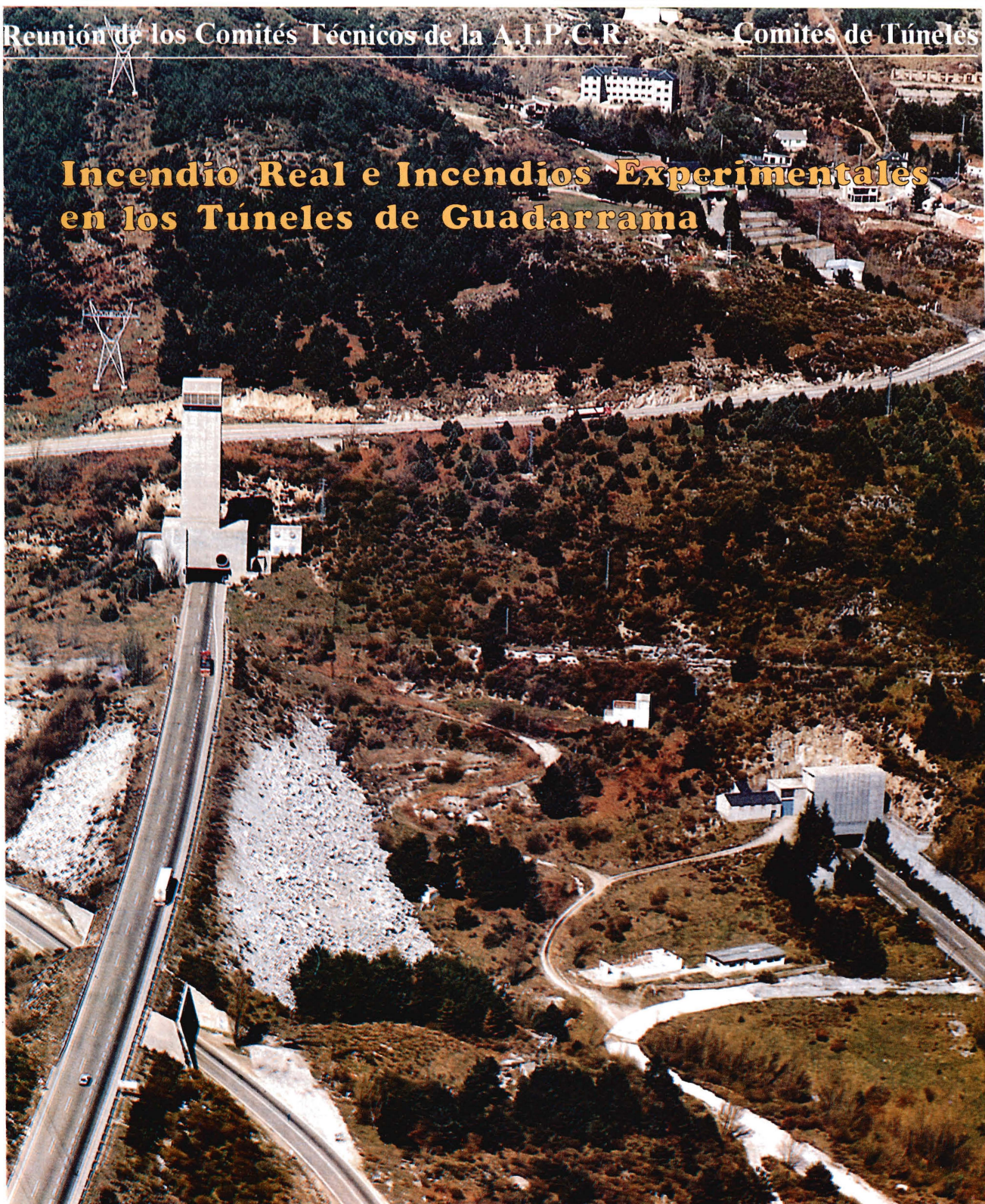


Reunión de los Comités Técnicos de la A.I.P.C.R.

Comités de Túneles

Incendio Real e Incendios Experimentales en los Túneles de Guadarrama



Túnel de Guadarrama

Datos del trabajo: 1961-63 (TUNEL I). 1969-71 (TUNEL II).

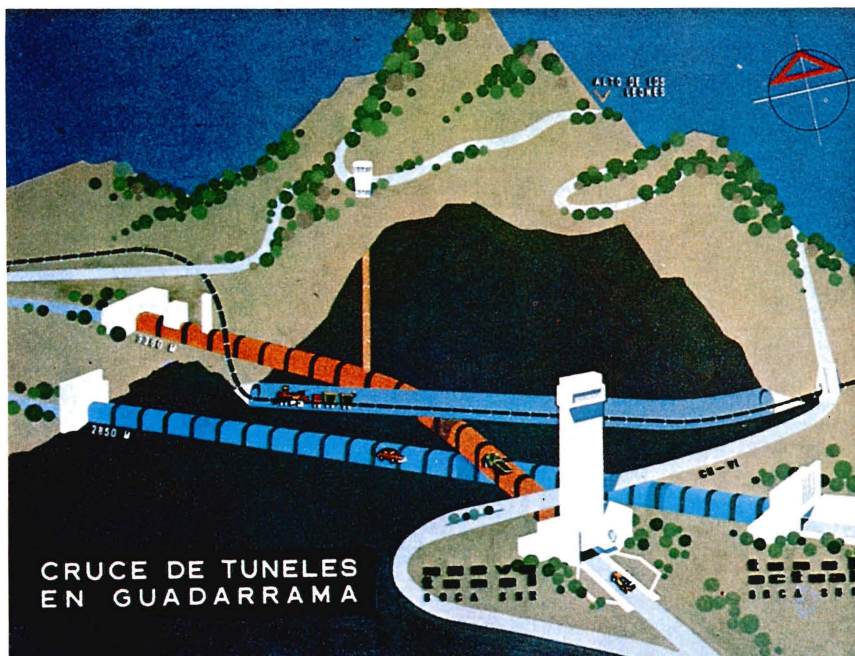
Datos de puesta en servicio: 4.12.63 (TUNEL I). 17.7.72 (TUNEL II).

Longitud de la obra: Tubo 1, 2.870 m.

Longitud de la obra: Tubo 2, 3.330 m.

Clase de itinerario: CARRETERA NACIONAL. AUTOPISTA DE PEAJE A-6.

Tipo de ventilación: TRANSVERSAL (TUNEL I). SEMITRANSVERSAL (TUNEL II).



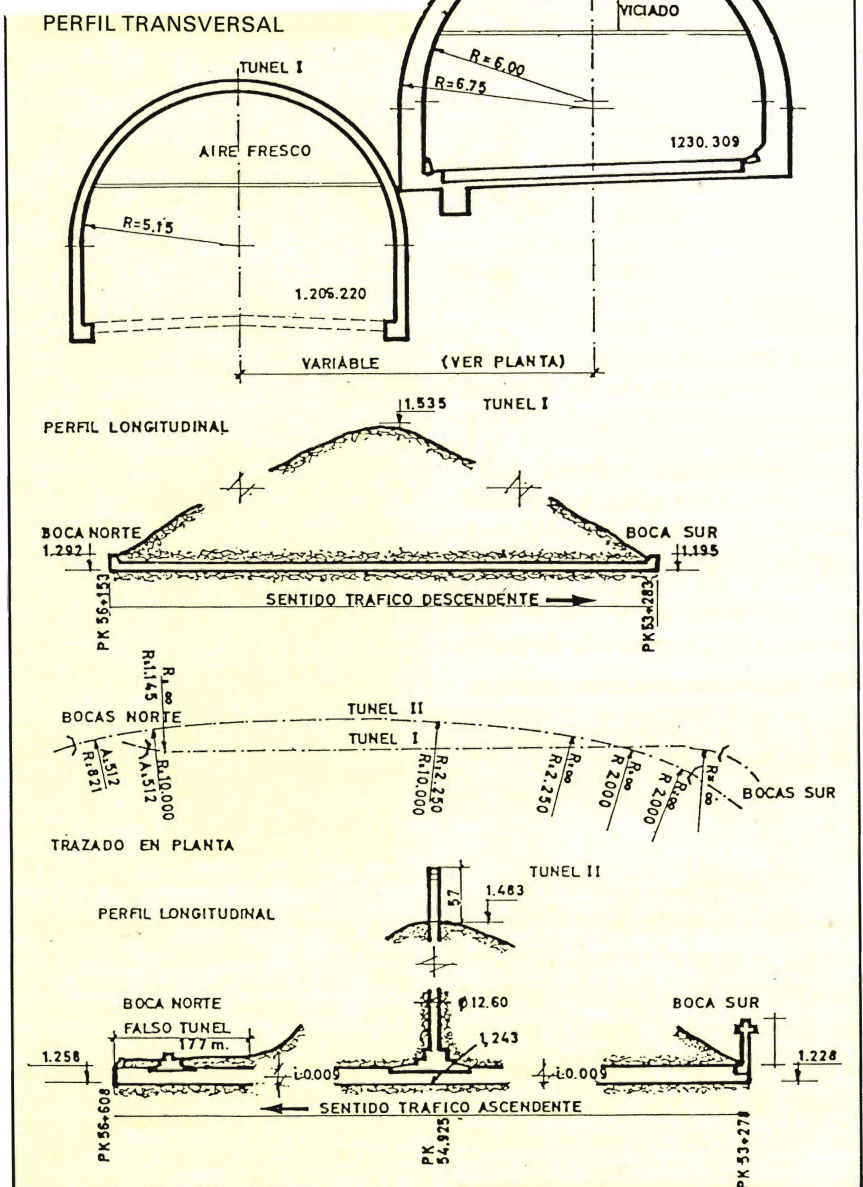
“**L**os túneles de Guadarrama se encuentran emplazados en la sierra de su mismo nombre, formando parte de la Autopista A-6, como itinerario que comunica la ciudad de Madrid con el noroeste de la península Ibérica.”

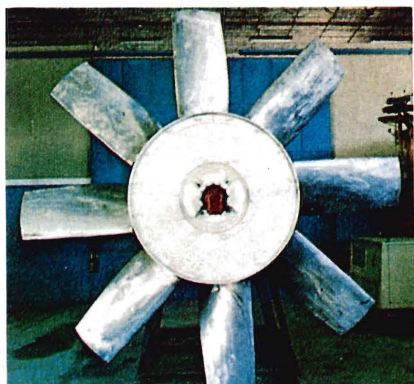
Introducción

LOS túneles de Guadarrama se encuentran emplazados en la sierra de su mismo nombre, formando parte de la Autopista A-6, como itinerario que comunica la ciudad de Madrid con el noroeste de la península Ibérica, su trazado y características físicas son las que se indican en los esquemas adjuntos, en los cuales se ha indicado como túnel I, aquél en que el sentido de circulación se efectúa en dirección Madrid (Sur), y el túnel II en el que la circulación se desarrolla en dirección La Coruña (Norte), denominando boca norte, la que se encuentra —como es lógico— en la ladera norte de la sierra y boca sur, la que se sitúa en el lado sur, siendo esta misma terminología la que utilizaré en lo sucesivo.

Ambos túneles están equipados con ventilación forzada y considerando que la ventilación es uno de los elementos básicos sobre los que se debe actuar en el caso de un incendio, estimo conveniente iniciar esta exposición con un conocimiento de los circuitos de ventilación en ambos túneles y la forma en que dicha ventilación funciona en condiciones normales.

Los circuitos de ventilación son los que se indican en el esquema adjunto y sus características técnicas las que se indican en el cuadro



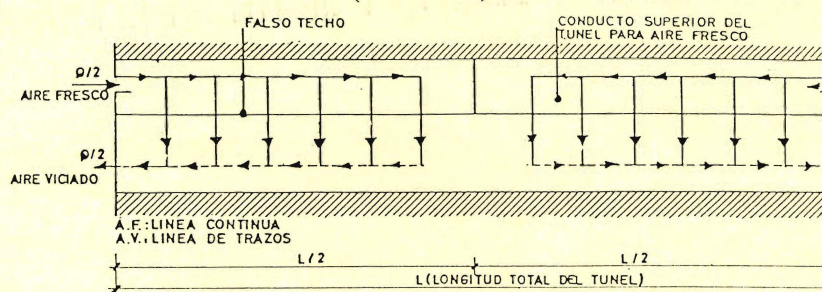


número uno, de tal forma que en el túnel I la conducción de aire fresco se realiza por el conducto que queda entre el falso techo y la bóveda del túnel y la expulsión del aire viciado tiene lugar por las bocas de la galería de circulación, y en el túnel II funciona con un sistema de ventilación semitransversal-transversal combinada, con una estación en cada boca del túnel (dos ventiladores de impulsión y uno de aspiración en cada una), y una estación con pozo central con cuatro ventiladores de impulsión y cuatro de aspiración, dos de ellos de extracción directa de la galería de circulación y los otros dos de extracción del conducto superior del falso techo actuando los de impulsión siempre a través del conducto superior del falso techo. En ambos casos, el aire fresco pasa a la galería de circulación a través de unas bocas con las características y distribución que se señalan en el cuadro número dos.

El pozo central es un conducto vertical de sección circular revestido de hormigón, con un diámetro de 12,60 m, que se conecta con una torre de 57 m de altura situada en la cumbre de la montaña.

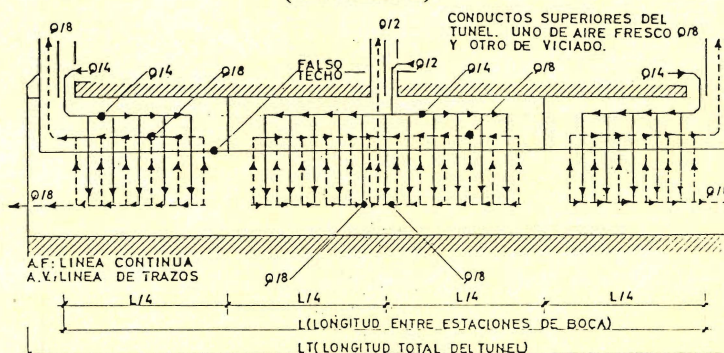
“En el túnel I la conducción de aire fresco se realiza por el conducto que queda entre el falso techo y la bóveda del túnel y la expulsión del aire viciado tiene lugar por las bocas de la galería de circulación.”

ESQUEMA DE LOS CIRCUITOS DE AIRE FRESCO Y VICIADO (TUNEL I)



NUMERO DE VENTILADORES Y CAUDAL UNITARIO	AF	TUBO 1	2	2 (100 m ³ /seg.)
	AV	TUBO 1		
VELOCIDAD DE SOPLADO EN LAS GALERIAS	AF	TUBO 1	9 m/seg.	
	AF	TUBO 2		
	AV	TUBO 1		
	AV	TUBO 2		

ESQUEMA DE LOS CIRCUITOS DE AIRE FRESCO Y VICIADO (TUNEL II)



NUMERO DE VENTILADORES Y CAUDAL UNITARIO	AF	TUBO 1		
	AF	TUBO 2	2	4 2 (162,5 m ³ /seg.)
	AV	TUBO 1		
	AV	TUBO 2	1	4 1 (162,5 m ³ /seg.)
VELOCIDAD DE SOPLADO EN LAS GALERIAS	AF	TUBO 1		
	AF	TUBO 2	23,00 m/seg.	
	AV	TUBO 1		
	AV	TUBO 2	23,00 m/seg.	
VELOCIDAD DE SOPLADO EN LOS POZOS	AF	TUBO 1		
	AF	TUBO 2	10,70 m/seg.	
	AV	TUBO 1		
	AV	TUBO 2	10,70 m/seg.	

Los ventiladores instalados proporcionan un caudal variable de aire mediante la variación de la posición de los alabes y el cambio de régimen de marcha en revoluciones por minuto, lo cual se comanda de forma manual o automática en función de los datos aportados por los analizadores de CO y los opacímetros, que están

distribuidos a lo largo de la galería de circulación en número de tres para el túnel I y de cuatro para el túnel II, predominando sobre el mando cualquiera de los dos parámetros que alcance en primer lugar los valores establecidos, que se han fijado en 50 ppm. para el CO y 38% para la opacidad.

Generalmente, en el túnel I por

CUADRO N.º 1 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA VENTILACION

		TUBO 1		TUBO 2	
		A.F.	A.V.	A.F.	A.V.
VENTILADORES	FABRICANTE	DINGLER-ALEMANIA TURBO-LUFTTECHNIK-ALEMANIA			
	TIPO	AXIAL CON ALABES REGULABLES DURANTE LA MARCHA. IDEM.			
	CAUDAL	100 m³/seg.	-	162,5 m³/seg.	162,5 m³/seg.
	PRESIÓN AL EMPUJE	25 mm. C.A.	-	67 mm. C.A.	67 mm. C.A.
	POTENCIA	73,6 Kw.	-	146 Kw.	146 Kw.
	REGIMENES Y CAUDALES	1.500 rpm.-100 m³/seg.	-	1.500 rpm.-162,5 m³/seg.	1.500 rpm.-162,5 m³/seg.
	ENCOMBREMEN	2.800 × 3.000 × 1.900	-	2.800 × 3.400 × 1.900	2.800 × 3.400 × 1.900
	FIJACION DE ALABES	VARIABLE	-	VARIABLE	VARIABLE
MOTORES	FABRICANTE	SIEMENS-ESPAÑA GENERAL ELECTRICA ESPAÑOLA			
	TIPO	ASINCRONO DE POLOS CONMUTABLES IDEM.			
	POTENCIA	73,6 Kw.	-	146/19 Kw.	146/19 Kw.
	TENSION	380/220 V., 50 Hz.	-	380 V., 50 Hz.	380 V., 50 Hz.
	VELOCIDAD	1.500 rpm	-	1.500/750 rpm.	1.500/750 rpm.
	PUESTA EN MARCHA	ESTRELLA TRIANGULO	-	CORTOCIRCUITO	CORTOCIRCUITO



la Autopista A-6, decide abordar unos grupos de ensayos mediante incendios simulados con el objetivo de determinar la forma más

“**G**eneralmente, en el túnel I por tratarse de un túnel con tráfico descendente en el sentido de la pendiente geométrica longitudinal y con una corriente natural de importancia, no es preciso que la ventilación esté conectada.”

tratarse de un túnel con tráfico descendente en el sentido de la pendiente geométrica longitudinal y con una corriente natural de importancia, no es preciso que la ventilación esté conectada, siendo únicamente preciso acudir a ella en determinadas condiciones climáticas de presión y temperatura.

Incendios experimentales

En el año mil novecientos ochenta y tres, IBERPISTAS, S.A. como Sociedad Concesionaria de

CUADRO N.º 2 CARACTERISTICAS Y DISTRIBUCION DE BOCAS DE VENTILACION

Bocas de Ventilación	Emplazamiento	falso techo ambos laterales	-	falso techo lateral izquierdo	falso techo lateral derecho
	Espaciamiento	6 m. longitudinalmente	-	3 m. longitudinalmente	3 m. longitudinalmente
	Sección	80 × 17 cm.	-	70 × 15 cm.	70 × 15 cm.
	Forma	rectangular	-	rectangular	rectangular
	Caudal	variable	-	variable	variable
	Velocidad del aire	6 m/seg.	-	12,5 m/seg.	12,5 m/seg.

“**A** efectos de ventilación, la longitud total del túnel (3.319 m) se encuentra subdividida en cuatro zonas, con dos estaciones en las bocas del túnel y una estación doble con pozo situada en el centro del túnel.”

adecuada de conectar el sistema de ventilación forzada existente en el caso de producirse un incendio en el interior de los túneles, los cuales se realizan en presencia de representantes cualificados de la Dirección General de Carreteras, para finalmente redactar un plan de actuación sistemático y someterlo a la aprobación de la mencionada Dirección General de Carreteras.

En este sentido se realizan dos grupos de ensayos en el túnel II y uno en el túnel I, los dos primeros los días veinticinco de Marzo y doce de Diciembre de 1983 y el tercero el día cinco de Octubre de 1984.

Primer incendio experimental en el túnel II

A efectos de ventilación, la longitud total del túnel (3.319 m) se encuentra subdividida en cuatro zonas, con dos estaciones en las bocas del túnel y una estación doble con pozo situada en el centro del túnel.

La circulación del aire producida por la ventilación se efectúa según se indica en el croquis longitudinal y secciones transversales que se adjuntan.

Cada uno de los catorce ventiladores existentes puede funcionar en régimen de mil quinientas y setecientas cincuenta revoluciones por minuto, pudiendo en cada caso variar la posición de los alabes para modificar el caudal aportado, como máximo es de ochenta metros cúbicos por segundo para el primer caso y de ciento sesenta para el segundo.

La comunicación entre los conductos de aire limpio y aire vicia-



FIGURA 1

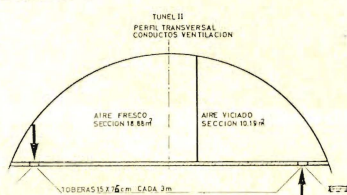
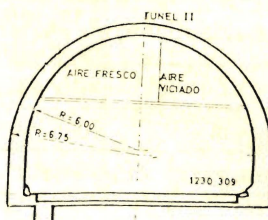


FIGURA 2



do con la galería de circulación se efectúa a través de una serie de bocas dispuestas en el falso techo con separación longitudinal de tres metros y dimensiones de setenta y cinco por quince centímetros. Cada una de estas bocas dispone de una compuerta de corredera que permite regular la sección abierta en función de su distancia a la estación de ventilación, de manera que se encuentran tanto más abiertas cuanto más se alejan de la estación de ventilación a efectos de equilibrar el caudal aportado individualmente.

La regulación normal de estas compuertas es la reflejada en el cuadro número tres.

En situación normal de tráfico los ventiladores funcionan en régimen de setecientas cincuenta revoluciones por minuto, siendo co-



mandados automáticamente a través del control de opacidad y analizadores de monóxido de carbono, cuya señal posiciona los alabes en el valor adecuado o incluso conecta el régimen de mil quinientas revoluciones. Asimismo, y si fuera necesario, el sistema puede ser comandado manualmente.

En el grupo de ensayos realizado el elemento de combustión ha consistido en una bandeja metálica cuadrada de dos metros de lado conteniendo veinticinco litros de gasóleo, cinco litros de gasolina y varias cubiertas de automóvil. Se efectuarán cuatro ensayos con los resultados que se exponen en el texto a continuación:

Ensayo número uno

Se realiza en el cuarto de túnel correspondiente a medio norte, situando la combustión a la altura de la boca de ventilación número setenta, es decir a doscientos metros aproximadamente de la cámara central.

Las bocas de ventilación desde la cero a la ciento cuarenta se han abierto al máximo con el objeto de permitir la eliminación del humo a través de ella y previendo la instalación de un sistema automático que permitiera su apertura inmediata en caso de siniestro.

Los cuatro ventiladores que

controlan este cuarto de túnel se han conectado de manera que se detenga el ventilador que aspira directamente de la galería de circulación, a efectos de eliminar la corriente longitudinal que se produciría hacia la cámara central. Se sitúa en máxima potencia el ventilador que aspira directamente del conducto de aire viciado, lo que supone mover entre ciento cincuenta y ciento sesenta metros cúbicos por segundo. Los dos ventiladores de impulsión se sitúan de manera que introduzcan entre ambos el mismo caudal que es aspirado por el otro ventilador, protegiendo de esta manera del calor las instalaciones eléctricas existentes en el conducto de aire limpio y favorecer el movimiento transversal del aire en la galería de circulación.

En el momento de iniciarse la combustión la velocidad del aire en la galería de circulación es de tres metros por segundo, en el sentido norte-sur, observándose variaciones de importancia en breves espacios de tiempo.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico en el túnel.
- minuto 06: se inicia la combustión.
- minuto 09: se conecta la ventilación en la forma descrita.

**CUADRO N.º 3:
ABERTURA NORMAL DE BOCAS DE VENTILACION**
ABERTURA LONGITUDINAL EN MM.

	GRUPO DE TOBERAS	CUARTO NORTE	CUARTO CENTRO NORTE	CUARTO CENTRO SUR	CUARTO SUR
AIRE FRESCO	0 a 25	565	585	585	565
	25 a 50	590	610	610	590
	50 a 75	615	635	635	615
	75 a 100	645	660	660	645
	100 a 125	665	670	670	665
	125 a 150	695	700	700	695
	150 a 175	720	720	720	720
	175 a 200	730	730	730	730
	200 a 230	740	740	740	740
	230 a 262	750	750	750	750
AIRE VICIADO	0 a 140	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
	140 a 160	460	460	460	460
	160 a 180	565	565	565	565
	180 a 200	650	650	650	650
	200 a 220	695	695	695	695
	200 a 240	724	724	724	724
	240 a 262	740	740	740	740
ESTACION DE VENTILACION		NORTE		CENTRO	SUR
DISTRIBUCION DE TOBERAS		0 —————> 262	262 <———— 0	0 —————> 262	262 <———— 0



“**L**a velocidad de producción de humo en un incendio declarado es muy superior a la capacidad de extracción a través de las bocas de ventilación existentes en el falso techo.”

El desplazamiento del humo se produce en gran parte por la galería de circulación desde el punto de combustión hacia la cámara central.

– minuto 14: se extingue la combustión.

El humo sobrepasa la cámara central hacia sur.

– minuto 24: la ventilación de centro norte se sitúa en posición normal.

No existe humo en centro norte, habiendo rebasado la cámara central en su totalidad.

– minuto 30: se conecta ventilación a máxima potencia en centro sur.

El humo ha llegado a trescientos metros de la cámara central hacia sur, pero su densidad es pequeña permitiendo la visibilidad y la respiración.

– minuto 35: el humo se ha disipado y se repone el tráfico.

– minuto 40: se normaliza la ventilación de centro sur.

Ensayo número dos

Este ensayo se realiza en el cuarto correspondiente a norte, situando la combustión a la altura de la boca de ventilación número setenta, es decir a doscientos metros aproximadamente de la boca norte del túnel.

Las bocas de ventilación desde la cero a la ciento cuarenta se han abierto al máximo por las mismas razones expuestas en el ensayo número uno.

Los tres ventiladores que controlan este cuarto túnel se han co-

nectado de manera que el ventilador de aspiración funciona a la máxima potencia, consiguiendo un caudal de ciento cincuenta a ciento sesenta metros cúbicos por minuto y los de impulsión se regulan de manera que entre los dos consigan un caudal de aire equivalente al de aspiración, tratando de eliminar la corriente natural forzada que en condiciones normales se produce hacia la boca norte.

En el momento de iniciarse la combustión existe en la galería de circulación una corriente longitudinal norte-sur con velocidad de dos metros por segundo, distorsionando la producida por la ventilación en su conexión normal, lo que pone de manifiesto que la corriente natural, en ese momento, era capaz de invertir el sentido de circulación del aire producido por la ventilación.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

– minuto 00: corte de tráfico en el túnel.

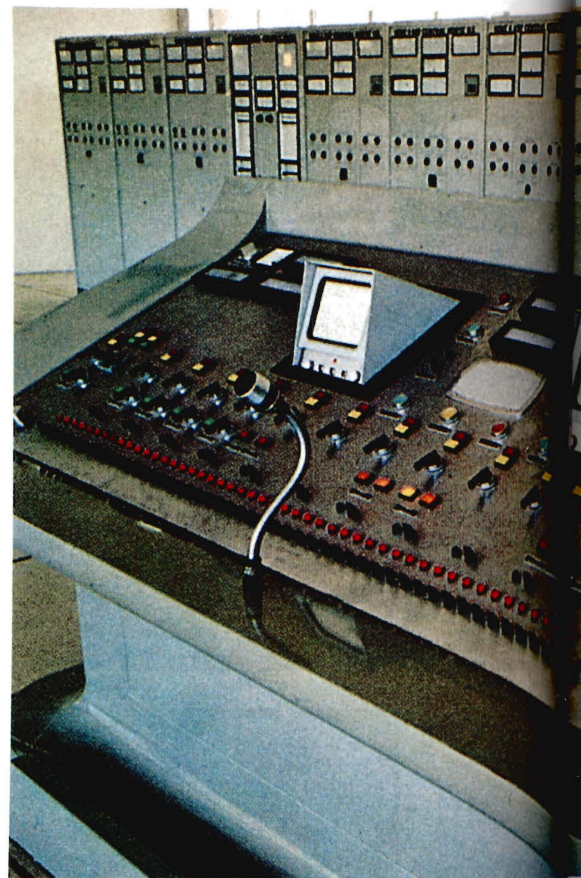
– minuto 04: se inicia la combustión.

– minuto 05: se conecta la ventilación en la forma descrita.

– minuto 08: se extingue la combustión.

Se ha producido un humo denso que se desplaza desde el punto de combustión hacia sur, penetrando en el cuarto centro norte y continuando su desplazamiento en el mismo sentido.

– minuto 25: se conecta la máxima potencia en aspiración e impulsión en el cuarto centro norte.



El humo ha llegado a la cámara central.

– minuto 38: se ha disipado el humo y se repone el tráfico.

– minuto 46: se normaliza la ventilación.

Ensayo número tres

Se realiza en el cuarto centro sur, encontrándose las bocas de ventilación en su abertura normal, tal y como se ha definido en el cuadro número tres.

El punto de combustión se sitúa a la altura de la boca de ventilación número setenta a doscientos

metros aproximadamente de la cámara central, es decir en el punto medio de las bocas de aspiración cerradas.

La ventilación se conectará al máximo de potencia en los cuatro ventiladores que controlan el cuarto centro sur y seguidamente se conecta máxima potencia en los cuatro ventiladores que controlan el cuarto centro norte.

La velocidad del aire en la galería de circulación en el momento de inicio de la combustión es de un metro por segundo en dirección norte sur.

El desarrollo cronológico del

ensayo es el siguiente:

- minuto 00: se corta el tráfico.
- minuto 03: se inicia la combustión.

- minuto 05: se conecta la ventilación en la forma descrita.

Se produce gran cantidad de humo que se desplaza en sentido norte sur y a los pocos segundos invierte el sentido y comienza a desplazarse hacia la cámara central.

- minuto 08: se extingue la combustión.

El humo llega a la cámara central con bastante densidad, pero no la sobrepasa, eliminándose por la chimenea.

- minuto 27: el humo se ha eliminado completamente y se repone el tráfico,

- minuto 30: se normaliza la ventilación.

Ensayo número cuatro

El ensayo se efectúa en el cuarto correspondiente a centro sur, situando la combustión a la altura de la boca de ventilación número doscientos, es decir, a seiscientos metros de la cámara central y a mil metros aproximadamente de la boca sur del túnel.

La abertura de las bocas de ventilación se encuentra en la posición definida en el cuadro de la figura tres.

La forma prevista de conectar la ventilación es poner al máximo de potencia los cuatro ventiladores del cuarto centro sur y seguidamente los tres del cuarto sur.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: se corta el tráfico, con velocidad de aire en la galería de 1,2 m/s en dirección norte sur.

- minuto 02: se inicia la combustión.

- minuto 04: se conecta la ventilación en la forma prevista.

Se observa que los dos ventiladores de impulsión de la estación sur no dan aire a causa de una avería que en este momento se desconoce y que el humo se desplaza desde el punto de combustión hacia sur.

- minuto 08: se extingue la combustión.

- minuto 17: el humo llega a la boca sur, por donde se elimina.

- minuto 23: el humo se ha disipado y se repone el tráfico.

- minuto 27: se normaliza la ventilación.



Conclusiones

De los cuatro ensayos realizados y de los que para su mejor análisis queda una constancia detallada en el texto de esta comunicación, a mi juicio se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. La velocidad de producción de humo en un incendio declarado es muy superior a la capacidad de extracción a través de las bocas de ventilación existentes en el falso techo, incluso encontrándose éstas abiertas al máximo y estando situado el incendio en una zona próxima a la cámara de ventilación, donde evidentemente la capacidad de actuación de la ventilación es mayor. Este hecho por sí solo imposibilita el que no existan movimientos longitudinales de humo y gases calientes, como sería deseable, pero además este fenómeno se ve favorecido por la existencia de corrientes naturales de aire por la galería de circulación, que se producen de forma aleatoria en función de las condiciones climatológicas del exterior. Se ha verificado por tanto, que la capacidad de movimiento del aire, humos y gases calientes es notablemente superior en sentido lon-

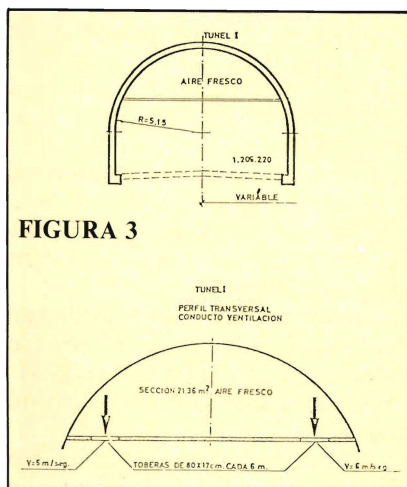


FIGURA 3



gitudinal que en sentido transversal, independientemente de como se actúe con el sistema de ventilación.

2. Una vez que gran parte del humo se desplaza inevitablemente por la galería de circulación, la forma más rápida y eficaz de eliminarlo es aumentando su velocidad de desplazamiento, para lo cual se debe de actuar conectando la máxima potencia de ventilación.

3. En las condiciones expuestas, dependiendo de la cantidad de humo que se produzca, y del

tiempo transcurrido desde el comienzo del incendio hasta la conexión de la potencia máxima de ventilación, la presencia de humo en el ambiente quedará confinada dentro del cuarto de túnel en que se ha producido el incendio o en la mitad de túnel en que se ha producido, siendo el paso de humo a la otra mitad del túnel poco probable, sobre todo si se ha conectado la máxima potencia de ventilación antes de su llegada a la cámara central, debido a que la capacidad de aspiración por esta cámara es muy elevada.

“Una vez que gran parte del humo se desplaza inevitablemente por la galería de circulación, la forma más rápida y eficaz de eliminarlo es aumentando su velocidad de desplazamiento.”

4. Tiene gran importancia que el tiempo de respuesta entre el comienzo del incendio y la conexión de la máxima potencia de ventilación sea mínimo, para disminuir la expansión del humo en la galería de circulación y su grado de concentración en el ambiente, favoreciendo la capacidad de respiración y la visibilidad.

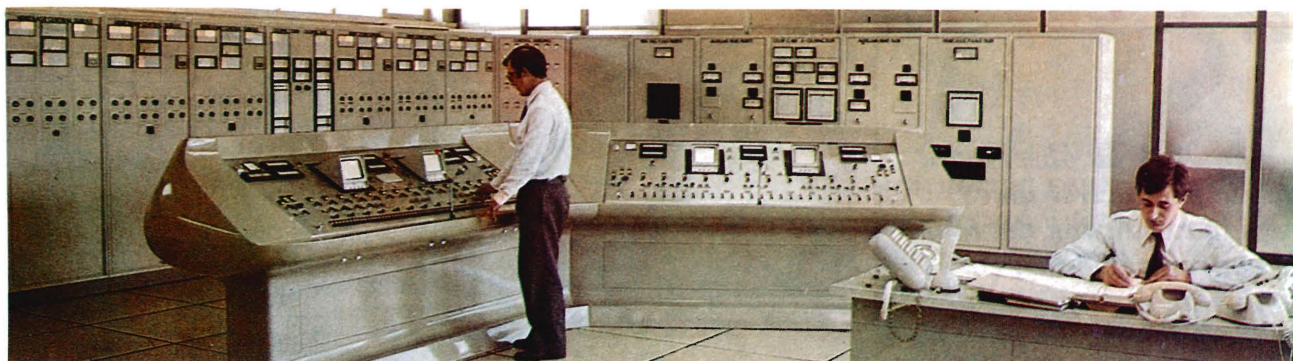
Segundo incendio experimental en el túnel II

El segundo grupo de ensayos se realiza el doce de Diciembre de mil novecientos ochenta y tres, y tiene por objeto verificar el comportamiento de la ventilación actuando de acuerdo con las conclusiones derivadas del primer incendio experimental que, básicamente, supone conectar la ventilación a la máxima potencia desde el primer momento de la actuación y al mismo tiempo creando unas condiciones iniciales más desfavorables, en el sentido de aumentar los tiempos de combustión, retrasar la puesta en funcionamiento de la ventilación para el caso de incendio y situar el punto de combustión en una zona del túnel donde la eficacia de la ventilación sea mínima.

El elemento de combustión utilizado es el mismo empleado en los ensayos anteriores, situándolo igualmente en el centro del carril derecho de circulación.

La abertura de las bocas de ventilación se mantienen en todos los casos en su posición normal, tal y como se definen en el cuadro número tres.

Antes de iniciar cada uno de los ensayos de ventilación se encuen-



tra conectada en su posición normal, es decir funcionando los catorce ventiladores de las tres cámaras en régimen de setecientas cincuenta revoluciones por minuto.

Los dos primeros ensayos se sitúan a doscientos metros de la cámara central en el cuarto de túnel correspondiente a centro sur, con la única variante del tiempo transcurrido desde el comienzo de la combustión hasta la conexión de la ventilación para el caso de incendio.

El tercer ensayo se sitúa a doscientos metros de la boca norte del túnel en el cuarto de túnel correspondiente a norte.

El cuarto ensayo se sitúa a seiscientos metros de la boca norte del túnel, en el cuarto correspondiente a norte, pero a considerable distancia de la cámara de ventilación donde, por lo tanto, su eficacia debe ser menor.

Ensayo número uno

Este ensayo es comparable con el número tres de los primeros incendios experimentales.

El punto de combustión se sitúa a doscientos metros de la cámara central en el cuarto correspondiente a centro sur.

“**A**ntes de iniciar cada uno de los ensayos de ventilación se encuentran funcionando los catorce ventiladores de las tres cámaras en régimen de setecientas cincuenta revoluciones por minuto”

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 15: se inicia la combustión.
- minuto 23: se conecta a máxima potencia los dos ventiladores de impulsión.
- minuto 25: se extingue la combustión.

– minuto 34: se conecta la máxima potencia en los dos ventiladores de aspiración.

– minuto 36: el ambiente permite visibilidad a través del circuito cerrado de televisión.

– minuto 45: el humo se ha dissipado completamente y se repone el tráfico.

El desplazamiento del humo se ha producido hasta setecientos metros de la cámara central en sentido sur y hasta la cámara central en sentido norte.

Ensayo número dos

Se realiza en el mismo punto del ensayo anterior.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 04: se inicia la combustión.
- minuto 08: conexión de la máxima potencia de ventilación, tanto en aspiración como en impulsión.
- minuto 10: se extingue la combustión.
- minuto 12: el ambiente permite visibilidad a través del circuito de televisión.
- minuto 18: el humo se ha dissipado completamente y se repone el tráfico.

El desplazamiento del humo se ha producido hasta doscientos setenta y cinco metros de la cámara central en sentido sur, es decir, setenta y cinco metros desde el punto de combustión, y hasta la cámara central en sentido norte.

Ensayo número tres

Este ensayo es comparable con el número dos de los primeros incendios experimentales.

Se realiza a doscientos metros de la boca norte del túnel, en el cuarto norte.

El ensayo cronológico del en-



“Se ha observado que al producirse una rápida expansión del humo, la concentración en el ambiente es pequeña, de manera que ha permitido en todo momento una cierta visibilidad y capacidad respiratoria.”

sayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 06: se inicia la combustión.
- minuto 14: se conecta los tres ventiladores de esta estación a la máxima potencia.
- minuto 17: se extingue la combustión.
- minuto 24: el ambiente permite la visibilidad a través de las cámaras de televisión.
- minuto 31: el humo se ha disipado completamente y se repone el tráfico.

El humo se ha desplazado hasta trescientos metros del punto de combustión en sentido sur y se ha eliminado en su mayoría por la boca norte del túnel.

Ensayo número cuatro

Se realiza a seiscientos metros de la boca norte, dentro del cuarto de túnel correspondiente a norte, pero a ciento veintiocho metros de la sección divisoria entre el cuarto norte y el centro norte, con influencia de la cámara de ventilación norte y central respectivamente.

Considerando la mayor potencia de ventilación de la cámara central, es evidente que la zona de túnel donde se realiza este ensayo es aquélla en que la eficacia de ventilación es menor.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 18: se inicia la combustión.
- minuto 26: se conecta la máxima potencia de ventilación en la estación norte y posteriormente en centro norte.
- minuto 29: se extingue la com-



bustión.

El humo se desplaza íntegramente en sentido sur, quedando completamente limpio desde el punto de combustión hacia norte. Se observa una tendencia del humo a concentrarse en la parte superior de la galería de circulación, sobre todo en las proximidades del punto de combustión.

- minuto 34: el ambiente permite la visibilidad a través de las cámaras de televisión.
- minuto 36: el humo se ha disipado completamente reponiéndose el tráfico.

Hay que destacar que la corriente natural del túnel se producía en sentido norte sur, lo que sin duda ha facilitado que el movimiento del humo se haya efectuado en ese mismo sentido. El flujo transversal de la ventilación ha producido la eliminación de una parte del humo a través de las bo-

cas de aspiración del falso techo, pero resulta insuficiente para la eliminación total.

En su desplazamiento el humo ha sobrepasado la cámara central en doscientos metros. Esto se produce cuando la velocidad longitudinal de desplazamiento del humo es lo suficientemente elevada para que llegue a la cámara central antes de que dé tiempo a que la ventilación de esta cámara coja el régimen de máxima potencia de ventilación.

En estas circunstancias se ha observado que al producirse una rápida expansión del humo y por lo tanto afectando a una gran longitud de túnel, la concentración en el ambiente es pequeña, de manera que ha permitido en todo momento una cierta visibilidad y capacidad respiratoria, sobre todo en la parte baja.

Conclusión

El análisis de los ensayos descritos en el texto, pone de manifiesto que las conclusiones aportadas en el primer incendio experimental son correctas y consecuentemente en base a ellas se ha establecido con la aprobación en Julio de mil novecientos ochenta y cuatro por la Dirección General de Carreteras el PLAN DE ACTUACION PARA EL CASO DE INCENDIO

nera que el aire fresco es recogido desde ambas bocas y conducido a través del conducto existente en el falso techo para ser insuflado a la galería de circulación a través de las bocas dispuestas al efecto.

De esta manera, a efectos de ventilación, el túnel queda dividido en dos partes, verificándose el movimiento del aire en la galería de forma longitudinal.

De lo anteriormente expuesto se deduce que para el plantea-



EN EL INTERIOR DEL TUNEL II que se incluye al final del texto.

Incendio experimental en túnel I

El sistema de ventilación instalado en el túnel I funciona de acuerdo con la forma representada en los esquemas adjuntos, de ma-

miento de los ensayos a realizar se debe distinguir los casos de que el incendio se produzca en una u otra de las dos mitades establecidas por el sistema de ventilación.

También debemos considerar la corriente natural de aire existente en el túnel y que a lo largo de la explotación se ha puesto de manifiesto que se produce habitualmente en el sentido norte sur, de

“El sistema de ventilación generalmente está parado, siendo suficiente para el mantenimiento de una atmósfera limpia la corriente natural aludida.”

tal manera que el sistema de ventilación generalmente está parado, siendo suficiente para el mantenimiento de una atmósfera limpia la corriente natural aludida.

En consecuencia se plantean los puntos de ensayo situándolos a setecientos metros de las respectivas bocas norte y sur del túnel, en primer lugar sin conectar la ventilación para comprobar la eficacia de la corriente natural y posteriormente con conexión de ventilación.

Los ensayos se realizan utilizando el mismo elemento de combustión empleado en los incendios experimentales del túnel II.

Ensayo número uno

El punto de combustión se sitúa a setecientos metros de la boca norte y en el centro del carril derecho de la calzada.

El sistema de ventilación se mantiene parado, tal y como es habitual.

El desarrollo cronológico del ensayo es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 04: se inicia la combustión.
- minuto 14: se extingue la combustión.
- minuto 29: el humo se ha disipado completamente en toda la longitud del túnel y se repone el tráfico.

Desde el primer momento el humo se ha extendido únicamente desde el punto de combustión hacia la boca sur, encontrándose en todo momento completamente limpio desde dicho punto hasta la boca norte.

Ensayo número dos

El punto de combustión se sitúa

en el mismo punto y en las mismas condiciones de partida del ensayo anterior.

El desarrollo cronológico es el siguiente:

- minuto 00: corte de tráfico.
- minuto 04: se inicia la combustión.
- minuto 05: se conecta ventilación en la mitad norte.
- minuto 06: se conecta ventilación en la mitad sur.

En los primeros momentos el humo se desplaza en sentido norte sur, pero transcurridos tres minutos desde la conexión de ventilación en la mitad norte el humo comienza a desplazarse hacia la boca norte, aumentando paulatinamente su velocidad de avance.

- minuto 10: a la vista de los efectos se para la ventilación en la mitad norte.

- minuto 14: se extingue la combustión.

- minuto 15: el humo comienza a desplazarse nuevamente en sentido norte sur.

- minuto 40: el humo se ha disipado completamente en toda la longitud del túnel y se repone el tráfico.

Conclusiones

De los ensayos realizados que se describen en el texto, se deduce que debido a la corriente natural existente el humo tiende a desplazarse en sentido norte-sur a considerable velocidad, incrementándose en la mitad sur por el efecto de la ventilación forzada en esta zona.

Considerando que el tráfico del túnel es unidireccional con sentido de circulación norte-sur, la tendencia de desplazamiento del humo favorece las condiciones resultantes en caso de incendio, ya que los vehículos que se encuentran por delante del siniestro continuarán circulando sin percibirse del hecho y los que se encuentren por detrás lógicamente se detendrán sin que el humo les afecte.

Solamente cabe destacar, y éste es el aspecto más importante de los ensayos realizados, que la ventilación forzada en la mitad norte puede ser capaz de vencer la corriente natural y hacer que el humo se desplace en sentido contrario al deseado, ya que por las mismas consideraciones anteriores

el humo alcanzaría a los usuarios que circulan acercándose al lugar del incendio.

De acuerdo con estas conclusiones, con fecha Mayo de mil novecientos ochenta y cinco se aprueba por la Dirección General de Carreteras el plan de actuación para el caso de incendio en el túnel I.

Incendio real en túnel II

Con bastante anterioridad a los incendios experimentales que se han descrito anteriormente, concretamente el día catorce de Agosto de mil novecientos setenta y cinco, se produce el incendio más importante que se ha manifestado en este túnel desde su puesta en servicio en Julio de mil novecientos setenta y dos.

“La ventilación forzada en la mitad norte puede ser capaz de vencer la corriente natural y hacer que el humo se desplace en sentido contrario al deseado.”

El siniestro se declara al incendiarse un camión transportando resina de pino, probablemente antes de su entrada en el túnel, ya que el conductor se percibe del incendio a cuatrocientos metros de la entrada al túnel y se detiene en ese punto, algunos minutos más tarde, sin poder precisar cuántos, exactamente a las once horas treinta y cinco minutos se recibe en el centro de control del túnel a través de un poste SOS el aviso del incendio. Inmediatamente se sitúan en rojo los semáforos de acceso al túnel, aunque el tráfico ya se había detenido, y salen de la base de mantenimiento, situada en la boca norte de los túneles, un camión cisterna y un vehículo Land Rover con varias personas más. Se trata de acceder al túnel por su boca sur, lo que resulta imposible debido a que cuando llegan los vehículos de au-



xilio expresados, por la boca del túnel se está eliminando una gran cantidad de humo negro y denso que imposibilita totalmente la visibilidad. Se corta al tráfico del túnel dirección sur a efectos de que éste sea utilizado por los vehículos de auxilio circulando en sentido inverso al normal con el objeto de llegar lo antes posible a la entrada norte del túnel II y tratar de acceder al lugar del incendio por la citada entrada norte.

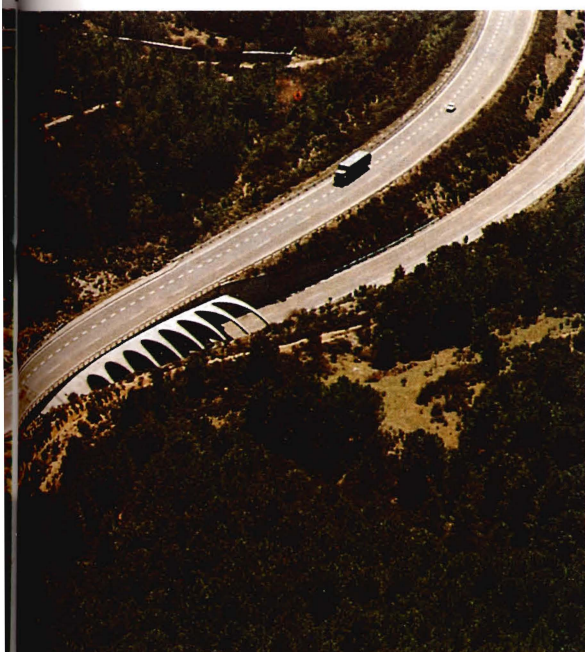
A las once horas cincuenta y cinco minutos, es decir, veinte minutos más tarde de conocerse el siniestro, se consigue penetrar en el túnel por su boca norte y en ese momento por efecto de la tempe-





Estado del túnel II tras el incendio

ratura se pierde la alimentación de energía y consecuentemente el túnel se queda sin ventilación ni alumbrado, no obstante los vehículos de auxilio consiguen aproximarse hasta unos doscientos metros aproximadamente del camión incendiado, teniendo que retroceder a causa de que el humo, al faltar la ventilación, se va extendiendo hacia la cámara central de forma rápida favoreciendo su circulación el tiro natural que se produce por la chimenea de la cámara central. Dado que la carga se transportaba en bidones de doscientos litros, el efecto del calor provocaba la explosión de estos bidones produciendo un ruido que



podía percibirse desde el exterior del túnel.

En el transcurso de este tiempo fueron llegando camiones de bomberos de los parques más cercanos, que desistieron de actuar por el momento y en espera de que se consumiera el elemento combustible, circunstancia que se produjo a las doce horas cuarenta y cinco minutos iniciándose en ese momento la extinción de los restos del vehículo y el enfriamiento de la sección del túnel afectada por el incendio.

La proximidad del incendio a la boca de acceso al túnel permitió que en ningún momento se viera implicado en el siniestro ningún otro vehículo y que únicamente se produjeran daños materiales a las instalaciones y a la obra civil, destruyéndose el falso techo y la su-

“La proximidad del incendio a la boca de acceso al túnel permitió que en ningún momento se viera implicado en el siniestro ningún otro vehículo.”

perficie del revestimiento de hormigón del túnel, así como las luminarias y las instalaciones eléctricas y de comunicaciones.

Esta experiencia pone de manifiesto la importancia que puede tener en un incendio el reducir al máximo el tiempo de actuación para el inicio de las operaciones de extinción, ya que transcurrido un corto período de tiempo la acción se hace imposible. Igualmente importante es el contar con medios adecuados que permitan trabajar al equipo de emergencia en un ambiente con humo y calor, tales como equipos de respiración autónoma y trajes anticalóricos, así como disponer de un plan de actuación previsto y experimentado que se adapte lo mejor posible a las posibilidades del túnel en explotación, lo que mejorará las circunstancias de la actuación a seguir y se evitarán las dudas que

inevitablemente se producen ante una emergencia de estas características.

Posteriormente en nuestros túneles se han producido otros incendios de vehículos con menor importancia, que han podido ser controlados sin que se produjeran daños personales ni daños a las instalaciones.

Autopista A-6, Marzo de 1989.

ANEXO I

Plan sistemático de actuación para el caso de incendio en el interior del túnel II

1. Corte de tráfico de acceso al túnel con semáforos de acceso en rojo e interiores en ámbar intermitente.
2. Aviso al equipo contra incendios de IBERPISTAS, S.A. que deberá acudir con el camión contra incendios, equipos de respiración autónoma, trajes de aproximación a fuego y monitor portátil. El acceso al túnel se efectuará por la boca norte, circulando por el arcén ancho a escasa velocidad (40 km/h).
3. Conexión de alumbrado máximo en todo el túnel.
4. Localización del incendio a través de las cámaras de televisión, comunicando a través de la emisora de radio los aspectos de interés.
5. Aviso al Jefe de Vialidad, Policía de Tráfico y Sanitarios.
6. Aviso a los parques de bomberos próximos.
7. Conexión de la ventilación de acuerdo con el plan previsto, en función del lugar de localización del incendio.
8. Extinción del incendio actuando en función de las circunstancias existentes, a las órdenes del Jefe de Vialidad o de la persona de mayor categoría de los componentes del equipo contra incendios que se encuentre presente.
9. Localización de cisternas de agua particulares y de los Ayuntamientos de la zona.



ANEXO II

Forma de conectar el sistema de ventilación en el caso de incendio en el interior del túnel II

Se conectará la máxima potencia de ventilación, de acuerdo con el orden señalado a continuación, en función de la zona de localización del incendio.

Cuarto sur

Conexión de máxima potencia de:

1. aspiración en sur.
2. impulsión en sur.
3. impulsión en centro sur.
4. aspiración en centro sur.
5. aspiración en centro norte.
6. impulsión en centro norte.
7. aspiración en norte.
8. impulsión en norte.

Cuarto centro sur

Conexión de máxima potencia de:

1. aspiración en centro sur.
2. impulsión en centro sur.
3. aspiración en sur.
4. impulsión en sur.
5. aspiración en centro norte.
6. impulsión en centro norte.
7. aspiración en norte.
8. impulsión en norte.

Cuarto centro norte

Conexión de máxima potencia de:

1. aspiración en centro norte.
2. impulsión en centro norte.
3. aspiración en norte.
4. impulsión en norte.
5. aspiración en centro sur.
6. impulsión en centro sur.
7. aspiración en sur.
8. impulsión en sur.

Cuarto norte

Conexión de máxima potencia de:

1. aspiración en norte.
2. impulsión en norte.
3. impulsión en centro norte.
4. aspiración en centro norte.
5. aspiración en centro sur.
6. impulsión en centro sur.
7. aspiración en sur.
8. impulsión en sur.

ANEXO III

Plan sistemático de actuación para el caso de incendio en el interior del túnel I

1. Corte de tráfico de acceso al túnel con semáforos de acceso en

rojo e interiores en ámbar intermitente.

2. Conexión de alumbrado máximo en todo el túnel.

3. Aviso a la Policía de Tráfico indicando la necesidad de mantener libre un carril de acceso.

4. Aviso al equipo contra incendios de IBERPISTAS, S.A. que deberá acudir con un camión contra incendios, equipos de respiración autónoma, trajes de aproximación a fuego y monitor portátil.

5. Paralización de tráfico en peaje de San Rafael, dirección Madrid.

6. Aviso a los parques de bomberos más próximos.

7. Aviso al Jefe de Vialidad y Sanitarios.

8. Conexión de máxima potencia de ventilación en cámara sur.

9. Extinción de incendio actuando en función de las circunstancias existentes, a las órdenes del Jefe de Vialidad o de la persona de mayor categoría de los componentes del equipo contra incendios que se encuentre presente.

10. Localización de cisternas de agua particulares y de los Ayuntamientos de la zona.

D. Luis Amores Guerrero es
SUBDIRECTOR DE EXPLOTACION
de IBERPISTAS, S.A.