

EL PASO A TRAVES DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Conferencia pronunciada en el Consejo de Investigaciones Científicas, el día 11 de abril de 1956, por
D. ALFONSO PEÑA BŒUF, Ingeniero de Caminos.

La gentil invitación que me hizo hace unos meses mi querido amigo el General Díaz de Villegas. Director General de Marruecos y Colonias, cuando inició el ciclo de conferencias de este curso, me sirvió de base para dirigirme a vosotros con este tema sobre comunicación entre España y África, que tiene para nosotros tan singular importancia.

El transporte entre nuestra Península y Marruecos, a pesar de que en el mapa tiene a lo largo de sus respectivos territorios unas puntas avanzadas que parecen invitar a la unión permanente entre los acantilados que se miran con atractivo deseo, presenta sin embargo dificultades muy grandes, que explican el alejamiento material en que hasta ahora se han tenido.

Geográficamente la distancia es pequeña, pues entre la punta avanzada de Tarifa y los crestones al Oeste de Ceuta sólo hay una separación de 14 kilómetros escasos, pero en esa recta de virtual unión hay profundidades de casi 1.000 metros de cota de agua; y esto, de por sí sólo, ya es una grave dificultad!

La hipsometría del Estrecho es muy variada: viniendo del Atlántico al Mediterráneo se encuentra una meseta entre los meridianos de Tánger y de Tarifa, en la que los calados son mucho menos profundos que las otras zonas, y parece indudablemente que es la parte aprovechable para la comunicación, aun cuando la distancia de los puntos costeros sea bastante superior a la distancia mínima.

Pero, aun en esa zona, cualquier recta que pueda trazarse a través del Estrecho corta curvas de nivel con el calado de 300 metros, y esta es la profundidad a que hay que llegar en los trazados más convenientes, salvando entonces distancias del orden de 18 kilómetros o algo más entre las costas de los respectivos territorios.

En una parte por esta causa y más aún por la gran diferencia entre la evaporación que se produce en el Mediterráneo, mucho más activa que la del Atlántico, se origina una gran corriente no uniforme, sino con revesa a lo largo del Estrecho, que complica aún más las dificultades geográficas.

Desde el punto de vista geológico tampoco puede decirse que la región del Estrecho sea tranquila y serena.

La formación rocosa de este cauce es atormentada y convulsiva, aunque tenga muchas concordancias entre la gea de ambos países, pero que se acusa

la turbulencia por varias fallas reconocidas incipientemente y que hacen presumir otras muchas cortaduras y litoclasas.

Por todo ello — y a medida que se estudia con más detenimiento — el paso del Estrecho es un grave problema erizado de dificultades.

* * *

Con los medios actuales hay cuatro modos de poder establecer la comunicación entre España y África: el marítimo, el aéreo, por un túnel y por medio de un puente.

Los dos primeros son los establecidos en la actual-

Plan hipsométrico del ESTRECHO DE GIBRALTAR

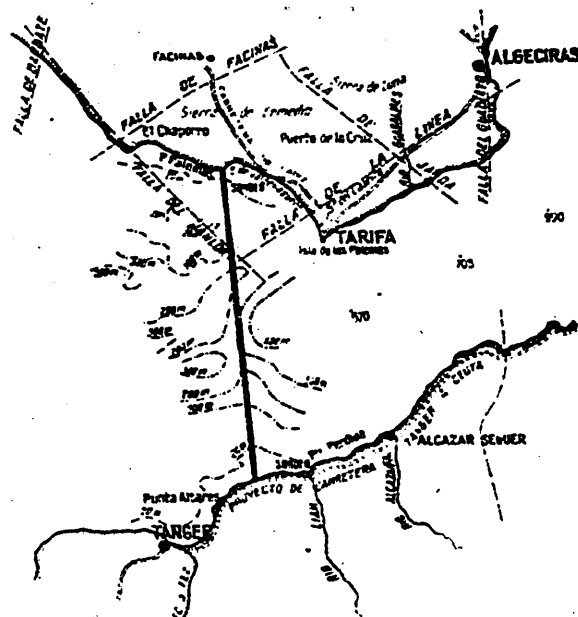


Figura 1.ª

lidad, y con visible satisfacción indudablemente: pero si, como fuera de desear y esperar, el desarrollo comercial e industrial de los dos territorios fuera notoriamente incrementado, parece indispensable establecer un medio más permanente y estable, lo que hace pensar en los otros dos medios como remedio más eficaz y conveniente.

Entre éstos, el túnel es el que hasta ahora ha encontrado más adeptos, pareciendo a primera vista como solución más conocida, y sin embargo yo tengo que combatirlo por la notoria gravedad que entraña y por su desorbitada carestía.

Ah, pero es que el túnel que habría de hacerse para el paso del Estrecho de Gibraltar es completamente distinto de todos esos, e incluso de los ejecutados hasta ahora a través de algunos ríos, como el Hudson, porque en primer lugar tendría que ser mucho más largo, sin que pueda pensarse en chimeneas intermedias ni en pozos de reconocimiento, pero además la carga de agua es enormemente superior.

Tendría que tener una longitud de más de 40 kilómetros para ser accesible, con pendiente adecuada en las dos márgenes y bajando a unos 500 metros por bajo de la superficie del agua.

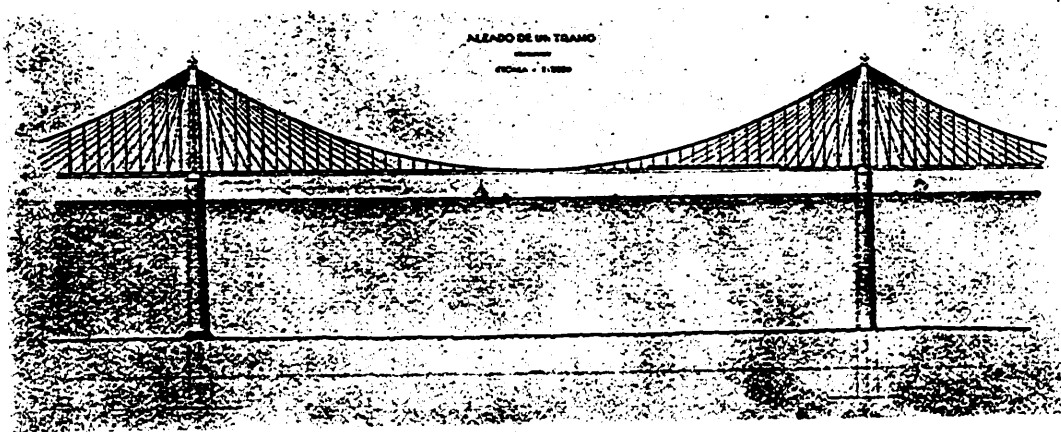


Figura 2.ª

Hacer un túnel atravesando una montaña para una vía de comunicación terrestre, cuando la longitud a perforar es pequeña, entendiéndose por tal cuando el orden de magnitud es de tres a cinco kilómetros, resulta un problema sencillo, que se está haciendo constantemente por cualquiera con relativa facilidad. Basta para ello hacer un reconocimiento completo de la zona que se ha de atravesar, realizar un estudio de la estratificación, practicar pozos de reconocimiento y de extracción y dirigir la perforación con los muchos medios que existen hoy día, teniendo la precaución de posibles desplomes y de instalaciones que aseguren la ventilación y agotamiento.

Todo esto se hace bien, sobre todo cuando las secciones del túnel son grandes, como ocurre frecuentemente para túneles de ferrocarril o de carretera y los pozos, en general, no son de gran importancia, y por tanto pueden prodigarse. Cuando el túnel ha de ser largo, entendiéndose por tal para longitudes de más de cinco o seis kilómetros, la cuestión se complica, por muchas causas que parecen aleatorias, aunque en realidad son fundamentales. Así se explica las mil vicisitudes pasadas en los grandes túneles de San Gotardo y Simplón y las sufridas, si bien en menor escala, en los nuestros de la Argentina y Padornelo.

Hemos visto muchas veces las precauciones que deben adoptarse para los desagües de fondo de los pantanos, con sólo cargas de 50 a 100 metros, y si se abrieran rápidamente, sin cuidados previos, se producirían descargas capaces de lanzar las piedras del fondo con estrépito de cañonazos por aducción de aire, y que harían conmover no sólo la presa si que también las laderas.

Verdaderas diabluras hubo que hacer en una de las grandes presas hechas en España, hace ya bastantes años, cuando una grieta se produjo entre la presa y la adyacente ladera, llegando a ser preciso proporcionar inyecciones de clases distintas de aglomerantes para producir cristalizaciones interiores, y sin embargo todo ello se realizaba con la facilidad de estar al aire libre. Pues eso es un pequeño juguete comparado con lo que habría de ocurrir si una grieta se produjera en el túnel, con carga de agua de 500 metros. Y durante el periodo de construcción ¿cómo se hace el paso a través de una falla?

Francamente os digo que no veo manera, aun con los grandes medios actuales, de resolver semejante dificultad.

La idea de hacer un túnel con estas condiciones es una insensatez que desorbita el problema.

Claro es que resulta muy sencillo tomar el plano

geográfico del lugar y pintar una línea que diga "túnel bajo el Estrecho...", pero solamente con inconsciencia y desconocimiento de la técnica en lo que significa esa perforación, es como puede tener eco la propuesta.

* * *

Si la idea de construir un túnel podemos creer que es descabellada por las razones antes expuestas y por otras que podríamos aducir, ¿no se puede pensar en que también lo sea la de hacer un puente?

En el panorama oscuro de la imposibilidad que hasta ahora ha existido es, como pudiéramos decir, el albor de la aurora.

* * *

Si a un ingeniero se le presenta el plano hipsométrico del Estrecho, lo primero en que piensa, si su mira es hacer un puente, es trazar la recta entre las puntas más avanzadas que distan entre sí 13.800 metros.

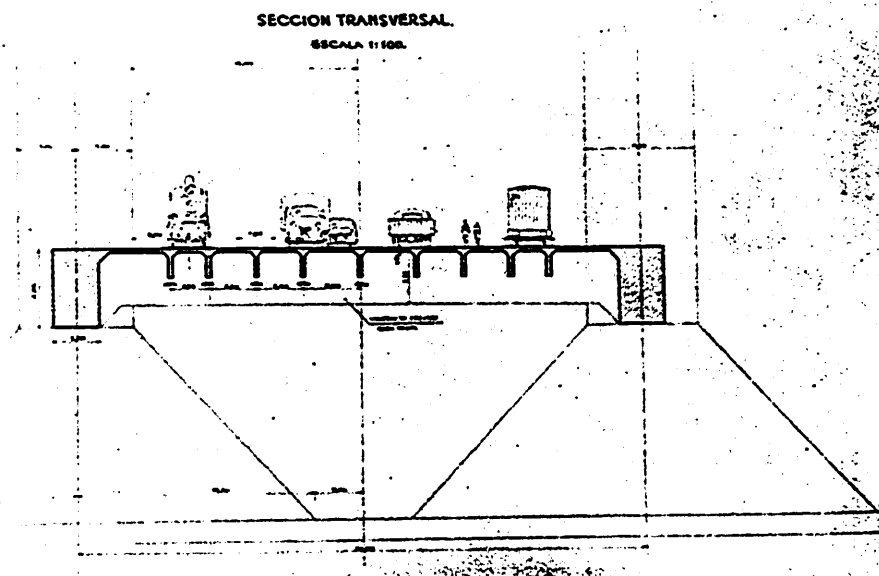


Figura 3.ª

Analicemos la cuestión.

Parece, a primera vista, que el puente es más disparatado aún que el túnel, y así lo han creído algunos de los que han hecho propuestas de este último, descartando de antemano el primero.

En realidad, hasta el presente, ninguna de las dos soluciones ha sido estudiada debidamente, ni siquiera de modo que pudiera considerarse anteproyecto. Sólo hay unas memorias, a modo de artículos periodísticos, en las que los autores, dejando volar la fantasía, pintan esquemas sin realidad física.

Pues yo, que soy enemigo de las vaguedades y tengo la manía de concretar, os voy a presentar un anteproyecto de puente, con dimensiones y ubicación, porque pretendo distraer vuestra atención con una posibilidad, sin que sea una entelequia.

No quiero decir que tengo la pretensión de dar a conocer un proyecto completo en el que se estudie cómo debe ser al detalle todas las dificultades que se presentan, pero sí puede considerarse un avance racional en el que el orden de magnitud del proceso físico esté concretado en sus líneas generales.

Pero todos sabemos que para esta distancia no existe ningún tipo de estructura capaz de salvarla con un sólo tramo. Es absolutamente indispensable hacer pilas intermedias; y si observa la hipsometría de la zona se quedaría desconsolado al ver que los calados son de cerca de 1.000 metros... No hay más remedio que hacer pilas, pero por otro lado es imposible hacerlas, por no existir medio de construir apoyos a esas profundidades en el actual estado de la técnica.

El problema parece totalmente irresoluble.

Ahora bien, si se desvía uno de la traza mínima, corriendo pocos kilómetros al Oeste, y se hace además un revirado en su orientación, se puede obtener una traza, con longitud mayor que la geodésica, pero que no tenga cotas inferiores a 300 metros. Claro está que para estos calados puede decirse que no hay, entre los métodos normales de cimentación, ninguno que permita llegar prácticamente a estas profundidades, pero ese problema, ya más limitado, creo firmemente que puede resolverse por el método ideado por mí hace años, cuando estudié el proyecto del Puente de Lisboa. El asunto era entonces mucho más

sencillo porque se trataba de un puente para cubrir un vano de 2200 metros, con profundidades máximas de 40 metros, y sin embargo era difícil porque aun esta profundidad no es asequible para los procedimientos normales de las obras marítimas.

Tuve yo que idear un proceso especial que publiqué después en varias Revistas extranjeras y que fué empleado en alguna obra, como el puerto de La Rochelle, y comentado en libros técnicos, como el de Rousselet. Pues ese método, generalizado, puede servir de base para el caso presente, porque permite, sin dificultad grave, llegar hasta esas profundidades del orden aproximado de los 300 metros.

Explicaré ligeramente el sistema, aunque en mis publicaciones de varios años fué ya expuesto y quizá resulte para algunos una repetición.

Empleando como taller un lugar próximo de mucho calado, como la antedársena de Tarifa, se podría construir un cajón con chapa de palastro con la forma externa de la pila y dotado de fondo, con un anillo cortante. Este cajón, botado al agua y retenido convenientemente, sirve de molde para construir en su interior, como es natural al aire libre, el fondo y paredes de revestimiento de hormigón con los espesores calculados para las presiones totales que después habrá de sufrir. A medida que se van construyendo estos muros de hormigón en el cajón, siempre flotando, irá tomando calados sucesivos y siempre al aire y luz del día: con obreros corrientes sin ninguna especialización se continuará haciendo la pila hasta que tenga una profundidad próxima a la que debe tener. Entonces, el cajón con su calado casi definiti-

vo (y desde luego menor que el del fondo del Estrecho que va a recorrer), se remolca por tres remolcadores en estrella para poderle orientar y situar en el punto que se precise. Hay que proceder a fondearlo, y para ello—todavía siempre en flotación—, por medio de tubos que se colocan transitoriamente al costado de la pila, se lanzan sacos de hormigón que forman una ataguía a su alrededor, con poca altura, pues su función es sólo retenerle lateralmente en la parte del anillo cortante que todavía no ha tocado fondo.

Es entonces la ocasión de bajar los obreros dentro de la pila por el gran espacio hueco que hay en ella, y siempre al aire libre, para hacer maniobrar las autoclaves que a través del fondo se han dejado. Y por ellas, con las máquinas de inyección corrientes, lanzar mortero o árido emulsionado a mayor presión que la del agua en el fondo, para que este mortero llene el espacio comprendido entre el fondo del mar, el techo base del cajón y el anillo cortante, cesando así, de un modo todo lo lento y gradual que queramos, la flotación y tomando de esta manera el fondeo del cajón con operación sencilla.

Ya se comprende que no son precisos ni aparatos especiales, ni cámaras de aire comprimido, ni más trabajo que los usuales en albañilería. Para hacer el asiento con las cargas unitarias que después va a tener, bastará transitoriamente echar agua en el espacio vacío de la pila hasta que la masa que encima va a llevar esté compensada.

Esta es la idea que para hacer cimentación en grandes profundidades apliqué en el proyecto del puente de Lisboa y que ahora creo puede ser solución feliz hasta estas profundidades del Estrecho.

Ahora se podría preguntar: ¿Este procedimiento es susceptible de aplicarse a mayores profundidades aún?

Hasta 300 ó 400 metros no tiene dificultad que pueda considerarse grave, pero creo que no sería conveniente prolongar más esta cifra, porque como hay necesidad, por su propia esencia, de dejar gran hueco interior para su flotación, las paredes tienen que resistir a las presiones externas del agua y no sería factible con los materiales usuales pasar de esos límites. Y por de contado, la forma de la pila deberá ser, por preferencia, la de directriz circular, para que se eviten flexiones, dejando sólo su forma de trabajo como régimen de compresión, que es el más adecuado para los materiales de construcción de naturaleza pétreo.

* * *

Hemos indicado antes que para salvar el Estrecho, si bien se habían lanzado varias propuestas de túnel (aunque sólo como ideas peregrinas) no se había tratado, ni siquiera en esquema, del establecimiento de un puente. Porque la genialidad ideada por mi ilustre y querido compañero Carlos Mendoza, en la que yo cooperé, hace ya bastantes años, era

SECCIONES DE PILA.

ESCALA 1:500.

BASE SUPERIOR

BASE INFERIOR A 300 ME.

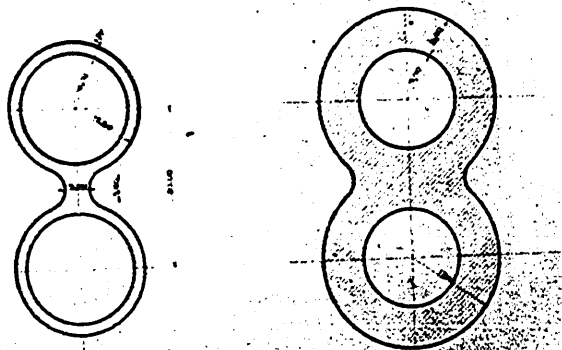


Figura 4.ª

en realidad un túnel suspendido por boyas flotantes que presentaría, en caso de poderse realizar, dificultades insuperables.

Y es que cuando algunos han tratado de esta cuestión la primera cosa en que han tropezado es la de conseguir formar pilas intermedias. ¡Es en esencia tener puntos fijos... idea que perseguían siempre los antiguos!

Pues yo creo firmemente que con el proceso indicado en los párrafos anteriores se pueden obtener pilas de apoyo, no sólo en condiciones de garantía y de posible facilidad en la ejecución, si que también con presupuesto de ejecución, siempre grande, claro está, pero en muy inferior cifra a la de cualquier cosa que pudiera pensarse.

Supuesto aceptable este procedimiento, como formación de pilas sustentadoras, es natural que se piense en adoptar unos tramos que sean todo lo grandes posible, a fin de reducir la formación de esos elementos que perturbarían, si fueran numerosos, la circulación intensa de las líneas de navegación por el Estrecho.

Para salvar grandes vanos hay sólo dos tipos de estructuras conocidos: los puentes llamados ménsula o cantilever y los tramos colgantes o colgados. Cuando las luces son muy grandes, los primeros tienen grandes masas difíciles de manejar, por cuya causa creemos sería más conveniente la estructura de puen-

te colgante. Hasta ahora sólo se ha llegado a salvar tramos inferiores a 900 metros, y en los que hay contruídos, de un modo general, están formados por los cables principales sustentados en las sobrepilas y colgando el tablero por medio de péndolas. Salvo en pocos casos esa es la composición general, en la que se dota siempre al piso de vigas de rigidez para evitar la excesiva flexibilidad en las grandes luces, pero en otros casos (aunque con menor frecuencia) se hace el colgado con tirantes oblicuos desde la parte alta de cada sobrepila y formando a veces un tramo intermedio como apoyado entre esas partes atirantadas.

Tratándose de tramos de grandes dimensiones, que sería conveniente fueran del orden de 1.000 metros para no estorbar nada la navegación, yo creo preferible superponer los dos criterios y formar la estructura con dos partes de 300 metros a cada lado de las pilas, que serán atirantadas oblicuamente, y una parte central de 400 metros, pero tanto las anteriores como la central estarían sustentadas, además, del cable principal. Se forma así un sistema superabundante que tiene grandes ventajas desde el punto de vista de arriostramiento e indeformabilidad, en el que por esa causa las vigas de rigidez quedan reducidas a papel mínimo, con notoria economía de metal.

Por el mismo motivo de conseguir mayor estabilidad es preferible hacer el piso en estructura de



Figura 5.^a

hormigón armado, para que transversalmente tenga gran inercia.

* * *

Merece la pena, si se hace un puente de tal convergadura, precaver una circulación posiblemente intensa, ya que sería esta obra un paso de naturaleza estable entre España y Africa.

Con tal propósito formamos el piso con doble circulación de ferrocarril normal y una parte central de carretera, y con el ancho de nueve metros para que puedan tener cabida tres circulaciones de vehículos. Además, dos aceras (cada una de dos metros) separarían la carretera de las dos líneas férreas.

En total, formado así el piso tendría un ancho de 30 metros. Y esto satisfaría todas las comunicaciones más que probables en lugar de la angustiosa solución de un tren embutido en un túnel.

* * *

Queda por examinar la vital y primordial cuestión económica. Todas las obras que realiza el hombre deben tener una finalidad.

Puede no ser la apreciación crematística la única aspiración que debe cumplir, porque, aunque en general sea la más importante, podría tener el problema aspectos de otro orden (político, social, etc.) que hicieran predominante las aspiraciones de otros objetivos, pero de todos modos la parte económica tiene

una gran importancia y en modo alguno puede soslayarse.

Hacer hoy día un presupuesto es labor bastante ambigua, porque todos tenemos conciencia de esa inexorable ley ascensional que tienen en todos los países los precios unitarios, de tal modo que los presupuestos reformados constituyen una enfermedad que consideramos ya como sistemática y la aceptamos tristemente pero con resignación.

Los presupuestos son instantáneos, como la fisonomía humana, y desgraciadamente cambian con pérdida a través del tiempo.

Pero todos sabemos que las cifras finales surgen como consecuencia de un previo estudio, por virtud del cual se han precisado las dimensiones que la obra debe tener para cumplir su cometido y que este estudio, realizado como fundamental con las reglas que la técnica dicta, es el que define y precisa la obra. De su desarrollo se obtienen las cifras en que se basan las cubriciones y los pesos. Y con estas cantidades, una vez aceptados los precios unitarios que la práctica dicta, se llega a los presupuestos parciales, y, por consecuencia, al total general.

Todo esto lo tengo hecho yo, en el presente caso, pero sería el colmo de vuestra benevolencia si sufrierais el impacto de tiraros este pesado paquete a la cabeza.

Pero por otra parte, si yo ahora me callo, tengo la convicción de que creais, por el vuelo de vuestra imaginación, que después del esfuerzo que significa examinar la posibilidad de realizar esta obra, tenga una desorbitación económica tan grande que dé al traste con las posibilidades físicas, y en ese caso habríamos perdido totalmente el tiempo. Pues bien, os diré que si después de hecho el cálculo racional de los distintos elementos aplicamos a las dimensiones que resultan los precios unitarios que en esta fecha sirven de base para los contratistas en los concursos normales de obras públicas, el presupuesto general a que se llega es del orden de 5.000 millones de pesetas.

La cifra es grandísima, como no puede menos de serlo, pero no asombrosa, pues dada la megalomanía que hoy día hay en los negocios, las cifras de ese orden las vemos manejadas en varios casos.

Y hay que tener en cuenta que el puente en cuestión será en rigor un cordón umbilical entre dos continentes.



Figura 6.^a

.....