

La extensión de la red vizcaína de ferrocarriles, comparada con la de toda la nación, aparece en el siguiente estado:

Países	Longitud — Kilómetros.	Superficie — Miríametros cuadrados.	Número de habitantes según el censo de 1897.	Kilómetros de ferrocarril por miríametro cuadrado.	Kilómetros de ferrocarril por 1.000 habitantes.
España...	12.430	5.045,16	17.545.160	2,47	0,70
Vizcaya ..	343	21,98	235.659	15,60	1,45

Que demuestra cuánto mejor servida de ferrocarriles está la provincia que el promedio de la Península.»

En el capítulo IX hace el autor un estudio de las naciones en donde prepondera la explotación por el Estado, el régimen de los ferrocarriles franceses, auxilios concedidos por las Diputaciones provinciales francesas y belgas y la legislación española, entrando luego de lleno en el problema de la compra de las líneas vizcaínas que ha motivado este libro.

Al final del libro se acompaña un magnífico plano de las carreteras y ferrocarriles de Vizcaya.

Al ocuparnos hoy en nuestras columnas de la *Monografía de los caminos de Vizcaya* no hemos tenido más objeto que llamar sobre ella la atención de nuestros lectores, pues estando tan relacionada con asunto tan importante como es el de las vías de comunicación, hemos de citarla varias veces cuando de ellas tratemos.

Es sumamente interesante aunque, á pesar de lo bien acabado del trabajo, no constituye más que un preliminar ó apunte para la obra magistral de Alzola, *Las Obras públicas en España, Estudio histórico*. Más de dieciocho libros ha publicado nuestro distinguido compañero, entre ellos *El Arte industrial*; nada, hemos de decir de ellos, porque el nombre del autor es suficientemente conocido; pero conceptuamos, y así lo hemos oído ya á varios, que el trabajo de empeño, lo que pudiéramos llamar *su obra*, es el *Estudio histórico de las Obras públicas en España* con que ha honrado nuestra BIBLIOTECA DE LA REVISTA, y cuyo tomo se está repartiendo á los suscriptores. De él hemos de ocuparnos otro día; contiene la historia de lo construído y los planes para lo que falta construir en España; en él deben inspirarse cuantos deseen regenerar la marcha de nuestras Obras públicas para que resulte el máximo beneficio para nuestro país.

Este año es el centenario de la creación del Cuerpo de Ingenieros de Caminos; no puede ser más oportuna la historia de sus obras. Hoy, por otra parte, se esperan con afán estudios como el del Sr. Alzola, que, rectificando el rumbo de la Administración, nos lleven á la era de prosperidad ansiada.

Lleguen sus ecos al Parlamento y veamos que no se pierden en el vacío iniciativas tan valiosas, resultado del estudio concienzudo, de lo que nos enseña la historia y la comparación con otros países.

Volviendo al objeto que nos ha guiado al escribir este ligero artículo, aplaudimos, desde luego, hoy al Sr. Alzola por su *Monografía de los caminos de Vizcaya*, que si tuviéramos espacio la hubiéramos copiado íntegra.

M. M.



REVISTA EXTRANJERA

Puentes de fábrica articulados (1).

(Conclusión.)

9. *Ventajas de los puentes articulados para las grandes luces.*—Para completar la exposición de las ventajas de estos puentes falta únicamente señalar las facilidades para la construcción de bóvedas de grandes luces.

Si se exceptúa el puente casi mitológico de Trezzo, no se han construído hasta ahora más que tres puentes de luces superiores á 60 metros; son los de Cabin-John (Estados Unidos), de 67 m, 10 de luz, 17^m,47 de flecha y 2^m,90 de espesor en la clave; el de Lavaur (Francia): luz, 61^m,50; flecha, 27^m,50; espesor en la clave, 1^m,65; y el de Chester (Inglaterra): luz, 60^m,96; flecha, 12^m,80; espesor en la clave, 1^m,22.

Hay, sin embargo, unanimidad entre los ingenieros respecto á la posibilidad de alcanzar luces mucho más considerables. Esta es la opinión de M. J. Résal y de M. Séjourné; Perronet creía, hace ya un siglo, que se podría pasar de 100 metros de luz. No obstante, para las grandes luces, se da casi siempre la preferencia á los puentes metálicos, á pesar de su inferioridad, por muchos conceptos, respecto á los de fábrica.

Objétase contra estos últimos, en este caso, el costo de las cimbras, los peligros del sistema de construcción por roscas, la incertidumbre de los acunados múltiples, las eventualidades de las obras, los defectos del cálculo, la inseguridad de los resultados y, finalmente, todos los inconvenientes que se imputan á los puentes de fábrica, inconvenientes que se agravan á medida que crece la luz. Hay que reconocer, en vista de todas estas objeciones, que el ingeniero que intente dar un paso hacia adelante marchará hacia lo desconocido y se expondrá á muchos fracasos.

Así es que no se avanza sino gradualmente, y, por decirlo así, por aproximaciones sucesivas, en la vía del progreso; la circunspección es tal, que no se ha llegado aún á igualar la luz de 71^m,25, conseguida en el puente de Trezzo en 1377.

Abriendo una nueva senda, los puentes articulados permiten abordar con entera seguridad grandes luces con rebajamientos acentuados y limitar el empleo de los puentes metálicos á los casos excepcionales en que únicamente se justifica su empleo, tales como aquéllos en que las dificultades de cimentación imponen obras ligeras.

Para demostrarlo, hemos calculado dos puentes para carreteras en las siguientes condiciones: uno de 40 metros de luz, rebajado al $\frac{1}{3}$ con una sobrecarga móvil de 600 kilogramos por metro cuadrado de planta y un trabajo de compresión de la fábrica igual á 45 kilogramos por centímetro cuadrado. Este esfuerzo, que no difiere sensiblemente del que se realizó en los ensayos del arco de Souppes, puede ser resistido por la piedra caliza de mediana calidad, empleada en forma de dovelas abujardadas con lechada de cemento puro en las juntas. Aunque los cálculos se hayan efectuado abreviadamente y sólo den resultados aproximados, bastan para demostrar que la bóveda articulada no exige más que un espesor máximo en los riñones de 0^m,64, el cual se reduce á 0^m,37 en los arranques y á 0^m,33 en la clave.

Para apreciar estos resultados es conveniente compararlos con las dimensiones adoptadas en el puente de Boucicaut, cons-

(1) Véase el número anterior.

truido sobre el Doubs en 1890 por los Sres. Jozon y Tourtay. Esta obra, que se puede contar entre las más ligeras y atrevidas de su género, ha sido calculada admitiendo curvas de intradós y de trasdós de forma de catenaria. Su luz y su rebajamiento son iguales á los asignados al puente articulado. Difiere de este último, sin embargo, en que sus enjutas son macizas, mientras que se han supuesto aligeradas en el puente que hemos calculado. Por otra parte, la sobrecarga móvil admitida en éste es doble de la supuesta en el puente de Boucicaut. En estas condiciones, los autores fueron conducidos á dar á la clave del puente de Boucicaut un espesor de 1^m,05, espesor que aumenta progresivamente hasta los arranques, donde llega á 1,24. El cubo de la fábrica resulta ser así triple próximamente que en la bóveda articulada (1). La economía obtenida sería aún mucho mayor si se tomasen como términos de comparación los demás puentes construidos con luces y rebajamientos comparables. Las ventajas del sistema de construcción preconizado son, pues, evidentes.

Son mucho más evidentes aún para las luces excepcionales, hasta tal punto, que se puede considerar como posible llegar y aun pasar de la luz de 100 metros con un rebajamiento de $\frac{1}{10}$. Esto lo prueba el cálculo de una bóveda de estas dimensiones, á que hemos aludido anteriormente. Admítase en él, es verdad, que los esfuerzos de compresión puedan llegar á 100 kilogramos por centímetro cuadrado; pero es éste un resultado fácil de conseguir empleando granitos, pórfidos y aun calizas de elección. Es de observar, por otra parte, que en la piedra de sillaría de este género y con una construcción esmerada, se puede rebasar sin peligro el décimo de la carga de rotura, como ya se ha demostrado más arriba. Esta es la opinión emitida por el ingeniero jefe Sr. Michelot, á consecuencia de los millares de experimentos que realizó en el laboratorio de ensayos de la Escuela de Puentes y Calzadas sobre resistencia al aplastamiento de los materiales de construcción. «No parece que habría inconveniente—dice M. Michelot—en someter al $\frac{1}{10}$ de su resistencia instantánea á ciertos materiales de granito, pórfido, mármol y algunas calizas compactas de buena calidad».

En estas condiciones, el puente de que tratamos sólo exigiría un espesor de 1 metro en los riñones, pudiéndose reducir á 0^m,62 en los arranques y á 0^m,55 en la clave.

Estos espesores, deducidos de cálculos abreviados y meramente aproximados, no son más que indicaciones y podrá ser necesario aumentarlos ligeramente en los proyectos definitivos. Pero de todos modos, demuestran la posibilidad de llegar con bóvedas articuladas compuestas de dovelas ligadas por medio de lechadas de cemento, á luces y rebajamientos considerados hasta ahora como inaccesibles, á no ser empleando el metal.

Conclusiones.—Las consideraciones que preceden pueden resumirse en las siguientes conclusiones:

La articulación en la clave y en los arranques de las bóvedas de fábrica hace fácil y rápida la determinación de las curvas de

presiones y de los esfuerzos correspondientes á todas las combinaciones de repartición de cargas que estas obras tienen que soportar; permite obtener en cada caso particular, mediante algunos breves tanteos, la distribución de los espesores menores que se pueden asignar á una bóveda para que el trabajo del material no exceda de un límite fijado previamente; suministra también el medio de reducir al mínimo el peso de la obra, el empuje que ejerce contra sus estribos, el peso de las cimbras y sus deformaciones durante la ejecución de las obras.

Manteniéndose casi invariables las curvas de presiones respecto á la bóveda, esta combinación ofrece además la ventaja de eliminar, casi por completo, la influencia de las variaciones de la temperatura y de las separaciones y asientos de los estribos y cimbras, al menos mientras no excedan estos fenómenos de los límites ordinarios.

Combinado con el procedimiento de ejecución de la bóveda con dovelas abujardadas en las juntas y ligadas por medio de lechadas de cemento, la triple articulación constituye un sistema de construcción casi perfecto, que evita todos los inconvenientes de los demás sistemas usuales. Con aquel sistema, los asientos de las cimbras dejan de ser perjudiciales, puesto que la fábrica no forma un todo compacto hasta que todas las dovelas están presentadas sobre cuñas. La buena ejecución de esta fábrica es fácil y de resultado seguro, gracias á las lechadas de cemento puro en las juntas, sistema que previene defectos de construcción; la homogeneidad y la cohesión de las fábricas se consiguen así hasta donde es posible prácticamente. Los acunados de las juntas quedan suprimidos con todos sus riesgos y peligros para la conveniente repartición de las presiones en la obra. Esta repartición queda, por el contrario, asegurada en las mejores condiciones posibles por medio del juego de las articulaciones durante el descimbramiento, que debe efectuarse lentamente y después de haber fraguado hasta cierto punto las lechadas de cemento.

El sistema de construcción preconizado disipa, por consiguiente, todas las incertidumbres de los procedimientos usuales, y hace que el cálculo de las bóvedas se aproxime en lo posible á las condiciones reales; permite, por esta razón, alcanzar el límite de los esfuerzos compatibles con la resistencia de los materiales empleados.

Se ha demostrado que esta resistencia es muy considerable y casi igual á la de la piedra que constituye las dovelas cuando las juntas han sido labradas á bujarda y guarnecidas con lechadas de cemento puro. Es, pues, posible con este sistema de construcción, obtener el máximo de ligereza de una bóveda articulada formada con materiales dados. Con materiales elegidos, se puede llegar á alcanzar luces y rebajamientos que hasta ahora sólo ha sido posible realizar empleando el metal.

En resumen, la triple articulación aplicada en las condiciones que se han definido, realiza mejor que ningún otro sistema las cualidades esenciales que se deben exigir en una bóveda de fábrica, que son la seguridad de la ejecución y la ligereza de la construcción. Sus ventajas son tales y tan grandes, bajo estos dos aspectos, que no se concibe que puedan permanecer olvidados por más tiempo.

(1) Conviene observar, además, que los excelentes materiales empleados en el puente de Boucicaut fueron labrados en todas sus caras de modo que las juntas fuesen delgadas y sensiblemente de igual espesor. En estas condiciones, M. Tourtay admitía que tendrían que resistir «una presión de 20 kilogramos por centímetro cuadrado por término medio, que podría llegar al doble y aun algo más en los puntos más desfavorables por razón del descenso al descimbrar y de las variaciones de temperatura». Por esta razón se ha calculado el puente articulado para una presión máxima de 45 kgs. Pero la calidad de la piedra de que se disponía hubiera permitido sobrepasar notablemente esta presión con el uso de articulaciones y de lechadas de cemento puro.