

II Simposio de Túneles

Explotación, Seguridad, Conservación y Reparación

POR VICENTE MONTE

En Jaca, del 6 al 8 de mayo de 1998, se ha celebrado este simposio, que ha sido organizado por la Asociación Técnica de Carreteras y patrocinado por el Ministerio de Fomento con la colaboración del Gobierno de Aragón y Diputación de Huesca.

Sesión inaugural

Intervino en primer lugar, **D. Ángel Lacleta**, Presidente de la ATC, alabando el dinamismo del Comité de Túneles y del Director de las obras del Túnel de Somport, y agradeciendo la colaboración recibida por entes y empresas, así como la masiva presencia de asistentes.

D. Marcos Grasa, Primer Teniente de Alcalde de Jaca, pidió excusas por la ausencia del titular del consistorio, agradeció la presencia de todos los allí reunidos y les dio la bienvenida a la ciudad.

D. José C. Iribas, Subdelegado del Gobierno, subrayó el predominio de la carretera y la necesidad del raciocinio en la utilización de los diferentes modos de transporte, valorando altamente la necesaria permeabilidad de los Pirineos y el alto nivel de la profesión ingeniera.

D. Santiago Lanzuela, Presidente de la Diputación General de Aragón, recordó que Jaca fue la primera capital del Reino de Aragón, y el carácter y espíritu abierto de sus gentes en una Comunidad puente de culturas. Posteriormente, se centró y reclamó el impulso necesario para sacar adelante los ejes prioritarios que son el túnel de Somport, la recuperación del eje Canfranc - Pau, de carácter ferroviario, y el de Vignamale, un paso necesario para el siglo XXI, que está respaldado por las regiones fronterizas francesas.

Finalizó su intervención afirmando que "Aragón aspira a potenciar su situación estratégica comunicaciones".



Mesa que presidió la sesión inaugural.

Sesión sobre seguridad

Esta sesión fue presidida y moderada por **D. José Luis Elvira**, Director Técnico del Ministerio de Fomento, que no quiso empezar la sesión sin excusar la presencia del Director General de Carreteras, quien tenía un cariño especial por el túnel de Somport desde su época como Subdirector General de Construcción, ni tampoco sin mostrar el orgullo del Ministerio por las gentes de sus Demarcaciones y Unidades.

A continuación, intervino **D. Rafael López Guarga**, de la Unidad de Carreteras de Huesca y Director de las obras del túnel de Somport, que comenzó su intervención por definir el concepto de seguridad: "conciencia de estar libre y exento de todo peligro, daño o riesgo" y por exponer los factores que afectan a la seguridad en un túnel de gran longitud; en cuanto al trazado, en planta y alzado, el cumplimiento de las normas, curvas amplias, peralte único (que favorece la recogida de contaminantes), limitación de alzado y de velocidad; en cuanto a la sección traversal, anchura única, secciones circulares más eficaces, gálibo úni-

co, equipamientos, etc. Además, se mostró partidario, entre otros aspectos, de la doble acometida con redes independientes, estaciones de ventilación intermedias, grupos eléctricos de potencia, cables protegidos contra el fuego y golpes, etc., todo ello en lo referente al suministro y distribución de la energía eléctrica. Después, aclaró y expuso algunos de los factores que se exigen para una buena iluminación (como la adaptación de la luminancia de la calzada y de las paredes); las condiciones fotométricas exigibles en un túnel (exhibiendo cifras del túnel de Somport), las ventajas -en su opinión- del sistema transversal de ventilación, explicando los pros y contras del resto: natural, longitudinal (bueno cuando el túnel es de sentido único), mixto transversal y las últimas novedades en Noruega y Japón.

Posteriormente, habló de las infraestructuras de seguridad (nichos, refugios, etc.), señalización (distribución de semáforos, paneles reversibles, etc.), sistemas de comunicación, centros de control (incluyendo el sistema de detección automática de incidencias), equipamiento diverso, percepciones del usuario, y sobre el plan de intervención y evacuación de emergencia.

En conclusión, hay que saber dar la importancia debida a la seguridad; el túnel debe ser cómodo, responder a un adecuado proyecto, y tener un plan de emergencia apto y seguro.

Más adelante, intervino **D. Enrique Alarcón, Miembro de la Academia de Ingeniería**, y antes de hablar de las trampillas para la extracción de humos en el túnel de Somport, aclaró que un problema urgente de resolver en algún túnel de los ya existentes, es la falta de reacción automática del personal de control. Para el Sr. Alarcón, las trampillas para la extinción del humo en el túnel de Somport, objeto de su intervención, deben ser telecomandadas, relativamente grandes y capaces de evacuar humos en masa de las zonas más peligrosas, además de estar dispuestas en todo momento, incluso con altísimas temperaturas.

Para el túnel y tras ensayo, se comprobó que la forma de la trampilla no influía mucho, que estaba mejor ubicada en el techo que en los hastiales, y que las laterales son peores que las cenitales.

Naturalmente, y para perfeccionar estos estudios, se tuvo que acudir a los modelos numéricos para realizar nuevos ensayos, comprobándose, entre otras cosas, que la distancia óptima de las trampillas está entre los 50 y 100 m, como en el ensayo del modelo físico.

La utilización de estos modelos fueron calificados como una solución excelente que abre un campo prometedor para la innovación industrial, y que se precisa del desarrollo de simuladores numéricos para perfeccionar este tipo de estudios.

Finalmente, afirmó que en todo proyecto deben incluirse pautas de actuación para el centro de control para prevenir incidencias.

Posteriormente, en la sala plenaria se celebró una sesión en la que se analizaron los sistemas de seguridad en túneles de alta montaña y en otros de la autovía del Cantábrico y los riesgos derivados del transporte de mercancías peligrosas a través de túneles de carretera.

Mientras, en la sala especial, se celebró una sesión especial bajo el lema de "incendios", en la que se analizaron tanto el diseño de revestimientos resistentes al fuego como la utilización de modelos numéricos para la simulación de incendios, tan-

to en túneles con ventilación transversal y longitudinal como en urbanos con ventilación longitudinal y trampillas de extracción de humos.

Sesión sobre explotación

Esta sesión fue presidida por **D. José Vicente Lacasa, Consejero de Ordenación del Territorio, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón**.

La ponencia general estuvo a cargo de **D. Rubén Fernández, Di-**



En la foto, M. Michel Marec y D. Jesús Díez de Ulzurrun.

rector General de Explotación de la A-6, Villalba - Adanero, quien sustituyó a D. José M. Morera, y que hizo un detallado y extenso análisis de los túneles de Guadarrama (Iberpistas), en la A-6, Villalba - Adanero. Se trata de dos túneles de 2 870 m (sentido Madrid) y 3 340 m (sentido A Coruña), que se cruzan en el interior con diferencia de cotas de hasta 15 m. Ambos soporan una IMD de 25 000 vehículos diarios. El primero, más antiguo y de dirección a Madrid, es prácticamente rectilíneo con una pendiente descendente al 3,46%, con un "tiro" natural, por lo que precisa de una ventilación artificial menor.

El número dos, construido en 1972, tiene un trazado prácticamente curvo, con grandes radios de curvatura; es más ancho que el primero, con un gálibo de 4,35 m.

El revestimiento de los hastiales, en el primero, es de baldosa hidráulica de color gris, y, en el se-

gundo, de hormigón pintado con resina epoxi color crema, con un poder de reflexión de luz mayor.

Tras ello, fue explicando la dotación de ambos túneles: ventilación (estaciones y toberas, potencia de ventiladores con capacidades de 80 a 160 m³/s, aparatos de detección muy sensibles, etc.), iluminación recientemente modernizada, postes de auxilio cada 115 m, extintores, megafonía, señalización, etc.

El circuito de TV dispone de 47 cámaras, 36 fijas en el interior del túnel, la transmisión es por fibra óptica multimodo, la señalización variable dispone de 4 paneles de acceso al túnel, etc.

En lo referente a la luz y ventilación, subrayó que, al disponer de dos compañías abastecedoras, es muy improbable la carencia de suministro eléctrico y, por tanto, de los sistemas de seguridad, existiendo un sistema de conmutación automática cuando falla uno de los suministros.

Finalizó su intervención, destacando la necesidad de ir renovando equipos, y prevenir las situaciones de alarma, subrayando la bajísima accidentalidad en los túneles y ofreciendo datos sobre los tiempos de reacción.

Tras afirmar que el accidente más común es el alcance de turismo a camión, finalizó informando que los primeros en acudir ante las situaciones de alarma son el propio personal de Iberpistas, cuya composición describió a continuación.

Tras la pausa preceptiva, en la sala plenaria se presentaron comunicaciones relativas a los sistemas de seguridad, vigilancia y control en túneles; detección de incidentes en el túnel de Öresund; gestión integral de túneles; el Centro de Control de Vic; y la importancia del diseño de los aspectos visuales en la explotación de túneles de carretera.

En la sala especial, la "iluminación y ventilación" fueron estudiadas a través de las comunicaciones libres relativas a la ventilación de un túnel con paramentos rugosos, a la ventilación actual de los existentes en la autopista Campomanes - León, a la contratación de energía eléctrica para túneles, y a la instalación de un sistema eficiente de iluminación en túneles de carretera, presentándose un último estudio, relativo a la iluminación de los túneles en España.

Conferencia especial: "Seguridad en túneles de carretera"

La sesión fue presidida por **D. Jesús Díez de Ulzurrun y Mosquera**, Subdirector General Adjunto de Seguridad Vial, de la Dirección General de Tráfico.

La conferencia especial estuvo a cargo de **M. Michel Marec**, Presidente del Comité de Túneles de la AIPCR, quien dio a conocer la diferencia y evolución de la normativa que rige los túneles carreteros en su país desde 1981, fecha de la anterior circular, hasta nuestros días, en los que, curiosamente y a pesar de no estar aprobada oficialmente, se está aplicando una nueva desde hace dos años. En resumen, la nueva circular reclasifica los túneles y sus exigencias de seguridad según su longitud, apareciendo la noción de túnel urbano, precisándolo, y teniendo en cuenta los riesgos inherentes de las congestiones de tráfico. También se observa en la nueva circular la noción de túnel de altura limitada, que define nuevas exigencias y dimensiones para camiones.

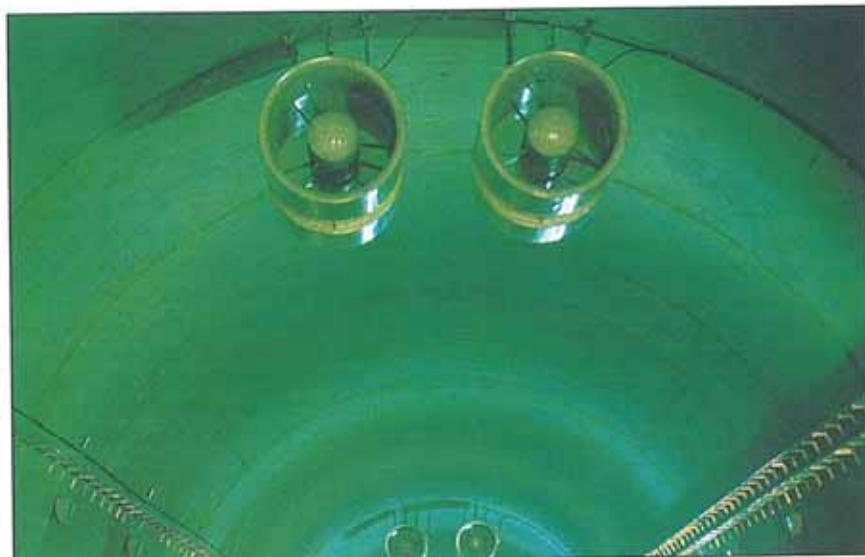
Posteriormente, explicó las medidas tendentes para permitir la llegada de socorros por una galería paralela o, en su defecto, la obligatoriedad que se impone ahora en la nueva norma de la construcción de refugios subterráneos, aunque no están seguros de su efectividad, dado que hasta la fecha no tienen la suficiente experiencia.

Más adelante, subrayó la severidad en los niveles de CO que de 250 ppm permitidas se limitan ahora a 200 y a 150 para el año 2005, así como las nuevas exigencias en materia de extintores, opacidad, materiales y ventilación en caso de incendio, trampillas de ventilación (en túneles urbanos cada 50 m y cada 100 m en los interurbanos), iluminación y señalización.

Terminó su intervención explicando algunos de los trabajos que realiza el Comité de Túneles de la AIPCR.

Sesión sobre reparación

Moderada por **D. José A. Hinojosa**, Subdirector General Ad-



La ventilación fue uno de los temas que más y mejor se debatió en este simposio.

junto de Tecnología y Proyectos del Ministerio de Fomento, la sesión comenzó con la ponencia general presentada por **D. Manuel Romana**, de Ingeotec, S.A.

Tras una pequeña introducción sobre la actualidad del estado de los túneles en nuestro país, comenzó a explicar las clases de actuaciones de reparación, que clasificó en 5 categorías: a) reparación del sosténimiento/revestimiento, b) cambios de gálibo, c) problemas hidráulicos, d) reacondicionamiento de túneles, y e) cambios de uso de los túneles. A continuación, se centró en la seguridad como criterio básico de actuación ante fallos de la estabilidad de un túnel, lo que obliga a adoptar medidas de sosténimiento extraordinarias, la seguridad propia del personal de obra y mantenimiento posterior, y la estricta del tráfico que utiliza el túnel.

Por lo que se refiere a los aspectos constructivos, dividió el tema en *reparaciones estructurales*, defendiendo que la actuación, en general, se realice en una sola intervención sobre secciones completas de revestimiento, aislando secciones si hubiera riesgo, etc.; *cambios de gálibo*, en sus cuatro modalidades: variación de la altura mediante solera, mediante realce de la bóveda, de la anchura disponible y combinación de ensanche y variación de altura; y *problemas hidráulicos*, tema en el que expuso las categorías de estanqueidad en Alemania, Suecia y Gran Bretaña.

A continuación, explicó las fases del proyecto de reparación (ex-

ploración, diagnóstico, tratamiento y seguimiento), aclarando con detalle cada una de sus fases, explicando, a continuación que las virtudes del proyecto deben ser la humildad y la imaginación, al tiempo que la flexibilidad.

Para el Sr. Romana, es necesario realizar un reconocimiento detallado de la obra, con economía de medios y con una buena programación para realizarla, destacando, para finalizar, que en materia de reparación de túneles sólo hay dos cualificaciones razonables: haber realizado en los últimos años precedentes (no más de 5) obras similares y que el equipo humano de la obra esté cualificado y con experiencia.

Posteriormente a esta intervención, en la sala plenaria, se analizaron y debatieron comunicaciones variadas que contemplaron tanto los tratamientos de consolidación en un tramo de ferrocarril metropolitano como ejemplos concretos de reparación de túneles ferroviarios, adaptaciones de túneles para su utilización por el metro, reparación de túneles en zonas de arcillas volcánicas expansivas, transformaciones en galerías de servicio y de conducción de aguas, nuevos túneles y reparaciones submarinas como la llevada a cabo en el Eurotúnel.

Mientras, en la sala especial se atendía el tema general de "Láminas y gunitas" con comunicaciones relativas a láminas impermeabilizantes sintéticas prefabricadas, materiales sintéticos, productos nuevos como el Composteel y Compos-

cem, nuevas tecnologías para sostentamiento de túneles y taludes, nueva normativa, y práctica, y tendencias internacionales del hormigón proyectado por vía húmeda, etc.

Sesión/visita técnica al túnel de Somport

El presidente de mesa de esta sesión fue **D. Mariano Ferrando, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón**. La sesión se celebró en el interior del túnel de Somport en un lugar especialmente acondicionado para ello. Intervino en primer lugar, **D. Ángel Morancho Saumench, Jefe del Área de Proyectos y Obras de la mencionada Demarcación**, quien hizo una breve presentación histórica del túnel, subrayando su especial significado como punto de encuentro y de comunicación europeo, así como la red vial que complementará tal unión.

Posteriormente, **M. Jean Pierre Forgerit, Ingenieur General de Ponts et Chaussées, y M. Michel Thibault, Directeur Departemental de L'Équipement**, ambos en representación del país vecino y copartícipe de su realización, hicieron unas cortas intervenciones, presentando cifras y resultados así como diversos datos de interés.

Finalmente, y antes de que se atravesara el túnel, se pasara a la zona francesa y se realizará el recorrido por la actual carretera, intervino **D. Rafael López Guarga**, quien hizo una amplia exposición de la realidad del túnel, su proyecto, tratamiento de la obra, problemas surgidos, velocidades de avance y un largo etcétera que culminó con explicaciones brillantemente razonadas y documentadas con medios visuales.

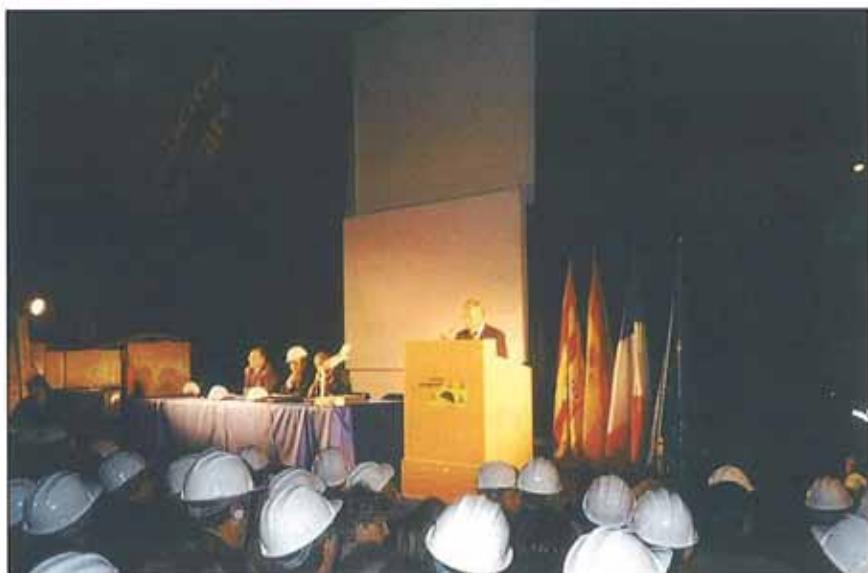
Conferencia especial "Seguridad, Estética y Confort"

La sesión fue moderada por **D. Manuel Romana**, quien excusó la presencia de D. José Manuel Serrano.

José A. Juncá-Ubierna, de Socytec, S.L., presentó básicamente el tema que expuso en São Paulo, centrado en la amplia experiencia noruega en túneles, co-

menzando por subrayar la vinculación de la roca y del túnel con el hombre y la preocupación creciente por la circulación, el confort, etc., dentro de un túnel. Tras subrayar la tradición y la experiencia noruega en ingeniería submarina, al tratarse de un país con más de 19 túneles submarinos, definió una serie de factores en relación con la estética, la comodidad y la seguridad como el diseño de portales y embocaduras de túneles, la señalización

revestimientos, tratamiento superficial, etc., hizo una recapitulación para la mejora significativa en la percepción del túnel como el refuerzo visual de su acceso; diseño de la entrada de modo que evite el efecto "muro"; utilización de revestimientos, pintura, etc., que den sensación de frescura y luz en el interior del túnel; reforzamiento de la señalización y el desarrollo de experiencias piloto, aplicando propuestas de diseño seleccionadas.



La sesión/visita técnica se realizó en el interior del túnel de Somport.

informativa e identificación del túnel desde el exterior, el diseño de la transición exterior-interior-exterior y de la sección interior, así como de los trazados en curva y pendiente, nichos de SOS, etc. Posteriormente, habló de los principios metodológicos y de las características psicológicas y fisiológicas dentro del túnel, definiendo -a continuación- una serie de objetivos básicos como son la posibilidad de control visual en todo el desarrollo del túnel, de combatir la monotonía dinámica y el uso integral de todas las posibilidades y recursos disponibles.

El sistema perceptivo humano, la visión y la conducción, la iluminación, la interacción visual y auditiva, la percepción de la señalización y la psicología del color, fueron los puntos claves subrayados para el diseño interior del túnel.

Finalmente, tras citar una serie de propuestas relativas al trazado, sección transversal, iluminación,

Sesión sobre conservación

Esta sesión fue presidida por **D. Francisco Criado Ballesteros, Subdirector General de Conservación y Explotación del Ministerio de Fomento**.

La ponencia general estuvo a cargo de **D. Joan Almirall Bellido, Director Técnico de TABASA** que comenzó subrayando las obligaciones existentes para con los clientes (usuarios) y que el parque automovilístico es muy cambiante, con un fuerte incremento en los motores diesel, que llevarán a un mayor control de la opacidad y del óxido de nitrógeno y menos del CO₂.

Posteriormente, presentó varias tablas con tasas de incidentes en túneles tanto por longitudes como por pendientes, destacando que es menor la tasa en túneles unidireccionales y cuanto menor sea la pendiente. También añadió que las señales no bastan y que se necesitan

medidas de detección, TV, postes SOS, etc. Curiosamente, las incidencias más comunes en el interior de los túneles de su competencia son: remolcado (53%) y el reposatado (32%), ya que la accidentalidad es mínima.

Más adelante, distinguió el mantenimiento propio de un túnel del de una carretera basado, fundamentalmente, en la necesidad de equipos de mantenimiento preparados para actuaciones normales y anormales, pasando a describir el Plan de Emergencia que todo este tipo de instalaciones debía de tener, desde el jefe de emergencia, de operaciones, equipos de intervención, etc., incluyendo las descripción de fichas de mantenimiento y revisión, así como la exposición de cómo se deben de realizar estas últimas.

Finalizó su intervención, poniendo un ejemplo de cómo se distribuyen los costes de conservación y explotación en el túnel de Valvidrera.

Posteriormente, en la sala plenaria se expusieron varias comunicaciones relativas al pavimento de hormigón en un túnel de carretera, a la conservación del equipamiento y de la totalidad de los elementos de un túnel (en Marbella), así como a la realización de la actividad en túneles en terrenos viscoplásticos, además de los criterios generales de actuación para el mantenimiento de los túneles.

En la sala especial, y con el lema de "Auscultación", se presentaron las últimas innovaciones en este campo, como es el sistema AOC, la evaluación del estado del revestimiento de túneles ferroviarios antiguos, auscultaciones del sostenimiento/revestimiento mediante técnicas especiales, y otros ejemplos ya más concretos, como en el metro de Madrid y en la A-6.

Mesa Redonda

La mesa redonda "¿Cuánto y qué debe invertirse en conservación de túneles?" fue moderada por **D. Francisco Criado Ballesteros**, quien, tras aclarar que conservación y gestión van unidas y que había que incrementar aún más, tanto las condiciones geométricas como la calidad del servicio en los túneles, afirmó que debemos de plantearnos alternativas claras para que los



Todos los aspectos y circunstancias que afectan a la circulación por un túnel fueron analizados y debatidos en este evento.

ciudadanos puedan decidir con plenitud de garantías.

En cuanto al panel, comenzó con la intervención de **D. Ángel Sánchez Vicente**, del Ministerio de Fomento, explicando la actualidad de los túneles en la Red de Interés General del Estado, incluyendo los que están en construcción, así como sus equipamientos, y las incidencias más comunes habidas. Entre sus conclusiones, se destacan que los túneles poseen una buena construcción y conservación, que los usuarios no hacen el caso debido a los mensajes y paneles informativos, y que se debe de recomendar y proceder a protocolos con las competencias bien definidas a todos los niveles.

Posteriormente, intervino **D. Ángel Hernando**, de la Unidad de Carreteras del Ministerio de Fomento en Huesca, que comenzó su intervención hablando de los costes de los túneles: explotación (gestión, energía, etc.), conservación (preventiva, de reposición), mejora, etc.

Pasó, más adelante, a explicar el caso concreto de los túneles de Monrepós (600 y 1 500 m de longitud, respectivamente), explicando sus características geométricas y técnicas, así como de su equipamiento (ventilación longitudinal, extractores, instalaciones de TV, centro de control, etc.).

Finalmente, afirmó que el coste por km y año, deduciendo el coste de energía eléctrica, es de 8 Mpta, y, en todo caso, se mos-

tró partidario de una buena y eficaz conservación preventiva.

A continuación, intervino **D. Juan J. Jiménez Tapia**, del Servicio de Conservación y Gestión Tecnológica del Gobierno de Navarra, quien hizo una panorámica de la red en Navarra y de sus túneles, incluyendo el más antiguo de Lizárraga y los recientemente inaugurados de Velate y Almandoz. Tras describir las condiciones y equipamientos de sus túneles, informó sobre los costes fundamentales según conceptos, incluyendo los de energía eléctrica que ascendían a 50 Mpta. Finalizó su intervención valorando la disposición de fluorescentes en los laterales de los túneles, experiencia innovadora que se estaba realizando en esa Comunidad.

D. Bernardo Monclús, de GISA, centró su intervención en los 18 túneles dependientes del Centro de Control de Tráfico de Vic y su equipamiento. Sobre el mantenimiento preventivo, aclaró que se le han añadido conceptos nuevos como la desratización y limpieza de luminarias; y, sobre el mantenimiento correctivo, presentó un cuadro resumen de incidencias anuales cuyo coste ascendía a 9,9 Mpta. Su intervención finalizó con la información de que el coste anual del mantenimiento correctivo es de 8 848 ptas/m/año.

D. Alberto Abella, de Grupisa, disertó sobre la relación entre la inversión y las particularidades de cada túnel. Su exposición se centró sobre 16 túneles de di-

ferentes carreteras y tipos: urbanos (Málaga, San José, etc.), abiertos (Miravete, etc.), alta montaña (Sierra) y 8 túneles en la A-15, con sus respectivos equipamientos.

Además, valoró positivamente la centralización de la gestión desde un centro de control, lo que abarata costes, y subrayó lo difícil de extrapolar los costes de uno a otro túnel.

Finalizó su intervención explicando los medios propios de que dispone su empresa para esta gestión, los problemas de "cultura" antitunelística y sobre los gastos de energía eléctrica según la ubicación de los túneles y su longitud.

La mesa redonda concluyó con la intervención de **D. José Luis Alloza**, de Ploder, explicando la experiencia en los túneles cortos de Despeñaperros, construidos en 1953 y 1984, describiéndolos e informando que no requieren ventilación artificial, tan sólo de iluminación, y que han tenido muy pocas emergencias al ser unidireccionales y cortos de longitud, con las consiguientes reducciones de riesgos y gastos. Subrayó también, la importancia que

se da a la vigilancia (con cuatro revisiones diarias ya que no hay centro de control) y al cambio y limpieza de luminarias. Tampoco dispone de grupos electrógenos de emergencia pues no se creían necesarios.

Sesión de clausura

estas jornadas, sucediéndole en el turno de intervenciones **D. Manuel Romana**, quien subrayó la labor del Comité de Túneles, cuyos miembros se podían sentir satisfechos y agradecidos.

Más adelante, **D. Francisco Criado** destacó que este tipo de foros ayuda a la actividad profesional y favorece el diálogo con los ciudadanos y con sus representantes.

D. Pascual Rabal, Alcalde de Joca, excusó anteriores inasistencias debidas a su labor como Señador, esperando que todos se llevaran un grato recuerdo de su paso por esta ciudad.

Finalmente, el **Sr. Ainsa Escartín**, Presidente de la Diputación Provincial de Huesca, mostró su satisfacción por estos encuentros y contactos entre gentes, así como el orgullo por la elección de esta ciudad como sede del evento, finalizando su intervención agradeciendo el honor de poder dar por clausurado este II Simposio de Túneles. ■

Vicente Monte. Redacción de la revista Rutas.