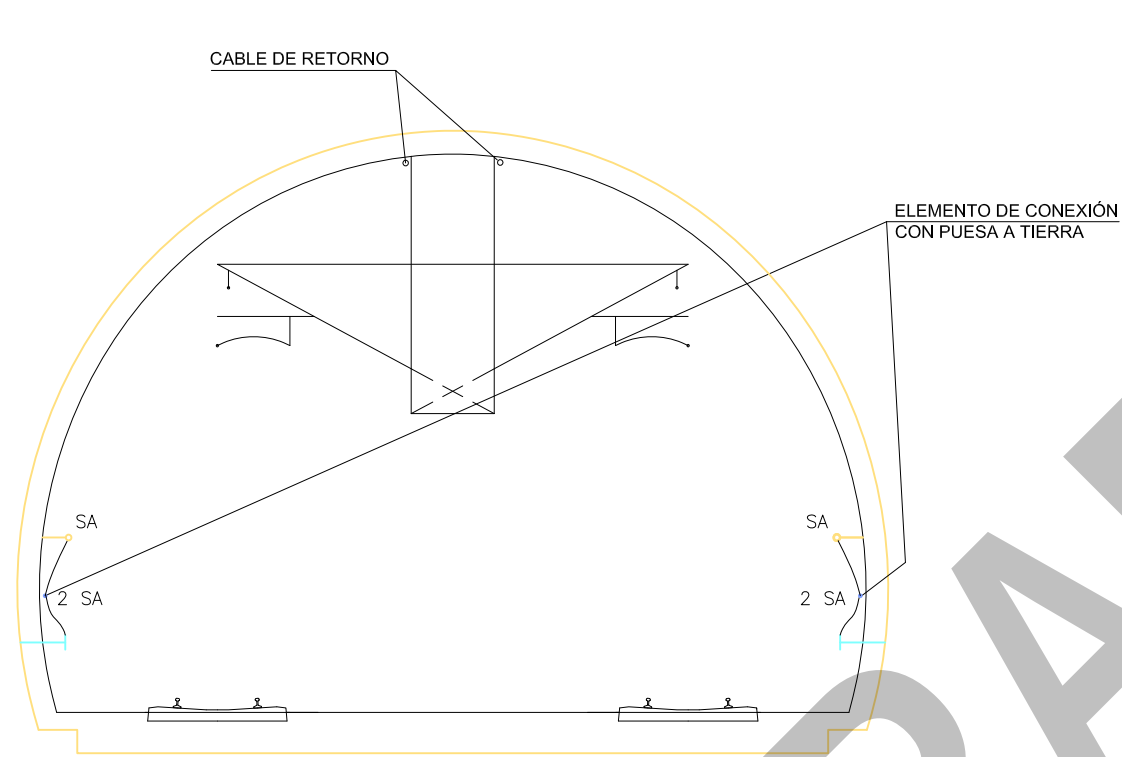
PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS DE CATENARIA EN
TÚNELES DE FERROCARRIL
CATENARIA 25 KV, CA



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS DE CATENARIA EN
TÚNELES DE FERROCARRIL
CATENARIA 3,3 KV y 1,5 KV, CC



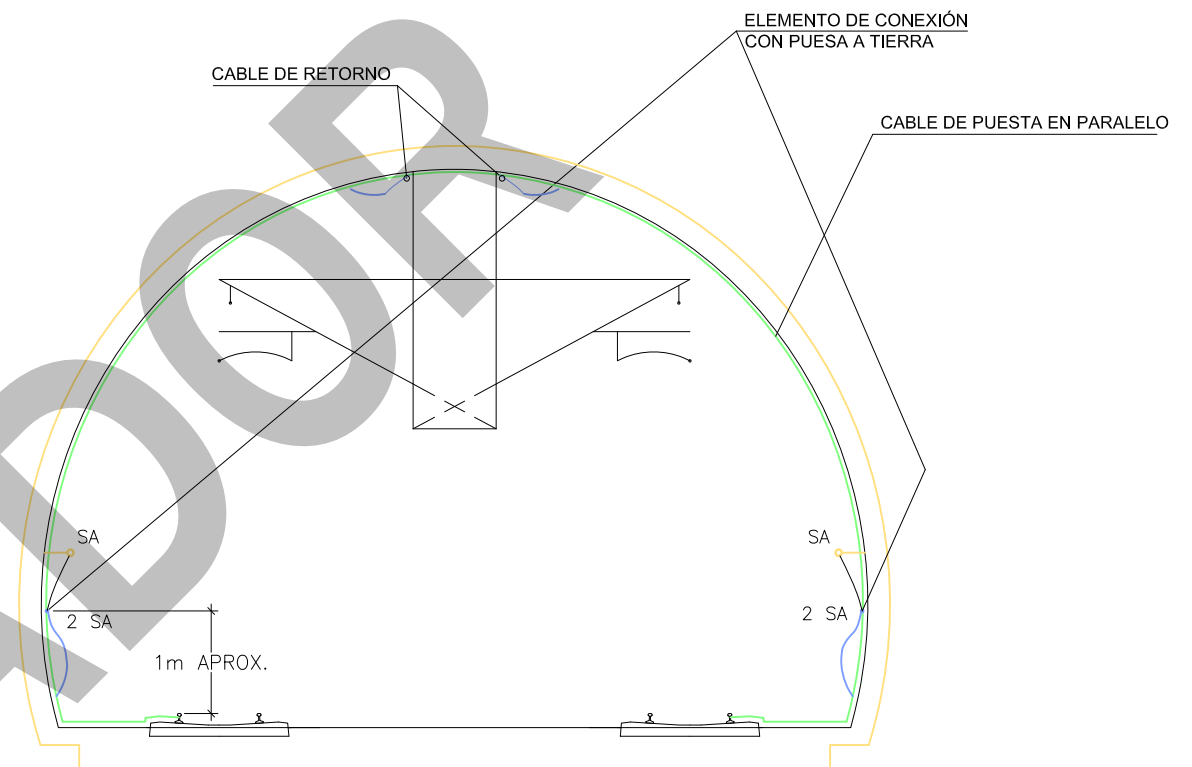
NOTA:
La puesta a tierra de equipos de catenaria se realizará según NAE correspondiente



- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- TERMINALES A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
- CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
- SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

PUESTA A TIERRA DE ARMADURAS CONTINUAS Y ELEMENTOS METÁLICOS EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CA)

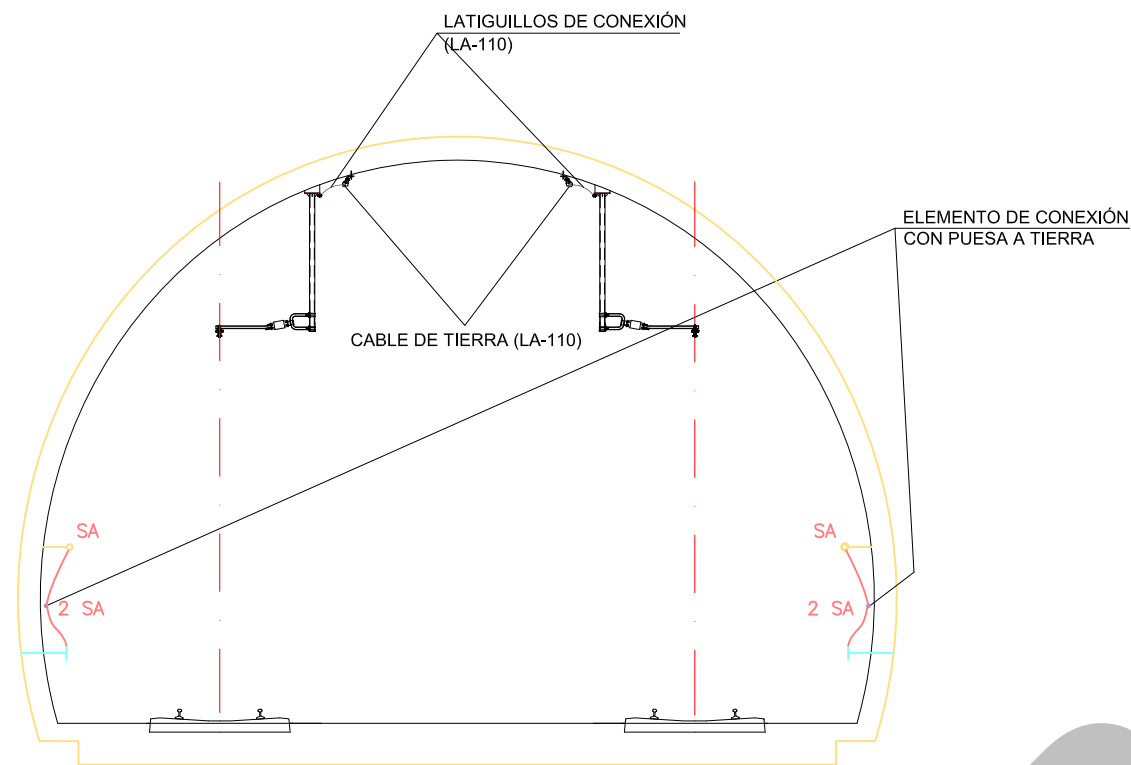
MONTAJE CADA 50 m



- NOTA: ENTRADA, SALIDA Y CADA 450m PARA LONGITUDES MAYORES
- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE DE PUESTA EN PARALELO A MONTAR EN FASE DE MONTAJE DE ELECTRIFICACIÓN CADA 450m aprox.
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE MONTAJE DE CATENARIA.
 - CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
 - SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

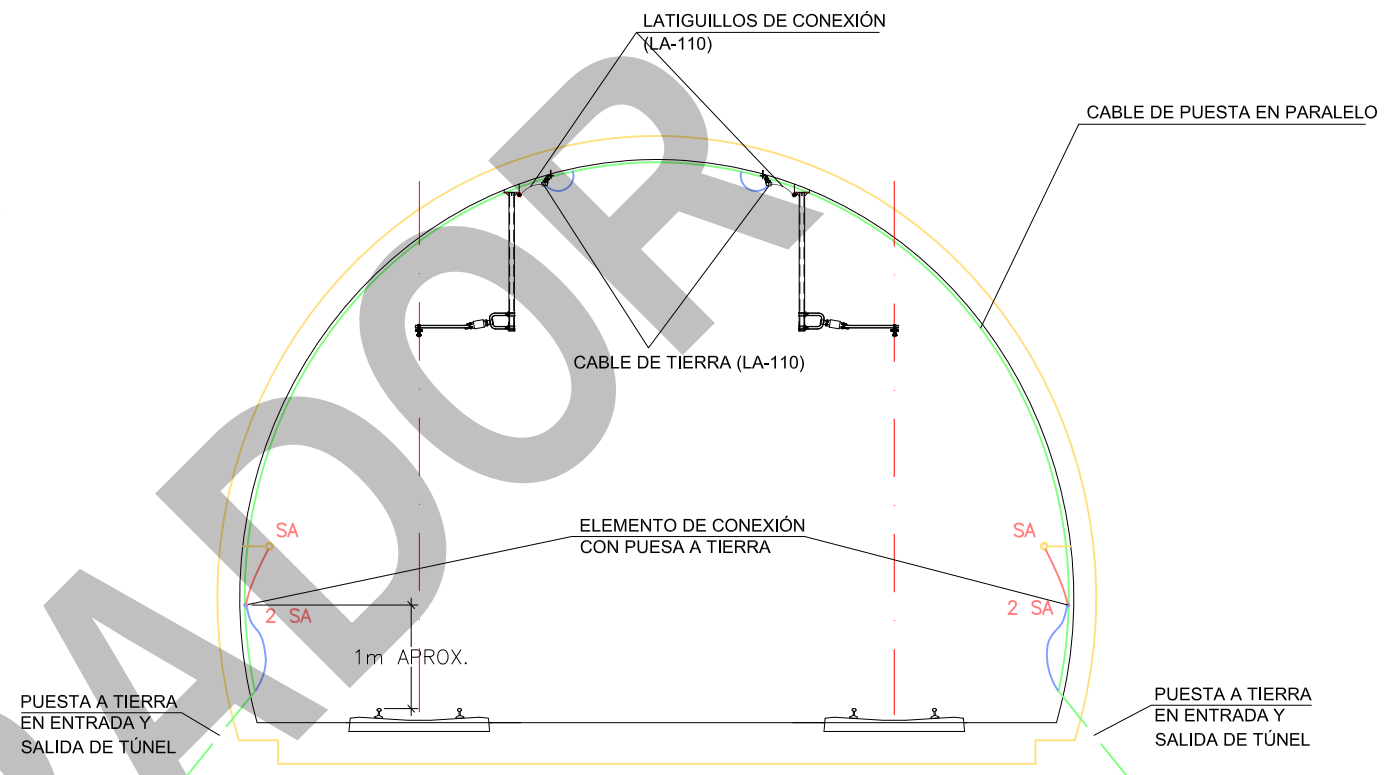
PUESTA A TIERRA DE CATENARIA EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CA)

MONTAJE CADA 450 m



- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- TERMINALES A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
- CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
- SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

PUESTA A TIERRA DE ARMADURAS CONTINUAS Y ELEMENTOS METÁLICOS EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CC)
MONTAJE SIEMPRE QUE HAYA DISCONTINUIDAD



- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE DE PUESTA EN PARALELO A MONTAR EN FASE DE MONTAJE DE ELECTRIFICACIÓN CADA 450m aprox.
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE MONTAJE DE CATENARIA.
- CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
- SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

PUESTA A TIERRA DE CATENARIA EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CC)

