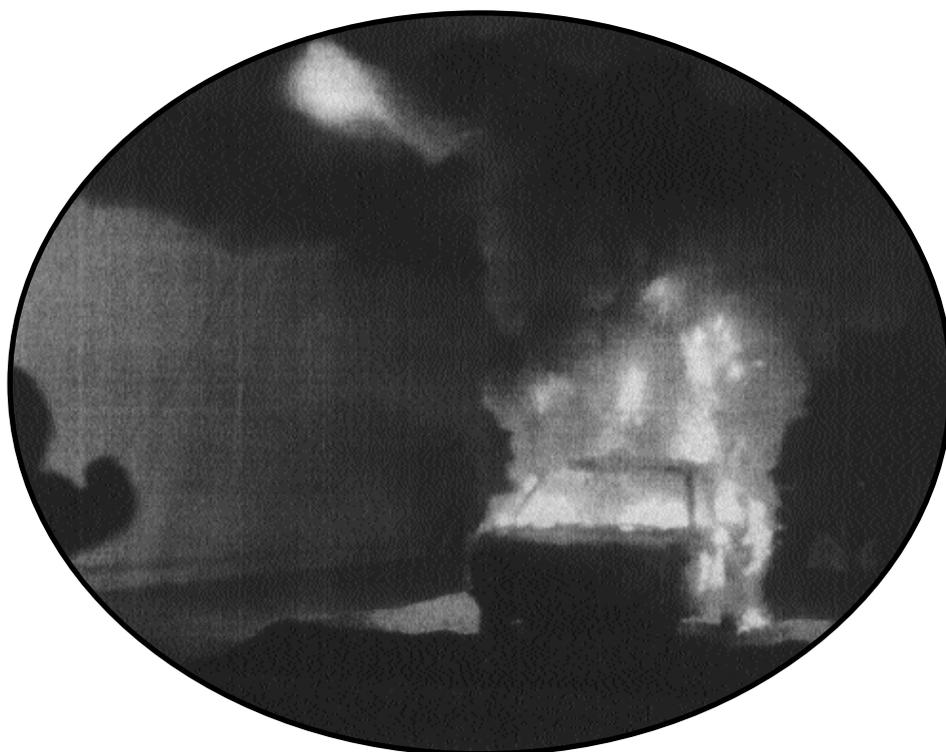




Bomberos de Navarra  
Nafarroako Suhiltzaileak



# Incendios en túneles

Carlos Orta



**Bomberos de Navarra**  
**Nafarroako Suhiltzaileak**

---

---

# 11. LA INTERVENCIÓN EN INCENDIOS DE TÚNELES

## 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Beneficios de los túneles.
- 1.2 Breve descripción de las técnicas de construcción de un túnel.
- 1.3 Problemática de los túneles.

## 2. TIPOS DE TÚNELES.

- 2.1 Urbanos y no urbanos.
- 2.2 En trinchera, recubiertos, excavados y prefabricados.
- 2.3 Terrestres, fluviales y marinos.
- 2.4 Carreteros y ferroviarios.
- 2.5 Con tráfico en un único sentido y en los dos sentidos.
- 2.6 Revestidos y sin revestir.

## 3. NORMATIVA SOBRE TÚNELES

- 3.1 La normativa Española. IOS-98.
- 3.2 La normativa Francesa.
- 3.3 Otras normativas.

## 4. INVENTARIO DE TÚNELES CARRETEROS EN NAVARRA

- 4.1 Relación de túneles carreteros existentes en Navarra.
- 4.2 Mapa de situación.

## 5. INSTALACIONES DE UN TÚNEL.

- 5.1 Denominaciones de las partes de un túnel
- 5.2 Ventilación.
- 5.3 Iluminación.
- 5.4 Cámaras televisión.
- 5.5 Megafonía.
- 5.6 Semáforos.
- 5.7 Paneles de información.
- 5.8 Comunicaciones.
- 5.9 Opacímetros.
- 5.10 Detección de incendios.
- 5.11 Extinción de incendios.
- 5.12 Señalización de Emergencia.
- 5.13 Salidas de evacuación.



## 6. SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN LOS TÚNELES.

- 6.1 Ventilación natural.
- 6.2 Ventilación artificial o forzada.
  - 6.2.1 longitudinal simple.
  - 6.2.2 longitudinal con toberas Saccardo.
  - 6.2.3 longitudinal con pozo central de extracción.
  - 6.2.4 transversal.
  - 6.2.5 semitransversal.
  - 6.2.6 semitransversal-transversal.

## 7. EQUIPOS RESPIRATORIOS PARA INTERVENCIÓN EN TÚNELES.

- 7.1 Los equipos de respiración autónoma de circuito abierto.
- 7.2 Los equipos de respiración autónoma de circuito cerrado.
- 7.3 Utilización de los diferentes equipos autónomos en fuegos de túneles.

## 8. TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EN INCENDIOS DE TÚNELES.

- 8.1 Comportamiento del humo en un túnel con ventilación natural o con ventilación longitudinal simple.
- 8.2 Forma de proceder.
  - 8.2.1 Generalidades.
  - 8.2.2 Túneles de un solo tubo.
  - 8.2.3 Túneles de dos tubos paralelos.
  - 8.2.4 Equipo humano de intervención
  - 8.2.5 Protección respiratoria para los rescatados.

---

## 11.1. INTRODUCCIÓN

### 11.1.1 Beneficios de los túneles.

Los túneles, proporcionan hoy en día, unas facilidades de comunicación que se traducen, en una reducción de tiempos de desplazamiento, de consumos de combustibles y de cierto tipo de riesgos viarios (caídas en taludes por salirse los vehículos de la calzada en puertos de montaña, etc.). Todo ello, se traduce en una mayor eficiencia económica y en una mayor seguridad y comodidad para los conductores.

Pero los túneles, en el caso de que se produzca un incidente circulatorio en su interior, también conllevan un mayor riesgo para los usuarios, respecto al resto de la carretera a cielo abierto. El incidente más peligroso que puede ocurrir en un túnel es la aparición de un fuego.

Para comprender mejor como debemos actuar en caso de incendio en el interior de un túnel, vamos a estudiar las características de estos y como se comportan el calor y los humos en su interior.

### 11.1.2 Breve descripción de las técnicas de construcción de un túnel.

La construcción de un túnel consta básicamente, de las cuatro fases siguientes:

- a. Proyecto.
- b. Excavación.
- c. Sostenimiento.
- d. Revestimiento.

#### a.) *Proyecto.*

La fase de proyecto es de vital importancia, pues todo lo que no se haya tenido en cuenta en ella, difícilmente será modificable después de construido el túnel. Es por ello, que tiene tanta importancia la participación de un equipo multidisciplinar, en el cual deben estar presentes los Servicios de Extinción de incendios, pues somos los profesionales más adecuados para asesorar en materia de seguridad contra incendios. En la actualidad, a nivel internacional, son ya muchas las instituciones que cuentan con los Servicios de Extinción de Incendios a la hora de proyectar las infraestructuras e instalaciones de seguridad contra incendios en los túneles.

En Navarra, desde finales del año 2000, se empezó ya a contar con el SEIS para proyectar las infraestructuras de los túneles (salidas de evacuación, señalización de emergencia,...) y sus instalaciones (ventilación, situación del cableado, sistema de detección, red de extinción y características de las fuentes de abastecimiento).



b.) *Excavación.*

Los túneles, en su mayoría, son excavados en el terreno por dos procedimientos:

- b.1) - Con explosivos.
- b.2) - Con una Tuneladora.

b.1) Para la excavación con explosivos, se utiliza una máquina denominada Yumbo, que tiene unos barrenos, que sirven para abrir en el terreno unos orificios donde se alojan las cargas pirotécnicas. Estas, al explosionar, rompen el terreno, quedando en el suelo toda la tierra y rocas disgregadas. A continuación, una pala cargadora recoge todo el material disgregado y lo carga en camiones. El pirotécnico o artificiero, ha de ser bastante experto, para conseguir que la excavación resultante tenga la sección adecuada. Este método de excavación se utiliza, sobre todo, cuando el terreno es muy duro (roca).

b.2) Las máquinas denominadas tuneladoras, consisten en un cilindro (en general del mismo diámetro que el del túnel a excavar), en uno de cuyos extremos, que se denomina frente, existe un escudo que gira sobre un eje central. Este escudo, lleva unas garras o topos que, al girar con este, disgregan el terreno en su movimiento circular. La tuneladora, lleva también unos gatos hidráulicos, que sirven para que el escudo presione contra el terreno. La tuneladora, recoge el material excavado a través de unos huecos o ventanas que existen en su escudo junto a las garras, extrayéndose este material excavado, a través de una cinta transportadora o de una tubería (según los casos).



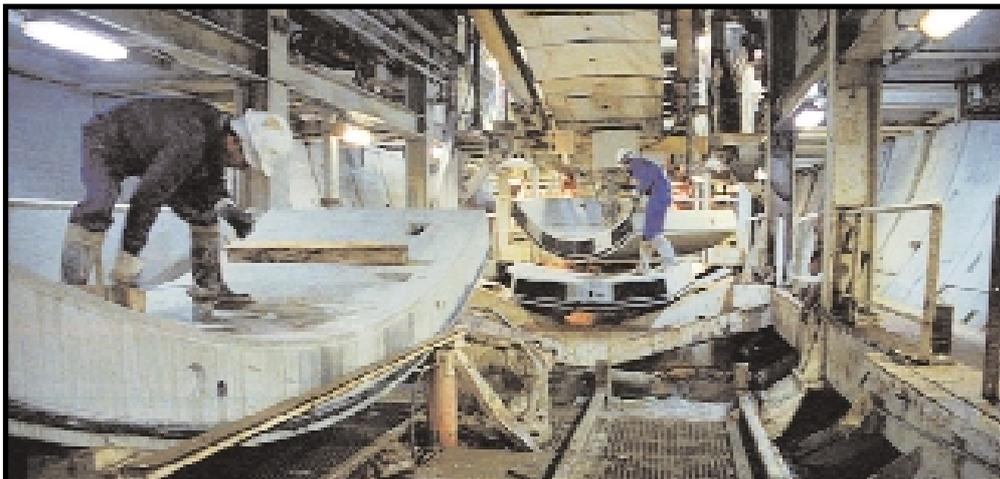
Los escudos de las tuneladoras pueden ser abiertos o cerrados. Las tuneladoras de escudo cerrado, son las máquina más seguras que actualmente existen para los trabajadores que excavan un túnel, pues en caso de que fallara la sustentación de la bóveda ya excavada o el frente de excavación (el frente es lo realmente más problemático, pues es muy inestable), los trabajadores se encontrarían bien protegidos en su interior.

**c.) Sostenimiento.**

El sostenimiento tiene por misión darle estabilidad estructural al túnel, es decir, trata de conseguir que no se produzcan desprendimientos en su interior. Para ello, se utilizan una serie de elementos de sujeción del terreno (bulones, cerchas, mallazos, gunita, etc.).

**d.) Revestimiento.**

El revestimiento, persigue darle al túnel un acabado visual agradable y una impermeabilización, que evite la caída de agua proveniente de las filtraciones del terreno. El revestimiento puede consistir en unas láminas impermeabilizadoras o también, en un hormigonado de unos 30 a 50 centímetros de espesor. Últimamente, se está prefiriendo el hormigonado, pues aun saliendo más caro, supone una mayor protección para lo usuarios, ya que si se producen desconches o fallos de sujeción del terreno, estos no caen a la calzada, quedando contenidos por el revestimiento del hormigón. Además, los túneles revestidos con hormigón, ofrecen una menor resistencia al movimiento del aire, debido a la lisura de sus paredes, lo cual, siempre mejora la ventilación del mismo.



*Piezas de hormigón prefabricadas para revestir el túnel.*

### *11.1.3 Problemática de los túneles.*

Los túneles, al ser cavidades muy aisladas del exterior, presentan el problema de la dificultad de eliminación del calor, el humo y las sobrepresiones, que se pueden llegar a generar durante un incendio. Al margen de esto, existen ciertas conductas, que no ayudan precisamente a reducir el número de víctimas. A continuación, vamos a pasar a describir brevemente algunos de estos problemas.

*Efecto horno.* La concentración del humo y calor que se produce en el interior de un túnel, es debida a que no existe hueco alguno por donde pueda salir el humo y el calor de una forma inmediata y natural. Esto genera el denominado "efecto horno", que consiste en acumulación progresiva del calor, que se traduce en un aumento continuado de la temperatura. Se le denomina efecto horno, porque la situación es muy parecida a lo que ocurre con el horno de una cocina (pero siendo los usuarios, en el caso del túnel, los que pueden llegar a terminar asados, en vez del pollo). Por supuesto, el calor no tiene porque ser considerado lo más peligroso, pues como ya se sabe, el humo es un factor mucho más peligroso en un primer momento.



*Piezas de hormigón prefabricadas para revestir el túnel.*

*Efecto cañón.* Este efecto se presentará, cuando se produzcan explosiones, debidas, por ejemplo, a un incendio. Imaginemos un camión-cisterna, que contiene un gas presurizado, que por efecto del calor del incendio explota, debido al aumento de la presión de vapor del gas que transporta. No es difícil imaginar, que existiendo solo una cavidad lineal, esta, se comportará como si fuera el cañón de una escopeta. Ello es debido, a que la sobrepresión generada por la explosión en el interior del túnel, solo puede liberarse hacia ambos lados a partir del punto de origen de dicha explosión. Si

tal explosión se produce, la sobrepresión creada, será mayor que si nos encontráramos a cielo abierto, con lo cual, los daños para las personas, debidos a la onda expansiva, serán mayores que en un lugar a cielo abierto. También los objetos proyectados por la explosión, se concentraran, debido a que serán direccionados a través del túnel (como los perdigones de una escopeta).

*Desorientación de los usuarios.* Otro problema importante, es la desorientación que se produce en las personas cuando pierden la visión, debido a la acumulación del humo producido durante un incendio. Esta desorientación ocasionará, que no sepan hacia donde caminan o conducen, pudiendo generar nuevos accidentes. Serán pocos a los que se les ocurrirá salir palpando la pared, o caminando agachados para respirar un aire con menos humo, etc.

*Comportamiento ingenuo de los usuarios.* Este comportamiento es muy grave, pues ha sido motivo de varias muertes en incendios recientes. Hablamos de comportamiento ingenuo, cuando un usuario que está viendo fuego en un vehículo, se detiene e incluso se baja de su vehículo para contemplar mejor la escena, debido a la curiosidad que suscita lo inhabitual. No estamos hablando de personas que cogen un extintor para intentar tratar de apagar el fuego, sino de personas espectadoras. Estas personas espectadoras, se ponen así mismas en grave peligro, por el hecho de permanecer en el interior del túnel y además, bloquean el paso a los vehículos que vienen detrás, con lo cual, también ponen en peligro a los demás usuarios. Los usuarios, lo que deberían hacer, es evacuar inmediatamente el túnel incendiado.

Los usuarios, cuando están obteniendo el permiso de conducir en las autoescuelas, podrían recibir un mínimo de formación sobre como actuar en caso de incendio en lugares confinados (garajes, túneles, aparcamientos subterráneos). Con ello, es posible que dejen de reaccionar de manera ingenua.

## ***11.2. TIPOS DE TÚNELES.***

Existen diversas clasificaciones para tipificar los diferentes túneles que se construyen. Aquí vamos a ver solo algunas de ellas.

### ***11.2.1 Túneles urbanos y no urbanos.***

Los túneles urbanos, son los que se encuentran situados en la vía pública de las ciudades. Los no urbanos, se encuentran situados en el trazado de las carreteras, quedando fuera de los núcleos de las ciudades. Esta distinción, que a simple vista parece evidente y superflua, tiene gran importancia, porque condiciona en gran medida el diseño de los elementos que componen un túnel. Los túneles urbanos, generalmente tendrán, a igualdad de longitud que los no urbanos, unas mayores exigencias de ventilación y unas medidas de seguridad más importantes.

Una variable que se utiliza mucho para definir las exigencias de seguridad de un túnel, es la IMD de tráfico (intensidad media diaria del tráfico). Lógicamente, los túneles urbanos son los que tienen mayor IMD.



### ***11.2.2. Túneles en trinchera, recubiertos, excavados y prefabricados.***

Los túneles en trinchera, son en realidad zanjas o trincheras que se abren, para ser luego recubiertas con un forjado que permitirá el tránsito de personas y vehículos por encima de ellas. Son típicas en las ciudades y sirven para solucionar cruces de calles con tráfico intenso, o para respetar zonas peatonalizadas. Estas trincheras, si tienen mucha longitud, se las equipa con salidas de evacuación verticales, que facilitan ascender a la superficie.

Los túneles recubiertos, son realizados en carreteras donde se realizan desmontes importantes del terreno, queriéndose evitar que queden unos taludes muy grandes. Estos, taludes se suelen querer evitar, porque existe peligro de corrimientos del terreno (cuando llueve mucho), o porque paisajísticamente quedan unos desmontes muy agresivos. Estos túneles se construyen, primeramente desmontando el terreno, después se construyen uno o dos tubos y por último se recubren con tierra. Los túneles de Urriza en Navarra, son un ejemplo de este tipo de túneles recubiertos.

Los túneles excavados, son los que se abren en el terreno, sacando solo la tierra necesaria para que quede la cavidad lineal deseada. Son la mayoría de los túneles que conocemos (Belate, Sumbilla, etc.).

Los túneles prefabricados, están constituidos por piezas que se apoyan y luego se ensamblan. Lógicamente, son realizados para atravesar el agua y no el terreno, es decir son túneles acuáticos, que salvan barreras de agua y no barreras orográficas.

### ***11.2.3. Túneles terrestres, fluviales y marinos.***

Los túneles terrestres atraviesan el terreno, mientras que los fluviales atraviesan lagos o cursos de ríos, como es el caso del túnel del río Elba en Hamburgo. Los túneles marinos, atraviesan el mar, como es el caso del Eurotúnel del Canal de La Mancha, que une Inglaterra con Francia. Tanto los túneles fluviales como los marinos, pueden ser, excavados por debajo del lecho impermeable, o prefabricados. En este último caso, en vez de excavados por debajo del lecho, las piezas prefabricadas van apoyadas sobre el mismo.

### ***11.2.4. Túneles carreteros y ferroviarios.***

Los túneles carreteros tienen tráfico rodado, ligero y pesado. Los túneles ferroviarios solo tienen tráfico de trenes. Normalmente, como los usuarios de un tren atraviesan los túneles ferroviarios sin posibilidad de bajarse en ellos, estos están dotados de medidas de seguridad diferentes a las de los túneles carreteros. En general las medidas de seguridad de los túneles ferroviarios son muy inferiores a las de los carreteros. Para justificar estas menores medidas de seguridad en los túneles ferroviarios, se suele argumentar, que estos presentan una menor siniestralidad, debido a las características propias del tráfico ferroviario.

### ***11.2.5. Túneles con tráfico en un solo sentido y en los dos sentidos.***

Los túneles con tráfico en dos sentidos, se presentan cuando solo se ha construido un único tubo y la carretera que lo transita tiene tráfico con doble sentido. En Navarra tenemos muchos túneles así.

Los túneles con un único sentido de circulación, son frecuentes en autovías y autopistas y su particularidad reside en que cada sentido de circulación, transita por un tubo diferente, es decir hay dos túneles, uno para cada sentido de circulación. Un ejemplo, lo tenemos, nuevamente, en los túneles de Urriza o en los de Azpiroz o los de Ferrería, todos ellos en la autovía que une Pamplona con San Sebastián. Este tipo de túneles son mucho más seguros para los usuarios, que los que son atravesados por doble sentido de circulación. También, en caso de incendio, este tipo de túneles, a los bomberos nos ofrecen menores dificultades, a la hora de intervenir en la extinción y el rescate.

Una característica del sentido de circulación del tráfico en los túneles, es el resultado del movimiento del aire por el denominado "efecto pistón". Los vehículos, al penetrar por la cavidad de un túnel, se comportan como si fueran un émbolo o pistón que empuja el aire existente en el interior del túnel, actuando este último como de cilindro. En un túnel con tráfico en un único sentido, las emboladas sucesivas que proporcionan los vehículos que lo atraviesan, generarán viento en el mismo sentido de circulación que los vehículos. Sin embargo, en un túnel con doble sentido de circulación, el viento debido a las emboladas de los vehículos será caótico, sin un sentido de circulación definido, puesto que las emboladas que producen los vehículos se contrarrestan.

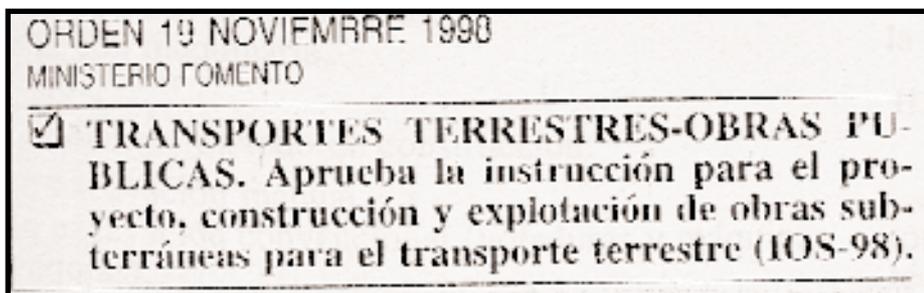
### ***11.2.6. Túneles revestidos y sin revestir.***

Los túneles sin revestir son aquellos en los que el terreno queda a la vista cuando los atravesamos. Suelen ser más usuales en terrenos duros rocosos, donde es difícil que se produzcan desprendimientos. Los revestidos, son los que tienen algún material que los aísla de la visión directa del terreno excavado. Este material puede ser, laminas impermeabilizadoras, chapa u hormigón. Los túneles revestidos con hormigón ofrecen, una protección adicional frente a los desconches o desprendimientos, una mayor resistencia estructural frente al fuego y un comportamiento del régimen de ventilación más laminar, con menores pérdidas de carga debidas a la fricción con las paredes.



## 11.3. *NORMATIVA SOBRE TÚNELES*

### 11.3.1. *La normativa Española. IOS-98.*



La norma española que regula las características de diseño y construcción que deben tener los túneles, es la "Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre" de 19 de noviembre del año 1998, conocida comúnmente como la IOS-98, que fue publicada en el BOE nº 287 de 1 de diciembre. Es una norma que regula tanto los túneles carreteros como los ferroviarios pero por separado. Aquí nos referiremos a lo relativo a carreteras. A pesar de ser una norma reciente, posee dos características que la definen: es incompleta e imprecisa. Esta instrucción técnica, se publicó unos meses antes de producirse el incendio del túnel del Montblanc (el incendio del Montblanc fue el 24 de marzo de 1999).

La seguridad contra incendios, se trata en el capítulo cinco de esta instrucción. Vamos a citar los principales párrafos de este capítulo (los cuales pondremos en letra cursiva).

*V.1 Consideraciones generales. La explotación de un túnel de carretera, exige la implantación de una serie de instalaciones que aseguren el adecuado nivel de servicio y seguridad, tanto en régimen normal, como en circunstancias excepcionales (accidentes, incendio...).*

*V.2 Sistemas de explotación. Estos sistemas se pueden clasificar en tres niveles: Nivel III: Túneles cortos o de poco tráfico que no requieren de ningún tipo de instalación específica.*

*Nivel II: Túneles que van a exigir un cierto tipo de instalaciones y de vigilancia particular con respecto al resto del trazado donde están inscritos (túneles de montaña de mediana longitud).*

*Nivel I: Túneles en los que por sus especiales condiciones, se va a necesitar una organización específica permanente (túneles de autopista, urbanos, etc.). Estos túneles dispondrán de una sala de control donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diferentes instalaciones del túnel.*

*Para los túneles de nivel I y II será preceptiva la redacción de un manual de explotación.*

Como podemos ver, en esta norma no se especifican las longitudes que tienen los túneles de los diferentes niveles, ni tampoco se concretan las instalaciones que deben tener.

*V.2.2.3 Ventilación. El estudio de ventilación de un túnel de carretera tendrá como fin reducir a límites aceptables la concentración de gases tóxicos y humos expulsados por los vehículos que circulen por el interior del túnel.....*

*Serán las condiciones del túnel y del tráfico a soportar las que determinen el sistema de ventilación artificial más adecuado para cada caso.*

*La necesidad de ventilación de un túnel a partir de una determinada longitud quedará fijada de acuerdo con el cuadro adjunto:*

Modo de circulación	Intensidad de tráfico	Longitud en metros
Un solo sentido	Alto	> 300
	Medio	> 500
	Bajo	> 1000
Doble sentido	Alto	> 100
	Medio	> 200
	Bajo	> 300

*El estudio de la ventilación del túnel tendrá en cuenta la posibilidad de actuación en caso de incendios en el interior.*

*III.2.3 Salvo justificación en contrario, en túneles paralelos de longitud mayor de un kilómetro se construirán conexiones entre ambos, a distancias y dimensiones adaptadas a las necesidades del tráfico o a otros objetivos de ventilación y seguridad.*

*V.2.2.5 Salidas de emergencia. Un túnel carretero a partir de los 2000 metros debe disponer de salidas de emergencia para utilizar en caso de accidente grave, incendio o vertido de materias peligrosas.....*

*Una alternativa a la galería de servicios podrá ser la habilitación de refugios adosados a los hastiales del túnel.*

Como vemos se condiciona la ventilación a la polución debida al tráfico y al final se cita que se tendrá en cuenta el caso de un incendio. Está claro, que si la ventilación se diseña para evacuar el humo de un incendio, la evacuación de la polución debida al tráfico, en condiciones normales de utilización del túnel, está asegurada. Luego



parece más razonable, que la ventilación se diseñe pensando en un posible incendio y no pensando en la utilización normal del túnel.

Como vemos, esta norma española exige ventilación artificial o forzada a partir de los 300 metros de longitud del túnel, si existe circulación en doble sentido y el tráfico es bajo. Pero ¿Qué se considera tráfico alto, medio y bajo?. La norma no lo indica.

La IOS-98, tampoco dice nada sobre las características de las instalaciones de lucha contra incendios, de las salidas de evacuación, etc. Admite los refugios como una alternativa a la galería de evacuación (galería de servicios), lo cual no es admisible bajo mi punto de vista.

Así pues, concluiremos, que esta norma ha quedado muy incompleta e imprecisa, en todo lo relativo a las condiciones de seguridad frente a incendios de los túneles españoles.

### ***11.3.2. La normativa Francesa.***

Citaremos aquí la norma francesa, por ser de reciente aparición, surgida a raíz del siniestro del incendio del túnel del Montblanc y por lo tanto, por ser la más puntera en materia de seguridad contra incendios. La norma francesa a la que nos referimos, es la Circular interministerial N° 2000-63 de 25 de agosto del 2000 relativa a la seguridad en los túneles de la red nacional de carreteras.

Aunque no entraremos a describirla en detalle, por ser muy extensa, si diremos que regula exhaustivamente el diseño y equipamiento de todos los elementos de seguridad de los túneles carreteros. Las instalaciones de extinción están bien definidas. Las salidas de evacuación se definen con gran precisión y la ventilación tiene un tratamiento especial. Esta norma, esta sirviendo en este momento, como referente para la construcción de los túneles en Navarra.

Una cuestión muy importante, es que establece un comité multidisciplinar para la redacción del proyecto de un túnel. En este comité están representados profesionales de muy diferentes sectores y muy especialmente los implicados en la seguridad (bomberos).

### ***11.3.3. Otras normativas.***

Existen más normativas en el ámbito internacional, como la norma alemana RABT del año 1994, que es muy cuidada en todo lo referente a ventilación, o la NFPA 502 estadounidense del año 1998, o la Japonesa del año 1991.

Actualmente, la Comunidad Europea está trabajando en una norma unificadora, que será de aplicación en todos los países miembros. Esta norma regulará, o es de

---

esperar que lo haga, todos los temas en materia de seguridad de túneles que están siendo en la actualidad tan cuestionados.

## ***11.4. INVENTARIO DE TÚNELES CARRETEROS EN NAVARRA***

### ***11.4.1. Relación de túneles carreteros existentes en Navarra.***

0. Belate
1. Almándoiz
2. Sumbilla
3. Larrakaitz
4. Bera
5. Aritxulegui
6. La Ferrería
8. Urriza
9. Azpiroz
10. Pagocelay
11. Atallo I
12. Atallo II
13. Estella
14. Azqueta
15. Lizarraga
16. Eugui
17. Aoiz
18. Nagore
19. Elcoaz
20. Orhi
21. Larra
22. Zuriza
23. El perdón
24. Ezcaba
25. Mugaire
26. Arrigaztelu
27. Oieregui



### 11.4.2. Mapa de situación.



---

## **11.5. INSTALACIONES DE UN TÚNEL.**

### **11.5.1 Denominaciones de las partes de un túnel.**

- Clave: Es la parte más alta del túnel.
- Gálibo: Es la altura libre que hay sobre la calzada o zona de circulación de vehículos. Siempre es menor que la altura de la clave.
- Hastiales: Son los laterales izquierdo y derecho del túnel. Suelen estar forrados con chapa, cuando el túnel no está revestido de hormigón.
- Bocas: Son los pórticos por los que se penetra y se sale del túnel.
- Calzadas: Es por donde ruedan los vehículos.
- Aceras: Si existen, son para el tránsito de personas.
- Cunetas: Son para recogida de líquidos de materias peligrosas.
- Apartaderos: Son sobrecanchos para paradas de emergencia de los vehículos.

### **11.5.2. Ventilación.**

La ventilación, esta constituida por el conjunto de ventiladores y conductos destinados a dirigir y canalizar el aire fresco y los humos. En los túneles con ventilación longitudinal, los ventiladores se colocan por parejas en la clave. Los ventiladores que se colocan suelen ser reversibles, para poder invertir el flujo. Es muy conveniente que sean resistentes al fuego. Existe la posibilidad de fabricarlos con una resistencia al fuego de 400° centígrados durante dos horas.

### **11.5.3. Iluminación.**

En los túneles existen dos tipos de iluminación, la de servicio normal y la de emergencia. La de servicio normal está constituida por una serie de lámparas de distintos tipos, que pueden ser graduadas en intensidad para que los conductores, tanto al entrar como al salir del túnel, adapten progresivamente el diafragma ocular y no resulten deslumbrados. Va colocada por encima de los hastiales del túnel. La iluminación de emergencia tiene por misión que el túnel no se quede a oscuras ante una falta de suministro eléctrico.

### **11.5.4. Cámaras televisión.**

Con las cámaras de televisión se controla visualmente, desde un centro de control, todo lo que sucede en el interior del túnel. Suelen ir colocadas por encima de los hastiales. Últimamente, se utilizan junto con un sistema automático de detección de incidentes (sistema DAI) mediante comparación de imágenes.



### ***11.5.5. Megafonía.***

Consiste en un conjunto de altavoces, colocados a partir de los hastiales. No suelen funcionar muy bien, porque se produce una reverberación muy fuerte dentro del túnel, que ocasiona que no se entiendan los mensajes que se quieren transmitir.

### ***11.5.6. Semáforos.***

Los semáforos suelen ir colocados por encima del gálibo, sobre sus carriles correspondientes. Sirven, lógicamente, para regular el tráfico. Si hay fuego, el centro de control los pondrá en rojo para cerrar la entrada al túnel.

### ***11.5.7. Paneles de información.***

Los paneles informativos, al igual que los semáforos van sobre la calzada por encima del gálibo. Son muy útiles para transmitir información en forma de mensajes escritos y dibujos. Dan mejor resultado que la megafonía

### ***11.5.8. Comunicaciones.***

Las comunicaciones vía radio en un túnel se pierden. Es por ello, que se instala un cable radiante, que sirve como de camino para las ondas electromagnéticas que emiten los talkys. Existe otro tipo de comunicaciones, que consisten en interfonos instalados en los postes SOS que hay en el túnel. Estos, tienen un pulsador, que si se oprime envía una llamada al centro de control. También tienen un micrófono y un altavoz para poder hablar y escuchar.

### ***11.5.9. Opacímetros.***

Los opacímetros tienen por misión detectar falta de visibilidad, producida por los humos emitidos por los escapes de los motores de los vehículos. Suelen ir colocados en los hastiales, no muy altos. Cuando detectan polución debida a los humos, accionan la ventilación de forma automática.

### ***11.5.10. Detección de incendios.***

Para la detección, se suele instalar, en la clave, a todo lo largo del túnel, un cable fibrolaser, que tiene la particularidad, de que al calentarse, cambian las condiciones de transmisión de la de luz que lo recorre. Esta detección, está resultando en la realidad muy tardía, detectándose el fuego antes por otros sistemas indirectamente (opacímetros, cámaras de TV, usuarios con teléfonos móviles).

### ***11.5.11. Extinción de incendios.***

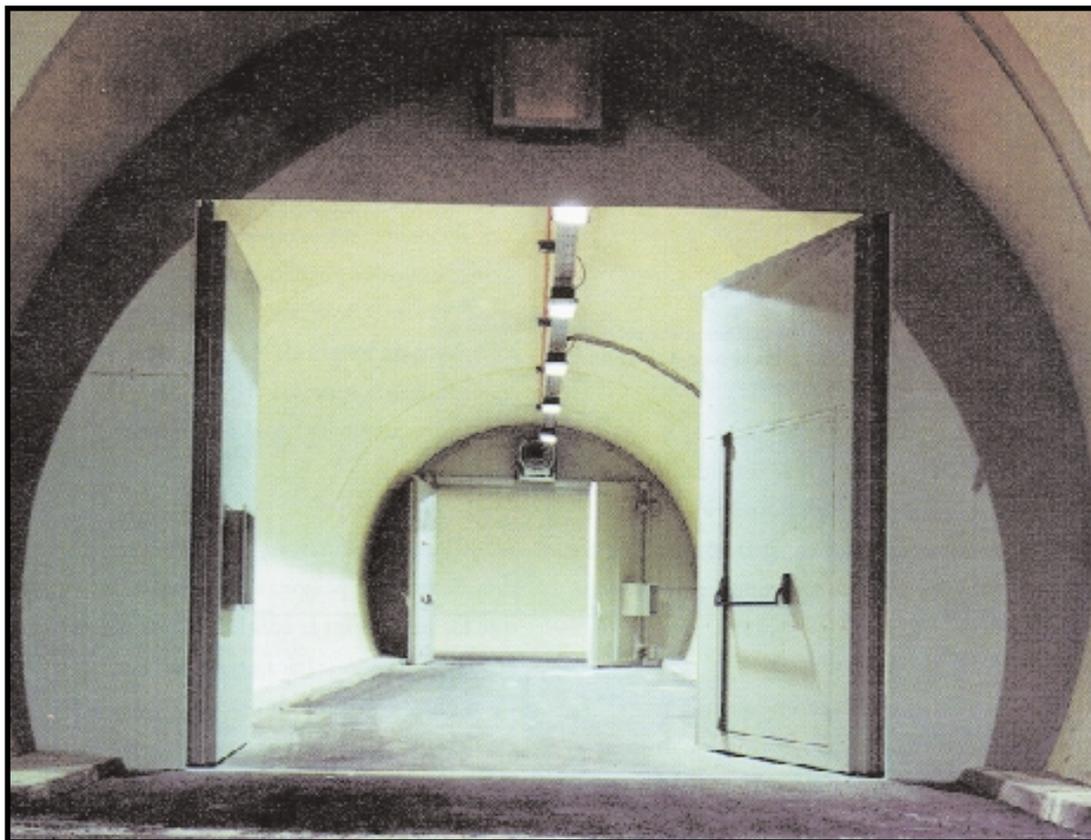
Las instalaciones de lucha contra incendios, constan, de una o dos fuentes de abastecimiento con su correspondiente equipo de bombeo y de unos armarios equipados con mangueras, lanzas, espumógeno y dosificador de espuma. Los armarios también suelen estar equipados con un extintor.

### ***11.5.12. Señalización de Emergencia.***

La señalización de emergencia, es la gran asignatura pendiente en los túneles, pues es muy escasa. Básicamente, hoy en día, consiste en un único pictograma puesto sobre la misma salida de evacuación, que es difícilmente distinguible a cierta distancia de él. Debería existir una señalización fotoluminescente a lo largo de todo el túnel, que indique las distancias a las salidas de evacuación más próximas en ambos sentidos.

### ***11.5.13. Salidas de evacuación.***

Las salidas de emergencia o de evacuación, son de vital importancia para los usuarios, pues constituyen la vía de escape más segura. No existen en todos los túneles. Deben estar correctamente señalizadas y tener puertas de paso para personas. En algunos casos se diseñan para que también pasen vehículos. En los túneles de dos tubos paralelos, comunican un tubo con el otro. En los túneles de un solo tubo, puede que den salida a una galería de servicio paralela al túnel o que suban verticalmente hacia la superficie del terreno. En bomberos de Navarra, creemos que a partir de una longitud de túnel de 500 metros deben existir salidas de evacuación cada 200 metros y sus puertas estar dotadas con barras antipánico, con mecanismo de cierre de la puerta automático.



*Salida de evacuación, para paso de vehículos y personas. Obsérvese la barra antipánico.*