

8) LAUREANO CORNEJO ÁLVAREZ
Revista Alta Tecnología N° 2 Abril 1986.

Publicación:

"El Estrecho gran Proyecto Pendiente".



MCS Scandinavia

EL ESTRECHO, GRAN PROYECTO PENDIENTE



Para hablar de túneles —y en España— parece inevitable comenzar por el gran proyecto que todavía sigue siendo una hipótesis, el túnel bajo el Estrecho de Gibraltar. Sin embargo, hay que empezar por decir que, de realizarse algún día el enlace fijo Europa-África, no necesariamente será subterráneo, aunque un túnel sea la solución que los especialistas ven como más plausible.

Si bien está lejos de alcanzar el historial fantástico del Canal de la Mancha, Gibraltar también tiene su pléyade de ideas frustradas. El primer proyecto fue informado por el Consejo de Obras Públicas, del Ministerio de Fomento, en 1869. Desde entonces, sin pasar de un plano especulativo, las proposiciones se suceden. Los túneles ex-

cavados para ferrocarril propuestos por Ibáñez de Ibero (1908) y Javeonis (1926), este último sorprendentemente parecido al que ahora se proyecta bajo la Mancha. Un tubo sumergido, idea de Gallego Herrera (1929) y, por qué no, el puente colgante imaginado por Peña Boeuf en 1956.

Pero fue en 1980 cuando se creó la **Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar** (más brevemente, **SECEGSA**). A partir de entonces hay un avance significativo en los estudios.

Pero Gibraltar no es el Canal de la Mancha. Aunque la distancia sea menor, las condiciones geológicas son muy difíciles, la profundidad muy importante, y todavía se desconocen muchos datos. Por último, el enlace fijo

es de dudosa rentabilidad. Sólo la adecuación de la red de carreteras y ferrocarriles africana, necesaria para justificar la existencia del enlace, sería más cara que el propio proyecto. Las más optimistas proyecciones de tráfico difícilmente justifican el desembolso, y eso sin contar con la complicada política intermagrebí.

Pero si políticas son algunas dificultades, político es también el interés que puede hacer que la obra, pese a su escasa proyección económica directa, llegue a realizarse.

Difíciles condiciones. La primera gran dificultad nace del hecho de que el enlace debe unir dos continentes, entre los que cabe esperar movimientos no despreciables. En la actualidad ya se realiza una minuciosa campaña geodésica para determinar los movimientos relativos, que se estima pueden alcanzar el orden de algunos centímetros por año.

El desconocimiento de la geología del fondo del estrecho, y la complejidad de la superficial, constituye el otro gran problema. Siempre se ha especulado con la existencia de una importante falla activa a través de Gibraltar, falla que correspondería a una continuación de la de las Azores.

Sin embargo, algunos asuntos ya están claros. «No existe falla activa. La famosa gran falla transformante de las Azores no pasa por el estrecho. Hay fallas, evidentemente, y se trata de una geología muy complicada. Llevamos cinco años estudiándola, pero todavía hay dudas de interpretación. Actualmente avanzamos en el reconocimiento de la geología del fondo del estrecho, mediante campañas oceanográficas diversas. Se trata de un terreno semejante al de las orillas circundantes», declaró a esta revista **José Manuel Serrano**, director técnico de **SECEGSA**.

«Sabemos que a gran escala el terreno es impermeable —prosigue Serrano— pero no si alguna falla o algún contacto permiten localmente el paso del agua. El túnel es tecnológicamente viable, lo que no sabemos es el grado de viabilidad. Esto es, nos falta acotar los grados de dispersión del posible coste del túnel.»

De construirse el túnel será necesario, como en el de Seikan, en Japón, realizar inyecciones previas a todos los avances.

José Manuel Serrano, director técnico del proyecto de enlace fijo entre Europa y África a través del Estrecho de Gibraltar.



Ernesto Walfisch

Precisamente en Seikan se puso a punto una técnica de realización de sondeos horizontales de gran longitud, con la cual los japoneses han llegado a 2.000 m (los sondeos suelen ser verticales, pero un sondeo horizontal puede recorrer el eje de la obra).

Este sistema, que puede revolucionar los sondeos de prospección en túneles, se intentará en Gibraltar. **SECEGSA** tiene previsto un programa a este fin, pionero en Europa.

No sólo se ha pensado en un túnel excavado para el enlace a través de Gibraltar. Otras opciones presentadas son: un puente colgante sobre apoyos fijos; un puente sobre apoyos flotantes combinado con túnel en las aguas someras; túnel de tubo apoyado en el fondo; tubo flotante, sumergido, anclado al fondo y, por último, un dique.

De estas seis opciones ha sido desechado completamente el dique y son escasas las posibilidades de los tubos. Todavía se consideran el túnel excavado, el puente sobre apoyos fijos y el puente sobre apoyos flotantes. Sin embargo, aunque oficialmente no existen preferencias, la literatura editada por **SECEGSA** permite observar que la alternativa favorita es el túnel.

España, país experto. No obstante, aun cuando esta gran obra no llegara a realizarse, sobrado *currículum* tienen en este tema los especialistas de nuestro país.

La confluencia de varios factores hacen de España uno de los países con mayor número de metros de túneles por habitante (récord mundial ostentado por Noruega, donde la orografía y el clima hacen muy atractiva la obra subterránea). En el caso español, se une el relieve accidentado a una importante tradición minera, así como la necesidad de aprovechamiento extremo de los recursos hidráulicos. Todo ello confluye en la existencia de gran cantidad de túneles. Paradójicamente, la inexistencia de grandes obras transitables —como túneles muy largos o bajo ríos, por ejemplo— hace que el ciudadano de a pie ignore la «riqueza tunelera» de su país. De hecho, presas y carreteras suelen gozar de una amplia cobertura informativa, lo que no ocurre con las obras subterráneas.

Pero los españoles sabemos hacer, y hacemos, buenos túneles. «Yo creo que nuestro nivel es bastante alto, y pienso que no es chauvinismo el decirlo.

Así como en otros aspectos tecnológicos podemos estar por debajo de otros países, en este terreno estamos bastante bien», nos dice **José Manuel Serrano**, quien también es directivo de la **AETOS (Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas)**.

La opinión es unánime. **Manuel Romana**, catedrático de Geotecnia en la **ETS de Ingenieros de Caminos de Valencia**, subdirector de **INTECSA** y presidente de la **Sociedad Española de Mecánica de Rocas**, va más lejos aún: «En algunos aspectos, nuestro nivel es superior al norteamericano y al de muchos países del mundo. Es peor que el de los japoneses, por supuesto, ya que ellos tienen una tecnología muy especializada, y es más o menos igual que el de los europeos.»

Nuestro punto flaco. También hay coincidencias en señalar que la debilidad de España reside en la producción de maquinaria para este tipo de obra. Si el nivel tecnológico del país es alto en proyecto y construcción, en cambio no se fabrica prácticamente ningún equipo de cierta envergadura para la perforación de túneles.

«El ser punteros en la tecnología implica desarrollar maquinaria propia, porque para innovar sistemas constructivos hay que construir máquinas», opina **Laureano Cornejo**, de la división de Investigación y Métodos de **Agromán**. «Y aquí no se hacen topes, ni máquinas rozadoras ni jumbos».

El problema parece de difícil superación. Existió en el pasado un proyecto de fabricación para una rozadora, pero fue abandonado. «Somos buenos utilizadores, buenos aplicadores, incluso logramos mejorar y adaptar la maquinaria, pero carecemos de fabricación», señala Serrano. Y añade que España podría participar en una empresa europea capaz de competir con Japón y Estados Unidos, aportando su gran experiencia en la utilización de maquinaria especializada.

Sin embargo, hay países que fabrican equipos sin ser grandes potencias económicas. «Hay maquinaria que está basada en una gran concentración, con pocas firmas controlando el mercado. Es el caso de los topes. **Robbins** debe haber construido el 60 por 100 de las máquinas tuneladoras que hay en el mundo. Pero hay otros equipos, los de ataque puntual, como las rozadoras,

que se utilizan mucho en minería. Y, en Europa, se fabrican en Gran Bretaña, Francia, Austria y Alemania», indica **Manuel Romana**.

De más amplio mercado son los equipos para perforación y voladura, que son hechos en Finlandia, Suecia, Francia, Alemania y Gran Bretaña, dentro de Europa occidental. «Yo creo que el volumen de excavaciones, tanto en las obras civiles como en la minería española, justificaría una industria de tamaño pequeño a mediano de material de perforación», insiste el catedrático de Valencia. «Si Austria y Finlandia pueden, ¿por qué no nosotros?»

Cifras y problemas. Pero no todas las dificultades son técnicas.

Gran cantidad de obras se concursan por el procedimiento de subasta, adjudicándose a la empresa que oferta más barato. «El sistema tiene serios inconvenientes —dice Serrano— porque muchas veces el más barato no es el mejor, y al final la obra cuesta lo que tenía que costar, o más, pero después de muchos problemas, extensión de los plazos y todo tipo de dificultades.»

Por otra parte, la normativa legal es escasa. «Cada vez que se debe proyectar una obra nos encontramos con que no hay nada que defina cómo debe ser. En España hay una norma legal del Ministerio de Obras Públicas, que se llama Instrucción de Carreteras, en la cual no aparece la palabra túnel, salvo en una parte complementaria, dedicada a autopistas», indica **Antonio Carbonell**, jefe de área de **EPTISA**.

El hoy inútil túnel de Canfranc, con sus 8.500 m, es el más largo de los 1.234 túneles ferroviarios españoles, que totalizan 444 km y, de ellos, 52 son de longitud superior a los 1.000 m.

La red de carreteras registra 387 túneles, que suman 73 km. De ellos destacan el de Guadarrama (3.400 m construido en 1973), El Negrón (4.140 m acabado en 1983) y el Cadí (5.005 m y habilitado en 1984).

Menos conocidos, los túneles destinados a obras hidráulicas presentan cifras importantes. Sólo el trasvase Tajo-Segura totaliza 69 km de túneles, uno de ellos de 32 km de largo. Por su parte, la Traída de Aguas a Barcelona alcanza los 80 km.

Es de difícil estimación el censo de

los túneles destinados a producción de energía, pero las centrales subterráneas representan un 30 por 100 de la energía hidroeléctrica española.

El nuevo método austríaco. Si hay un tema que emociona a los tuneleros españoles es el de este sistema. Nadie duda de sus excelencias y parece contar con fervientes adeptos en este sector de la industria de la construcción.

«Desde hace cuatro o cinco años, prácticamente todo se hace por el método austríaco», afirma **Laureano Cornejo**, especialista en el sistema. «Más que un método constructivo es una filosofía, una forma de encarar el problema. En él caben maquinarias y sistemas nuevos. Fundamentalmente se basa en mantener el carácter autorresistente de la roca.»



Possible trazado del túnel bajo Gibraltar, de acuerdo con los estudios realizados.

Si, durante mucho tiempo, la práctica fue por delante de la teoría en la construcción de túneles, las cosas están cambiando. Cada vez hay un mayor esfuerzo y una especialización clara en los niveles técnicos elevados. Pareciera que el método austríaco ha venido a llenar un hueco teórico.

«Es una revolución conceptual, originada en Austria. Consiste en cambiar de criterio y pensar que el túnel es una estructura en la que el revestimiento se integra dentro de la roca, y ésta debe colaborar en el sostenimiento del túnel. Esto implica dos consecuencias: cuidar con el máximo esmero la roca mientras se excava, haciéndolo de forma que se la afecte lo menos posible, y protegiéndola inmediatamente después de excavar. Luego, controlar el proceso de deformación y ajustar las medidas de construcción del túnel a la naturaleza de la roca», explica **Manuel Romana**.

Se prefiere la excavación mediante máquinas a la perforación y voladura, aunque también puede emplearse. Lo fundamental es aplicar un sostenimien-

to flexible a la abertura en forma rápida. «El sostenimiento debe ser flexible, es decir, que debe admitir unas deformaciones. Al deformarse, el estado tensional de la roca circundante disminuye y, consecuentemente, transmite menos tensiones», explica **Laureano Cornejo**.

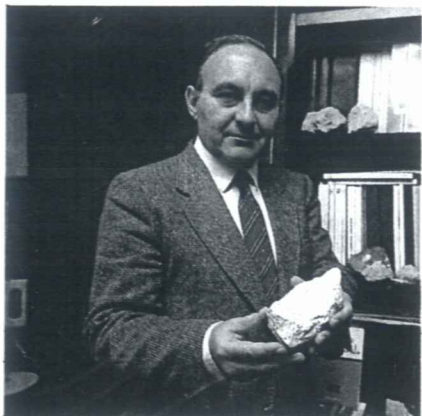
La observación de las deformaciones es fundamental, en especial su velocidad, ya que indican cuándo se alcanza el punto de estabilidad del terreno. «Si la velocidad es muy lenta y tiende al equilibrio, aquello es estable. Si la velocidad es alta (1,5 ó 2 cm por día, por ejemplo), entonces el sostenimiento es demasiado flexible y hay que poner uno más rígido», continúa Cornejo.

La deformación se controla mediante medidas geomecánicas sistemáticas y precisas. En base a ellas se construyen gráficos que permiten deducir si se alcanzará el punto de equilibrio. La

gran ventaja del método es que permite dimensionar un revestimiento «a la medida». Esto representa un gran ahorro y, en muchos casos, lleva a un diámetro menor de excavación. Al final, se tiende a aprovechar al máximo la propia capacidad de soporte del terreno que sustenta el túnel.

Un futuro que promete. Diversos factores hacen que los técnicos españoles sean optimistas frente al futuro de los túneles. Motivos de tipo urbano, entre los cuales no es despreciable el precio del metro cuadrado de terreno, hacen pensar que cada vez se excavará más el subsuelo de las ciudades. Sin contar los metros proyectados, ya actualmente los túneles bajo los pies de los madrileños suman 108 km y en Barcelona el total alcanza los 63 km.

Además, el túnel es una obra con escaso impacto ambiental, si se compara con su alternativa, los grandes desmontes. Este es un factor que, sobre to-



Fotos: Ernesto Walfisch

De arriba a abajo: Manuel Romana, catedrático y subdirector de Intecsa, Laureano Cornejo, de Agromán, y Antonio Carbonell, jefe de área de Eptisa.

do en la construcción de carreteras, pesará cada día más.

La modernización de la red ferroviaria y su adecuación a un tráfico más veloz es otro mercado importante para los constructores de túneles en España. Tampoco deben olvidarse los futuros trasvases hidráulicos y centrales hidroeléctricas. Aquí no se trata sólo de hacer túneles sino de excavar grandes cavernas.

Entre los planes se cuentan el túnel de base del puerto de Pajares, para Renfe. Dependiendo de las alternativas, podría tener una longitud que oscila entre 22 y 30 km. Obra que, además, une a su longitud grandes dificultades geotécnicas.

Otros proyectos ferroviarios, con más posibilidades de realización, son: la variante Córdoba-Brazatortas, que permitiría evitar el puerto de Despeñaperros, consiguiendo que el eje norte-sur de Renfe no superará en ningún lugar el 1,2 por 100 de pendiente en sus vías; y la variante de Orduña, en la línea Vitoria-Bilbao. El primero implica muchos túneles pequeños y el segundo uno, de gran longitud.

Con menor concreción están en carpeta ideas como la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Port Bou, o un eje transversal que comunique las partes occidental y oriental de Andalucía. A título de ejemplo: si la actual vía férrea Madrid-Barcelona-Port Bou tiene un 2 por 100 de su recorrido en túneles, la de alta velocidad requeriría de un 20 por 100 en esas condiciones.

Proyectado y adjudicado está ya el túnel de circunvalación de Lorca, en Murcia, para carretera. Se realizan importantes aprovechamientos hidráulicos con túneles en Cortes de Pallàs (río Júcar, para Hidrola), el salto de Moralets y el de Sallente, ambos en el Pirineo) y otros. Existe también un proyecto de aprovechamiento del río Huebra, un afluente del Duero, que supondría la construcción de 40 km de túneles.

Precios y mercados. «Durante mucho tiempo el túnel ha sido un negocio maldito, en el cual la desviación entre lo presupuestado y el coste real podía superar el 100 por 100», declara **Antonio Carbonell**. De allí que existiese un razonable miedo por parte de los potenciales clientes. Quizás uno de los mayores logros de la industria construc-

tora española ha sido acabar con esta situación.

En el túnel del Cadí, una obra difícil y de importante envergadura, la diferencia entre el coste real y el presupuestado fue el 1 por 100, dice Serrano. De esta manera se está consiguiendo cambiar la imagen. No es difícil estimar la importancia del problema si se considera que un kilómetro de túnel puede costar 500 a 600 millones de pesetas, y es normal que llegue a 1.000 millones en condiciones difíciles.

De todas maneras, los precios españoles son baratos. «Estamos por debajo de los norteamericanos, aunque ahora, con la caída del dólar, hay una convergencia de precios», opina Romana.

Se han realizado muchas obras en Iberoamérica, desde el metro de Caracas hasta túneles hidroeléctricos en Colombia y Ecuador, con una gran presencia en la República Dominicana. También en Argelia.

Los grandes proyectos internacionales son harina de otro costal. «Creo que hay posibilidades para nosotros, pero sólo si nos asociamos con empresas centroeuropeas, que no tienen nuestros problemas de maquinaria», dice Cornejo. Por el contrario, **Manuel Romana** es claramente optimista: «No descarto que las empresas españolas penetren el mercado europeo. Si el Mercado Común fuese realmente común, más túneles haríamos los españoles en el resto de Europa que ellos aquí.»

¿Qué traerá el futuro? La prospección parece ser uno de los puntos flacos. «Si ha habido una revolución en los métodos y conceptos en la maquinaria y en la dirección técnica, hay un punto que falla: la prospección», opina Romana.

Se están poniendo a punto sistemas en base a radar, que permitirán ver las irregularidades de la roca a través de ella. Otro sistema es la audición de los microrruídos que produce la roca al ponerse en tensión. También se experimenta con radiaciones infrarrojas, que detectan diferencias térmicas.

Otro aspecto que cambiará esta actividad, y que ya ha sido utilizado por los japoneses en el túnel de Seikan, son los sondeos horizontales de gran longitud que, como se ha dicho más arriba, probablemente se pongan a punto en España si el proyecto del túnel de Gibraltar adquiere algún viso de concreción.

S. G. ■