



TUNELES

• POR MANUEL ROMANA

El Congreso de Bruselas ha sido un éxito notable de organización, de asistencia, de fluidez... Un enorme flujo de información técnica y de contactos profesionales para todos. Una notable exposición a la que no faltó una importante presencia española. Unos días de encuentros técnicos y humanos en un ambiente relajado y grato. En un acontecimiento de esta magnitud, cada uno sólo puede explorar las parcelas de su interés. De una de ellas, los túneles, trataré de dar cuenta a continuación.

Conferencia-Debate sobre seguridad vial

La conferencia-debate n.º 1, «Seguridad e Infraestructura», se celebró con una gran asistencia en el auditorio principal. Sus conclusiones fueron incorporadas a las conclusiones generales del Congreso. Se trata de una buena panorámica de los aspectos conceptuales de la seguridad vial. En el cuadro n.º 1 se reproduce un fragmento de esas conclusiones, que he seleccionado porque me parecen claves para el planteamiento de la seguridad de un túnel.

Reténgase: que la seguridad vial, en un túnel, es pluridisciplinaria (por ejemplo depende de la iluminación tanto como del trazado); que la carretera debe ser fácilmente comprensible y abarcable para el usuario (por ejemplo el hecho de entrar en un túnel no debe originar incertidumbres visuales); que la seguridad exige una acción preventiva previa y un análisis «a posteriori» de los accidentes; que los factores que originan los accidentes suelen ser defectos de visibilidad o dificultades de apreciación geométrica; y finalmente, que una intersección extendida (o una entrada en un túnel) suele ser peligrosa.

El cuadro 2 resume las dos páginas de la Ponencia sobre Seguridad e Infraestructura que se refieren a los túneles. Contiene muchos conceptos útiles:

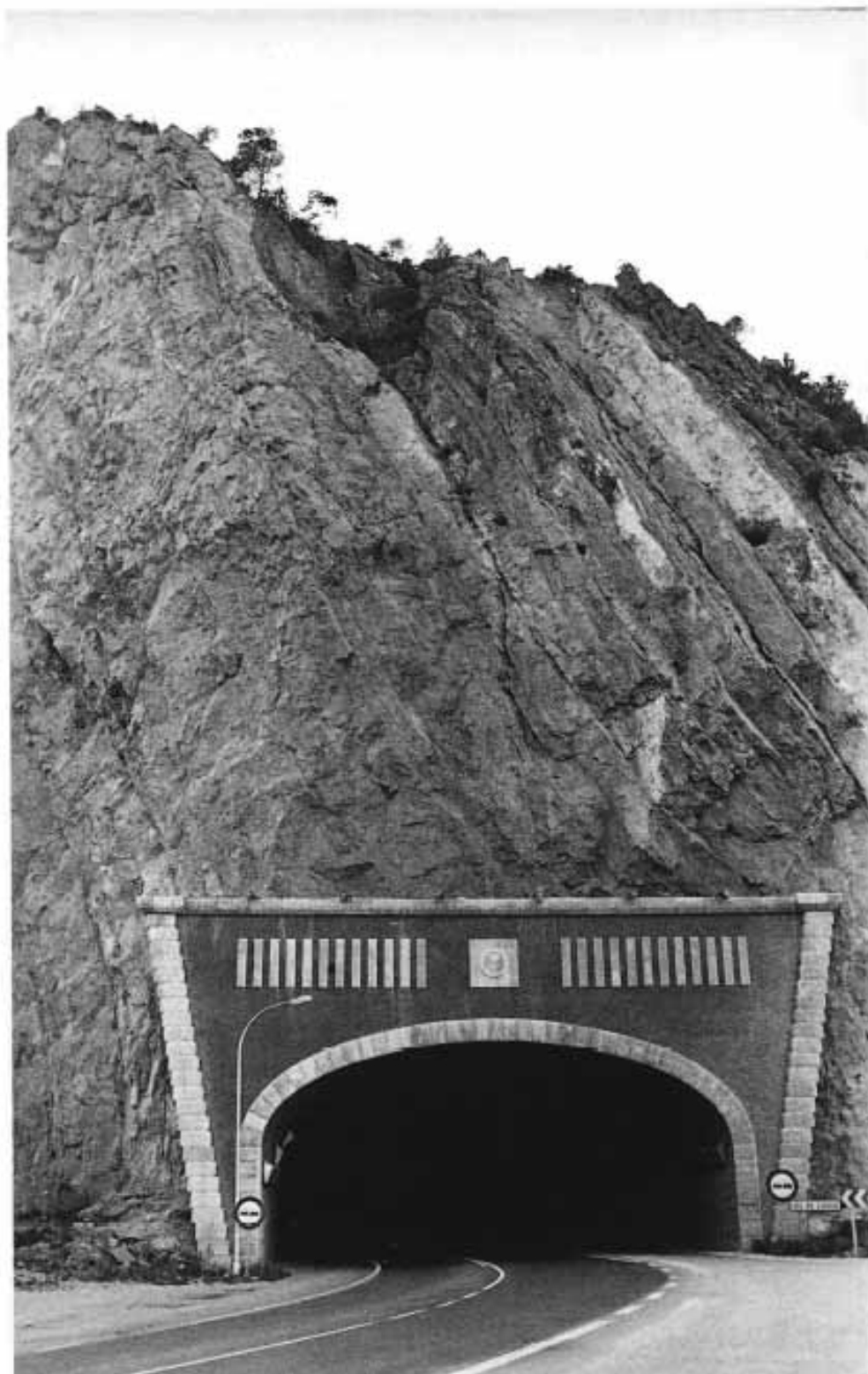
- Señalización previa.
- Suavización de las transiciones en las bocas.
- Eliminación de intersecciones y desvíos.
- Buena visibilidad geométrica.
- Buena iluminación.
- Medidas de emergencia.
- Mantenimiento organizado.

y al mismo tiempo desmonta el cliché de que los túneles son más peligrosos que el resto de la carretera. En efecto, las estadísticas demuestran que, en general, los túneles son menos peligrosos que los tramos a cielo abierto, y que los accidentes se concentran en las bocas. Pero este tema de la accidentabilidad requiere un tratamiento más amplio.

La sesión del Comité de Túneles

El Comité de Túneles celebró una sesión seguida de un Seminario sobre el papel de los túneles en el desarrollo urbano.

Empezando por el final, el Seminario nos permitió asistir a la presentación de algunos proyectos interesantes y/o espectaculares de autopistas urbanas enterradas bajo enormes nuevos centros comerciales o bajo viejos barrios con tranquilidad renovada, casi siempre en conexión con aparcamientos y accesos subterráneos (esquemas que a los madrile-



ños les recordarán el lazo múltiple de AZCA). Pero no pasó de una colección de casos.

La moraleja, oculta, es que los centros de las ciudades «vuelven» a interesar a los planificadores y que en todas partes aparecen inversiones necesarias para esas enormes remodelaciones.

La sesión del Comité se ajustó, casi estrictamente, al informe escrito (report o rapport) que se ha convertido desde Méjico en una directiva no oficial pero enor-

memente respetada en todo el mundo. El informe tiene 138 páginas muy densas, difíciles de sintetizar, que los interesados aún estamos estudiando. En lo que sigue se presentarán algunas pinceladas sin pretensión de totalidad.

El francés PER (director del C.E. Tu. de Lyon) presentó la primera parte sobre explotación, mantenimiento y control. Habló sobre los equipamientos contra incendios, la señalización vertical y los semáforos, la señalización de obras; y presentó una se-

rie de estadísticas sobre el coste de mantenimiento de todo tipo de túneles. Un importante director de explotación español dudó de la veracidad de estas estadísticas. Pero para otros es útil tener una idea del nivel de gastos ajenos.

HAERTER, un renombrado consultor independiente de Zurich, presentó la segunda parte sobre ventilación. Las recomendaciones anteriores del Comité (Viena, Sidney), continúan en vigor y fueron reafirmadas. Pocos las discuten actualmente. Pero como la emisión de gases de los vehículos está cada vez más controlada, aumenta la impresión de que muchos túneles tienen instalaciones de ventilación excesivas. En el Comité no se dijo explícitamente, pero la ventilación longitudinal, simple y barata, se emplea cada vez más. HAERTER habló también de incendios (aunque dio una cifra de frecuencia 10^{-7} veh/km — doble o triple de la real). Sin exagerar su importancia, presentó un análisis muy útil de la propagación del humo en un túnel y de su posible y deseable control por la ventilación. Fuera de guión, HAERTER presentó varios de sus estudios de polución del aire en las bocas de los túneles, un tema que ha sido muy polémico en los últimos túneles construidos en Zurich. En el futuro oiremos cada vez más hablar de ese tema.

Francisco PEREZ LOZAO, que preside el subcomité de iluminación, presentó los últimos desarrollos que parten de los informes de Viena y Sidney. Se concentran en la iluminación del tramo de adaptación próximo a las bocas y de los túneles cortos. El trabajo del subcomité es riguroso, y tiene en cuenta los últimos conocimientos sobre cómo trabaja realmente la retina humana. PEREZ LOZAO habló con claridad y no eludió las ventajas y ahorro de la iluminación por contraste, un sistema inédito en España, usado en casi todos los túneles suizos y en muchos noruegos y austríacos (para los lectores que no lo hayan experimentado, el sistema se basa en que contra una luz frontal se ve con facilidad la silueta de un obstáculo, percibido como un bulto negro). El sistema de contraste es más económico que el usual y en ciertas condiciones más seguro, aunque en otras no, como se encargó de remarcar en una intervención contraria posterior M. CASIER, de la Comisión Internacional del Alumbrado (CIE). El último punto de las conclusiones del Comité de Túneles (véase el cuadro 3) es una formulación «diplomática» del desacuerdo. A esa formulación contribuyó no poco, con su tacto, PEREZ LOZAO, que minimizó la discrepancia, y mi opinión es que PEREZ LOZAO tenía toda la razón técnica, pero la CIE influida notablemente por la industria, teme que la expansión del sistema de contraste (llamado «asimétrico»)

conduzca a una reducción del nivel de equipamiento. No discuto que la CIE pueda tener razón en el caso de algunos túneles urbanos. Pero para la mayoría de los túneles interurbanos, mejor es tener iluminación barata por contraste que ninguna iluminación por causa de la escasez del presupuesto. Dicho esto, añadiré que creo muy difícil la aceptación del conductor español a un sistema que se basa, aunque sea poco, en un deslumbramiento aparente. PEREZ LOZAO presentó además los niveles de iluminación recomendables para el interior de los túneles y algunos aspectos técnicos sobre suministro de electricidad y control de la iluminación.

Finalmente, el holandés OUD presentó el apartado de tráfico y seguridad vial. Una exposición algo monótona (además con el auditorio cansado) pero un informe excelente, que merece ser estudiado. Las estadísticas sobre accidentalidad son las primeras que empiezan a distinguir la diferente tasa de accidentabilidad según los diferentes tipos de túneles (de menos a más: túneles largos de cruce de divisoria, túneles de autopista interurbana, túneles urbanos y túneles subacuáticos holandeses, belgas e ingleses). Resumiendo mucho las tasas de avería, están entre 9 y 25×10^{-6} veh/km y las de accidentes entre 0,30 y $1,60 \times 10^{-6}$ veh/km; aunque algunos túneles con problemas de geometría y de visibilidad puedan ser mucho más peligrosos.

En conjunto, una sesión interesante e informativa.

Las visitas técnicas

Hubo dos: una general, de entre las organizadas por el Consejo, a los túneles de Bruselas, y otra especial a un túnel donde los belgas están realizando ensayos de iluminación.

Bruselas está llena de túneles urbanos. Es una opción urbanística y de hecho no hay pasos superiores. Hasta los tranvías van bajo tierra al cruzar el centro de la ciudad, transformándose en un premetro. Hay tantos túneles, con incorporaciones y desvíos, que es posible perderse en ellos, como tuve ocasión de comprobar en una visita en coche hecha en abril. De entre todos los túneles, los belgas están orgullosos del último: el túnel Leopoldo de más de dos kilómetros de longitud. El estilo de todos los túneles es similar. Tráficos separados, iluminación intensa, escapes para peatones frequentísimos, construcción en zanja, casi siempre con paredes moldeadas, revestimiento con placas prefabricadas verticales. A notar el interés por eliminar la monotonía y luchar contra la claustrofobia, introduciendo en las paredes juegos de colores. A notar también un pequeño fracaso (levantamientos locales por subpresión con rotu-

ra de aceras), cuyo riesgo los proyectistas y los constructores españoles de túneles conocen perfectamente y evitan con facilidad mediante contrabóvedas.

La visita al túnel de Wevelgem fue mucho más específica. Un autobús con 20 congresistas (de ellos 4 españoles) nos llevó a este túnel, donde se están realizando ensayos de iluminación para «comparar» la iluminación normal y por contraste. Las condiciones de la prueba eran muy parciales contra la iluminación por contraste (boca orientada al S, medio firmamento en el campo visual del conductor, colores claros en el acceso) y a pesar de ello los resultados fueron poco concluyentes.

1991

El próximo Congreso, en 1991, se celebrará en Marrakesh. Un entorno fascinante según las diapositivas que en la sesión de clausura nos mostró el embajador marroquí en Bruselas, un impecable representante de un país que desea estrechar lazos con la Comunidad Europea.

Espero asistir, como integrante de la representación española. Pero no preveo ninguna visita a túneles de carretera, cuya existencia desconozco en Marruecos. Es igual. El Congreso, y su marco, nos interesarán.

Mientras tanto, como dijo BALAGUER en el discurso final de un Congreso que ha sido otro triunfo personal suyo, VIA VITA, la carretera es la vida.

CONCLUSIONES GENERALES SOBRE SEGURIDAD VIAL

2.—Es indispensable un esquema de las políticas globales de seguridad relativa a la infraestructura, tanto en campo abierto como en zona urbana.

Conviene tener en cuenta los comportamientos de conducción a partir de un enfoque pluri-disciplinario. Es necesario una concepción íntegra de la carretera y de sus equipamientos. La carretera debe parecer lo que realmente es. Es esencial el concepto de legibilidad.

Hay que buscar principios de ordenación más seguros y más económicos. La organización y seguimiento de acciones preventivas conducen a la seguridad.

3.—Conviene hacer balance de las medidas puntuales de seguridad. Esto supone realizar el análisis de los accidentes, conocer el terreno y una preocupación por integrar el elemento en su itinerario.

Estas acciones son eficaces y poco costosas.

Los factores accidentogénicos son,



casi siempre, un defecto de visibilidad, o una dificultad de apreciación geométrica si se trata de una intersección. Una intersección extendida suele ser peligrosa.

Extracto de la ponencia sobre seguridad de infraestructura (Conferencia-debate n.º 1)

Un túnel de carretera es, a menudo, el único paso, y por tanto necesita un mayor nivel de calidad de diseño que las estructuras a cielo abierto.

La experiencia demuestra que los túneles en carreteras, incluso cuando no estén iluminados, no son, en general, más peligrosos que otras secciones de la misma carretera.

Probablemente la razón es que los conductores están más atentos... y que se han tomado medidas, en general, para evitar situaciones peligrosas.

Para suavizar la transición entre cielo abierto y túnel pueden aplicarse, con éxito, las siguientes reglas:

- Las condiciones de tráfico en el túnel deben indicarse con gran antelación a la boca.
- Al mismo tiempo, los cambios de sección (reducción en los hastiales) de-

ben empezar a suficiente distancia de entrada, de modo que el conductor haya buscado su posición en la carretera antes de entrar en el túnel (por ejemplo colocando barreras de seguridad que continúen hasta dentro del túnel).

Deben evitarse las desviaciones e incorporaciones dentro de los túneles y, si es posible, a su entrada y a su salida.

Los perfiles longitudinales y transversales deben ofrecer suficiente visibilidad, lo que puede conducir a un sobredimensionamiento vial.

Para reducir el efecto de «agujero negro», la intensidad de la iluminación en la entrada deberá ajustarse a la luz en el exterior. Es preferible usar colores oscuros en el exterior... y claros en el interior. La velocidad autorizada (y la accidentalidad) dependerá del nivel de iluminación.

Un accidente en un túnel a menudo es de mayores consecuencias que en el exterior.

Para aumentar la seguridad debe preverse:

- Suministro de electricidad de emergencia.
- Teléfonos frecuentes.
- Televisión.
- Información para los usuarios... y señalización específica.

Todo esto requiere un mantenimiento organizado que sea específico a los túneles importantes.

Un fuego en un túnel es normalmente más devastador que a cielo abierto. Por tanto, deben preverse detectores de incendios, extintores e hidrantes.

Conclusiones del Comité sobre túneles de carretera

El Comité Técnico de Túneles de Carreteras ha presentado un informe con recomendaciones actualizadas sobre: explotación de los túneles, conservación y gestión, contaminación y ventilación, iluminación y circulación. Este informe enriquece las recomendaciones del código de buena práctica que ha estimulado los trabajos del Comité desde 1958.

El Comité de Túneles se ha ocupado también de los temas de planificación y de tomas de decisión, haciendo más hincapié en una amplia evaluación de los beneficios potenciales. Hay que llegar a una utilización óptima de los túneles, sobre todo cuando se trata del desarrollo global de ciudades servidas por los túneles urbanos.

La lucha contra los escapes de los vehículos conduce a una reducción de las demandas de ventilación en los túneles.

Al mismo tiempo, las mayores preocupaciones sobre la contaminación del aire han exigido hacer mayor hincapié sobre los efectos localizados en las entradas de los túneles y en los pozos de ventilación. El Comité va a continuar asociándose a futuros estudios de estas cuestiones a tamaño real.

Se dan recomendaciones sobre los diversos aspectos del mantenimiento de los túneles, a partir de la experiencia adquirida en varios túneles en servicio. Se da una evaluación aún más profunda de la capacidad de los túneles, especialmente de los urbanos.

Una cooperación estrecha y continua con la CIE (Comisión Internacional del Alumbrado) ha dado lugar a recomendaciones sobre el alumbrado de los túneles. Esto ha conducido a nuevas técnicas para determinar los niveles de alumbrado según las condiciones de cada túnel. Se necesitan realizar estudios complementarios para poder saber en qué condiciones hay que recomendar el alumbrado asimétrico de los túneles.

* Manuel Romana es Catedrático de Geotecnia de la Universidad Politécnica de Valencia. Presidente del Comité Técnico de Túneles de la AIPCR Española.