

Jornadas sobre "La seguridad en la explotación de túneles carreteros"

POR LA REDACCIÓN

Celebradas en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, durante los días 9 y 10 de marzo del 2000, las Jornadas fueron organizadas por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS).

Inauguración

Presidida por **D. Juan Lazcano**, Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, la sesión comenzó con la intervención de **D. César Cañedo-Argüelles**, quien informó, en su calidad de nuevo Vicepresidente del Colegio, de los resultados habidos en las últimas elecciones en la que resultó vencedora la candidatura encabezada por D. Juan Miguel Villar Mir, por tanto, nuevo Presidente del Colegio.

En su alocución, el Sr. Cañedo-Argüelles invitó a todos los ingenieros a la colaboración con el Colegio en esta nueva etapa, destacando la labor de este como medio de servir a la sociedad, apoyando y defendiendo el ejercicio profesional, especialmente dentro de la función pública y deseando que el Colegio siga teniendo, e incluso mejore, su papel dinamizador como centro de servicios y de formación.

Posteriormente intervino **D. José Manuel Serrano**, Presidente de AETOS, dando la bienvenida a estas primeras jornadas y destacando dos temas muy importantes dentro de



El acto de inauguración fue presidido por el Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, D. Juan Lazcano Acedo.

ellas: la seguridad y la normativa; porque, aunque vivir es un riesgo, hay también que decir que existen niveles de riesgo, variables en el tiempo y en el espacio, y a los que hay que dar soluciones que pasan por la flexibilidad y adaptabilidad (pero pormenorizada y detallada), apoyando la creación de un grupo especial dedicado a los túneles, que analice sus problemas y su evolución para resolverlos.

Tras él, y en nombre del Sr. Vilalta, intervino **D. Juan Lazcano**, quien mostró su satisfacción por estas jornadas, cuyo tema no sólo es realmente importante, sino que, además, ha adquirido una relevancia social aún mayor, por los aconte-

cimientos ocurridos en el túnel del Mont Blanc. Tras ello, comentó que existen aproximadamente unos 6 000 túneles en España, de ellos 630 carreteros y unos 180 que son responsabilidad de su Dirección General.

Tras subrayar la necesidad de un diseño adecuado, buen control, seguridad y planes eficaces de evacuación, informó sobre el Plan de adaptación de túneles en servicio y destacó las medidas de seguridad adoptadas en el túnel de Somport. Finalizó su intervención subrayando la necesidad de desarrollar la normativa sobre el tema y mejorar los esquemas de seguridad en este tipo de estructuras.

Día 9 de marzo

D. Rafael López Guarga, de la *Unidad de Carreteras de Lleida del Ministerio de Fomento y Director Técnico de las Jornadas*, intervino con la ponencia **"La seguridad en los túneles. Factores que intervienen en ella"**. Comenzó por definir el concepto de seguridad y de lo subjetivo de su sensación, afirmando que se considera necesario un nivel equivalente de seguridad en todos los túneles y presentando una serie de respuestas obtenida en una encuesta realizada en la red francesa para establecer un dispositivo de seguridad en los túneles carreteros mayores de 1 000 m, que coincidieron en la necesaria mejora de la ingeniería civil, vigilancia, regulación de tráfico e información a los usuarios; regulación del tránsito de los vehículos con transporte de mercancías peligrosas; fiabilidad, perennidad y mantenimiento; cualificación del personal de explotación y de los servicios de socorro, etc.

Tras ello, analizó los factores que afectan a la seguridad en los túneles, desde su definición en planta y en alzado, la geometría de su sección transversal, la intensidad y composición del tráfico, suministros y distribución de energía, iluminación, sistemas de ventilación (incluyendo el basado en precipitadores electrostáticos utilizado en el túnel de Kan-etsun, Japón), etc.

Después dedicó parte de su intervención a los factores humanos y a las "Recomendaciones de las Naciones Unidas para el Transporte de Mercancías Peligrosas" (Libro Naranja) o el Acuerdo Europeo sobre el Transporte por Carretera de Mercancías Peligrosas (ADR), así como el proyecto de investigación conjunto del C5 de Túneles de la AIPCR, el Programa



Las Jornadas despertaron un gran interés y tuvieron una gran afluencia de asistentes.

RTR de la OCDE y la clasificación propuesta para el paso de mercancías por el túnel de Somport.

De todo lo expuesto y en resumen, el ponente afirmó que es necesario alcanzar una conciencia de la importancia de la seguridad en los proyectistas, constructores, explotadores y usuarios y adoptar las medidas necesarias para que el túnel también sea cómodo.

El punto de partida es esencial pues debe existir un buen proyecto en cuanto a geometría, instalaciones y equipamientos y, desde luego, no debe escatimarse en medidas de seguridad y evacuación. Así mismo, es imprescindible una preparación y buenos conocimientos de los responsables de la explotación.

Finalmente, es necesario que se tomen decisiones por parte de la Administración para tener en cuenta la relación entre calidad/seguridad/coste, siendo precisa también una aceptación por parte del usuario de que la seguridad total no existe en ninguna de las actividades humanas.

"El diseño del equipamiento necesario para mejorar la seguridad en la explotación de túneles" fue el título de la ponencia

presentada por **D. Vicente Vilanova Martínez - Falero**, de la *Unidad de Carreteras del Ministerio de Fomento en Lleida*, quien comenzó su intervención afirmando que la obra civil debe prever las futuras instalaciones que deben amoldarse a ella y que el diseño de un túnel se basa en la seguridad de su explotación, que debe minimizar riesgos, detectar incidencias, y facultar la actuación y evacuación de las personas rápida y lo más segura posible. Así mismo, las personas encargadas de gestionarlo deben tener una formación adecuada y disponer de un protocolo claro de actuación en casos de emergencia.

Para el ponente, el diseño debe permitir la circulación segura y la detención ocasional, el alojamiento de futuras instalaciones, el refugio y evacuación, contemplar ventilación y extracción de humos, considerar el tráfico de mercancías peligrosas, etc. Todo ello con una prevención de, al menos, 15 a 20 años. Además, en general, las actuaciones sobre él deben realizarse preferiblemente en horas nocturnas y en periodos limitados de tiempo.

En cuanto a las instalaciones, de la experiencia se deduce que todo túnel con más de

800 m debe contar con instalaciones de seguridad y ventilación; con tráficos mayores de 2 500 veh./día e intensidades horarias de 400 veh./hora, con elementos de seguridad. En relación a esto citó también la Instrucción IOS-98.

Tras ello, se detuvo en los casos de incendio, evolución de humos y su estratificación.

Después desarrolló todas y cada una de las instalaciones básicas (ventilación, iluminación, comunicaciones, etc.) y las de seguridad para incidencias que avisan, actúan y sirven de escape (alumbrado de emergencia, dotación de incendios, postes SOS, etc.). Entre otras afirmaciones, dijo que las instalaciones y equipamientos deben ser gestionados y mantenidos desde el centro de operaciones; que, en explotación, la ventilación debe procurar que la concentración de CO no sea superior a 150 ppm (explicando cada uno de sus tipos: natural, longitudinal, semi-transversal y transversal); que la detección de CO puede ser por absorción de la radiación infrarroja, combustión catalítica y oxidación electroquímica; y que todo túnel superior a los 400 m debe disponer de iluminación, etc. De todas y cada una de las instalaciones se ofrecieron datos concretos y sugerencias.

Más adelante y en lo relativo a costes, reflejó los previstos para un túnel de 5 240 m de longitud, unidireccional y con todos los medios de control y de seguridad descritos, afirmando que las instalaciones pueden llegar a tener un coste de 680 millones por km y representar más de un 20% de la inversión total, y las obras complementarias pueden suponer 240 millones por kilómetro y superar el 7% de la inversión.

Finalizó su intervención con datos concretos sobre las instalaciones y aplicación a un tú-

nel largo como el de Vielha, explicando todo su equipamiento, entre los que se destacan los 24 nichos de incendio, otros 24 de seguridad, 12 refugios con conexión a la galería de evacuación y 8 apartaderos para aparcamiento ocasional.

D. Elías Moreno Tallón, Ingeniero Director Técnico de Túneles y Asistencia Técnica (T.A.T.) presentó la **"Influencia de los elementos estructurales y equipamientos en la seguridad. Afecciones en caso de incidente"**.

En cuanto a los elementos estructurales necesarios para garantizar la seguridad, destacó el sostenimiento que estabiliza la excavación realizada; la solera o contrabóveda, que constituyen los elementos de cierre del sostenimiento; los elementos de drenaje de la plataforma de excavación; y el revestimiento interior que mejora no sólo la estabilidad del túnel a largo plazo, sino el rendimiento y la eficacia de los sistemas de iluminación. Entre las instalaciones, destacó la iluminación de servicio del túnel, la señalización dentro y fuera de él, los sistemas de control, sistemas de intercomunicación entre usuarios y el centro de control, y los sistemas de ventilación para garantizar la evacuación de gases y humos. En este apartado propuso la necesidad de la existencia de extintores de fuego y de hidrantes de agua a presión, debidamente señalizados y bien ubicados; apartaderos para vehículos averiados en ensanches de sección en el interior del túnel; galerías de conexión entre túneles paralelos adaptados para el paso de personas y vehículos; realización de galerías paralelas al túnel principal y, donde no sea factible, al menos instalar refugios debidamente aislados; y la conveniencia de disponer de unos sistemas de evacuación de

líquidos inflamables vertidos en la calzada.

Entre otras conclusiones y respecto a la influencia de los elementos estructurales en la seguridad, destacó la conveniencia, en unos casos, y la necesidad importante, en otros, de plantear y valorar la realización de elementos de cierre del sostenimiento en la parte inferior de la sección, que serán tanto más necesarios cuanto mayor sea el potencial de alteración del terreno en presencia del agua, y especialmente, cuando se manifieste ésta en la plataforma de excavación, como suele ser relativamente frecuente.

Por lo que se refiere al revestimiento interior, su existencia a base de hormigón (aunque sea en masa, con espesores como los habituales, de 30 a 40 cm), frente a una situación de incendio en el túnel, actúa como un elemento protector del sostenimiento colocado, preservándolo de que se produzcan daños de mayor entidad.

En cuanto a la estructura del falso techo para conductos de ventilación y tras explicar su diseño y condicionantes, afirmó que el criterio de diseño para el falso techo se establece basándose en hipótesis que pueden ser discutibles y suele contemplar temperaturas comprendidas entre 200 y 400°C, debiendo ser las juntas estancas y estables a altas temperaturas.

Finalizó las intervenciones matutinas **D. Manuel Romana Ruiz**, de la Universidad Politécnica de Valencia y Presidente del Comité de Túneles de la ATC, presentando la ponencia **"Conclusiones del Congreso Mundial de Carreteras de la AIPCR, en Kuala Lumpur, en materia de seguridad en túneles"**. En ella, presentó como introducción una serie de intervenciones españolas en el congreso, de las que dijo que podemos

sentirnos contentos, y presentando el programa de sesiones, dentro de las cuales, las dedicadas a mercancías peligrosas y a los accidentes de Tauern y Mont Blanc despertaron un interés inusitado. Después pasó a las conclusiones del congreso, de las que destacó que debajo de una redacción tan compleja y de una elección tan cuidadosa de las palabras, subyace una preocupación real sobre una serie de aspectos técnicos sobre los que no se ha alcanzado un criterio unánime, pues no se quiere que lleguen al gran público ni las divergencias, ni las indecisiones, ni —mucho peor— las ignorancias técnicas. Además y entre otras afirmaciones, subrayó el miedo de algunos gobiernos europeos a sus opiniones públicas nacionales, miedo a que pueda extenderse entre el público la creencia de que no se hace todo lo que se debe —y se puede— en materia de seguridad o que en los túneles hay riesgos que no están ligados ni a los accidentes de tráfico o incendios, pues también suceden —por ejemplo— desprendimientos, aunque se publique muy poco sobre ellos. Tras ello, se detuvo sobre las experiencias acerca de diversos incendios como el de Tauern, Ekeberg, otros dos en Tokio, etc.

Entre los resultados de los estudios y conclusiones, se subrayó que los costes de conservación tienen tendencia a aumentar, pero se reducen los del personal de explotación. También pueden reducirse los costes de energía, ajustándolos a las exigencias horarias o la velocidad del tráfico. En los túneles urbanos, los costes de conservación pueden reducirse mediante conservación sistemática y buena organización.

Para la contaminación, se considera necesario controlar no sólo los niveles de hollín o CO, sino también los de óxido de nitrógeno. Así mismo, se de-



De izquierda a derecha, los Sres. Alarcón, Alberola y López Guarga.

ben intensificar los estudios en carreteras cubiertas y las circulaciones de mercancías peligrosas por túneles de carretera, contemplando otros elementos o materiales de evidente peligrosidad, como la margarina (túnel de Mont Blanc). Además, se debe intensificar la cooperación con la ITA sobre la resistencia al fuego de las estructuras, que deberán facilitar recomendaciones sobre las pruebas de incendios en los túneles carreteros, antes de su entrada en servicio. Igualmente, sobre incendios reales en túneles, redundancia de equipos y normas de ventilación durante un incendio. Así mismo presentó diferentes aspectos científicos sobre el transporte de mercancías peligrosas a través de túneles de carretera y, en definitiva, de todas las afirmaciones y a través de diversos anejos, facilitó una información detallada y muy completa sobre el tema propuesto.

“La ventilación, elemento básico en la seguridad de túneles. Ensayos de incendio” fue la ponencia presentada por **D. Enrique Alarcón, D. I. del Rey y D. A. Fraile**, del Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica (CEMIM). En ella, se presentaron algunas consideraciones sobre los ensayos de

incendios y se comentaron los valores utilizables para los cálculos justificativos de proyecto basados tanto en la normativa actual como en algunas pruebas a escala real en túneles europeos y americanos.

Tras afirmar que la frecuencia de un incendio es de 1-2 por cada 108 vehículos/km, se subrayó la sensación de inseguridad del usuario al atravesar el túnel y citó las recientes desgracias de Mont Blanc y Tauern. Posteriormente, afirmó que el estudio de la ventilación en túneles se basa en la contaminación y en el control de humos, destacando los ensayos a escala real incluidos en el proyecto europeo Eureka Firetun (1992) o en el Memorial Tunnel de EE.UU. (1993), que permitieron obtener datos valiosísimos sobre condiciones de estratificación y propagación de humos, etc. También citó los ensayos españoles en los túneles de El Padrún y de Lorca, intentándose en los dos últimos interpretar los ensayos mediante modelos numéricos. Los ensayos *in situ* persiguen examinar el comportamiento aerodinámico del sistema de ventilación, optimizar la regulación de los ventiladores de impulsión y extracción de humos, verificar la eficacia del sistema en cuanto al volumen y propor-

ción de humos realmente extraídos y efectuar ensayos para la definición de consignas de explotación.

Más tarde explicó los procedimientos utilizados para el cálculo de las experiencias y se detuvo en los modelos de incendio y en los conceptos de fuego de proyecto (que se caracterizan fundamentalmente por la potencia calorífica liberada), potencia, caudal generado y curvas de proyecto.

Posteriormente, se informó sobre el informe PIARC de Bruselas (1987) y la tabla de incendios tipo propuestos cuyos valores se basaron en una correlación supuesta entre los incendios de vehículos y los del depósito de gasolina. Los datos fueron confirmados por los ensayos Eureka realizados en Noruega (1992). Una de sus conclusiones fue la gran variabilidad obtenida que puso de manifiesto las dependencias con las condiciones del ensayo y la dificultad de extrapolar directamente los resultados a una situación determinada.

Tras ofrecer las características del fuego de proyecto en función del vehículo que se esté incendiando, se afirmó que existe un acuerdo en las relaciones tipo-vehículo-potencia calorífica hasta potencias de 30 MW; en cuanto a camiones de mercancías, se ha encontrado picos muy superiores a los ofrecidos, pudiendo alcanzar valores de 100-150 MW, decidiéndose, no obstante, que fuegos de 20 a 30 MW cubren la mayoría de los incidentes serios con camiones de mercancías. Otro parámetro que se analizó, y básico para el dimensionamiento de la ventilación, fue el caudal de humos, tema en el que la PIARC toma como referencia los 60 m³/s, valor confirmado durante los experimentos Eureka. Tras presentar la evolución temporal del incendio, las curvas de Mizuno en

el túnel de Kan-etsu y las curvas temporales para emisiones, de las que no existe un amplio conocimiento en su evolución y modelos, finalizó la exposición con los temas de emisión de CO, cuyos resultados difirieron sustancialmente con los de los ensayos Eureka, y la opacidad.

D. Roberto Alberola García, de la *Demarcación de Carreteras del Ministerio de Fomento en Madrid y Vocal de AETOS*, presentó **"La seguridad en los túneles y su normativa. Manual de explotación"**. En ella y tras una pequeña introducción, expuso la normativa existente en el extranjero y cómo localizarla, para luego mostrar comparativamente lo que en distintos países se suele utilizar como normas de instalación, cuándo y cómo se instalan los distintos equipos y en qué datos se basan para instalarlos. Luego repasó la normativa española, actual y escasa, y la previsión de la futura; presentando, por último, unas consideraciones, a modo de conclusiones, sobre algunos asuntos que consideró relevantes en relación con la seguridad en túneles.

Dentro de la normativa en distintos países, aclaró que gran parte de ella no está producida por la Administración responsable de los túneles, por lo que no es de obligado cumplimiento, aunque sí tiene carácter de norma o recomendaciones nacionales. También se presentó la clasificación de túneles, que se dividen según diversos factores, presentando los casos de Francia, Japón, Noruega, y Suecia, pasando a explicar los equipamientos por clases de túneles en Austria, Francia, Alemania, Japón, Países Bajos, Noruega, Suecia y Suiza, analizando posteriormente la normativa existente para la instalación de equipos de seguridad en países como

Alemania, Austria (Ordenanza de Túneles Carreteros), Francia (Circular nº 76-44), Gran Bretaña (sin ley específica pero sí con regulación), Japón (art. 46 de la Ley de Carreteras), etc.

También hizo hincapié en el tema de incendios en túneles, explicando sus perjuicios, la elección de fuego de diseño y otras cuestiones, como la potencia térmica, producción de humos y gases, escenarios de fuego para dimensionamientos, materiales, etc. Posteriormente, presentó una tabla resumen de la normativa existente respecto a materiales de la estructura e instalaciones, la clasificación de cables según su resistencia al fuego, deteniéndose en el tema vital de la ventilación, ya sea natural, longitudinal, transversal o semitransversal, para pasar, posteriormente, a las salidas de emergencia, refugios y apartaderos.

Tras ello, resumió las indicaciones de los distintos países sobre el tema de la detección automática de incendios, subrayando que en Noruega, Reino Unido y Países Bajos no conocen su utilización y que en los EE.UU. se utilizan detectores lineales. Después hizo lo propio con los sistemas de lucha contra el fuego, sistemas de comunicación con sus recomendaciones, iluminación y señalización.

Más adelante analizó la normativa española, especialmente la "Instrucción para Proyecto, Construcción y Explotación de Obras Subterráneas para el Transporte Terrestre (IOS-98)" y otras disposiciones oficiales no específicas, como la Normativa Básica de Edificación, condiciones contra incendios (NBE-CPI-96); Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI), etc.

En cuanto al Manual de Aplicación de la IOS-98, afirmó

que era muy amplio y que creía que contenía todos los elementos necesarios para hacer de él una herramienta muy útil, tanto para el proyectista como para el constructor y el explotador.

Tras presentar algunas ideas sobre la normativa futura, finalizó su intervención con las tendencias actuales para mejorar la seguridad en los túneles con afirmaciones, como que, a medida que aumentamos los coeficientes de seguridad, disminuimos la rentabilidad de la obra, por lo que hay que llegar a un equilibrio entre seguridad y coste, definiendo para ello, cuantificando y ponderando los riesgos, determinando qué riesgos aceptamos y decidir la solución idónea. Además, que la experiencia nos va dando una pauta de las instalaciones necesarias para el buen funcionamiento.

Por otro lado, que la gravedad de un incendio es proporcional a las características potenciales de los vehículos implicados en producir calor, humo y gas tóxico y que es inversamente proporcional al tiempo que se tarda en actuar. También que es necesaria una más ajustada catalogación de vehículos que transportan materias peligrosas y una adaptación al concepto de túneles, estudiando en todos ellos la posibilidad de itinerarios alternativos para mercancías peligrosas o, al menos, tener conocimiento y control del recorrido de un vehículo potencialmente peligroso. Finalizó con la tendencia general de la necesidad de un estudio para dotar a los túneles de una galería de evacuación y que debería hacerse un esfuerzo para alcanzar una clasificación objetiva de los túneles que fuera aceptada mayoritariamente, así como la determinación de una metodología universal para la implantación de unos equipos de seguridad y los sistemas de



En la foto, los miembros de la mesa redonda dedicada a "La explotación de túneles".

explotación en función de distintas clases de túneles.

Después, se celebró una mesa redonda que tuvo como lema "**La explotación de túneles**", presentándose las experiencias de las explotaciones de diversos túneles de diferentes características, geometrías, diseño, etc. Los túneles contemplados fueron los del **Cadí y Valldrera**, a cargo de **D. Joan Almirall Bellido**, de Tabasa; túneles de **Campomanes-León**, por **D. Eduardo Serrano Falo**, de Aucalsa; túneles de **Guadarrama**, por **D. Rubén Fernández Fuentes**, de Ibérica de Autopistas, C.E.S.A.; túneles de la **M-40**, por **D. José Luis del Pino**, del Ministerio de Fomento, Demarcación de Madrid; y túneles de **Lorca**, por **D. Ángel Luis García Garay**, del Ministerio de Fomento, Demarcación de Murcia.

En resumen, los ponentes presentaron una completa información sobre los citados túneles, aportando datos sobre su diseño, construcción, equipamiento y gestión, así como IMDs, incidentes y ensayos de incendio y de medidas de seguridad donde los hubo. Los ponentes subrayaron el tema de la seguridad como el de mayor preocupación en este tipo de

estructuras y para una mayor información, remitiremos a los lectores a la completa documentación que se repartió en las jornadas, en la que se detalla con todo detalle los datos aquí mencionados.

Día 10 de marzo

"**El incendio del túnel de Mont Blanc. Exposición y conclusiones**" fue presentado por **M. Philip Sardin**, del CETU-Lyon. En la ponencia, informó sobre la situación creada por los 39 muertos del citado incendio y la "caza al responsable" que se desencadenó en un país donde cada día mueren 25 personas en accidentes de tráfico. Tras explicar las características del túnel, de casi 12 km, subrayó como uno de sus problemas que su explotación se realiza casi independientemente por dos sociedades distintas.

37 usuarios, 1 bombero y 1 italiano fueron sus víctimas, la mayoría dentro de sus vehículos, muertos por asfixia o por inhalación de ácido cianídrico en un incendio que duró 50 horas. Otro factor que facilitó tan terrible resultado fue el retraso de los bomberos.

Tras el accidente, se demostró que el túnel tenía una capa-

cidad extractiva insuficiente, unos 40 m³/s, recomendándose 110 m³/s; que el conducto irreversible se adaptase para poder completar su capacidad extractiva; que en lugar de situar extractores cada 300 m lo sea cada 100 m; limitar la corriente de aire para facilitar la estratificación de los flujos; y la necesidad de una adecuada coordinación y explotación.

Tras esta exposición, analizó los requisitos de seguridad y el mapa de túneles en Francia, afirmando que algunos concesionarios mantienen y mejoran sus túneles mejor que el Estado, que faltan acciones de mejora para la seguridad vial y la curiosa importancia de ciertas cifras: los diez primeros muertos de un accidente son de vital importancia social, el resto ya no tanto.

Después de exponer los cambios en las reglamentaciones y normativas, cerró su intervención con la información de que el país vecino destina 2 000 millones de francos para la renovación de todos sus túneles largos y que, de hecho, todo el sistema relativo a los túneles estaba bastante paralizado antes del incidente del Mont Blanc, accidente que ha reabierto muchas conciencias.

"El transporte de mercancías peligrosas y la seguridad en los túneles" fue presentado por el Consultor **D. F. Javier Lanz Muniáin** quien comenzó definiendo el concepto de mercancía peligrosa y su clasificación (limitativa y no limitativa), según su clase, hasta en 13 divisiones, explicando su significado y si su grado es de mayor, de medio o de menor peligro, si son tóxicos, inflamables, etc. A continuación enunció la normativa aplicable: R. D. 387/96, el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR), de 30-9-

1957, y el R.D. 2115/98, de 2 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera (TPC), así como la Orden de 21/10/99.

Tras ello explicó la identificación de las mercancías peligrosas y la tipología de accidentes en este tipo de transporte según la normativa española (hasta 5 tipos), definiendo los conceptos de zona de intervención y zona de alerta y las situaciones de emergencias que responden a 4 tipologías o situaciones: 0, 1, 2, 3, esta última para accidentes en los que se considera implicado el interés nacional, y que son declarados como tales por el Ministerio competente.

Posteriormente expuso las estadísticas de las emergencias producidas por accidentes y las situaciones de emergencia, pasando a analizar el riesgo del transporte de mercancías peligrosas en los túneles, explicando qué se entiende por riesgo y sus tipos: individual y colectivo.

Para aumentar la seguridad en el transporte de mercancías peligrosas por túnel de carretera, se deben tener medidas para reducir la probabilidad de accidentes (que inciden en la circulación, como prohibición de paso, restricción de horarios, etc.), para reducir el riesgo potencial (limitar la cantidad de productos y prohibición de alguno de ellos) y para limitar las consecuencias (establecimientos de medidas activas, pasivas, de identificación de materias peligrosas, etc.).

Tras comentar los modelos de evaluación de riesgos y el seminario celebrado en Oslo, organizado por la OCDE, definió los niveles de riesgo y el programa ALARP (*As Low As Reasonable Practicable*), las ventajas e inconvenientes de elegir el criterio de aceptación del riesgo absoluto, así como los tipos de riesgo cubiertos y según los distintos países.

Después explicó el Proyecto de Investigación conjunto OCDE/AIPCR ERS2 sobre "Transporte de mercancías peligrosas a través de túneles de carretera", que tiene por objeto mejorar la seguridad en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y facilitar su organización para prevenir costes innecesarios y promover el desarrollo económico. Sus grandes apartados son: examen de las normativas nacionales o internacionales existentes, metodologías empleadas para la evaluación del riesgo y procesos para la toma de decisiones, medidas de reducción de riesgos, conclusiones y recomendaciones. Entre estas últimas, informó que un miembro del Comité de Expertos está encargado de hacer un Informe de Síntesis de los trabajos realizados que contendrá elementos técnicos e indicaciones de estrategias que se deben emplear, así como las conclusiones y las recomendaciones generales que el comité hace a los organismos involucrados en el transporte de mercancías peligrosas.

Como la OCDE no va a continuar con él, el Comité de Expertos recomienda que la AIPCR asegure su continuidad.

A continuación, se celebró la segunda de las **mesas redondas**, esta vez con el lema **"Planes de intervención de socorro, salvamento y evacuación"**. En ella, intervinieron **D. José A. Lazúen Alcón**, de la Dirección General de Protección Civil del Ministerio del Interior; **D. Jesús Díez de Ulzurum y Mosquera**, de la Dirección General de Tráfico; **D. Ángel Largacha Cerro**, del Servicio de Bomberos de la Diputación Foral de Vizcaya; y **D. Ángel Sánchez Vicente**, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

A través de sus intervencio-

nes se definieron unos objetivos concretos y comunes, como son la atención y salvamento de las personas afectadas, la propia extinción del incendio, la delimitación de los daños y la rápida puesta en servicio, recuperando la normalidad. Para ello, se han de tener unos procedimientos operativos claros, un personal profesional asignado y entrenado, activable las 24 horas al día durante los 365 días al año, con un adecuado conocimiento de la estación y de los planes de actuación y evacuación; es decir, con un protocolo de actuación claro y personal entrenado.

Todos los ponentes también coincidieron en la importancia de una actuación rápida, puesto que los primeros minutos son claves para el desenlace del incidente. En ellos, se detecta el incidente, se avisa a los servicios públicos, se pone en marcha el sistema propio de emergencia, se ataca el fuego con ayuda especializada, se corta el tráfico en las bocas, se organiza la evacuación, etc.

En la mesa se pudo apreciar las coincidencias entre la Ley de Protección Civil, las medidas de emergencias, las actuaciones de los Bomberos de Vizcaya (por ejemplo) y los protocolos o normas de actuación en las diferentes redes. Al respecto hay que subrayar los artículos 5 y 6 de la Ley de Protección Civil, que, entre otras cosas, dice que para túneles en explotación, en construcción y en proyecto se debe: identificar y evaluar el riesgo, clasificar los túneles según su nivel de riesgo y establecer para cada nivel de exigencias mínimas elemento infraestructurales, instalaciones y equipamientos para la seguridad en la explotación, organización de los medios y recursos, así como su coordinación ante sistemas de emergencia. También que los centros, establecimientos y dependencias y



Última de las mesas redondas compuesta por los Sres. Vilanova, Serret, Serrano, Borrás y Romana.

medios análogos dispondrán de recursos y del correspondiente plan de emergencia para acciones de prevención de riesgos, alarmas, evacuación y socorro. Además, los ponentes coincidieron en la necesidad de disponer de un protocolo y de un Manual de Explotación adaptado y que todos los medios necesarios para regularizar una situación de incidencias se encuentren en la cercanía del túnel.

Para finalizar este apartado, tan sólo destacaremos otros datos entre los allí mencionados, como que, en comparación con otros países, en la Red de Carreteras dependiente del Ministerio de Fomento, se ha dotado de centros de control a túneles de menor longitud y tráfico que lo exigido en otros países. Además, hay una propuesta de dotar de centros de control al resto de túneles de autovía con más de 600 m e IMD superior a 10 000, si son interurbanos, y si son urbanos, de más de 250 m y cualquier IMD. Igualmente, en carreteras convencionales con IMD mayor de 5 000 en interurbanos y con más de 200 en urbanos. En total, seis centros nuevos de control.

D. Laureano Cornejo Álvarez, de Geoconsult, intervino con la ponencia **"La seguridad en los túneles: objetivo preferente"**. En su exposición llegó a unas conclusiones claras y precisas, entre las que destacamos que el tránsito de vehículos a través de un túnel debe realizarse con el mismo nivel de seguridad que en uno a cielo abierto, con independencia de su longitud y densidad circulatoria. Precisamente, conseguir ese nivel aceptable durante el periodo de explotación debe ser el objetivo de su diseño, construcción y operación. Además, el diseño y dimensionamiento del equipamiento de los sistemas de emergencia y seguridad deben realizarse en consonancia con cada túnel y de modo que se reduzcan exponencialmente los accidentes graves dentro de él. Para ello, hay que definir (ya en proyecto) el nivel de riesgo con el fin de evitar no sólo esos accidentes, sino también el efecto psicológico traumático que se crea en la opinión pública con ellos.

Otra de ellas fue que la sociedad demanda de forma continuada mayores niveles de seguridad, lo que se ha dado en

llamar "cultura de la seguridad".

Entre las medidas para evitar los accidentes citó y desarrolló la necesidad de un control eficaz del tráfico en las proximidades y dentro del túnel; limitar, regular e incluso, impedir el tráfico de sustancias peligrosas en determinadas condiciones; control electrónico de tapones dentro del túnel y detección temprana de incendios; utilización de rayos infrarrojos y ultravioleta para localizar puntos de concentración de calor y de detectores de temperatura, gases, etc.

En caso de incendio, extraer eficazmente los humos y gases evitando por todos los medios que se difundan por toda la sección y manteniéndolos en su parte alta, de modo que se facilite un pasillo de aproximadamente 2 m de altura para la evacuación libre de humos y gases.

Finalmente, disponer del sistema de emergencia y seguridad adecuados con rutas de evacuación y salidas de emergencia cada 350 m, con galerías de conexión entre tubos, disponer de refugios resistentes al fuego cada 600 ó 700 m dotados con ventilación independiente, y disponer de equipos propios contra el fuego en todo momento y entrenados con vehículos de rescate apropiados a cada túnel.

Previamente a la sesión de clausura, se celebró otra **mesa redonda** con el siguiente planteamiento: **¿Son suficientes los medios disponibles para garantizar la seguridad en los túneles? ¿Qué medidas precisan adoptarse?**

D. Xavier Borrás y Garro, de GISA, afirmó que sí, pero no del todo ni adecuadamente, subrayando la falta de normativa y la necesidad de hacer un manual de explotación apto para todo tipo de túneles.

Así mismo, hay que mejorar las instalaciones de todos los túneles e instalar sistemas de TV en los de más de 500 m de longitud, educar al usuario, mejorar y ampliar arcones que no acceras, etc. Finalmente, comentó el centro del control de Vic capaz de realizar su labor a una distancia mayor de 50 km.

Por su parte, **D. Liberto Serret,** de API, subrayó la exponencialidad del riesgo según la longitud del túnel, la falta de respeto a la señalización (caso del Mont Blanc), que esta sociedad ha asumido los 100 muertos semanales y que, en caso de incendio, le preocupa absolutamente todo lo relacionado con él, especialmente, el comportamiento del usuario. La necesidad de las galerías de escape en túneles de más de 700 m y de disponer de un protocolo adecuado y el control sobre el transporte de mercancías peligrosas finalizaron su intervención.

D. Manuel Romana Ruiz, de la *Universidad Politécnica de Valencia*, suscribió todo lo antedicho, y presentó algunas modificaciones que se debieran realizar en el diseño de túneles para mejorar la seguridad. Un ejemplo de túnel mal diseñado fue el tristemente famoso por la muerte de Lady Diana Spencer, accidente que, probablemente, no hubiera sucedido en el cinturón de Barcelona, o, al menos, no con esos resultados. Después habló sobre la reglamentación de las barreras fijas también para túneles, la necesidad de la mejora en general en el diseño de los túneles, incluyendo el aspecto visual, y las distintas soluciones realizadas en ellos como el diseño de la boquilla y acomodación del túnel de San Antón, en Alberta (Australia), o la suavización de la entrada en algunos túneles de la A-7. Finalizó su intervención presentando otros "problemas", como el efecto de "es-

caparse" que tiene el usuario en el interior del túnel.

El último de los ponentes de esta mesa redonda, **D. Vicente Vilanova Martínez-Faleiro,** del *Ministerio de Fomento en Lleida*, defendió la idea de que aún falta bastante en el tema de la seguridad pues faltan equipamiento y un adecuado control del tráfico de mercancías peligrosas. Tras explicar las incidencias y funcionamiento del túnel de Vielha, concluyó en la necesidad de realizar un diseño global desde el inicio de las obras que contemple todo tipo de instalaciones, que se necesita urgentemente una normativa, que hay que fomentar la educación vial, regularizar las emisoras, etc.

La mesa concluyó con un debate en el que salieron diversos temas de interés, como la utilización del agua nebulizada en incendios o la necesaria coordinación entre los planificadores, explotadores y los encargados de la seguridad del túnel.

Sesión de clausura

En ella, que fue presidida por **D. Ángel Lacleta,** *Presidente de la ATC* y por **D. José Manuel Serrano Herreiros,** *Presidente de AETOS*, se dio lectura por **D. Rafael López Guarga,** *Director Técnico de las Jornadas*, a las conclusiones generales del congreso que se publican también en este número, y una serie de recomendaciones que fueron leídas por el Presidente de AETOS. Éste, junto con el Sr. Lacleta (quien recordó algunas de sus experiencias personales relacionadas con los túneles), agradecieron la asistencia y la colaboración de las entidades y de los participantes, felicitándose por el éxito de las Jornadas y dándolas por clausuradas. ■