

Son, pues, críticas y temores infundados, y aun más en el puente actual, que ha de construirse, no en el mar, sino en sus proximidades, y no muy lejos de otros puentes de hormigón armado en Valencia,

apoyos son siempre verticales, como ocurre en los tramos rectos.

Por último, la triple articulación de las bóvedas es un añadido algún tanto precario: es una junta, una



Fig. 4.ª Solución en tramos rectos de H. A.

uno de ellos construido ya y otro proyectado para el Ayuntamiento por nuestro compañero D. Arturo Monfort.

Todo consiste en que la obra se inspeccione y se ejecute bien.

No es, pues, despreciable la economía de 108 000 pesetas que ofrecen los tramos rectos de hormigón armado.

Pero además éstos ofrecen otras ventajas en el caso presente, que también justifica la preferencia que les ha dado el Sr. Membrillera.

En los puentes en arco, los empujes oblicuos son considerables, aun en las pilas, cuando las sobrecargas sólo actúan sobre uno de los dos semiarcos que

solución de continuidad que, a nuestro juicio, sólo debe emplearse cuando produce sensible economía.

Y lo comprueba el hecho de que, a pesar de las ventajas teóricas que ofrecen las articulaciones en

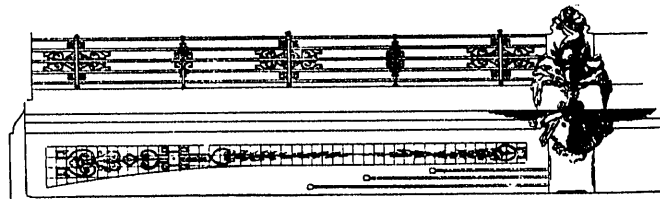


Fig. 6.ª Decoración de las vigas rectas de la segunda solución.

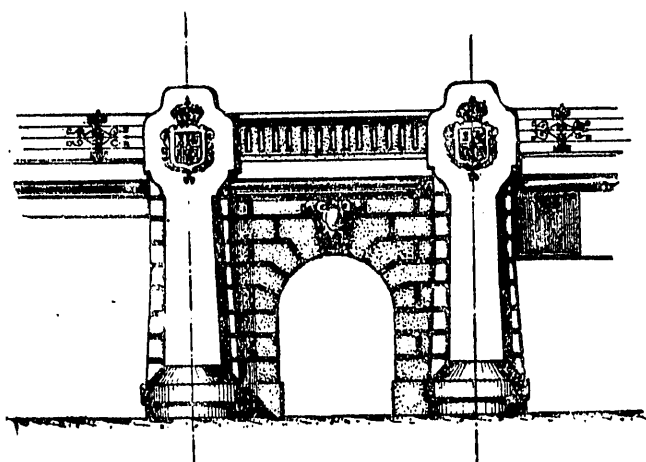


Fig. 5.ª Pila estribo de la segunda solución.

en ellas cargan. Y si, como es probable aquí, los cimientos no se apoyan sobre terreno firme, hay siempre más peligro de que sufran corrimientos o asientos desiguales, que cuando las compresiones sobre los

los puentes, y a pesar de la más cómoda facilidad de sus cálculos, son muy contados los ingenieros, no sólo en España, sino en el Extranjero, que recurren a ese subterfugio constructivo, con relación a los que empleamos de preferencia los arcos continuos y con la posible rigidez (1).

La moda de las articulaciones, que parecía ya haberse anticuado, quizá reverdezca algún tanto con el perfeccionamiento que el ingeniero Freyssinet ha introducido en las rótulas del puente Candcher, que muy inteligentemente ha aplicado mi joven compañero, D. Joaquín Camón, en su puente de Gelsa, sobre el Ebro (cinco arcos de 52,80 m, rebajados al  $\frac{1}{12}$ ), descrito en *Ingeniería y Construcción*, en mayo de 1926.

Pero como la cuestión merece ser analizada con algún detalle, me propongo dedicarle otro articulito especial.

J. E. R.

(1) Véase mi artículo «Puentes con arcos articulados de fábrica u hormigón armado», en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de julio de 1924.

## Abacos para el cálculo de puentes en arco de hormigón armado

Los modelos de puentes en arco de hormigón armado estudiados por el ilustre ingeniero D. J. Eugenio Ribera ofrecen, en su hoja número 1, un resumen de todos los estudiados para los tres tipos de arcos rebajados al  $\frac{1}{10}$ , al  $\frac{1}{4}$  y al  $\frac{1}{2}$ .

Con este resumen pueden fácilmente dibujarse las curvas que dan los pesos de las armaduras y volúmenes de hormigón (ordenadas) en función de las luces (abscisas).

Hace tiempo, cuando se hablaba en las zonas de nuestra Asociación de la codificación de las disposiciones oficiales y legislación de Obras públicas, pensaba yo cuánto más útil sería para el ingeniero una codificación de proyectos que a unos, como al gitano del cuento, «que robaba las escobas hechas», les permita el colmo de la economía en la producción profesional, y a otros les sirva de punto de comparación para, sin grandes pérdidas de tiempo, conocer

casi inmediatamente si su obra no se ha perdido en los a veces inextricables laberintos de la originalidad, como a menudo sucede, con graves pérdidas para los intereses del Estado.

Es difícil casi siempre hacer un estudio tan detenido como el del viaducto del Pino, por ejemplo, pues hay pocos Riberas que estudien quince o veinte soluciones, dando lugar a un tratado de grandes viaductos en un tiempo relativamente corto, y que no conviertan un proyecto así en una especie de no-

En cuanto a los tableros, la línea representativa es, naturalmente, una recta.

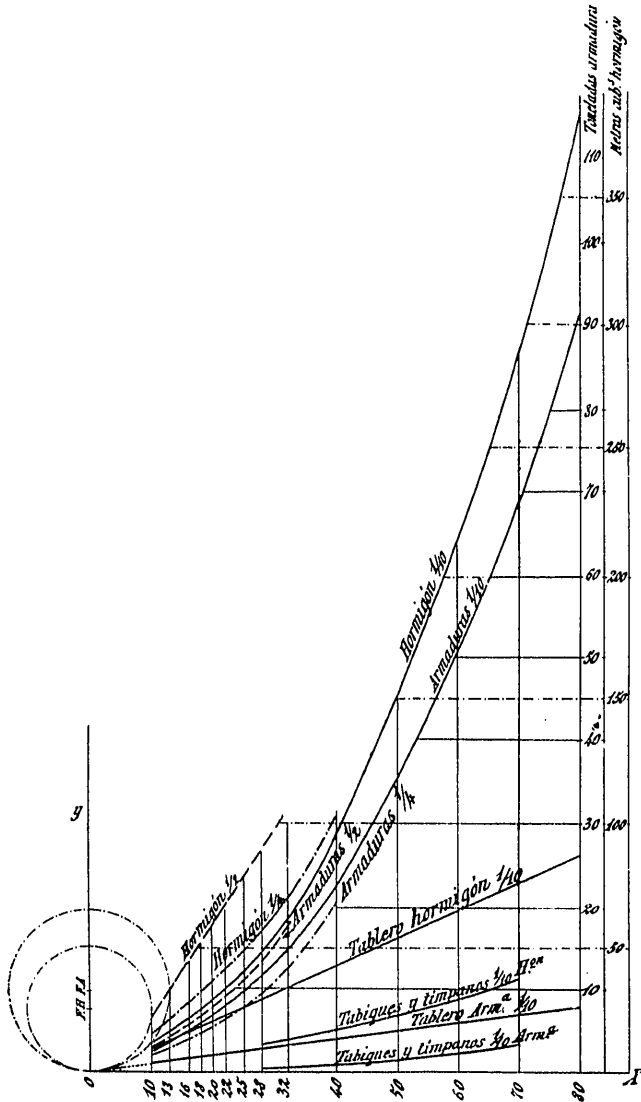
No hay duda que, haciendo con cuidado estos ábacos, dan desde luego aproximaciones muy suficientes para presupuestos alzados, dentro de los tipos estudiados por Ribera, para luces, no sólo comprendidas entre tales tramos, sino para luces mayores, cuyos datos pueden obtenerse prolongando las curvas con el parámetro obtenido.

En la figura, nosotros hemos dibujado las curvas de los tipos Ribera correspondientes al rebajamiento de  $\frac{1}{10}$  hasta la luz de 80 m. Esto tiene, además, la ventaja de que orientan al proyectista en unos cálculos siempre engorrosos y de costosísima comprobación, y evitar así errores de bulto que pueden pasar desapercibidos a pesar de los numerosos informes porque se tamiza un proyecto. Aun suponiendo que no haya errores de cálculo, puede haber errores de concepción o de elección de tipo y, al llegar a las cubicaciones, servirían estos ábacos para ver si los volúmenes de armaduras y hormigón eran aceptables por comparación con los tipos Ribera.

Así, por ejemplo, en varios puentes construidos que hemos examinado se observan algunas discrepancias con los tipos que nos ocupan. Hay algunos puentes en que la armadura es exigua, aunque los hormigones responden a la fórmula que proponemos. Hay otros en el que el exceso de los hormigones es enorme, y, aunque hay ligera economía en las armaduras, debido sin duda al exceso que en los tipos Ribera trae la armadura rígida, lleva aquello consigo un aumento a veces muy elevado en el presupuesto, sin contar con el coste elevadísimo que pueden alcanzar las cimbras. Por otra parte, estos ábacos traen también la ventaja, en el estudio de una serie de tipos, de guiar al calculista y economizar trabajo. Por ejemplo, Ribera calcula por interpolación o extrapolación rectilínea algunos de sus modelos que, naturalmente, estarán en cuerdas o prolongaciones de secantes de nuestra curva. Si ésta se hubiera dibujado siguiendo la ley parabólica, con tres modelos hubiera bastado para determinar todos con completa seguridad de cálculo y dando mayor aproximación las interpolaciones parabólicas que las rectilíneas. No se comprende, en verdad, por qué no ha de llegarse en los puentes, como en las tuberías de conducción de aguas u otros elementos de construcción, a redactarse tablas o ábacos que eviten casi en absoluto un trabajo de cálculo que nosotros creemos que en lugar de despertar la inteligencia la despista hacia las regiones de lo abstracto o la hipnotiza al arrullo de la música de manubrio de la Brunsviga, adormeciéndola en un mecanicismo y monotonía que la hace luego inepta para los problemas siempre variables de la realidad y de la práctica.

Es claro que lo que decimos de los puentes de hormigón en arco puede aplicarse a los tramos rectos y a los tramos metálicos de diversos tipos y, en general, a cualquier elemento constructivo.

Hemos dibujado también las curvas de los arcos de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$ , pero no las hemos prolongado, por carecer de interés las grandes luces para dichos rebajamientos. Nos sorprende que en los arcos de  $\frac{1}{2}$  los volúmenes de hormigón tienen una ley de crecimiento casi rectilínea. Claro es que dentro de un tipo determinado pueden deducirse las leyes de crecimiento de todos los elementos, como piezas de las armaduras, trabajos de los materiales, etc., pudiendo dibu-



vela por entregas que pudiera titularse «Veinte años de cálculos o la vida de un ingeniero». Por otra parte, yo estoy seguro de que hoy no haría el Sr. Ribera ese estudio, pues, aparte de una mayor orientación, que le indicaría desde luego las dos o tres soluciones más económicas, no le sobraría el tiempo, como le sobró entonces, sin duda, para agotar la letra de las soluciones posibles, cosa, por otra parte, antieconómica, pues el importe de la tasación de los proyectos de las soluciones desechadas representa, para un ingeniero que tiene trabajo y firma acreditada, un valor muy superior a la economía obtenida.

Trazadas las curvas antes indicadas por los puntos correspondientes a los puentes calculados, y buscando la continuidad, se ve desde luego la forma parabólica, cosa evidente, pues las ordenadas que buscamos son funciones del cuadrado de la luz.

jarse curvas representativas una vez conocidos varios puntos de las mismas. En el diagrama se han dado diversas representaciones a las curvas de los distintos rebajamientos.

Las ecuaciones de las parábolas representativas de los hormigones y armaduras de los arcos rebajados al  $\frac{1}{10}$  son:

$$y_n = 0,095 x^2$$

$$y_a = 0,074 x^2$$

respectivamente.

Creemos que, para el cálculo de estos ábacos, una Comisión, en la que puedan repartirse y confrontarse las operaciones, es muy superior a un individuo aislado.

Sin duda alguna pueden extenderse a los arcos y obras de fábrica este sistema de cálculo, que (basado en el estudio de series de varios tipos que pueden hacerse con gráficos de curvas de presiones y toda clase de garantías) es muy superior a las fórmulas empíricas que dan los tratados y que luego hay la costumbre de comprobar, perdiendo un tiempo precioso, que puede emplearse en otras atenciones del servicio.

Es muy corriente, por ejemplo, en el proyecto de una presa calculada por el perfil triangular de Levy, presentar numerosos cálculos y confrontaciones de distintas hiladas, quizá como desconfiando del procedimiento sintético y matemático que llevó a Levy a deducir su perfil.

Cuando ninguna modificación especial del perfil lo justifica, estos cálculos minuciosos nos resultan cosa parecida al que teniendo la ecuación de una curva, una elipse por ejemplo, fuera luego confrontando si las ordenadas y abscisas de numerosos puntos satisfacen a la ecuación.

Claro que todas estas comprobaciones, fórmulas,

gráficos de presiones, etc., son los adornos del proyecto, que forman como las ceremonias del culto, que pueden y suelen tener más fuerza, para obtener la fe siempre admirativa de las multitudes, que los escuetos dogmas de la religión. Muchas veces, por tanto, en el trato con el público, no puede prescindirse de estos formulismos; pero en los proyectos oficiales pudiera ahorrarse mucho tiempo y trabajo.

No tenemos a mano las monografías de los puentes construidos, similares a los estudiados por Ribera, en España y en el Extranjero; pero es evidente que ilustraría mucho nuestro trabajo el colocar los puntos correspondientes a dichos casos particulares en los ábacos, y serviría para deducir interesantes consecuencias de las comparaciones.

Vamos a terminar insistiendo en las indudables ventajas de estudiar los problemas en conjunto, procurando enlazarlos por medio de funciones continuas gráficas o analíticas y tendiendo a aprovechar el trabajo de los proyectistas anteriores; aprovechamiento en que están basadas todas las leyes del progreso y continuidad que se aplica en todas las ciencias, pues hasta en la Química tenemos las series de Mendeleeff.

Creemos firmemente que, aunque muchas veces se presuma de originalidad, el que más y el que menos está al cabo de la calle de lo que decimos, y como dice Bouasse en el prólogo de sus *Matemáticas ingenieriles*: «Pourquoi voulez-vous que je me prive de cette aide, puisque mon unique souci est de tracer des courbes et de les étudier! Au surplus, tous vos dédains ne vous empêchent pas de procéder comme nous, quand par hasard vous calculez un phénomène. Méphistophélès contemple en souriant Faust hurler de grandes phrases romantiques: il sait que, tout à l'heure, près de Marguerite, Faust se conduira comme un muletier!»

Francisco DURÁN WALKINSHAW  
Ingeniero de Caminos

## Crónica

### La autonomía de la Escuela de Caminos

El día 25 de mayo último fué recibida por S. M. el Rey una Comisión del Claustro de profesores, presidida por el director, que dió las gracias al Monarca por la concesión de la autonomía.

La Comisión salió muy complacida de la acogida que obtuvo del Soberano y de sus frases de elogio y de aliento para la Escuela en relación con la nueva etapa, que abre en sus anales la promulgación del reciente decreto-ley.

Seguidamente la misma Comisión se trasladó al Ministerio de Fomento, donde visitó al ministro y a los directores generales del ramo de Obras públicas, a los que igualmente mostró su agradecimiento por la confianza que han depositado en la Escuela, cambiándose con este motivo sentidas frases de caluroso entusiasmo y cordial afecto.

\* \* \*

Provisionalmente ha sido designada por Real orden de 21 de mayo la Junta de Gobierno de la Escuela, que, con el Claustro de profesores, deben redactar el proyecto de Reglamento que con arreglo al artículo 10 del

decreto-ley de autonomía deberá ser sometido a la aprobación del ministro de Fomento.

Dicha Junta queda constituida del modo siguiente:

Presidente, Excmo. Sr. Ministro de Fomento.

Vicepresidente, Ilmo. Sr. Director de la Escuela.

Vocales: Ilmo. Sr. D. José Gaytán de Ayala y don Ricardo Boguerín, Consejo de Obras públicas; don Pedro González Quijano y D. Luis Sánchez Cuervo, Escuela de Caminos; D. Manuel Recerra, Ministerio; D. Manuel M.<sup>a</sup> Arrillaga, Ferrocarriles; D. José Orbe-gozo, Hidroeléctricas; D. Fernando Rojo Sojo, Constructores; D. José Huesca, Regantes; D. Antonio Aguilá, Asociación de Ingenieros; D. Luis Díaz Caneja, Asociación de Alumnos.

Secretario, secretario general de la Escuela.

### Curso de conferencias en la Escuela de Caminos. D. Esteban Terradas y D. Pedro Carrasco

Ha terminado en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos el curso de conferencias de alta cultura desarrollado con extraordinaria brillantez, merced a la colaboración de seis figuras relevantes en el campo de las ciencias matemáticas.