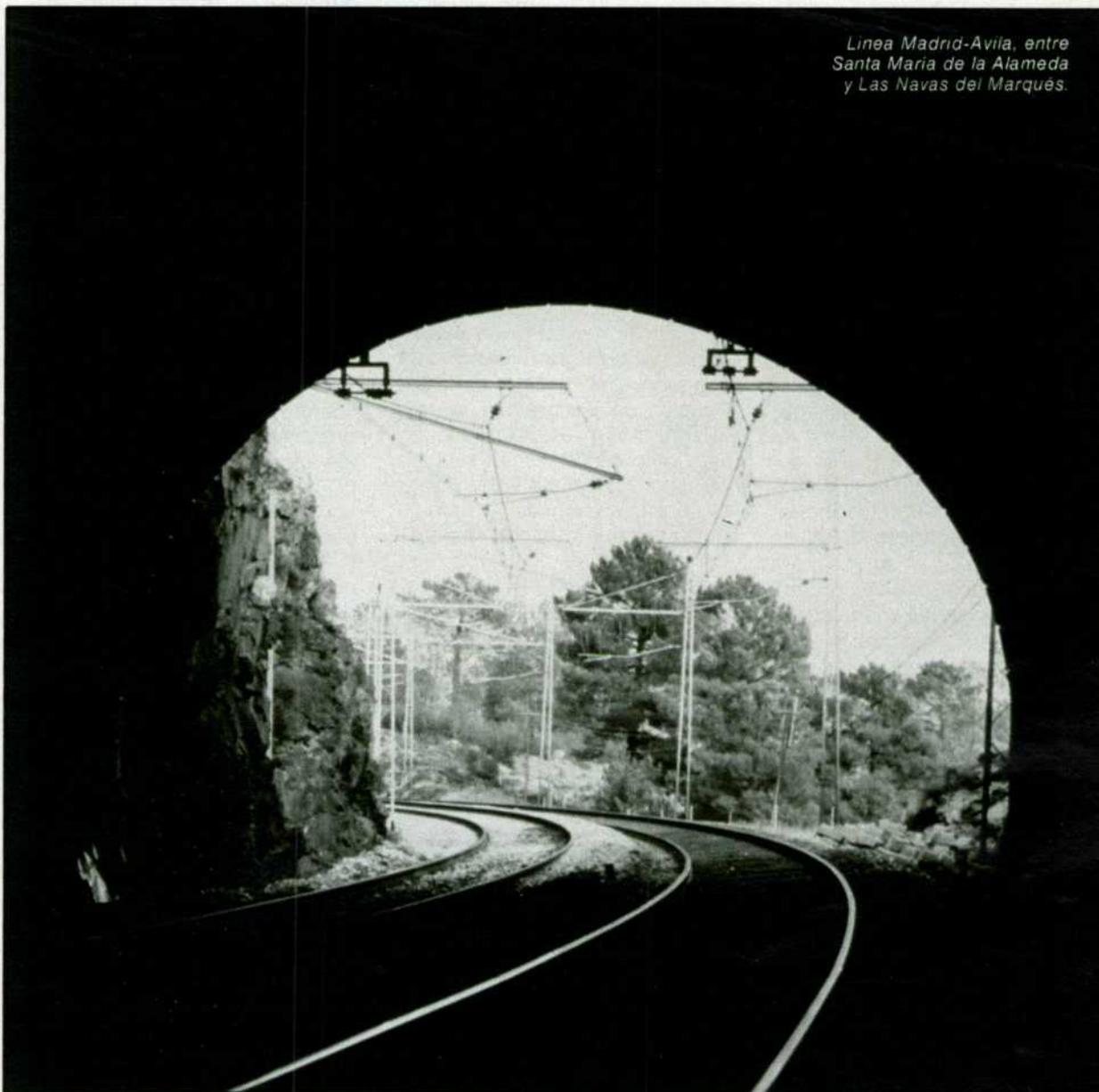


El túnel es, tal vez, una de las obras más características de la ingeniería civil ferroviaria. La propia historia del ferrocarril y la técnica de construcción de túneles se desarrollaron paralelamente durante la época dorada de la expansión ferroviaria en el mundo (1870-1914), constituyendo la construcción de algunos transalpinos (Simplón, por ejemplo) memorables hitos del desarrollo de la ingeniería civil. Tras más de medio siglo de estancamiento, en la actualidad se asiste a una revitalización de la construcción de grandes túneles como consecuencia del trazado de nuevas líneas o la mejora de capacidad o disponibilidad de otras ya existentes. Estas circunstancias, unidas al hecho de que el túnel submarino se perfila como solución idónea para salvar la discontinuidad entre redes impuesta por algunos estrechos marítimos, justifican el que en este momento pueda hablarse de una nueva edad de oro en la construcción de túneles ferroviarios.

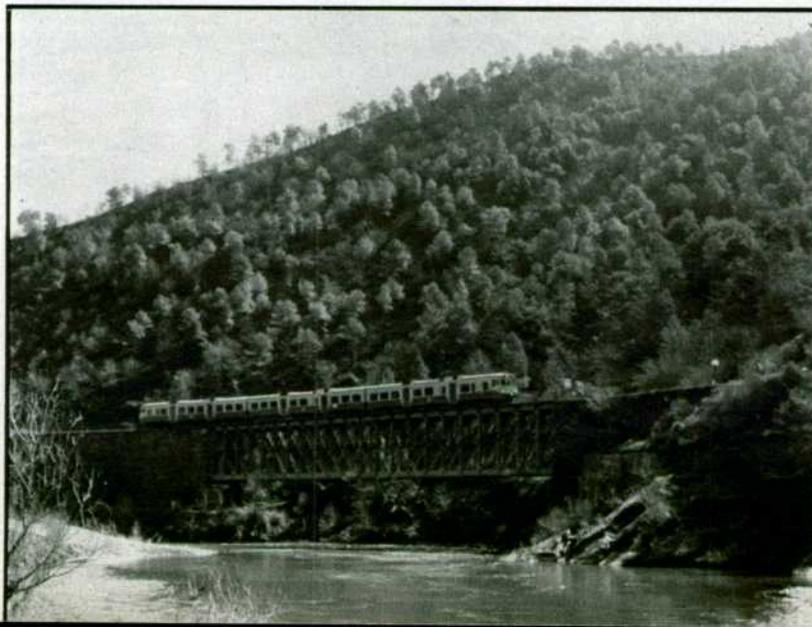
Línea Madrid-Avila, entre Santa María de la Alameda y Las Navas del Marqués.



La era de los grandes túneles ferroviarios

JÓSE RAMON SUAREZ MUNOZ

UN túnel ferroviario es, básicamente, una obra de ingeniería civil proyectada para permitir el paso de una línea férrea a través del terreno con objeto de: a) franquear obstáculos montañosos (túneles de línea); b) acceder a terminales subterráneas en poblaciones (túneles urbanos); c) proteger la vía en zonas montañosas (túneles artificiales). Por unidad de longitud es, tal vez, la más costosa de todas las obras de ingeniería ferroviaria; ello se debe, en gran parte, a las importantes incertidumbres que aún hoy plantea la perforación de un



túnel, derivadas de la imposibilidad de conocer previamente a la ejecución de los trabajos —y a pesar del espectacular desarrollo de las técnicas de prospección— todas las condiciones del terreno en que aquéllos se van a desarrollar.

Adicionalmente, el tráfico ferroviario a través de túneles plantea unos problemas específicos de explotación que, junto a las dificultades ya expuestas, determinan que, como norma, la construcción de un túnel deba considerarse no deseable. No obstante, las limitaciones impuestas al perfil en planta —ra-

dio mínimo de curvas— y alzado —máxima rampa, mínimo radio de los cambios de rasante— de las líneas férreas han obligado, con frecuencia, a adoptar el túnel como solución. A nivel europeo, y según las estadísticas de la UIC (1976), la longitud total de los túneles en servicio de las principales administraciones se aproxima a los 3.000 km. Según las mismas fuentes, RENFE cuenta con 1.168 túneles —por término medio, uno cada 11 km. de línea—, que totalizan 374.423 metros. La tabla 1 recoge los túneles ferroviarios españoles más importantes. Si bien el de mayor longitud de entre los que se encuentran en servicio es el de Padornelo (5.971), la mayor perforación corresponde al túnel de Egaña (7 km.), construido para permitir al inconcluso ferrocarril Santander-Mediterráneo salvar la Cordillera Cantábrica.

CLASIFICACION.—La clasificación tradicional de los túneles de línea se ha establecido tomando como referencia la situación relativa del túnel respecto a la base de la montaña que atraviesa. Así se distinguen:

— Túneles de base: su trazado se encuentra a alturas del orden de 500 a 700 m. sobre el nivel del mar (s. n. m.) y son, generalmente, los de mayor longitud. Ejemplos: Simplón I (19.803 m.) y Simplón II (19.824 m.), con 705 m. (s. n. m.) en su punto culminante. Una notable excepción la constituye el túnel de base de Furka (Suiza), cuyo trazado de 15.407 m. se encuentra a una altura máxima de 1.564 metros (s. n. m.).

— Túneles de altitud media: son los más frecuentes en el ferrocarril. Su trazado discurre normalmente a alturas entre 1.000 y 1.200 m. (s. n. m.) Ejemplos: la mayor parte de los túneles alpinos se encuentran incluidos en este grupo, por ejemplo: San Gotardo (15.003 m., 1.151 m. s. n. m.) y Lötschberg (14.612 m., 1.240 m. de altura máxima).

— Túneles de costa: su trazado se encuentra normalmente por encima de los 1.300 m. de altura. Dentro de los pocos túneles ferroviarios a incluir en este grupo, uno de los más característicos es el del Arlberg (Austria), de 10.250 m. de longitud y 1.311 metros de altura máxima.

PECULIARIDADES.—Los túneles ferroviarios presentan una serie de características pe-

culiarias relativas a su construcción, instalaciones y condiciones de explotación y mantenimiento que deben ser cuidadosamente consideradas en su proyecto en tanto que pueden representar una importante incidencia económica en los costes de infraestructura y explotación del tramo afectado.

Durante la etapa de construcción es muy importante minimizar el impacto de la obra sobre su entorno, teniendo en cuenta sobre todo el gran volumen de residuos a evacuar durante los trabajos de perforación (aprox. 80.000 m³/km. para un túnel de vía doble de 60 m² de sección útil, tipo Directísima) y la creciente sensibilización de la opinión pública frente a alteraciones de los ecosistemas.

En el caso del ferrocarril adquieren una relevante importancia los fenómenos aerodinámicos ligados a la circulación en el interior de túneles; baste indicar que la potencia de tracción ne-

cesaria para mantener unas determinadas condiciones de circulación dentro de un túnel puede llegar a triplicarse —en función de la longitud del túnel y velocidad de circulación— respecto a la correspondiente a aire libre. Sobre este aspecto tiene una influencia nada despreciable —especialmente en túneles largos— la propia rugosidad del revestimiento interior de las paredes, e incluso la forma de las entradas del túnel, que, en ocasiones, se diseñan abocinadas.

A lo anterior deben añadirse los importantes efectos que sobre la estabilidad de los vehículos aparecen como consecuencia de las sobrepresiones laterales producidas por el cruce de trenes en el interior de los túneles, así como los que sobre el confort de los viajeros surgen debido a las bruscas variaciones de presión que se experimentan a la entrada y salida de aquéllos.

Todos estos aspectos adquieren una importancia capital en

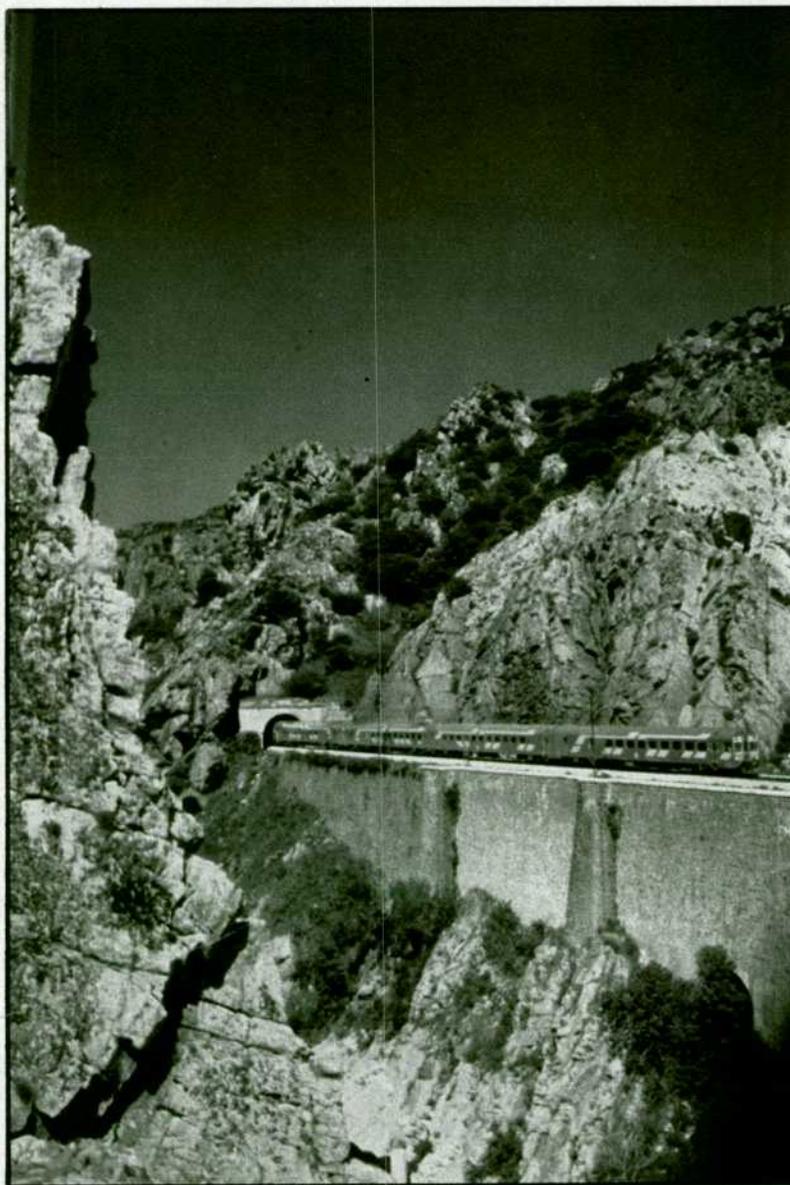
tanto que, al fin, vienen a incidir sobre la selección de la sección transversal del túnel, uno de sus parámetros básicos y de mayor influencia sobre los costes de construcción. Como valor del área de dicha sección, puede indicarse a título orientativo 20 a 30 m² en túneles de vía única y 40 a 50 m² en vía doble, si bien en este último caso, y para líneas de alta velocidad, pueden alcanzarse los 70 m² de sección útil (red Shinkansen).

En el dominio de las instalaciones para túneles ferroviarios existen, asimismo, algunas características significativas. En general, y a diferencia de la carretera, donde el problema es, con frecuencia, crítico, la ventilación de los túneles de línea del ferrocarril no requiere equipos específicos; se confía exclusivamente al efecto de "pistón" que originan las circulaciones y a las corrientes de aire producidas por tiro natural.

Son, sin embargo, características del ferrocarril otras instalaciones: señalización, catenaria, comunicaciones y, ocasionalmente, dispositivos de detección de incidentes —descarrillamientos, desplomes—, iluminación, controles de gálibo, aviso de proximidad de circulaciones, etcétera. El nivel de equipamiento de los túneles difiere, no obstante, de unas a otras administraciones.

Dado que la reparación de un túnel requiere tiempo y, con frecuencia, la total interrupción del tráfico ferroviario, debe prestarse especial atención a su adecuado mantenimiento. A él contribuyen: dispositivos de medida y auscultación permanente que permitan conocer la evolución de la geometría y estado tensional del túnel; adecuada provisión de drenajes para la evacuación de las aguas, causa no sólo de la degradación de la plataforma, sino de importantes efectos corrosivos sobre elementos de la vía e instalaciones; paseos y nichos de protección del personal de conservación; implantación de planes de mantenimiento preventivo en horas valle, etc. A efectos no sólo del desplazamiento del personal de servicio, sino también para permitir la rápida evacuación de viajeros en caso preciso, algunas administraciones (CFF) prevén, en túneles largos, la construcción de una galería auxiliar.

Las condiciones de explotación de los túneles ferroviarios presentan a los técnicos, aún



Despeñaperros, con un "Intercity" Barcelona-Sevilla en doble composición.

TABLA 1

Principales túneles ferroviarios españoles

(Longitud superior a 3.000 m.)

Línea	Túnel	Longitud	Observaciones
Santander-Burgos	Egaña	7 km.	Situado en el inconcluso tramo Ciudad-Santander. Perforado en 1957, nunca entró en servicio.
Zamora-La Coruña, km. 125	Padornelo	5.971 m.	De su longitud total, 4.685 m. discurren en territorio español. Vía ancho internacional.
Córdoba-Málaga, km. 133	N.º 3	5.320 m.	
Canfranc-Pau	Somport	7.875 m.	
Madrid-Barcelona, km. 556	De Argentera	4.044 m.	
Ripoll-Puigcerda, km. 29	Tosas	3.904 m.	
Madrid-Burgos, km. 99	Somosierra	3.895 m.	
Tudela-Lugo de Llanera, km. 1	La Grandota	3.756 m.	
Lérida-Pobla de Segur, km. 38	Villanueva de la Sal	3.499 m.	
León-Gijón, km. 55	La Perruca	3.071 m.	

TABLA 2

Principales túneles ferroviarios del mundo

Línea y país	Túnel	Longitud (m.)	Observaciones
Aomori-Hakodate (Japón)	Seikan	53.850	Entrada en servicio en 1986. Submarino durante 23.300 m. bajo el estrecho de Tsugaru.
Omiya-Niigata (Joetsu-Shinkansen) (Japón)	Dai-Shimizu	22.228	Submarino bajo el estrecho de Kanmon.
Lausanne (Berná)-Milán (Suiza-Italia)	Simplón II	19.824	
Lausanne (Berná)-Milán (Suiza-Italia)	Simplón I	19.803	
Shin Osaka-Hakata (Sanyo-Shinkansen) (Japón)	Del estrecho de Kanmon	18.560	
Florenca-Bolonia (Italia)	Gran túnel del Apenino	18.508	

TABLA 3

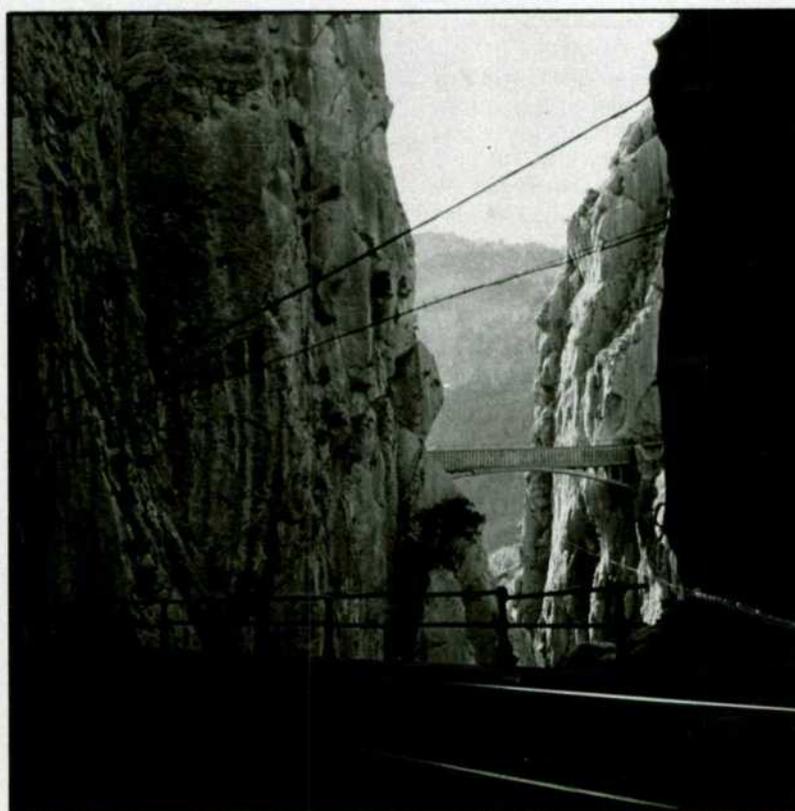
Principales proyectos de grandes túneles ferroviarios

Línea y país	Túnel	Longitud (km.)	Observaciones
Innsbruck-Bolzano (Austria-Italia)	Brennero (base)	58	Submarino durante 30 km. bajo el estrecho de Gibraltar.
Algeciras-Tánger (España-Marruecos)	Túnel del Estrecho	50	
Folkestone-Calais (Reino Unido-Francia)	Túnel del Canal	49,4	Submarino durante 37 km. bajo el canal de la Mancha.
Chur-Milán (Suiza-Italia)	Splügen	49,1	
Zürich (Basilea)-Milán (Suiza)	San Gotardo (base)	46	
Viena-Zagreb (Austria)	Semmering	19	

hoy, numerosas dificultades. Dejando a un lado el mayor consumo energético en la tracción debido a los fenómenos aerodinámicos ya citados y los importantes efectos que sobre infraestructura, entorno ambiental del túnel y el propio confort de los viajeros aparecen como consecuencia del ruido, vibraciones y alteraciones de presión generadas al paso de las circulaciones, otros problemas no menos preocupantes surgen,

El material rodante —especialmente el motor— se ve expuesto a unas condiciones ambientales particularmente agresivas, consecuencia de la humedad elevada, altas temperaturas —60° C en pared, según estimaciones realizadas para el futuro túnel de base del San Gotardo—, así como de la disminución de la eficacia de los mecanismos de disipación térmica de los equipos de tracción y frenado debido a perturbaciones de naturaleza aerodinámica.

Asimismo, la necesidad de



Destiladero de El Chorro.

minimizar la incidencia que la detención imprevista de un tren dentro del túnel pueda tener sobre otras circulaciones que se encuentren simultáneamente en el interior del mismo y cuya detención se vea forzada por la de aquél, obliga a prever en túneles largos cantones de una longitud superior a los existentes a cielo abierto, produciéndose así una importante reducción en la capacidad teórica de transporte del tramo afectado. Este problema se agudiza extraordinariamente cuando se trata del transporte de mercancías peligrosas, en cuyo caso es preciso arbitrar medidas de circulación especiales; así, los ferrocarriles italianos (FS), por ejemplo, tienen prohibida la circulación simultánea dentro del gran túnel del Apenino —segundo de Europa, con 18.508 m. de longitud— de trenes de viajeros cuando en su interior se encuentre uno de mercancías transportando determinadas sustancias químicas.

Nuevas realizaciones y proyectos

Las consideraciones expuestas hasta el momento contribuyen a poner de manifiesto que el túnel es un elemento, además de costoso, conflictivo en la explotación ferroviaria, y que, sin embargo, proliferó como mal menor admitido al extenderse el transporte por ferrocarril.

Ha sido necesario más de medio siglo para que la construcción del túnel japonés de Dai-Shimizu, en la línea de alta velocidad Joetsu, rompiera con la hegemonía que, en cuanto a longitud, ostentaba el túnel italo-suizo del Simplón II. Ello refleja, por un lado, el lógico estancamiento que en la construcción de grandes túneles se produjo al finalizar la época dorada de la expansión mundial del ferrocarril y, por otro, el hecho indiscutido de que en la actualidad se asiste a un relanzamiento de aquélla, motivado, fundamentalmente, por tres causas:

En primer lugar, la construcción de líneas de alta velocidad para algunas de las cuales, debido a su importante costo, se admite una mayor diversificación de tráfico que, por ejemplo, en la línea francesa París-SE, cuyo trazado, sin ningún túnel, pero con rampas máximas de 35 milésimas, sólo puede tolerarse considerando un material rodante —ramas TGV con tracción distribuida y elevada potencia específica— y unas

condiciones de explotación —ausencia de mercantes y trenes con tracción convencional— sumamente especializadas. Esa deseada versatilidad de las líneas de alta velocidad obliga frecuentemente a recurrir al túnel; así ocurre en líneas como la Direttissima Roma-Florenca o en la línea de gran velocidad Hannover-Würzburg (DB) —cuya especificación admite la circulación de trenes de mercancías— y que cuenta sólo en los 83 km. de su parte Sur, la de

secuencia de la perforación (1979) del túnel de Dai-Shimizu, con 22.228 m., se ha logrado batir el record mundial de longitud, hasta entonces y desde 1922 en poder del túnel transalpino del Simplón II (19.824 m.).

Como segunda causa del impulso actual experimentado por la construcción de grandes túneles ferroviarios, debe señalarse la **mejora de capacidad o disponibilidad** de líneas ya existentes.

Países tradicionalmente con-

tualidad varios ambiciosos proyectos —de viabilidad aún discutida— que, como norma, prevén la construcción de túneles de base bajo los macizos montañosos actualmente atravesados por túneles de altitud media. Tal vez los proyectos más significativos sean los relativos a los túneles de base del San Gotardo (línea Basilea y Zürich-Milán) y del Brennero (línea Innsbruck-Verona).

El primero de ellos se perfila quizá como la única solución vá-

mania, Austria e Italia, de tal manera que se ha planteado la posibilidad de construir un túnel de base (58 km. de longitud) bajo el macizo del mismo nombre enlazando los valles del Inn (Austria) y Alto Adigio (Italia). Sin embargo, el futuro del proyecto es incierto, especialmente por el estancamiento de ciertos tráficos clásicos encomendados al ferrocarril, como consecuencia del considerable desarrollo del transporte internacional por carretera, experimentado gracias a las favorables condiciones de circulación para camiones que posibilitan las modernas autopistas transalpinas.

Otros proyectos, conceptualmente similares, pero con menores expectativas de realización, son los relativos a los túneles de base de Semmering (19 km., línea Viena-Zagreb, Austria) y el ya citado de Splügen (Suiza).

En ocasiones, el gran túnel surge de la necesidad de mejorar la disponibilidad de una línea ya existente. Tal es el caso del túnel de base del Furka, construido para mejorar la disponibilidad durante los meses de invierno del ferrocarril suizo Furka-Oberalp (FO). Este ferrocarril, de vía métrica, establece una importante comunicación transversal E.-O. (Brig-Andermat-Disentis) a través de regiones muy montañosas, enlazando con los grandes ejes de comunicaciones internacionales N.-S. de Lötschberg-Simplón y San Gotardo. Sin embargo, las rigurosas condiciones climáticas determinaban que, debido a los peligros de avalanchas, la sección de 18 km. Oberwald-Realp hubiera de cerrarse de noviembre a mayo. Para permitir una explotación ininterrumpida, el ferrocarril FO ha puesto en servicio un túnel de 15.381 metros bajo el paso de Furka, una obra que a lo largo de diez años de trabajo (1973-83) ha estado plagada de dificultades técnicas que han llevado, incluso, a modificaciones, sobre la marcha, del perfil de la sección transversal previsto en origen.

Las grandes obras submarinas

Debe dedicarse, en tercer lugar, una mención especial a los grandes túneles construidos o proyectados con el objeto de permitir al ferrocarril superar la discontinuidad impuesta por cursos de agua.

La construcción de **túneles submarinos** o subfluviales no es, en absoluto, original de



Boca Sur del túnel de Somosierra.

construcción más avanzada, con 17 túneles que totalizan 34 kilómetros, es decir, algo más del 40 por 100 de la longitud del tramo indicador.

Pero es, sin duda, Japón el país donde ha experimentado mayor auge la construcción de nuevos túneles ferroviarios. Baste indicar que, según datos de 1976, la edad media de los túneles de los JNR era de 30,4 años, teniendo menos de diez años, aproximadamente un 30 por 100 de los mismos. Ello se debe, sobre todo, a la expansión de la red de líneas de alta velocidad (Shinkansen) a través de las regiones montañosas de la isla principal de Honshu. La línea San-yo, de 554 km., discurre en túnel durante el 51 por 100 de su trazado, siendo los porcentajes correspondientes a las restantes líneas Joetsu, Tohoku y Tokaido del 39, 23 y 13 por 100, respectivamente. Sin embargo, ha sido en la construcción de la línea Joetsu donde, como con-

siderados "de tránsito" como Suiza y Austria, tuvieron que afrontar, como consecuencia de una atormentada orografía, durante la expansión de sus redes de construcción de grandes túneles transalpinos (Lötschberg, San Gotardo, Simplón, Arlberg, etcétera) que permitieran la relación con y entre sus vecinos (Alemania, Francia e Italia).

Aun cuando los avances en el dominio de la tracción y sistemas de explotación han permitido incrementar progresivamente la capacidad de las líneas transalpinas muy por encima de las previsiones de los proyectos originales, el continuo aumento del tráfico ha llevado a algunas de ellas al borde de la saturación.

Una viabilidad controvertida

Con objeto de superar esta situación crítica, existen en la ac-

lida para incrementar la capacidad de la línea actual hoy, con 250 trenes/día, muy próxima a su límite teórico, habida cuenta, asimismo, de que la solución alternativa analizada —la construcción del túnel de base (49,1 km.) bajo el macizo de Splügen en una nueva línea más al Este (Chur-Milán)— se ha revelado como más cara y de más dudosa rentabilidad en caso de utilización parcial de su capacidad. Básicamente, el proyecto del San Gotardo (1971) establece la construcción de un túnel de base entre Amsteg (N.) y Giornico (S.) de 46 km. de longitud y una capacidad de 350 trenes/día, con una velocidad máxima de diseño de 200 km/h. El perfil, especialmente suave, prevé una rampa máxima de 7 milésimas y un radio mínimo de curva de 4.000 m.

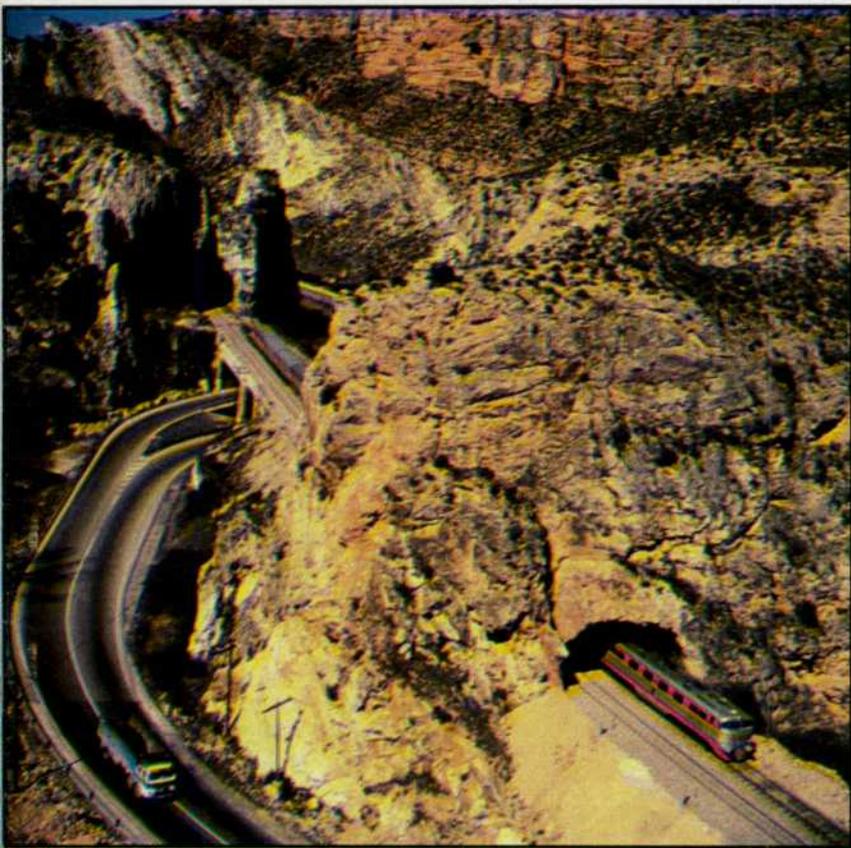
La dureza de la línea del Brennero —con rampas máximas de 25 milésimas— impone fuertes restricciones al tráfico entre Ale-



Otro de los túneles en el tramo Santa María de la Alameda-Las Navas del Marqués.

vía doble gálibo. Shinkansen, acompañado a una distancia de alrededor de 30 m. de un túnel de servicio, paralelo, de 4 m. de diámetro; ambos túneles se comunican cada 600 m. por galerías transversales. Adicionalmente, un tercer túnel —de reconocimiento— de 3,6 m. de diámetro ha sido perforado 118 metros bajo el túnel principal y aproximadamente 500 m. por delante (fig. 2). La rampa máxima es de 12 milésimas. Los trabajos comenzaron en 1970 y la perforación del túnel se completó en 1982; actualmente se finalizan las tareas de consolidación y revestimiento.

Si bien el proyecto de origen preveía la utilización del túnel por la prolongación de la línea Tohoku-Shinkansen (1.435 mm.



Un paisaje inconfundible entre Medinaceli y Arcos de Jalón.



Otra vista de El Chorro, con la pasarela colgante.

nuestra época; así lo atestiguan, por ejemplo, los túneles bajo el Támesis (año 1843, 353 m.), Mersey (año 1866, 4 km.) o Severn (año 1886, 7 km.). Es en cambio específica de nuestros días la ambiciosa magnitud de las obras proyectadas, casi siempre encaminadas a salvar estrechos marítimos.

Una vez más, a la expansión de la red Shinkansen son debidas las más importantes realizaciones en este sentido. Ya la

construcción de la línea San-yo (Shin Osaka-Hakata) determinó la perforación de un túnel de 18.560 m. —el segundo del mundo durante algún tiempo— bajo el estrecho de Kanmon, entre las islas de Honshu y Kyushu (fig. 1).

Pero es, con diferencia, la construcción del túnel de Seikan la obra más importante emprendida en el campo de los túneles ferroviarios y, sin duda, una de las realizaciones más grandio-

sas de la ingeniería civil de todos los tiempos. Aunque los primeros estudios para enlazar las islas de Honshu y Hokkaido mediante un túnel bajo el estrecho de Tsugaru (fig. 1) datan de 1946, hasta la primavera de 1986 no está prevista, sin embargo, la entrada en servicio del túnel de Seikan que, con 53.850 metros de longitud, es el más importante del mundo.

La obra está constituida, bajo el mar, por el túnel principal de

ancho de vía), dificultades financieras han obligado a adoptar finalmente el ancho de vía tradicional de los JNR (1.067 mm.). No obstante, las líneas de acceso al túnel serán construidas en cuanto a trazado y equipamiento, de modo que en caso necesario pueda llevarse a cabo su transformación al ancho "standard" Shinkansen.

El túnel submarino parece asimismo la solución más adecuada en el caso de otros enla-

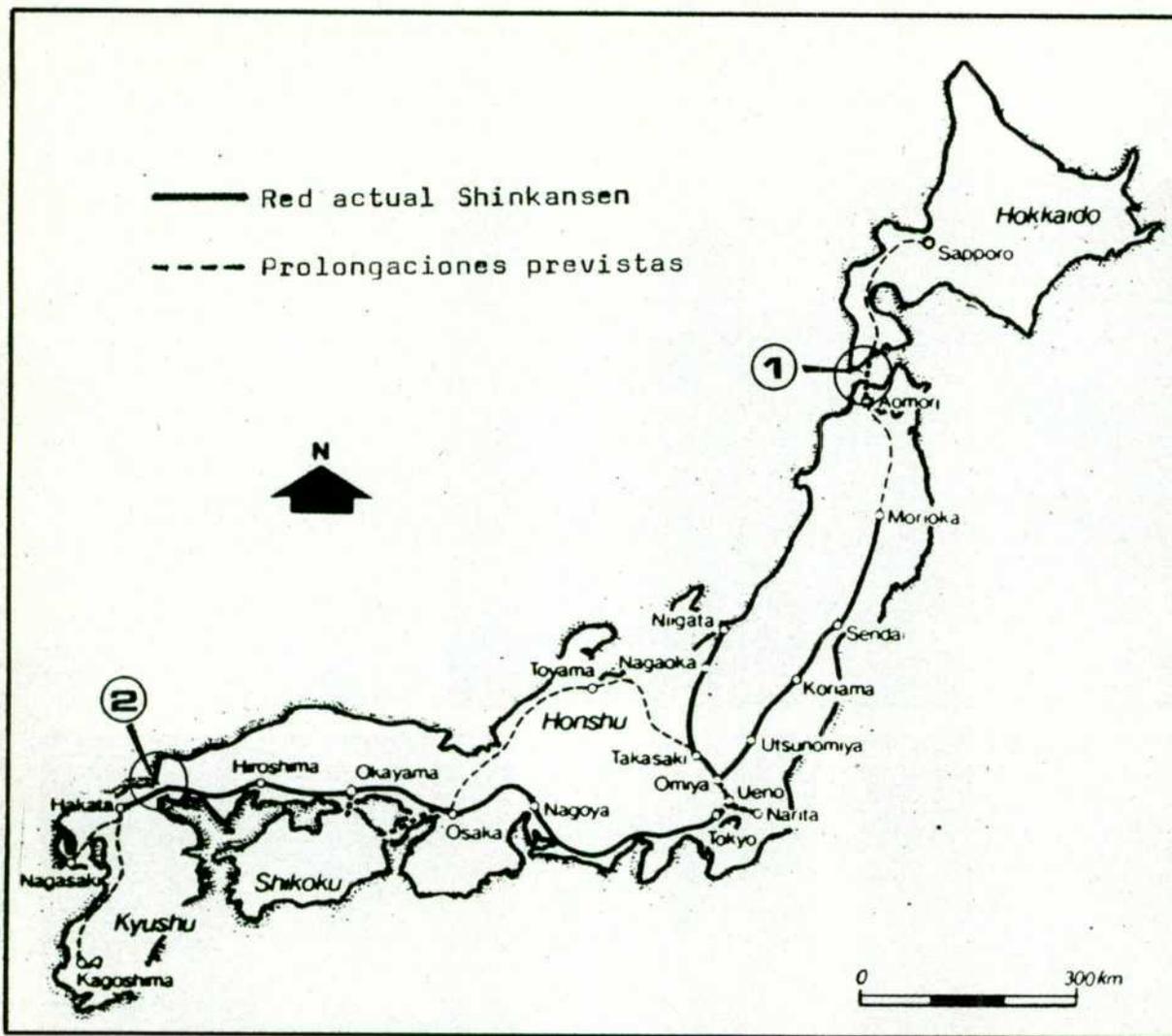


Fig. 1.—Mapa del Japón. Túneles ferroviarios submarinos: 1) Bajo el estrecho de Tsugaru (Seikan, 53.850 m.); 2) Bajo el estrecho de Kanmon (18.560 m.).

ces intra o internacionales atravesando rutas marítimas de intenso tráfico. Según ese criterio

se han realizado los proyectos de túneles ferroviarios bajo el estrecho del Bósforo, entre la Tur-

quía europea y asiática —cuya construcción fue decidida en 1981 por el Gobierno turco— y,

especialmente, el previsto bajo el canal de la Mancha.

Este último, con más de cien años de historia, constituye un claro ejemplo de las dificultades que pueden surgir cuando se trata de armonizar los intereses de dos naciones en un proyecto en común. Tras el comienzo de los trabajos preliminares de perforación en 1974, y su posterior detención en 1975 por decisión del Gobierno británico, el proyecto actual, surgido de una propuesta conjunta franco-británica, prevé la construcción de un túnel de vía única de 53.340 m. de longitud con gálibo UIC de 6,02 m. de diámetro interior —o de 7 m. si se admite el tráfico de camiones en vagón cerrado—, unido mediante galerías transversales espaciadas 500 m. a una galería de servicio de 4,5 m. de diámetro. Para una profundidad máxima de mar en la zona de 50 m., el trazado del túnel discurre como mínimo otros 50 m. bajo el fondo. La pendiente máxima será de 11,1 milésimas en la entrada N. del túnel y la velocidad de diseño tan sólo 120 km/h., con objeto de evitar la necesidad de potencias de tracción excesivas. Sin embargo, la adopción definitiva del túnel ferroviario submarino como solución al enlace a través del Canal, depende todavía de la realización de estudios complementarios sobre las posibilidades de otros enlaces fijos, así como de las previsiones de desarrollo futuro de los servicios aéreos y marítimos franco-británicos.

No se puede, finalmente, ter-

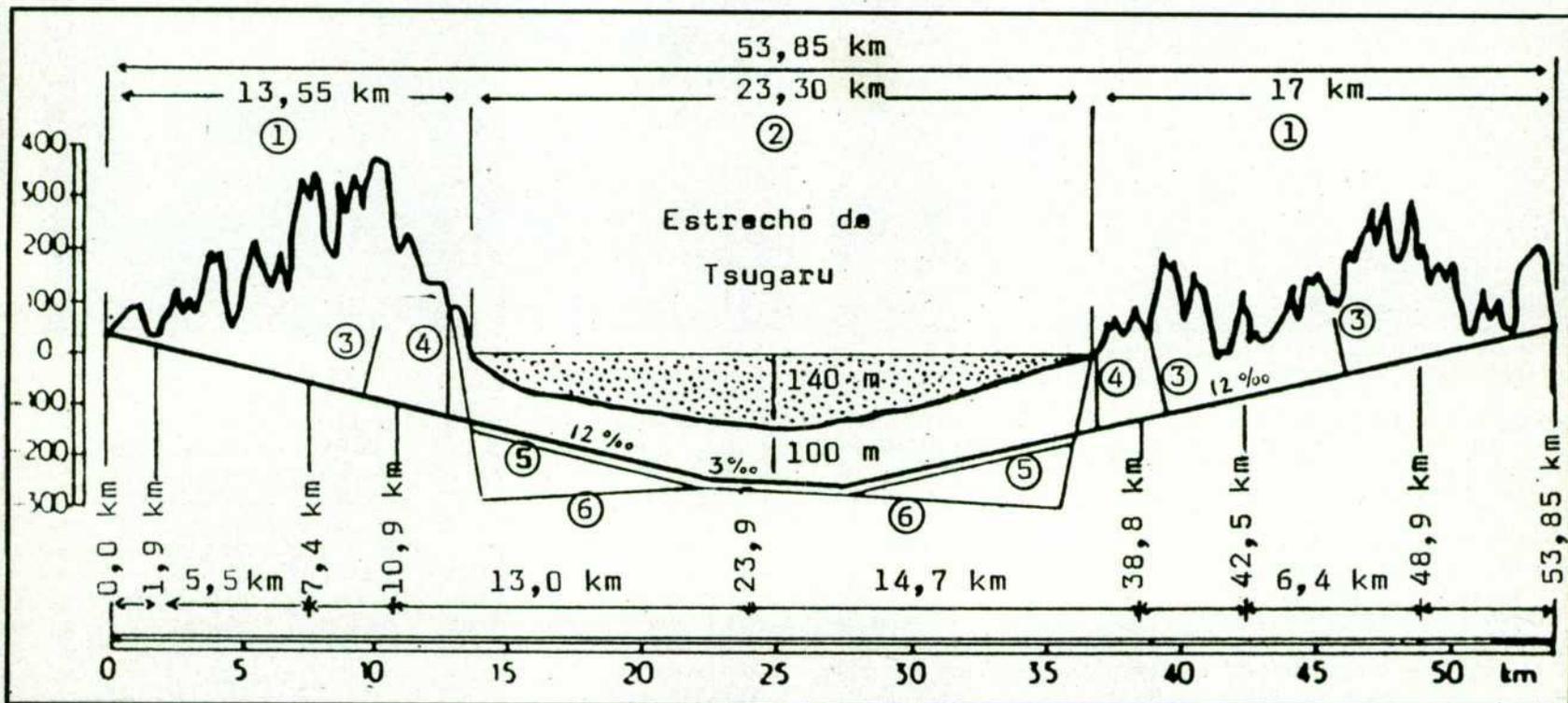


Fig. 2.—Túnel de Seikan (perfil longitudinal). 1) Trazado subterráneo; 2) Trazado submarino; 3) Pozos inclinados; 4) Pozos verticales; 5) Túnel de servicio; 6) Túnel piloto.



El pasado 10 de marzo, y tras veinte años de trabajos, el ministro japonés de Transportes, Tokuo Yamashita, hacía estallar la carga de dinamita con la que la ingente perforación se daba por concluida.

minar esta breve referencia a los grandes proyectos de túneles ferroviarios submarinos sin hacer mención al previsto bajo el estrecho de Gibraltar, en el cual España participa directamente. Este se encuentra actualmente en la fase final del análisis de factibilidad económica de las dos alternativas previstas tras los estudios de viabilidad técnica: puente sobre apoyos fijos y túnel submarino. Este último tendría una longitud aproximada de 50 km. —de los cuales 30 serían submarinos—, con galería principal de doble vía y galería de servicio o bien con dos túneles principales de vía única de 6,85 metros de diámetro, asimismo con galería de servicio de 3,5 m. de diámetro. Desgraciadamente, la batimetría del Estrecho, con profundidades de hasta 800 m. en la zona de menor anchura, obliga a realizar el trazado del túnel por una ruta alternativa de mayor longitud situada al Oeste de Tarifa, entre Punta Paloma, por parte española, y Tánger.

No sólo es el dinero

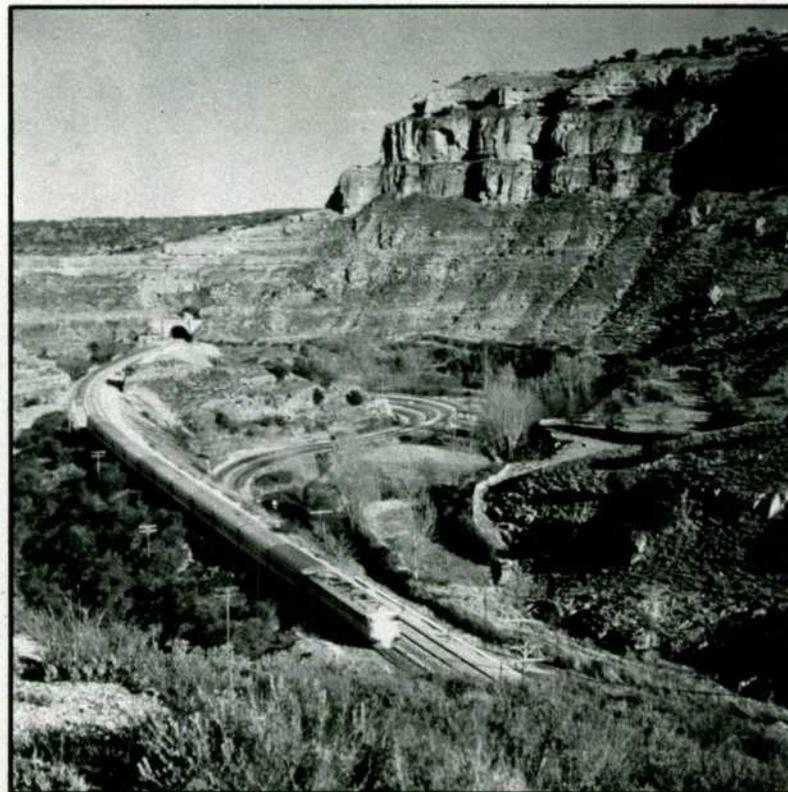
Sin embargo, los problemas técnicos de construcción y el propio coste de la obra —estimado en medio billón de pesetas—, con ser importantes, no representan sino una pequeña parte de las dificultades que el proyecto debe superar antes de recibir luz verde para su materialización, con independencia de otras consideraciones de tipo sociopolítico o estratégico, la di-

ferencia entre los anchos de vía de España y Marruecos —que obliga a prever instalaciones de transbordo—, la necesidad de construir variantes de acceso y potenciar las líneas afectadas, la gran estacionalidad y sólo relativa importancia del tráfico hispano-marroquí actual —con la notable incidencia que ello representa en el período de amortización— constituyen en sí escollos de suficiente entidad como para considerar tan sólo con matiza-

do optimismo la definitiva viabilidad de este enlace.

Conclusión

Si bien es cierto que en el momento actual se está en condiciones de confirmar la supremacía del túnel ferroviario como solución idónea a muchos problemas de capacidad o disponibilidad en puntos críticos de redes, o bien en el caso de nuevas lí-



Un Talgo acaba de salir de un túnel que atraviesa la línea entre Medinaceli y Arcos de Jalón.

neas o enlaces submarinos, no lo es menos el hecho de que de la gran experiencia adquirida en los últimos años pueden deducirse algunos importantes inconvenientes que deben tenerse en cuenta en futuras realizaciones.

Con independencia de las dificultades de explotación ya citadas, han sido, sobre todo, las incertidumbres siempre existentes al abordar la perforación de un túnel acerca de la composición real del terreno las que se han revelado como causa directa de notables costos adicionales a los previstos inicialmente en los proyectos, al tener que resolver sobre la marcha importantes problemas imprevistos especialmente ligados a la presencia de aguas subterráneas y terrenos inestables. Como ejemplos evidentes pueden citarse los túneles de Dai-Shimizu y del Furka, cuyos costes totales han sido más de dos y tres veces superiores a los previstos en origen y que, en el caso concreto del túnel suizo, pusieron en serio peligro la finalización de las obras.

Si a lo anterior se añade las, con frecuencia, elevadas pérdidas humanas, la larga duración de los trabajos y el inevitable riesgo que comportan las previsiones de tráfico a largo plazo a efectos de amortización, es fácil comprender las reticencias de muchas administraciones a abordar nuevos proyectos, al menos, en solitario. De hecho, para la construcción de nuevos túneles transalpinos (San Gotardo base, Brennero) y dado que su entrada en servicio beneficiaría no sólo al país —o países— en cuya red se halle el túnel, sino a todos aquellos que canalizan sus tráficos a través del mismo, se piensa ya en una financiación compartida por las diversas redes implicadas, contemplándose incluso la posibilidad de subvenciones de los propios fondos de la CEE.

Parece, sin embargo, obvio que, independientemente de las dificultades expuestas, el desarrollo del ferrocarril convencional debe seguir contando en el futuro con el túnel como solución, aunque no deseada por sistema, a menudo inevitable y, en algún caso, absolutamente necesaria para conseguir que aquél pueda disputar con éxito frente a otros modos de transporte la participación en determinadas relaciones de tráfico. La resolución de los problemas técnicos y económicos asociados a su construcción debe, por tanto, seguir constituyendo hoy, como hace cien años, un objetivo preferente de la ingeniería ferroviaria. **J. R. S. M.**