

Comentarios a la Directiva 2004/56/CE sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras



Sandro Rocci y Manuel G. Romana,
Departamento de Ingeniería Civil-Transportes. ETS de Ingenieros de Caminos,
Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

En este artículo se resume y comenta el contenido de la recientemente promulgada Directiva de la Unión Europea relativa a los requisitos mínimos de seguridad exigibles a los túneles de la Red transeuropea de carreteras. Esta Directiva va a ser transpuesta a la normativa nacional. Se analiza el esquema administrativo, las medidas técnicas y

los documentos necesarios.

Palabras clave: seguridad, túneles.

1. Introducción

La Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo nº 2004/54/CE ha sido aprobada el 29 de abril de 2004, y entró en vigor el día 30. Su redacción definitiva, tras una corrección de errores, se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) del 7 de junio de 2004.

El contenido de la Directiva abarca tres ámbitos:

■ Unos requisitos administrativos y, en concreto, una estructura admi-

nistrativa relacionada con la seguridad en los túneles.

■ Unas prescripciones de índole técnica específicamente relacionada con dicha seguridad.

■ El planteamiento de un análisis de riesgo en los casos en los que no se cumplan las anteriores prescripciones, o para situaciones especiales.

En lo que sigue, los autores de este artículo analizamos el contenido de la Directiva, sin pretender con ello tener autoridad para su interpretación, la cual será realizada sin duda por las Administraciones en la trasposición de la Directiva. Si nos anima la apertura de una reflexión y el debate por es-

crita, de manera que al final del mismo se cuente con un estado de información por parte de los diferentes expertos que actúan en los estudios y en la gestión de la seguridad en los túneles, que contribuya a uniformar el tratamiento de la seguridad en ellos.

También nos parece preciso difundir el contenido de la Directiva: ya que podría afectar, en su transposición o en la práctica, a muchos otros túneles y pasos subterráneos (por presiones públicas, por alarma social, por la aplicación de la jurisprudencia, o por gestiones de diversas organizaciones y medios de comunicación).

2. El objeto y el ámbito de aplicación de la Directiva

La Directiva tiene como objeto declarado **"...garantizar un nivel mínimo de seguridad a los usuarios...[de] los túneles de la red transeuropea de carreteras, mediante la prevención de situaciones críticas que puedan poner en peligro la vida humana, el medio ambiente y las infraestructuras de los túneles, y mediante la protección en caso de accidente..."**.

La Directiva aprobada se refiere a todos los túneles de más de 500 m de longitud que estén en la Red Transeuropea de Carreteras (Trans-European Road Network, TERN), incluyendo a los que están en esta fecha de aprobación tanto en construcción como en proyecto. En cuanto a otros túneles, se afirma que se debe alentar a los Estados miembros a que consigan unos niveles de seguridad comparables en los túneles de carretera situados en su territorio, pero que no forman parte de la TERN.

La Directiva establece en sus considerandos que **"...con objeto de garantizar que los requisitos de la presente Directiva sean debidamente aplicados por los gestores de los túneles, los Estados miembros deben presentar a la Comisión un informe sobre las medidas que**

piensan adoptar para cumplir los requisitos de la presente Directiva, con el fin de sincronizar las obras a escala comunitaria y poder, de este modo, reducir las perturbaciones del tráfico...".

"...Cuando los requisitos de la presente Directiva exijan la construcción de un segundo tubo en un túnel en la fase de proyecto o de construcción, el segundo tubo que deba construirse deberá ser considerado como un nuevo túnel...".

Lo especificado en cuanto a equipamiento y a información se aplica también a los nuevos procesos de planificación, incluido el examen de los permisos de planificación para todas las medidas conexas.

Es posible que la transposición de la Directiva a la legislación española, la cual debe tener lugar no más tarde del 1 de marzo de 2006, extienda su aplicabilidad a otros ámbitos distintos de la TERN. Por lo tanto, parece prudente tener muy en cuenta las prescripciones técnicas de la Directiva también para otras actuaciones, aunque no les resulten obligatorias. También es posible, aunque no parece probable, que en la citada transposición se introduzcan unas prescripciones más estrictas que la Directiva.

3. El sistema de seguridad de un túnel viario

De acuerdo con los datos disponibles, puede decirse que los túneles son relativamente seguros. De hecho, los accidentes de la circulación son menos frecuentes en los túneles que en las vías al aire libre. Debido a su potencial gravedad, al producirse en entornos confinados, la Directiva aborda el problema de los accidentes en los túneles de carretera desde un punto de vista sistemático abarcando:

■ El trazado y el diseño de los túneles, en especial su iluminación y el acabado de sus superficies vistas.

■ El equipamiento de seguridad, y en especial la señalización.

■ La gestión de la circulación.

■ La gestión de los incidentes y accidentes.

■ Los servicios de emergencia y su entrenamiento.

■ El comportamiento de los usuarios, y la información que se les proporciona (comunicaciones).

Entre los considerandos, cabe destacar los siguientes:

■ En primer lugar, la Directiva reconoce que **"...la Comunidad Europea tiene la responsabilidad de garantizar, en la red transeuropea de carreteras, un nivel de seguridad, de servicio y de comodidad elevado, uniforme y constante..."**.

■ También afirma que **"... los túneles largos (de longitud superior a 500 m) son estructuras importantes que facilitan la comunicación entre grandes zonas de Europa y desempeñan un papel decisivo en el funcionamiento y el desarrollo de las economías regionales..."**.

■ Además, **"... algunos de los túneles que hay en Europa entraron en servicio hace mucho tiempo... Hay, pues, discrepancias en los niveles de seguridad, los cuales deben ser reforzados..."**.

Este enfoque sistemático busca lograr los siguientes objetivos:

1.- En el caso de un accidente (especialmente de un incendio que genere una gran cantidad de humo negro que impida la visibilidad), los usuarios deben ser capaces de llegar por sí solos a un lugar seguro (autotrescate). Hay que prestar una especial atención a la seguridad de las personas discapacitadas, ya que estas personas tienen mayores dificultades para ponerse a salvo en caso de emergencia.

2. Hay que permitir (y fomentar) que los usuarios actúen para evitar que un incidente desemboque en una situación más seria. Por ejemplo, debe haber extintores a su alcance, y su empleo debe ser sencillo y evidente.

3. Hay que asegurar que los servicios de emergencia puedan actuar con eficacia.

4. Hay que proteger al medio ambiente, y limitar los daños materiales,

en especial, a la estructura resistente del túnel.

5. Es preciso que el nivel de la conservación sea muy elevado.

6. Hay que intercambiar información acerca de los incidentes y accidentes del pasado. Así, por ejemplo, una de las causas principales del accidente en el Mont Blanc fue el recalentamiento del motor del equipo de refrigeración de un camión: se han instalado detectores de calor antes de la boca del túnel, para evitar que penetren en él vehículos en esas condiciones.

7. Se necesita profundizar en el análisis del riesgo como herramienta de diseño y como criterio y guía de actuación.

La implantación de estos nuevos sistemas debe comenzar ya en el proyecto de los túneles nuevos; pero en los existentes no debe significar una carga excesiva en los presupuestos, ni la creación de cuellos de botella y de grandes retenciones en la red. Por ello, se debe considerar un calendario *"...flexible y progresivo..."* para la construcción de elementos e instalaciones.

La Comisión también considera que *"...en los túneles que ya estén en servicio, o en aquellos cuyo proyecto se haya aprobado, pero que se hayan abierto al público en los 24 meses posteriores a la entrada en vigor de la presente Directiva, debe permitirse a los Estados miembros que acepten la adopción de medidas de reducción del riesgo como alternativa a los requisitos de la Directiva, en los casos en que no sea posible poner en práctica soluciones estructurales con un coste razonable..."*.

4. Análisis del articulado

4.1. Definiciones

En su artículo 2, la Directiva establece que la longitud del túnel se mide por el carril de circulación que tenga una mayor longitud totalmente cubierta.

Además, se considera que los servicios de emergencia son el conjunto



La Directiva aborda el problema de los accidentes en los túneles de carretera desde un punto de vista sistemático abarcando, entre otros, el trazado y el diseño de los túneles, en especial su iluminación y el acabado de sus superficies vistas.

de los existentes en el túnel y en su entorno, ya sean de titularidad pública, privada o mixta: los cuerpos y organizaciones que intervienen en caso de accidente, que incluyen la policía, los bomberos y los equipos de rescate.

4.2. Garantías

La Directiva establece en su artículo 3 que *"... los Estados miembros garantizarán que los túneles situados en su territorio que entren en el ámbito de aplicación de la presente Directiva cumplan los requisitos mínimos de seguridad establecidos en el anexo I..."*.

Cuando algunos de estos requisitos sean inviables por razones técnicas o económicas (aludiendo a su *"... coste desproporcionado..."*), se permite la alternativa de aplicar otras medidas de reducción del riesgo, siempre que *"...den lugar a una protección equivalente o mayor..."*. Estas medidas deben ser eficaces; y su eficacia se debe demostrar con un análisis de riesgos.

En todo caso, *"...los Estados miembros informarán a la Comisión de las medidas de reducción del riesgo aceptadas a modo de alternativa, y presentarán la correspondiente justificación..."*.

4.3. Requisitos administrativos

El organigrama de la figura 1 presenta las relaciones entre los diversos elementos de la organización de la seguridad, partiendo de la Unión Europea. Existen tres personas concretas: la Autoridad administrativa de seguridad en túneles (centralizada), el Gestor del túnel y el Responsable de seguridad, además de otras entidades colectivas o materiales.

4.3.1. La Autoridad administrativa de seguridad en túneles

La Directiva exige la designación de un órgano administrativo específico, con una denominación similar a la epigrafiada, que puede tener un ámbito nacional, regional o local, y que asuma la responsabilidad de garantizar el respeto de todos los aspectos relacionados con la seguridad en los túneles y, en particular, del cumplimiento de la propia Directiva, ya desde la fase de proyecto.

Las competencias de esta Autoridad administrativa de seguridad en túneles son las siguientes:

1.- Autorizar (con o sin restricciones) de los túneles al tráfico, tanto la inicial como después de cualquier cambio en su estructura, modo de

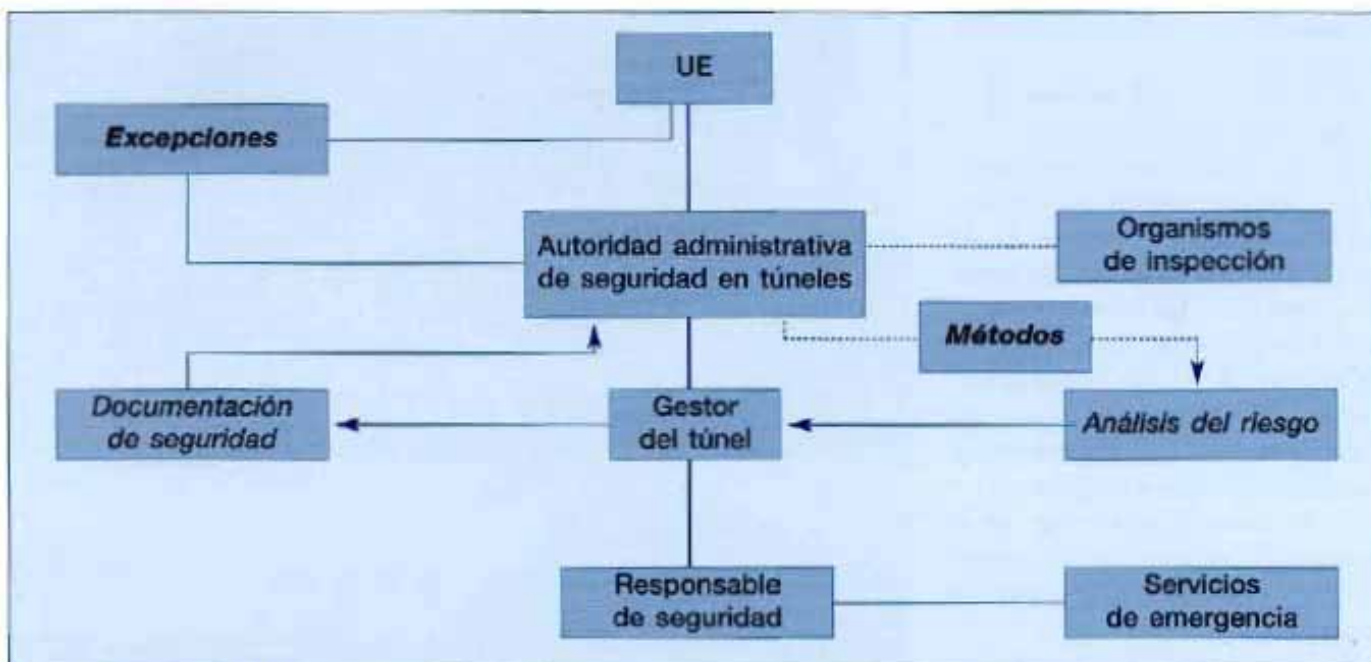


Figura 1. Organigrama de la seguridad en túneles.

funcionamiento o alteración significativa de cualquier elemento de su *documentación de seguridad*.

2.- Suspender o restringir el funcionamiento de un túnel si no cumpliera los requisitos de seguridad, especificando las condiciones necesarias para restablecer el tráfico normal.

3.- Garantizar que se realicen las siguientes tareas:

- Inspección y comprobación de los túneles con regularidad.
- Elaboración de los requisitos de seguridad.
- Establecimiento de planes de organización y de funcionamiento (incluidos los planes de respuesta a emergencias) para formar y equipar los servicios de emergencia.
- Determinación del procedimiento de cierre inmediato del túnel en caso de emergencia.
- Puesta en práctica de medidas (suplementarias) de reducción del riesgo.

La Autoridad administrativa no tiene por qué ser única, y puede estar constituida por un órgano administrativo anterior, el cual sólo tendría que cumplir la Directiva. En todo caso, queda bien claro que cada túnel de la TERN situado en el territorio de un solo Estado miembro será responsabilidad de una sola autoridad administrativa.

Las autoridades administrativas deben estar nombradas el 1 de mayo de 2006, y sus nombres y direcciones han de ser notificados a la Comisión Europea. A partir de esta fecha, cualquier cambio o designación nueva debe ser notificada en un plazo inferior a tres meses.

4.3.2. El Gestor del túnel

La Directiva define también un gestor para cada túnel, responsable de su gestión en la fase en que se halle (proyecto, construcción o explotación). El Gestor es nombrado por la autoridad administrativa, puede ser público o privado, y nada impide que un mismo gestor tenga más de un túnel. Sin embargo, lo que sí queda claro es que cada túnel debe tener un único gestor. Incluso en el caso de túneles que dependan de dos Estados diferentes (único caso en el que pueden existir dos autoridades administrativas). Se garantiza así que la gestión de todo el túnel sea unitaria, algo que falló estrepitosamente en el incendio de Mont Blanc.

Su cometido abarca, además, estos aspectos:

- La elaboración de un *Informe de incidencias* siempre que tenga lugar una incidencia o un accidente significativo. Este Informe debe ser remitido a la Autoridad administrativa de seguridad en túneles en el plazo de un mes.

En el mismo plazo debe remitir a la citada Autoridad administrativa, al responsable de seguridad del túnel y a los servicios de emergencia, cualquier *Informe de investigación* que reciba, en el que se analicen las circunstancias del incidente o accidente, o las conclusiones que se puedan extraer de él.

En el mismo plazo debe remitir a la citada Autoridad administrativa, al responsable de seguridad del túnel y a los servicios de emergencia, cualquier *Informe de investigación* que reciba, en el que se analicen las circunstancias del incidente o accidente, o las conclusiones que se puedan extraer de él.

4.3.3. El Responsable de la seguridad

La Directiva fija que cada uno de los túneles (o varios túneles de una misma región) tenga un *Responsable de la seguridad*, nombrado por el Gestor y aceptado por la Autoridad administrativa. Podrá formar parte de la plantilla del túnel o de los servicios de emergencia; pero deberá ser independiente en los aspectos relacionados con la seguridad del túnel, sin recibir instrucciones de sus superiores en relación con esos aspectos.

El Responsable de la seguridad coordinará, ya desde la fase de proyecto, todas las medidas preventivas y de salvaguardia, a fin de garantizar la seguridad de los usuarios y del personal del túnel. Para ello realizará las siguientes tareas o funciones:

- 1.- Asegurar la coordinación de los servicios de emergencia.
- 2.- Participar en la redacción de

los planes de actuación.

3.- Participar en la planificación, puesta en práctica y evaluación de las operaciones de emergencia.

4.- Participar en la definición de los planes de seguridad, y en la especificación de la estructura, equipamiento y funcionamiento del túnel.

5.- Verificar la formación del personal del túnel y de los servicios de emergencia, y participar en la organización de simulacros periódicos.

6.- Asesorar a la hora de autorizar la estructura, el equipamiento y el funcionamiento del túnel.

7.- Verificar el mantenimiento y las reparaciones de la estructura y el equipamiento del túnel.

8.- Participar en la evaluación de cualquier incidente o accidente importante.

4.3.4. Los Organismos de inspección

La Directiva establece que los Estados miembros garantizarán que se llevarán a cabo inspecciones, evaluaciones y pruebas por parte de unos *organismos de inspección*, con una periodicidad no superior a 6 años.

Se exige que estos Organismos tengan:

- Un elevado nivel de competencia.
- Un alto nivel de calidad en sus procedimientos.
- Una independencia funcional del Gestor del túnel.

La propia Autoridad administrativa puede también desempeñar esta función. También parece necesaria una intervención del sector de los seguros en estas actividades.

Si en la inspección del Organismo o sus Delegados concluyeran que el túnel no cumple con la Directiva, debe comunicarlo al Gestor del túnel y a la Autoridad administrativa, que establecerá las medidas precautorias que considere convenientes mientras dure este incumplimiento.

4.3.5. Informes

Cada dos años, los Estados miembros elaborarán informes sobre accidentes e incendios en túneles que



La Directiva aprobada se refiere a todos los túneles de más de 500 m de longitud que estén en la Red Transeuropea de Carreteras.

claramente afecten a la seguridad de los usuarios, así como sobre la frecuencia y las causas de dichos accidentes; los evaluarán, y proporcionarán información sobre la función y eficacia reales de las instalaciones y medidas de seguridad.

Estos informes serán remitidos a la Comisión Europea antes de fin del mes de septiembre del año siguiente al periodo sobre el que versen.

Una vez presentado a la Comisión Europea el plan de aplicación por etapas de la Directiva a los túneles en servicio, los Estados miembros informarán a dicha Comisión cada dos años acerca del estado de aplicación del plan, y de las posibles adaptaciones del mismo.

4.3.6. Fases transitorias

Todo túnel cuyo proyecto no haya sido aprobado por la Autoridad administrativa correspondiente el 1 de marzo de 2006 deberá atenerse a la Directiva.

Los Estados miembros establecerán un plan, con calendario, para la aplicación por etapas de la Directiva a los túneles que ya estén en servicio; y lo remitirán a la Comisión Europea antes del 1 de septiembre de 2006.

En los túneles cuyo proyecto haya sido aprobado, pero que no se hayan puesto en servicio el 1 de septiembre de 2006, la Autoridad administrativa de seguridad en túneles comprobará el cumplimiento de la Directiva, con referencia especial a la documentación de seguridad. Si el túnel no se ajustara a la Directiva, la Autoridad administrativa comunicará al Gestor (informando también al Responsable de seguridad) las medidas necesarias para incrementar la seguridad.

Para los túneles que estén en servicio el 1 de marzo de 2006, la Autoridad administrativa de seguridad en túneles tendrá hasta el 1 de septiembre de ese mismo año para, basándose en una inspección, valorar si el túnel cumple la Directiva, con referencia específica a la documentación de seguridad. En caso necesario, el Gestor propondrá a la Autoridad administrativa un plan para adaptar el túnel a la Directiva, junto con las medidas paliativas que tenga intención de aplicar; la Autoridad administrativa aprobará estas últimas, o pedirá su modificación.

Los Estados miembros presentarán a la Comisión Europea, antes del 1 de marzo de 2007, un informe so-

bre cómo prevén cumplir la Directiva, sobre las medidas previstas y, si procede, sobre las consecuencias de abrir o cerrar los accesos a los túneles. La Comisión podrá hacer comentarios sobre el calendario de las obras destinadas a dar cumplimiento a la Directiva.

La remodelación de los túneles se llevará a cabo siguiendo un calendario, y deberá haber concluido el 1 de marzo de 2014¹.

4.4. El análisis del riesgo

La Directiva preconiza el uso de un análisis de riesgos en los casos en los que no se cumplan algunas de sus prescripciones, o en los casos especiales en lo relativo a los parámetros característicos de un túnel. Para el análisis hay que tomar en consideración tanto los posibles accidentes que afecten claramente a la seguridad de los usuarios y que puedan ocurrir durante la explotación del túnel (frecuencia), como la naturaleza y magnitud de sus posibles consecuencias (gravedad). El objetivo es demostrar que, con las medidas que se prevén, el nivel de riesgo no será superior al que proporcionaría la aplicación de la Directiva.

El contenido y los resultados del análisis de los riesgos deben ser incluidos en la Documentación de seguridad.

El análisis del riesgo debe ser llevado a cabo por organismos independientes del Gestor del túnel. Los Estados miembros deben garantizar que se emplee una metodología detallada y bien definida, e informarán de ella a la Comisión Europea; esta última informará, antes del 1 de marzo de 2009, de la práctica aplicada en los Estados miembros.

4.5. Excepciones por técnicas innovadoras

La Comisión no pretende con esta Directiva obstaculizar la innovación en equipamientos y procedimientos en túneles. Por ello, estipula que la Autoridad administrativa podrá conceder una excepción respecto de los requisitos de la Directiva, previa pe-

tición debidamente documentada del Gestor del túnel, y siempre que se proporcione una protección equivalente o mayor que las tecnologías actuales prescritas en la Directiva.

Esta excepción debe ser solicitada por un Estado miembro a la Comisión, que responderá durante el mes posterior a su recepción. Si ni la Comisión ni ningún Estado miembro formularan objeciones en un plazo de tres meses, la excepción se considerará aceptada. En el caso de que se formularan objeciones, la Comisión hará una propuesta razonada. Si la decisión fuera negativa, la Autoridad administrativa no podrá conceder la excepción.

La Comisión publicará un informe sobre las prácticas aplicadas por los Estados miembros siempre que lo considere oportuno y, si procediera, hará propuestas de modificación de la Directiva.

4.6 Medidas de seguridad

4.6.1 Parámetros característicos

De los muchos parámetros posibles, tras son los contemplados por la Directiva para caracterizar a un túnel:

1.- La IMD por carril. Se distinguen dos casos, y es preciso hacer algunas consideraciones:

■ Menor de 2 000 veh.

■ Mayor de 2 000 veh.

■ Además, en el caso de proyecto, se considerará la IMD por carril estimada para un plazo mínimo de 15 años.

■ Si la IMD superase los 10 000 veh./carril, será obligatorio disponer de dos tubos unidireccionales en servicio cuando se alcance este umbral.

■ Si la IMD superase los 2 000 veh./carril será necesario habilitar salidas de emergencia.

2.- La longitud del túnel. Se distinguen tres posibilidades:

■ Inferior a 500 m: este caso no está contemplado por la Directiva. La longitud mínima de una infraestructura para ser considerada túnel es de 500 m.

■ Entre 500 y 1 000 m

■ Entre 1 000 y 3 000 m.

■ Superior a 3 000 m.

3.- La proporción de vehículos pesados (>3,5 t): si fuera superior al 15% de la IMD (o si su intensidad diaria en la temporada punta fuera superior a la IMD, sin que quede claro en la Directiva si se refiere a la IMD o a la IMDP), el análisis deberá ser diferente. En primer lugar se evaluará el riesgo adicional, y en todo caso esta particularidad se tendrá en cuenta incrementando la cifra del volumen de tráfico en el túnel para la aplicación de la Directiva.

Uno de los aspectos más importantes que hay que decidir, a los efectos de la seguridad, es el tipo de vehículo pesado admitido en los túneles.

4.6.2. Requisitos mínimos

La Directiva fija unos requisitos mínimos para una serie de características del túnel. Sólo admite unas desviaciones limitadas en el caso de que a la Autoridad administrativa de seguridad en túneles envíe a la Comisión Europea información sobre:

■ A qué afecta la desviación limitada.

■ Razones imperativas en las que se basa.

■ Medidas alternativas propuestas para la reducción del riesgo, de manera que se garantice al menos un nivel equivalente de seguridad (incluidas pruebas).

Se sigue el mismo procedimiento que para las excepciones (Apartado 4.5.).

No se admitirán desviaciones en los requisitos relativos al diseño de las instalaciones de seguridad del túnel que estén a disposición de los usuarios:

■ Emisoras de emergencia (postes SOS).

■ Señales.

■ Apartaderos (sólo para túneles bidireccionales).

■ Salidas de emergencia.

■ Retransmisión por radio (cuando

¹ Cinco años más, si la razón entre la longitud total de los tubos existentes y la longitud total de la TERN en el país fuera superior a la media europea.

do resulte necesario).

4.6.3. Medidas sobre la infraestructura

4.6.3.1. Número de carriles

El número de carriles de un tubo² no se debe cambiar dentro de él, sino a una distancia mínima de su boquilla igual a la recorrida en 10 s a la velocidad máxima.

4.6.3.2. Anchura de la plataforma

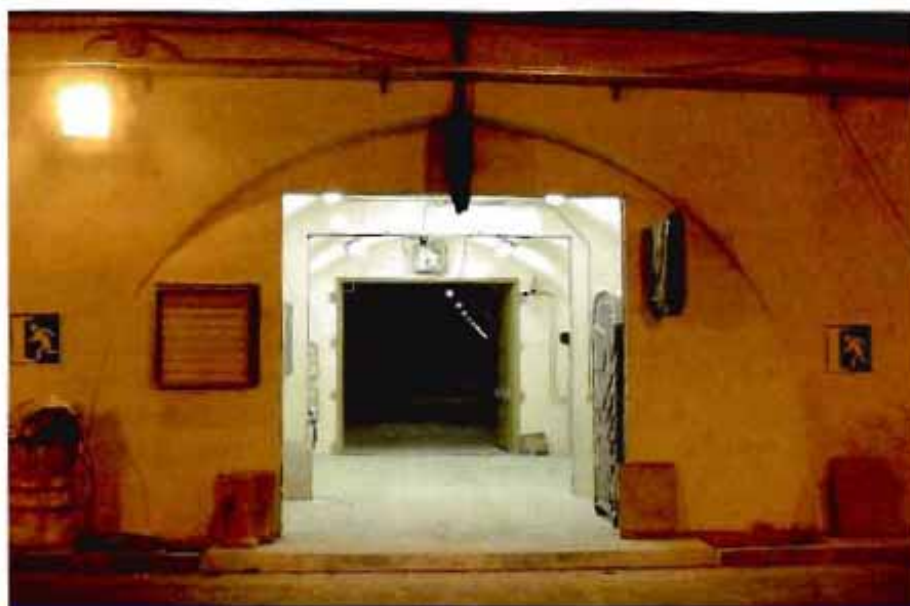
Donde la anchura del carril lento³ sea inferior a 3,5 m y se permita la circulación de vehículos pesados, hay que tomar medidas adicionales o reforzadas, basadas en un análisis de riesgo.

En los túneles nuevos que no tengan carril de emergencia⁴, será obligado disponer pasarelas de emergencia, elevadas o no, para que los usuarios las empleen en caso de avería o accidente. Esta disposición no se aplicará en túneles unidireccionales que dispongan de vigilancia permanente y de sistemas de cierre de los carriles. Tampoco en los que la implantación de esta medida suponga un coste desproporcionado, o cuando las características de la construcción del túnel lo impidan (la Comisión no aclara este punto. A nosotros se nos ocurre, como ejemplo, en los túneles subacuáticos). En los túneles ya existentes que no tengan ni carril de emergencia ni pasarela de evacuación, se tomarán medidas adicionales o reforzadas para proporcionar seguridad.

En las proximidades de cada boquilla debe haber un paso en la mediana que permita el acceso de los servicios de emergencia a cualquiera de los dos tubos. Se exceptúan de esta medida los túneles en los que esto no sea geográficamente factible (aquellos cuyas boquillas estén desniveladas más de una cierta distancia, que podría rondar los 2 m).

4.6.3.3. Inclinación de la rasante

En general, no es recomendable superar el 3%. Si se supera este valor, hay que incrementar o reforzar las medidas de seguridad prescritas en la Directiva. Con un análisis del riesgo, se puede llegar hasta el 5%,



Deben disponerse salidas de emergencia a una distancia máxima entre ellas de 500 m como máximo en los túneles nuevos con una IMD superior a 2 000 veh./carril.

valor que puede ser superado únicamente cuando es inviable otra solución (la Directiva dice "... que no sea geográficamente factible ninguna otra solución..."). No queda claro si esto es aplicable a tramos relativamente largos (no en tramos muy cortos entre acuerdos verticales de distinto signo); aunque en ningún caso lo será a las proximidades de las boquillas donde, en un entorno urbano, hay limitaciones de espacio para acceder a la superficie.

4.6.3.4. Salidas de emergencia

Si los análisis de los riesgos, entre ellos la extensión del humo y su velocidad de propagación en condiciones locales, muestran que la ventilación y los demás sistemas de seguridad son insuficientes para garantizar la seguridad de los usuarios de un túnel (o en los túneles nuevos en cualquier caso), hay que disponer salidas de emergencia para que los usuarios puedan abandonar a pie el tubo del túnel, y llegar a un lugar seguro, en caso de accidente o incendio; y también para proporcionar acceso a pie a los servicios de emergencia.

En todo caso, deben disponerse salidas de emergencia a una distancia máxima entre ellas de 500 m como máximo en los túneles nuevos con una IMD superior a 2 000 veh./carril; lo que en la práctica implica que, según la Directiva, deben construirse salidas de

emergencia cuando la longitud del túnel supere los 500 m. Además, debe estudiarse la factibilidad de construir las en todos los túneles existentes con IMD superiores a la mencionada y longitudes superiores a 1 000 m.

La distancia máxima entre las salidas de emergencia que puedan servir de acceso para los vehículos de los servicios de emergencia es de 1 500 m, siempre que los tubos estén al mismo nivel o casi.

Tipos permitidos:

■ Salidas directas al exterior.

■ Conexiones transversales con otro tubo del mismo túnel.

■ Los 2,0 m de anchura previstos parecen escasos para alojar a todos sus posibles usuarios, a pesar de que son largas; serían preferibles 3,0 m.

■ Las puertas se deben abrir hacia el túnel, y ser de la mayor anchura posible, sin perjuicio de su estan-

² Con excepción del carril de emergencia.

³ Se entiende por tal el situado más a la derecha, por el que circulan los vehículos pesados.

⁴ Un arcén muy ancho, situado generalmente a la derecha, que sirve para que circulen los servicios de emergencia y los usuarios que hayan abandonado su vehículo, sin interferir con el tráfico de los carriles normales. Se debe garantizar que nadie pueda bloquearlo (lo cual no parece fácil).

queidad. Es bueno que estén retranqueadas.

- Debe haber una barandilla para evitar que los que salen de una conexión desemboquen sin más en el otro tubo, por el que estén circulando aún vehículos. En este tubo serán recogidos por autobuses en los que se dispongan de ayuda médica.

- Salidas a una galería de emergencia.

- Refugios con vía de evacuación separada del tubo del túnel (no se permiten refugios sin salida).

Se impedirá la propagación de humo y de calor a las vías de evacuación (por ejemplo, presurizándolas y dotándolas de puertas estancas). Es conveniente que las paredes de toda la vía de evacuación (incluida la salida de emergencia) estén limpias.

- Junto a una salida de emergencia, la acera o el arcén por la que acceden a pie los usuarios debe tener la mayor anchura posible.

- Las salidas de emergencia deben estar dotadas de unos rasgos visuales muy acusados (cebrado horizontal) que las hagan fácilmente identificables.

- En el caso de desniveles hacia abajo, es mejor disponer de rampas (deslizantes) que escaleras; y aprovechando las chimeneas de ventilación, disponer un sistema de izado en vertical con una bolsa o camilla.

- En la superficie, junto a la salida de la vía de evacuación debe haber una zona suficiente (y protegida) para que estacionen los vehículos de evacuación (ambulancias, etc.).

4.6.3.5. Apartaderos

Sólo afectan a tubos bidireccionales sin carril de emergencia, de longitud superior a 1 500 m y con una IMD superior a 2 000 veh./carril. En estos casos se deben disponer cada 1 000 m.

4.6.3.6. Drenaje

Sólo afecta al transporte de mercancías peligrosas. En el caso de que se permita, deberá haber alcantarillas de ranuras bien diseñadas, u otros dispositivos que permitan el drenaje de líquidos tóxicos e inflamables. Además, el sistema de drenaje se deberá diseñar y mantener de manera que se evi-

te que el fuego, y que los líquidos inflamables y los tóxicos se propaguen dentro de un tubo o entre tubos.

Es conveniente utilizar, en cualquier caso, colectores longitudinales provistos de un sumidero continuo de 4 cm de anchura máxima (*satujos*). El espíritu de la Directiva está de acuerdo con disponer un caz de recogida de los vertidos sobre el firme, con arquetas sifónicas (lo que es una práctica habitual en la actualidad), si se considera que el gasoil de un camión puede arder (de lo que existen precedentes, quizá el último el accidente entre Teruel y Castellón de un camión que transportaba fertilizantes).

4.6.3.7. Resistencia a los incendios

Hay que garantizar un nivel suficiente de resistencia al fuego de la estructura principal de los túneles en los que un derrumbamiento, aun local, pueda tener consecuencias catastróficas: colapso de estructuras próximas, túneles subacuáticos.

Se comenta que también otros elementos accesorios, como el falso techo, deben gozar de un nivel suficiente, por ejemplo, con un revestimiento metálico.

También los cables de comunicaciones, alumbrado y suministro de energía, así como las tuberías de abastecimiento de agua y los demás equipos del túnel, a no ser que vayan especialmente protegidos (por ejemplo, enterrados en arena en una arqueta), deben tener una resistencia al fuego suficiente para mantener las necesarias funciones de seguridad en caso de incendio.

Los circuitos eléctricos, de media y de control deben estar diseñados de manera que un fallo local (debido, por ejemplo, a un incendio) no afecte a los circuitos que no hayan sufrido daños.

4.6.3.8. Iluminación

La iluminación normal debe garantizar una visibilidad adecuada a los conductores, incluso de día en la zona de las boquillas (deslumbramiento a la salida, o adaptación del ojo a la oscuridad a la entrada).

En caso de avería del suministro de energía eléctrica, tiene que haber

un alumbrado de seguridad que permita una visibilidad mínima de manera que los usuarios puedan abandonar el túnel en sus vehículos.

Para la evacuación a pie por las salidas de seguridad debe haber un alumbrado de evacuación situado a una altura no superior a 1,5 m (mejor 1,3 m) sobre el pavimento, para que sirva de *hilo de Ariadna*³.

4.6.3.9. Ventilación

Es obligatorio disponer un sistema de ventilación mecánica en los túneles de más de 1 000 m de longitud con una intensidad de tráfico superior a 2 000 veh./día/carril. Añadiremos que, en todo caso, se debe estudiar su necesidad en todos los casos, considerando los que se especifican a continuación.

Su proyecto, construcción y funcionamiento deben tener en cuenta:

- El control de los contaminantes emitidos por los vehículos en un flujo de tráfico normal, denso o parado por congestión, incidente o accidente.

- El control del calor y el humo en caso de incendio.

Sólo se puede usar la ventilación longitudinal en tubos bireccionales, o en tubos unidireccionales congestionados, si un análisis del riesgo muestra que es aceptable, o si se toman medidas como:

- Una apropiada gestión del tráfico.

- Una reducción de las distancias entre las salidas de emergencia.

- La colocación de extractores de humo a intervalos.

La ventilación transversal o semitransversal debe ser capaz de extraer el humo en caso de incendio.

Para los túneles bidireccionales con una IMD superior a 2 000 veh./carril, dotados de un centro de control y de ventilación transversal o semitransversal, deberán adoptarse las siguientes medidas mínimas relativas a la ventilación:

³ Se suele considerar que el humo se estratifica en la parte superior del túnel en las primeras fases del incendio, a no ser que una gestión errónea de la ventilación, o el efecto de otros dispositivos como los rociadores, lo disperse por todo él.

■ Se instalarán reguladores de aire y de humo que puedan funcionar separadamente o agrupados.

■ La velocidad de aire longitudinal se deberá vigilar constantemente, controlando para este fin el sistema de ventilación.

4.6.3.10. Estaciones de emergencia

También llamadas *postes de socorro* o *postes SOS*, proporcionan diversos equipos de seguridad, como teléfonos de emergencia y extintores (a ser posible dos, añadimos nosotros: uno para fuegos de origen eléctrico y otro para fuegos de origen químico); pero su misión no es servir de refugio, ni protegen a los usuarios de los efectos de un incendio, por lo que debe cuidarse su diseño para no confundir a los usuarios.

Debe contar con una cabina adosada a la pared o, mejor, con un nicho vaciado en ella.

Su separación máxima será de 150 m en túneles nuevos y 250 m en los túneles existentes, y habrá además una cerca de cada boquilla.

4.6.3.11. Abastecimiento de agua

Tiene que haber tomas para mangueras de incendio (del tipo usado por los bomberos), con una separación máxima de 250 m; y habrá además una en cada boquilla.

En los túneles unidireccionales con más de un tubo, es conveniente que se puedan conectar mangueras al sistema de abastecimiento del otro tubo, a través de las comunicaciones entre ellos.

4.6.3.12. Señalización

Además de la señalización viaria normal, conforme al Convenio de Viena, con especial énfasis en la señalización de carriles y en los carteles de mensaje variable, la Directiva reglamenta la señalización de los equipos de seguridad de los túneles (con detalles en su Anexo III), como son:

- Apartaderos.
- Estaciones de emergencia.
- Salidas de emergencia.
- Vías de evacuación: señalizando cada 25 m como máximo, en los hastiales, refiriéndose a las dos salidas de emergencia más próximas,



En los túneles de más de 1 000 m de longitud se instalarán semáforos a su entrada.

con indicación del número de identificación de la salida, sentido y distancia. La altura de estas señales estará entre 1,0 y 1,5 m sobre el pavimento.

4.6.3.13. Centro de control y sistemas de vigilancia

Obligatorio en todos los túneles de más de 3 000 m de longitud, con una IMD de más de 2 000 veh./carril.

Varios túneles pueden compartir un mismo centro de control.

La *videovigilancia* y la *detección automática de incidentes* son un requisito de estos centros.

Si el funcionamiento de la ventilación en caso de incendio fuera diferente del funcionamiento automático para el control de los contaminantes, es preciso contar también con un sistema de detección automática de incendios.

Es importante el concepto de *tiempo de intervención*.

4.6.3.14. Equipos para el cierre del túnel

En los túneles de más de 1 000 m de longitud se instalarán semáforos a su entrada; los cuales podrán ser complementados por carteles de mensajería variable y barreras.

En túneles de más de 3 000 m de longitud, con IMD superior a 2 000 veh./carril, se recomienda disponer equipos para detener los vehículos: semáforos, quizás megafonía, carte-

les de mensaje variable y barreras.

Es conveniente reforzar esos sistemas de cierre, habitualmente confiados sólo a la señalización aspa/flecha sobre cada carril, con barreras físicas.

4.6.3.15. Sistemas de comunicaciones

Los equipos de emergencia deben poder utilizar equipos de transmisión por radio instalados dentro del túnel, si éste tiene más de 1 000 m de longitud y una IMD de más de 2 000 veh./carril.

El centro de control debe ser capaz de interrumpir la transmisión por radio (RDS) de los canales (si los hubiera) destinados a los usuarios, para emitir mensajes de emergencia. La actitud de los usuarios puede ser muy variable: por ejemplo, en las culturas orientales esperan instrucciones sin moverse de donde están.

En los refugios y otros lugares donde los usuarios deban esperar en caso de emergencia debe haber altavoces para informarlos; se podría incluso pensar en cámaras de TV que permitieran una especie de video-conferencia. Los mensajes que se emitan pueden ser contraproducentes si son erróneos (cosa muy fácil: los mejores protocolos se abandonan cuando hay prisa por tomar medidas); y que pueden ser muy diferentes según el momento y la ubicación de los

destinatarios de los mensajes (acercándose al incendio, más allá de él, afectados próximos, en ruta de evacuación, etc.).

A este respecto, los ejercicios prácticos tienen mucha utilidad. Las maquetas pueden tener un gran valor educativo.

Algo importante es que los usuarios puedan identificar fácilmente dónde están. A este respecto, es conveniente acentuar todo lo posible la direccionalidad del túnel, por ejemplo utilizando un aspecto muy diferente (color, textura) para el hastial izquierdo y para el derecho; de esta manera los usuarios sabrían adónde dirigirse.

4.6.3.16. Suministro de electricidad

Tiene que haber un suministro eléctrico de emergencia capaz de garantizar el funcionamiento de los equipos de seguridad que sean indispensables hasta que todos los usuarios hayan evacuado el túnel.

4.6.4. Medidas relacionadas con la explotación

4.6.4.1. Principios básicos

La explotación debe garantizar la continuidad y la seguridad del tráfico a través del túnel. El centro de control debe funcionar continuamente, y la gestión de cualquier túnel debe depender de un único centro de control.

El personal que participe en la explotación, así como los servicios de emergencia, debe haber recibido una formación adecuada, tanto inicial como continua.

Debe haber planes de respuesta a situaciones de emergencia. Esto exige una categorización de estas situaciones, de manera que la aparición de un suceso desencadene unas consecuencias.

El tiempo de acceso de los servicios de emergencia, en caso de incidente dentro de un túnel, será lo más breve posible; y se medirá en ejercicios periódicos o durante esos mismos incidentes.

4.6.4.2. Obras en los túneles

El cierre total o parcial de carriles

por obras de construcción o mantenimiento previstas de antemano debe comenzar siempre fuera del túnel.

4.6.4.3. Cierre del túnel

En caso de incidente o accidente grave, se cerrarán inmediatamente al tráfico todos los tubos adecuados del túnel. Esto se hará activando simultáneamente no sólo los equipos situados fuera del túnel, sino también los situados dentro de él, de manera que el tráfico pueda detenerse lo antes posible, tanto fuera como dentro del túnel. Nosotros añadimos que es preciso distinguir cuándo es necesario detener la circulación dentro del túnel: si se produce un incendio

En caso de incidente o accidente grave, se cerrarán inmediatamente al tráfico todos los tubos adecuados del túnel

en un túnel unidireccional, lo mejor es que los vehículos situados más allá de él evacúen el túnel por sus propios medios, ya que su velocidad será siempre superior a la del humo del incendio. En cualquier caso, el tráfico se gestionará de manera que los vehículos no afectados puedan abandonar rápidamente el túnel.

Se informará a los usuarios de los mejores itinerarios alternativos, mediante sistemas de información de fácil acceso. Estos itinerarios formarán parte de los planes sistemáticos de emergencia.

4.6.4.4. Adelantamiento de camiones

La Directiva impone que se realice un análisis del riesgo para decidir

si se debe permitir o no que los camiones efectúen adelantamientos en los túneles con más de un carril por sentido.

En túneles muy largos con tráfico escaso parece difícil garantizar que una eventual prohibición sea respetada. Sin embargo, en los túneles bidireccionales es recomendable disponer una sección transversal como la especificada en la Instrucción de Trazado 3.1-IC de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, en la que se deja una mediana pisable (con marcas viales) entre los carriles de sentido opuesto, lo cual no fomenta el adelantamiento.

4.6.4.5. Distancia entre vehículos y velocidad

Tanto la velocidad como, sobre todo, la distancia entre los vehículos (la recorrida en 2 s para los coches, en 4 s para los camiones) son importantes para la seguridad. Los conductores deben recibir recomendaciones a este respecto, y hay que emprender medidas coercitivas según proceda.

Para facilitar que los usuarios mantengan una separación adecuada entre sus vehículos, podría haber una marca (por ejemplo, una barra vertical de color) en los hastiales del túnel, u otra marca (en forma de galón) en el pavimento, o se podría cambiar el color (por ejemplo, a azul) de uno de cada cierto número de hitos luminosos del túnel. Se difundirían instrucciones entre los usuarios para que dejaran, al menos, una barra, un galón o una luz diferente entre su vehículo y el que le precede, cuando se tratara de dos coches; o dos marcas, cuando al menos uno de los dos fuera un camión.

4.6.5. Campañas de información

Periódicamente se llevarán a la práctica, conjuntamente con las partes interesadas, campañas de información sobre la seguridad en los túneles: comportamiento correcto de los usuarios al acercarse a ellos y al artavesarlos, averías de los vehículos, congestión, accidentes, incendios.

4.6.6. Transporte de mercancías peligrosas

Se aplicarán las siguientes medidas en relación con el acceso a los túneles de los vehículos que transportan mercancías peligrosas, tal como las define la legislación europea en esa materia:

- Realizar un análisis del riesgo para definir o modificar (localmente, añadimos nosotros) la reglamentación y los requisitos relativos al transporte de mercancías peligrosas a través de un túnel determinado.

- Para hacer cumplir la normativa, colocar la señalización adecuada antes de la última salida posible anterior al túnel y en las entradas al mismo, así como con una antelación que permita a los conductores optar por itinerarios alternativos.

- Estudiar medidas específicas de funcionamiento destinadas a reducir los riesgos relativos a todos o alguno de los vehículos que transportan mercancías peligrosas a través de los túneles: como una declaración antes de entrar en éstos, o la formación de convoyes con vehículos de escolta. Hay que tener en cuenta cada caso particular, además del mencionado análisis del riesgo.

5. Documentos específicos

La aplicación de la Directiva en un túnel obliga a la redacción de varios documentos específicos relacionados con la seguridad, que afectan a los procesos de proyecto, construcción y explotación de los túneles.

Antes de comenzar la construcción del túnel, es obligación del Gestor del túnel reunir la documentación de seguridad (véanse los párrafos siguientes) respecto del túnel en fase de proyecto, consultando con el Responsable de seguridad del túnel. A continuación, el Gestor del túnel presentará la documentación de seguridad a la Autoridad administrativa, adjuntando a la misma el dictamen del responsable de seguridad o del Organismo de inspección, si existe este dictamen.

El proyecto será aprobado, en su



Antes de comenzar la construcción del túnel, es obligación del Gestor del túnel reunir la documentación de seguridad respecto del túnel en fase de proyecto, consultando con el Responsable de seguridad del túnel.

caso, por la Autoridad competente, que informará de su decisión al gestor del túnel y a la autoridad administrativa.

5.1. Documentación de seguridad

El Gestor del túnel reunirá la documentación de seguridad de cada túnel, y la mantendrá permanentemente actualizada. Facilitará al Responsable de seguridad una copia de la documentación de seguridad.

La documentación de seguridad describirá las medidas preventivas y de salvaguardia necesarias para garantizar la seguridad de los usuarios, teniendo en cuenta a las personas con movilidad reducida y a las personas con discapacidad, las características de la vía, la configuración de la estructura, el entorno, la naturaleza del tráfico y los márgenes de actuación de los servicios de emergencia definidos en el artículo 2 de la Directiva.

En particular, la documentación de seguridad de un túnel en fase de proyecto comprenderá:

- Una descripción de la estructura prevista y del acceso a ella, junto con los planos necesarios para comprender el proyecto y las disposiciones previas de funcionamiento.

- Un estudio de previsión del tráfico, en el que se especifiquen y se

justifiquen las condiciones que se prevén para el transporte de mercancías peligrosas, junto con el análisis del riesgo contemplado en el punto 3.7 del anexo I de la Directiva.

- Un estudio específico del riesgo, en el que se describan los potenciales accidentes que afecten claramente a la seguridad de los usuarios de los túneles y que puedan ocurrir durante la fase de explotación, así como la naturaleza y magnitud de sus consecuencias. Dicho estudio deberá especificar y justificar las medidas para reducir la frecuencia de los accidentes y sus consecuencias.

- Un dictamen sobre seguridad emitido por un experto u organización especializados en la materia, que puede ser el Organismo de inspección.

La documentación de seguridad de un túnel en fase de autorización comprenderá, además de los elementos de la fase de proyecto, los siguientes:

- Una descripción de la organización, de los recursos humanos y materiales y de las instrucciones dadas por el Gestor del túnel para garantizar su funcionamiento y su mantenimiento.

- Un plan de respuesta a las situaciones de emergencia, elaborado conjuntamente con los servicios de emergencia, que tenga en cuenta asimismo a las personas con movilidad

reducida y a las personas con discapacidad.

- Una descripción de un sistema permanente de integración de las experiencias que permita registrar y analizar los incidentes y accidentes significativos.

La documentación de seguridad de un túnel en fase de explotación comprenderá, además de los elementos de la fase de autorización, los siguientes:

- Un informe y un análisis de los incidentes y accidentes significativos que se hayan producido desde la entrada en vigor de la Directiva.

- Una lista de los simulacros de seguridad realizados, y un análisis de las conclusiones extraídas.

5.2. Autorización

La apertura inicial de un túnel al tráfico estará sujeta a la autorización de la Autoridad administrativa, de conformidad con el procedimiento que se describe a continuación. Este procedimiento será también aplicable a la apertura de un túnel al tráfico:

- tras cualquier cambio importante en su estructura,

- o en su modo de funcionamiento,

- o de cualquier obra de modificación sustancial del túnel que pueda suponer una alteración significativa de algún elemento de seguridad que incida en la documentación de seguridad.

El Gestor del túnel remitirá la documentación de seguridad mencionada en el punto anterior (el 2.4, de la Directiva), convenientemente actualizada, al Responsable de seguridad, que emitirá su dictamen sobre la apertura del túnel al tráfico.

El Gestor del túnel transmitirá dicha documentación de seguridad a la Autoridad administrativa, adjuntando el dictamen del Responsable de seguridad. La Autoridad administrativa decidirá si autoriza o no la apertura del túnel al tráfico, o bien si la autoriza en condiciones restrictivas, y lo notificará al Gestor del túnel. Se transmitirá una copia de esa decisión a los servicios de emergencia.



5.3. Modificaciones y dictámenes posteriores

Respecto de cualquier modificación sustancial de la estructura, del equipo o del funcionamiento que pueda suponer una alteración significativa de algún elemento de la documentación de seguridad, el Gestor del túnel pedirá una nueva autorización de funcionamiento mediante el procedimiento descrito.

El Gestor del túnel informará al Responsable de seguridad de cualquier otro cambio en la estructura y el funcionamiento.

Además, antes de iniciar cualquier obra de modificación del túnel, el Gestor del túnel facilitará al Responsable de seguridad una documentación que describa las propuestas. El Responsable de seguridad estudiará las consecuencias de la modificación y, en cualquier caso, transmitirá su dictamen al Gestor del túnel, que enviará una copia del mismo a la Autoridad administrativa y a los servicios de emergencia.

5.4. Simulacros periódicos

El Gestor del túnel y los servicios de emergencia organizarán, en cooperación con el Responsable de seguridad, unos simulacros periódicos conjuntos para el personal del túnel y para los servicios de emergencia.

Estos simulacros cumplirán las si-

guientes condiciones:

- Ser lo más realistas posible y corresponderse con las hipótesis de accidente que se hayan definido.

- Ser evaluados claramente, basándose en resultados concretos del simulacro.

- Evitar todo daño al túnel.

Se podrán también realizar, al menos en parte, mediante simulaciones de tablero o de ordenador que proporcionen resultados complementarios.

Se efectuarán simulacros en cada túnel a escala natural en las condiciones más realistas posible al menos cada cuatro años. Sólo se requerirá el cierre del túnel si pudieran adoptarse medidas aceptables para desviar el tráfico (o lo que es lo mismo a efectos prácticos, añadimos nosotros, sólo se podrán realizar simulacros en periodos valle y si el desvío no es muy complicado. Cobran así más importancia los simulacros de tablero).

Se efectuarán ejercicios parciales o de simulación en todos los años intermedios. Donde haya túneles próximos, se deberá efectuar el simulacro a escala natural en al menos uno de esos túneles.

El Responsable de seguridad y los servicios de emergencia evaluarán conjuntamente estos simulacros, redactarán un informe y propondrán medidas. ■