



**AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA
AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES
JORNADA ACADÉMICA SOBRE TÚNELES EN COLOMBIA**

Bogotá - 18 de diciembre de 2012

Requisitos Mínimos de Seguridad

Manuel Cano (Director de la División de Carreteras de TYPESA)

Instalaciones de seguridad

Instalaciones de seguridad de túneles

- Sistema de Ventilación
- Sistema Eléctrico
- Sistema de Iluminación
- Sistema de Detección de Incendios
- Sistema de Extinción de Incendios
- Sistema de Comunicaciones
- Gestión Centraliza



Instalaciones de seguridad

Objetivos

- **Garantizar la seguridad del usuario**, tanto en situación de servicio como en caso de incidentes
- Permitir una **adecuada comunicación** entre los servicios de explotación del túnel y el usuario así como un uso óptimo de la infraestructura

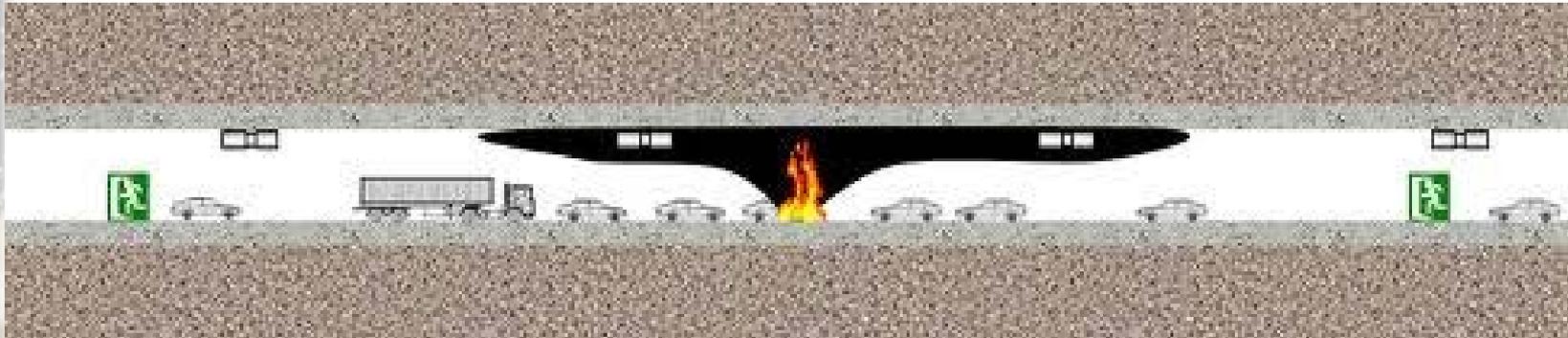


- Deben ser estudiados desde el inicio del proyecto ya que **su diseño puede tener una trascendencia sobre el diseño de la ingeniería civil**, principalmente en la definición de la sección transversal, el diseño de los caminos de evacuación en caso de incendio (galerías, escaleras, etc.), o el diseño de cuartos técnicos.

Sistema de Ventilación

objetivos

- **Asegurar las condiciones higiénicas en el interior del túnel** realizando la dilución de los contaminantes para mantenerlos a niveles inferiores a los requeridos por la reglamentación vigente (niveles CO₂, NO₂ y visibilidad)
- **Asegurar las condiciones de seguridad de los usuarios en caso de incendio**, manteniendo el humo fuera de las vías de evacuación



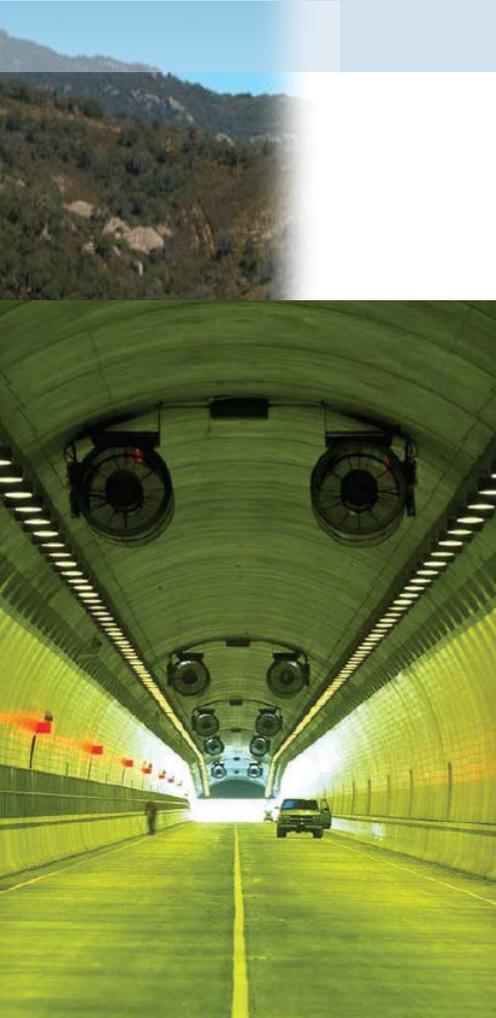
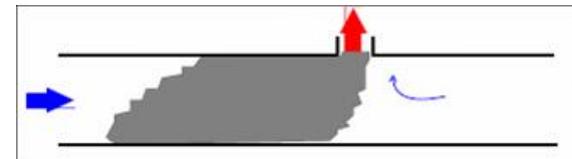
Sistema de Ventilación

Tipos de ventilación

- **Ventilación longitudinal:** consiste en movilizar longitudinalmente la masa de aire del interior del túnel de forma que el aire limpio se introduzca por la boca de entrada y el aire viciado salga por la boca de salida. El conducto de esta ventilación es el propio tubo por el que circula el tráfico y la masa de aire se pone en movimiento gracias a ventiladores (jets)



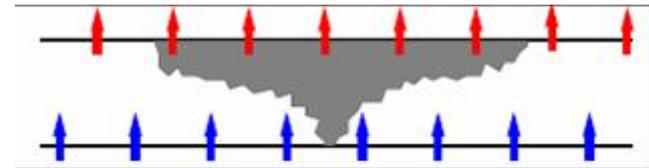
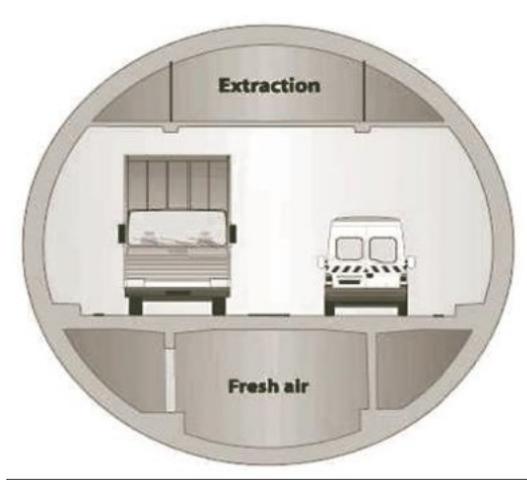
Cuando los túneles son urbanos o muy largos se requieren pozos de extracción intermedios.



Sistema de Ventilación

Tipos de ventilación

- **Ventilación transversal:** consiste en hacer circular transversalmente el aire el túnel entre sendos conductos anexos de impulsión y expulsión de aire. Teóricamente no existe circulación longitudinal de aire a través del espacio destinado a la circulación

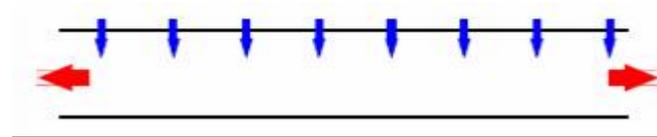


Ventajas: es el sistema más seguro al ofrecer un camino seguro para la evacuación, ya que los humos se extraen por la parte superior del túnel
Inconvenientes: este sistema demanda grandes espacios en la sección transversal al requerir la disposición de un conducto de impulsión de aire en la parte baja del túnel y otro conducto de extracción de aire en la parte alta del túnel

Sistema de Ventilación

Tipos de ventilación

- **Ventilación semi-transversal:** es aquella en la que el aire se impulsa (o extrae en caso de incendio) a través de un conducto y la expulsión (o entrada de aire en caso de incendio) se realiza por las bocas del túnel.



- Ventajas : tiene las ventajas del sistema transversal (extracción en caso de incendio por la parte superior, permitiendo una zona segura para la evacuación) **siendo la inversión más económica**
- Inconvenientes: según la longitud del túnel, **no siempre es posible que todo el caudal requerido de aire fresco pueda entrar por la boca del túnel**, requiriendo pozos de inmisión intermedios

Sistema de Ventilación

Datos que se precisan para el calculo del caudal requerido para ventilación

➤ Ventilación en servicio:

- ✓ Niveles máximos de concentración de contaminantes admitidos
- ✓ Clasificación del túnel: urbano o interurbano
- ✓ Datos geométricos del túnel (longitud, sección transversal, nº carriles)
- ✓ número y tipo de vehículos que pasan por el túnel (% vehículos pesados)
- ✓ Velocidad máxima de circulación
- ✓ Antigüedad del parque automovilístico en el año de inauguración
- ✓ Altura del túnel (a mayor altura más contaminación)

➤ Ventilación en caso de incendio: además de los datos anteriores es preciso acordar **la potencia de fuego** en función del tráfico esperado:

- ✓ 1 coche pasajeros 2.5 – 5 MW; 2-3 coches : 8MW
- ✓ 1 autobús: 10MW; 1 furgoneta: 15MW
- ✓ 1 camión: 20-30 MW; mercancías peligrosas: 30-250MW



Sistema eléctrico

Suministro eléctrico

El suministro eléctrico es indispensable para el funcionamiento de los equipamientos del túnel :

- Debe satisfacer las necesidades de potencia eléctrica requerida
- Debe ser un suministro fiable, redundante y protegido

Algunas de las medidas de diseño más adecuadas:

- Doble alimentación de la red pública
- Distribución en anillo
- Transformadores en paralelo
- Cableados protegidos, enterrados bajo acera.
- Crupo electrógeno capaz de suministrar una parte de la potencia en caso de fallo del suministro (por ejemplo sistema ventilación)
- SAI (ups) para equipos de seguridad (detección, comunicaciones)



Sistema de Iluminación

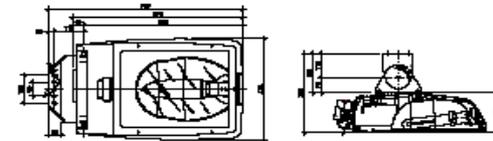
Alumbrado

El alumbrado es fundamental para asegurar el **confort y la seguridad** de los usuarios del túnel. Hay 3 tipos de alumbrado:



- **Alumbrado normal.** En su diseño hay que tener especial precaución en la zona de entrada y salida del túnel para evitar deslumbramientos.
- **Alumbrado de emergencia.** Es aquel que se mantiene encendido en caso de fallo del suministro eléctrico.
- **Alumbrado de guiado.** Es aquel que se sitúa en la parte baja del túnel y sirve para guiar a los usuarios hacia las salidas de emergencia

Tipos de luminarias:



- Fluorescentes: mediante líneas continuas de luminarias
- Proyectores instalados en la pared del túnel
- Leds: poco consumo energético, pero mayor inversión.
- En la elección del alumbrado hay que considerar el tipo de luz deseada, el tipo de mantenimiento y la inversión



Sistema de Detección de Incendios

Detección de incendios

- Los sistemas de detección de incendios son fundamentales para conocer la existencia de un incendio de una manera temprana, así como para localizar su posición, con el fin de activar los sistemas de emergencia
- Dentro del túnel se instalan **sistemas lineales** (cables térmicos) en la parte superior de las zonas de circulación. cuando el cable se quema, el sistema indica el PK dónde se ha producido el incendio



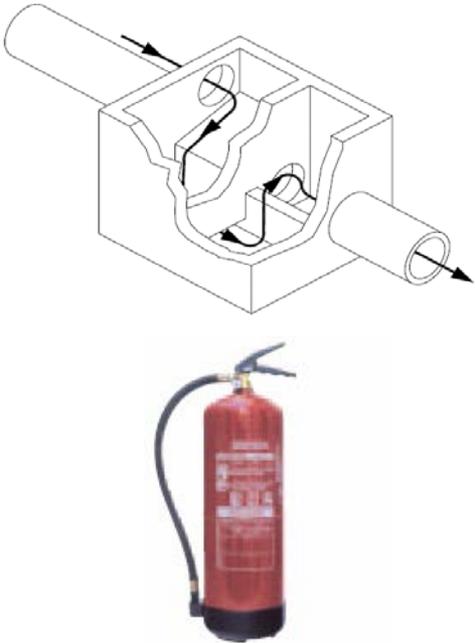
- Dentro de los cuartos técnicos se instalan **detectores puntuales**.

Sistema de Extinción de Incendios

Extinción de incendios

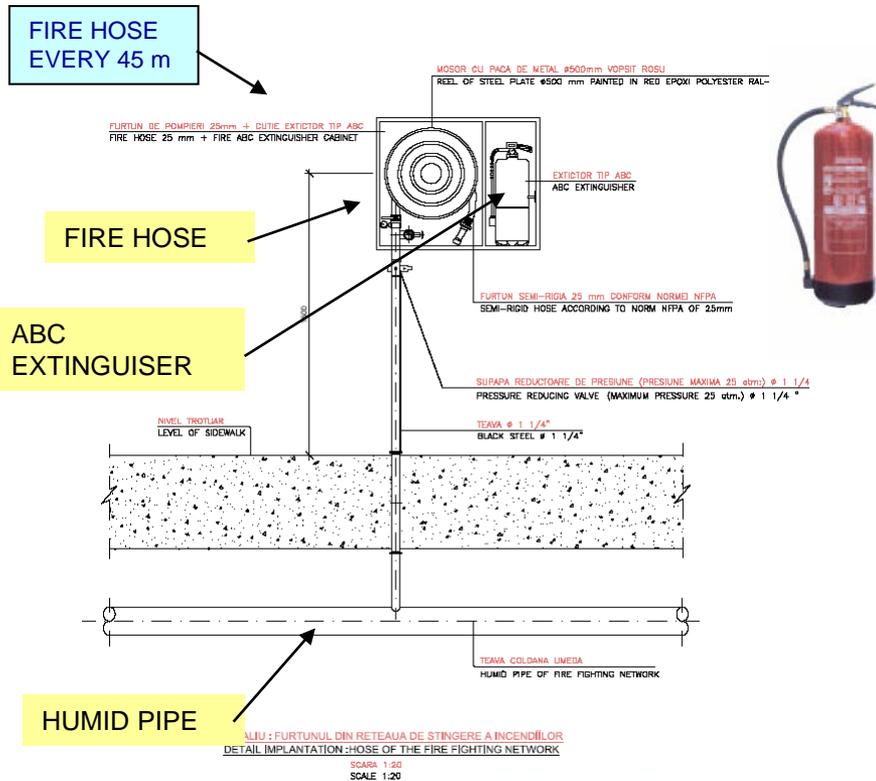
Los sistemas de extinción de incendios más usados son:

- **Arquetas antideflagrantes** que cortan la línea de fuego que generan los vertidos combustibles en los túneles
- **Extintores** repartidos por el túnel y cuartos técnicos
- **Bocas de incendios** equipadas con mangueras (bics) repartidas por el túnel, **para uso de los conductores**
- **Bocas de hidrantes**, repartidas por el túnel, **para uso de bomberos**
- En algunos túneles del mundo se utilizan instalaciones fijas de lucha contra incendios (**agua nebulizada o agua pulverizada**), pero su uso no está generalizado por su alta inversión

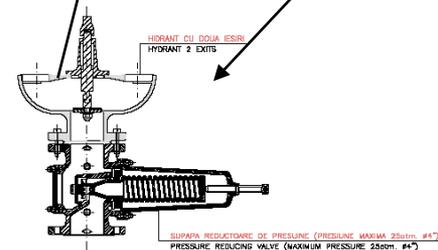
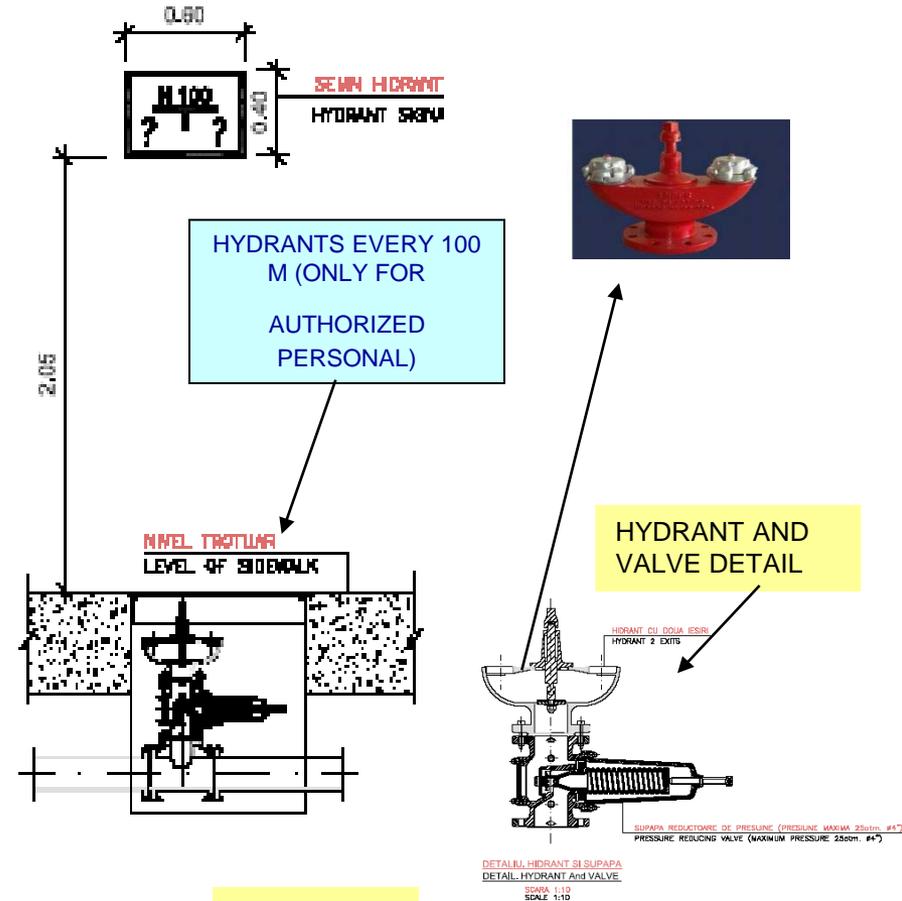


Sistema de Extinción de Incendios

Fire fighting details. Humid network

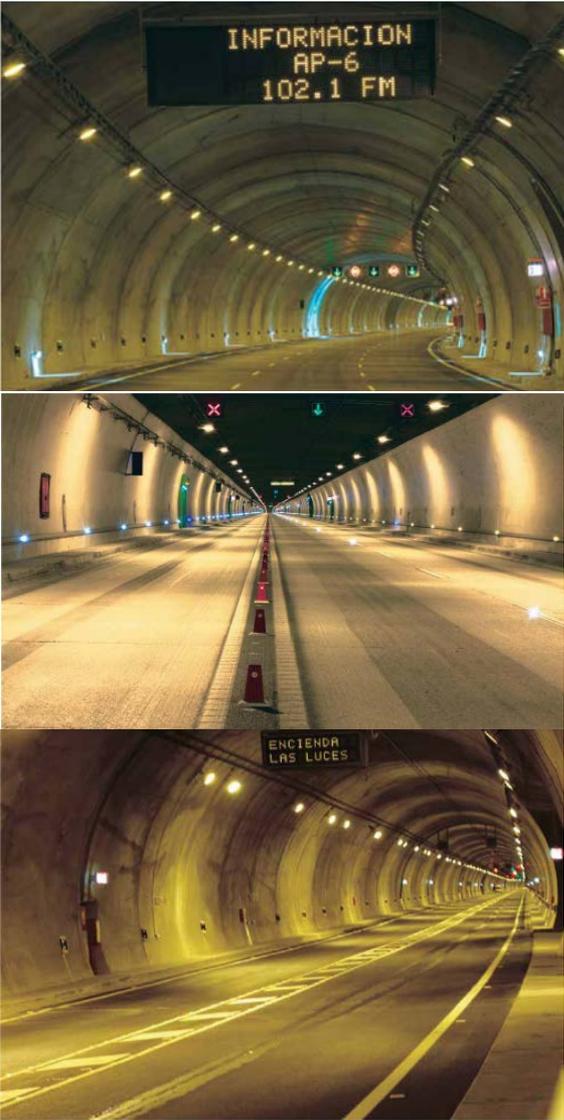


FIRE HOSE AND ABC EXTINGUISHER



HYDRANTS

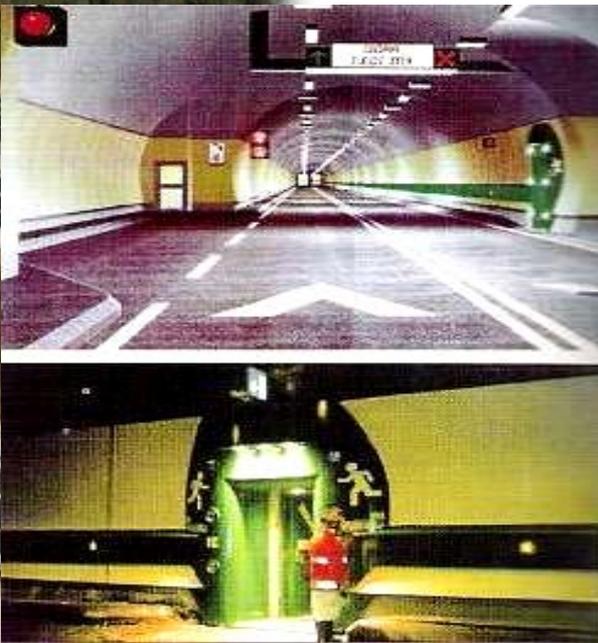
Sistema de Comunicaciones



Estos equipamientos comprenden:

- **Puestos de emergencia dotados de teléfono**, haciendo posible que el usuario pueda comunicarse con el centro de control del túnel y avisar de un incidente
- **Megafonía**. Hace posible que desde el centro de control se envíen mensajes de seguridad
- **Paneles fijos, paneles de mensajes variables, semáforos, barreras**. Constituyen otras maneras para que los usuarios puedan recibir mensajes desde el centro de control
- **Red de radio** para uso por los servicios de emergencia. Se trata de canales de radio destinados a los usuarios del túnel para recibir instrucciones relativas a la seguridad
- **Circuito cerrado de televisión**. A esta red es frecuente asociar un sistema **DAI** (detección automática de incidentes) que detecta de manera más eficaz los posibles problemas dentro del túnel.

Señalización fija y variable



➤ **La señalización** es vital para garantizar la adecuada circulación dentro del túnel, mantener informados a los usuarios a tiempo real y posibilitar evacuación en caso de incendio, permitiendo la identificación de las vías de evacuación

➤ Entre los diferentes elementos de señalización, figuran las siguientes:

- ✓ Paneles de señalización variable
- ✓ Semáforos
- ✓ Señalización fija
- ✓ Señalización de las salidas con bandas fotoluminiscentes
- ✓ Pintura en los hastiales o colocación de paneles prefabricados indicando los caminos de evacuación más cortos
- ✓ Luces de balizamiento luminoso en los bordillos de las aceras
- ✓ Barandilla o línea de vida, que permita asegurar el avance de los bomberos en el humo.
- ✓ Etc.

Gestión Centralizada

Gestión de control centralizado

Dependiendo principalmente de su longitud y volumen de tráfico, algunos túneles deben disponer de **un Centro de Control** donde se reciba toda la información del túnel y se transmitan las órdenes de funcionamiento de los equipamientos.

Los operadores deben estar muy formados para saber las medidas que deben tomarse en cada incidente y conocer a la perfección los **manuales de operación de cada túnel y el plan de autoprotección**.



Evacuación

Salidas de emergencia

- Deben situarse a cierta interdistancia dentro del túnel para permitir que el tiempo de evacuación sea lo menor posible. **Cuanto menor sea su distancia, mayor será el nivel de seguridad**
- Especial importancia que esa distancia sea lo menor posible cuando se utiliza el sistema de ventilación longitudinal. Se favorece la evacuación de los usuarios por delante del humo, en caso de que no hayan podido salir con su vehículo
- **La distancia varía entre 100 y 500 m** en función del riesgo (tipo de vehículos, tipo de ventilación, si hay comunicación entre operador y usuario para recibir instrucciones rápidas, etc.)
- Las salidas de emergencia deben estar libres de humos, por eso **se diseñan sistemas de presurización de las vías**
- **Tipos de salidas: salidas directas al exterior, salidas a galería de evacuación, conexiones transversales entre tubos de túnel**



Evacuación

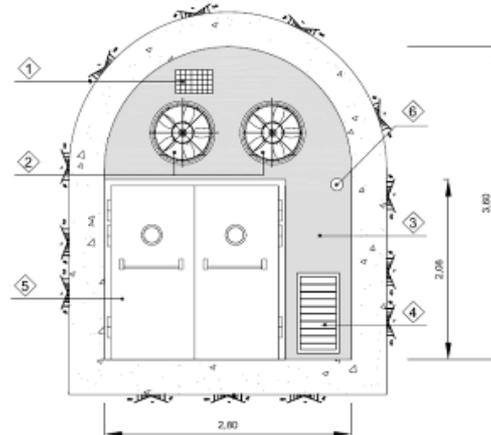
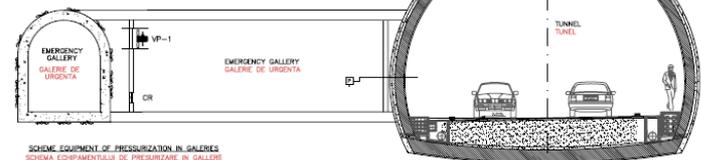


DIAGRAMA P. 2.1. PRESURIZACIÓN GALERÍAS.
SCHEMA P. 2.1. PRESURIZAREA GALERIILOR



SCHEMA EQUIPAMENTAU DE PRESURIZAREA IN GALERIE
SCHEMA ECHIPAMENTAU DE PRESURIZAREA IN GALERIILOR

- LEGENDA**
LEGENDA
- DIFFERENTIAL PRESSOSTAT / REGULATOR DE PRESURE DIFERENTIAL
 - VP-1 GALLERY PRESSURIZATION FAN / VENTILATOR DE PRESURIZAREA GALERIE
 - OR REGULATION FLOOD GATE / POARTA REGULARA

Requisitos Mínimos de Seguridad

Normativa

- 
- **Normativa europea: Directiva 2004/54/CE**
 - ✓ Obligatoria para todos los túneles de la red transeuropea de más de 500 m de longitud
 - ✓ Obliga a la existencia de un gestor de túnel y un responsable de seguridad
 - ✓ Obliga a elaborar informes de seguridad del túnel cada 2 años.
 - ✓ Indica los equipamientos mínimos que deben diseñarse en los túneles en función de su longitud y del número de vehículos por carril.

 - **Normativa española RD 635/2006**
 - ✓ Es la trasposición de la normativa europea al estado español.
 - ✓ Añade más requisitos a lo indicado en la normativa europea.

Requisitos Mínimos de Seguridad

RESUMEN INFORMATIVO DE LOS REQUISITOS MÍNIMOS			Tráfico ≤ 2 000 vehículos por carril		Tráfico > 2 000 vehículos por carril			Otras condiciones para que la aplicación sea obligatoria, o comentarios
			500-1 000 m	> 1 000m	500-1 000m	1 000-3 000m	> 3 000m	
Medidas estructurales	Dos o más tubos	§2.1						Obligatorio si una previsión a 15 años muestra que el tráfico > 10 000 vehículos por carril
	Pendiente ≤ 5 %	§2.2	*	*	*	*	*	Obligatorio a menos que no sea geográficamente factible.
	Pasarelas de evacuación	§2.3.1 §2.3.2	*	*	*	*	*	Obligatorio si no hay carril de emergencia, salvo que se respete la condición del punto 2.3.1. En los túneles ya existentes que no tengan ni carril de emergencia ni pasarela de evacuación, se tomarán medidas adicionales o más estrictas
	Salidas de emergencia cada 500 m como mínimo	§2.3.3 - §2.3.9	○	○	*	*	*	La habilitación de las salidas de emergencia en los túneles existentes debe evaluarse según cada caso particular
	Conexiones transversales para los servicios de emergencia cada 1 500 m como mínimo	§2.4.1	○	○ / ●	○	○ / ●	●	Obligatorio en los túneles de 2 tubos > 1 500 m
	Cruce de la mediana fuera de cada boca	§2.4.2	●	●	●	●	●	Obligatorio fuera de los túneles de 2 o más tubos siempre que sea geográficamente factible
	Apartaderos cada 1 000 m como mínimo	§2.5	○	○	○	○ / ●	○ / ●	Obligatorio en los túneles bidireccionales nuevos > 1 500 m sin carril de emergencia. En los túneles bidireccionales existentes > 1 500 m dependerá del análisis. Tanto para los túneles nuevos como para los existentes dependerá de la anchura del túnel suplementaria aprovechable
	Drenaje de líquidos tóxicos e inflamables	§2.6	*	*	*	*	*	Obligatorio si se permite el transporte de mercancías peligrosas
Resistencia de las estructuras al fuego	§2.7	●	●	●	●	●	Obligatorio si un derrumbamiento local puede tener consecuencias catastróficas	

● obligatorio para todos los túneles
* obligatorio con excepciones

○ no obligatorio
◐ recomendado

Requisitos Mínimos de Seguridad

RESUMEN INFORMATIVO DE LOS REQUISITOS MÍNIMOS

			Tráfico ≤ 2 000 vehículos por carril		Tráfico > 2 000 vehículos por carril			Otras condiciones para que la aplicación sea obligatoria, o comentarios
			500-1 000m	> 1 000m	500-1 000m	1 000-3 000m	> 3 000m	
Iluminación	Iluminación normal	§2.8.1	●	●	●	●	●	
	Iluminación de seguridad	§2.8.2	●	●	●	●	●	
	Iluminación de evacuación	§2.8.3	●	●	●	●	●	
Ventilación	Ventilación mecánica	§2.9	○	○	○	●	●	
	Disposiciones especiales respecto de la ventilación transversal o semitransversal	§2.9.5	○	○	○	○	●	Obligatorio en los túneles bidireccionales dotados de un centro de control
Estaciones de emergencia	Cada 150 m como mínimo	§2.10	*	*	*	*	*	Equipadas con un teléfono y 2 extintores. En los túneles existentes se permite un intervalo máximo de 250 m
Abastecimiento de agua	Cada 250 m como mínimo	§2.11	●	●	●	●	●	Si no se dispone de suministro, es obligatorio conseguir otro tipo de abastecimiento de agua suficiente
Señales viales		§2.12	●	●	●	●	●	Para todos los equipos de seguridad que estén a disposición de los usuarios del túnel (véase el anexo III)
Centro de control		§2.13	○	○	○	○	●	La vigilancia de varios túneles podrá estar centralizada en un único centro de control
Sistemas de vigilancia	Vídeo	§2.14	○	○	○	○	●	Obligatorio si hay un centro de control
	Detección automática de incidentes y/o de incendios	§2.14	●	●	●	●	●	Al menos uno de los dos sistemas es obligatorio en los túneles dotados de un centro de control
Equipos para el cierre del túnel	Semáforos antes de las entradas	§2.15.1	○	●	○	●	●	
	Semáforos dentro del túnel cada 1 000 m como mínimo	§2.15.2	○	○	○	○	●	Recomendado si se dispone de un centro de control y la longitud es superior a 3 000 m

Requisitos Mínimos de Seguridad

RESUMEN INFORMATIVO DE LOS REQUISITOS MÍNIMOS

			Tráfico ≤ 2 000 vehículos por carril		Tráfico > 2 000 vehículos por carril			Otras condiciones para que la aplicación sea obligatoria, o comentarios
			500-1 000 m	> 1 000 m	500-1 000 m	1 000-3 000 m	> 3 000 m	
Sistemas de comunicación	Transmisión por radio para los servicios de emergencia	§2.16.1	○	○	○	●	●	
	Mensajes de emergencia por radio para los usuarios del túnel	§2.16.2	●	●	●	●	●	Obligatorio si hay transmisiones por radio destinadas a los usuarios del túnel y se dispone de un centro de control
	Altavoces en los refugios y las salidas	§2.16.3	●	●	●	●	●	Obligatorio si los usuarios que evacuan el túnel deben esperar antes de poder llegar al exterior
Suministro de electricidad de emergencia		§2.17	●	●	●	●	●	Para garantizar el funcionamiento del equipo de seguridad indispensable al menos durante la evacuación de los usuarios del túnel
Resistencia de los equipos al fuego		§2.18	●	●	●	●	●	Tendrá como finalidad mantener las necesarias funciones de seguridad

Requisitos Mínimos de Seguridad

Recomendaciones

➤ PIARC

- ✓ Recomendaciones a nivel internacional.
- ✓ Los informes se desarrollan durante los 4 años que trabaja cada comité
- ✓ Muy útil para estudiar la experiencia de otros países en la equipamiento de túneles.
- ✓ Muy interesantes los informes del año 1999: *fire and smoke control in road tunnels*, y del año 2007: *Systems and equipment for fire and smoke control in road tunnels*

➤ CETU

- ✓ Normativa francesa.
- ✓ Muy útil para el diseño de los sistemas de ventilación. Explica los sistemas más adecuados para cada tipo de túnel y explica cómo se realizan los cálculos.



AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA
AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES
JORNADA ACADÉMICA SOBRE TÚNELES EN COLOMBIA
Bogotá - 18 de diciembre de 2012

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

