

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Puente-viaducto de Requejo, sobre el Duero, EN PINO (ZAMORA)

El día 15 de Septiembre, el Excmo. Sr. Director general de Obras públicas, D. Abilio Calderón, procedió á la inauguración de este puente-viaducto, que por la luz de su arco central parabólico (120 metros) y la altura de su rasante sobre el río (90 metros) es, hasta ahora, el puente de mayor luz y altura de España.

En otro lugar de este número se insertan los detalles de la fiesta inaugural.

Aunque la Revista ha publicado ya en su núm. 2031 de 27 de Agosto pasado interesantes datos y vistas de su montaje, completaré aquel artículo de mi distinguido compañero Sr. Fernández, con algunas consideraciones personales.

Este puente-viaducto se ha ejecutado con sujeción al proyecto que presenté el año 1897 y que está detallado en mi libro *Grandes Viaductos*, según se puede apreciar por el alzado que se presenta á continuación, que no difiere sensiblemente del que proyecté.

En este alzado representamos con líneas de trazos todas las piezas suplementarias que hubo que añadir para el montaje, con un peso de 54 toneladas, y cuyo cálculo presentó mi compañero Fernández en el número anterior de la Revista antes citado.

Y á este propósito, debo dirigir una entusiasta felicitación á mi colega el Ingeniero de minas D. Domingo G. Regueral, que por cuenta de la Sociedad contratista Duro-Felguera, ha calculado y dirigido todo este montaje, tan difícil como delicado. Es un trabajo que honra á un contratista y á un Ingeniero, teniendo sobre todo en cuenta que el negocio de la contrata resultó ruinoso para Duro-Felguera y que fué necesario improvisarlo todo en aquel despeñadero en que está la obra.

Aunque los que tengan curiosidad de conocer más detalles de mi proyecto consultarán, seguramente, mi citado libro *Grandes Viaductos*, en el que expongo todos los cálculos y planos de las doce soluciones por mí estudiadas para este puente, para los que no quieran tomarse ese trabajo, presento á continuación los detalles más característicos del proyecto.

Como se ve, la disposición adoptada consiste en un arco central parabólico de 120 metros de luz, rebajado al $\frac{1}{4}$. Este pequeño rebajamiento permite constituir el tablero por tramos de pequeña luz apoyados sobre simples palizadas.

Para completar la economía, en lugar de estribos y avenidas de fábrica, se prolonga el arco central por ambos lados, con viaductos de igual composición que el tablero sobre arco.

Para equilibrar en parte los esfuerzos del viento hay que dar talud de $\frac{1}{12}$, no sólo á las palizadas, sino á las cerchas del arco, lo que dificulta bastante el montaje.

Los estribos del arco y los pequeños apoyos de fábrica de las palizadas se han construido de hormigón.

Las pruebas del puente, efectuadas el 11 de Septiembre, han dado resultados magníficos, pues la flecha máxima ha resultado de 2 centímetros.

Se ha observado también en los días de gran calor una flecha horizontal máxima de unos 2 centímetros, por efecto de que la dilatación se produce en un lado ú otro del puente, que está orientado casi de Norte á Sur.

Del estado comparativo que entonces hice de todas las soluciones posibles deduje las siguientes conclusiones:

1.^a En un país como el nuestro, donde faltan tantos puentes de importancia y donde, además, se lucha con la escasez de presupuestos, deben resignarse los Ingenieros á tantear, ya que no á estudiar, muchas soluciones. Un año de trabajo de un Ingeniero, que puede valer 10.000 pesetas, permite ahorrar al Estado muchos cientos de miles de pesetas.

Todas las soluciones que yo estudié son clásicas, por decirlo así, pues están inspiradas en obras que se consideran como modelos de puentes. Y, sin embargo, sus presupuestos oscilaban entre 1.700.000 y 300.000 pesetas. Esta enorme diferencia basta para demostrar la utilidad del estudio de varias soluciones, ya sea por los Ingenieros del Estado, ya sea apelando al sistema de concursos cuando aquéllos no tienen tiempo para un estudio minucioso y largo.

2.^a Conviene en esta clase de obra reducir todo lo posible la importancia de las obras de fábrica, que es lo que más encarece el presupuesto.

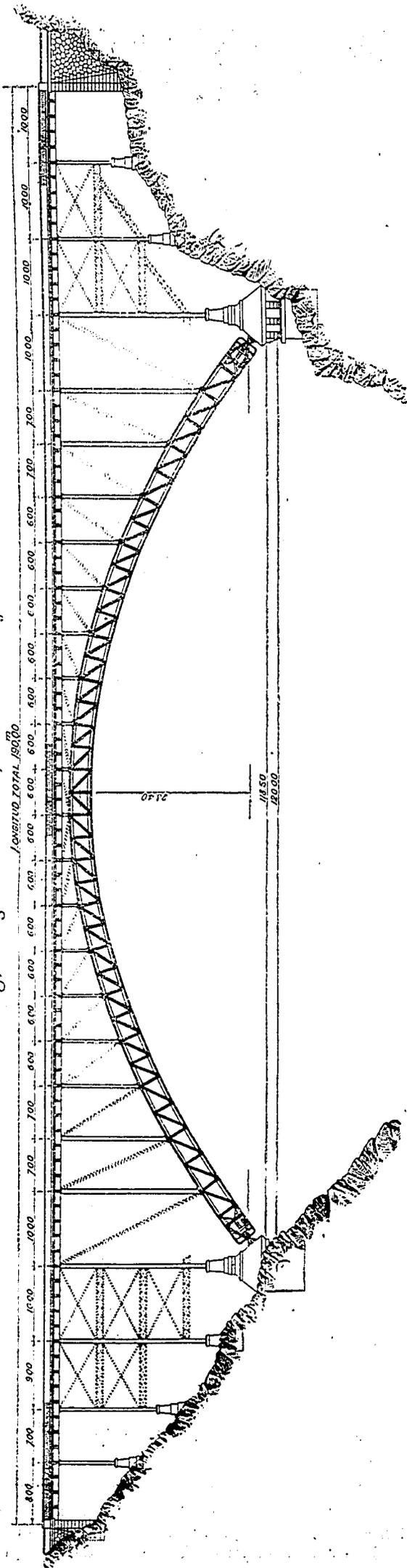
3.^a Se obtiene asimismo una economía muy sensible suprimiendo las sillerías y mamposterías concertadas, sustituyéndolas por hormigones y mamposterías ordinarias. Con cemento portland son iguales las resistencias, y el aspecto de los apoyos no pierde tampoco nada, pues no se aprecian detalles en obras de esta clase.

4.^a La solución tipo Eiffel, de arcos de gran flecha, es viciosa y mucho más cara que los arcos de pequeña flecha, que permiten el empleo de pequeños tramos para el tablero.

5.^a Resultan más ligeros los arcos articulados que los arcos

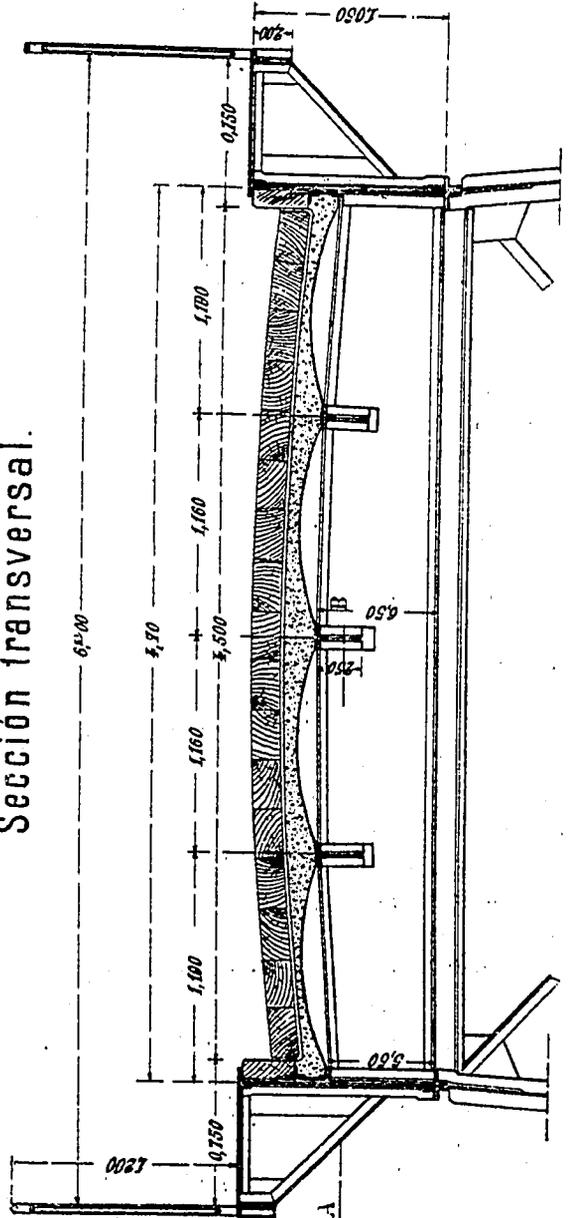
PUENTE VIADUCIO SOBRE EL RIO DUERO. Provincia de Zamora.

Dibujado general con las piezas del montaje.



NOTA.— Los elementos dibujados con líneas de puntos sólo han servido para el montaje.

Sección transversal.



empotrados, á pesar de las opiniones de Ingenieros eminentes, que no se tomaron, como yo, el trabajo de calcular con detalle dos arcos de igual luz y de cada tipo.

Nada tengo que rectificar á estas conclusiones, que deduje de mi estudio el año 1897, pero sí creo útil á mis compañeros añadir algunas críticas á mi propio trabajo.

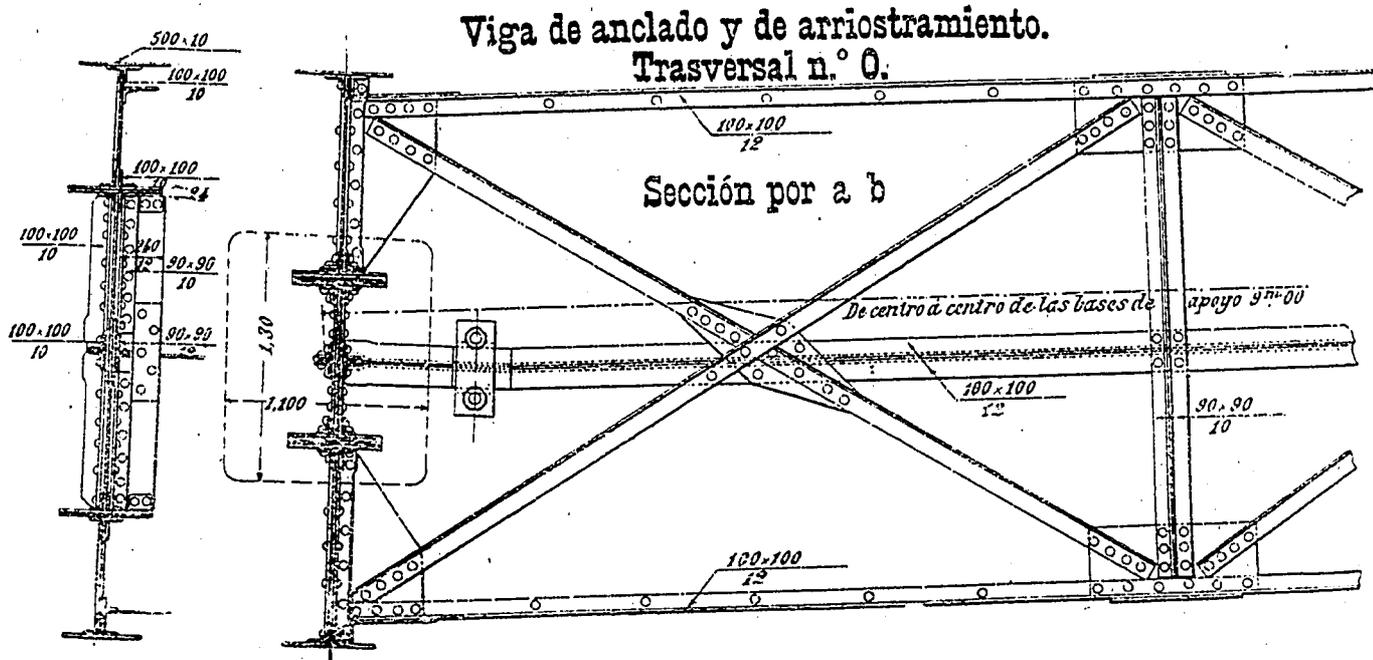
CRÍTICA DE MI PROYECTO

No sé lo que les pasará á los demás Ingenieros; pero á mí me ocurre que, á pesar de mi cariño de padre para los proyectos que hago y para las obras que ejecuto, suelo ver en la mayor parte

Según se ve en el dibujo que representa la sección transversal del tablero, mi proyecto suponía que el pavimento de la calzada sería entarugado de madera; pero la Superioridad, que poco antes me había devuelto el proyecto del puente de Rivadesella para que sustituyera la calzada de firme proyectada por un entarugado, devolvió, en cambio, el proyecto de puente de Pino, en que había proyectado entarugado, para que se pusiera firme de piedra, y así se ha ejecutado.

Cada vez me parece más arcaico el sistema de calzadas de firme sobre bovedillas de palastro, tan rápidamente oxidadas, sobre todo en puentes de gran longitud.

¿Cuánto mejor no sería un forjado plano de hormigón armado

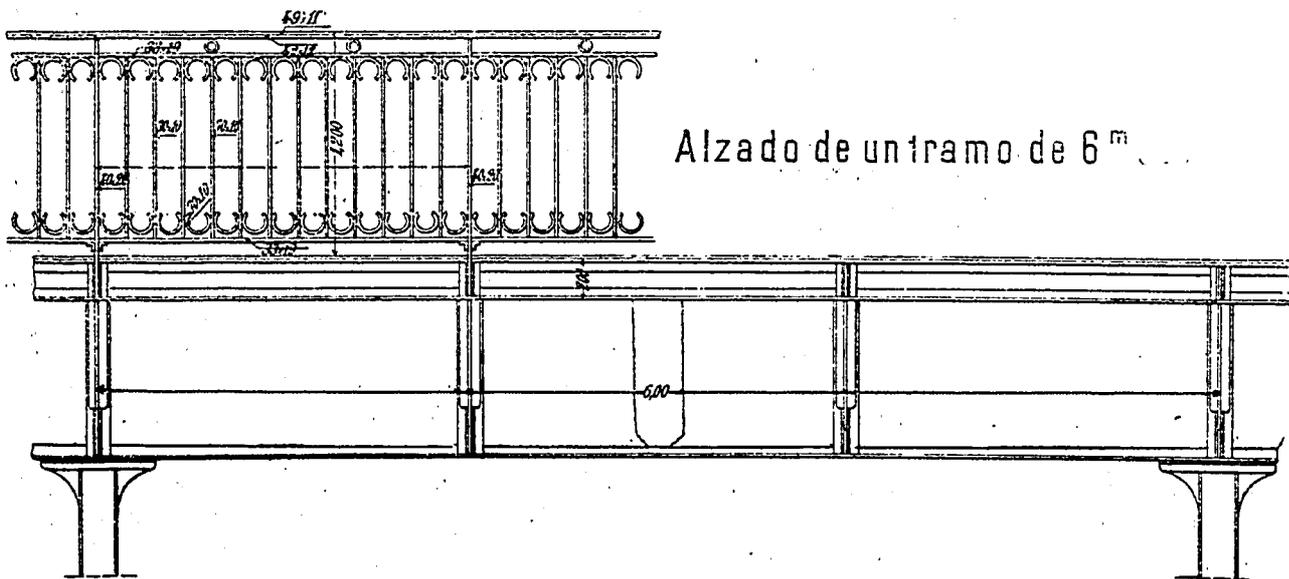


de ellas, una vez realizadas, defectos é inconvenientes, que corrijo en mis obras sucesivas.

Y aunque el puente-viaducto de Pino sea uno de mis predilectos, y desde luego el que más trabajo me ha producido entre

recubierto de esos asfaltos mejicanos bituminosos que se proponen ahora para las calles de Madrid y que tan excelentes resultados están dando en Inglaterra?

El peso muerto sería menor; la trepidación por el tránsito



los 300 y pico de puentes que he proyectado, no por eso queda libre de mi escarpelo de crítico, y para enseñanza de mis compañeros allá van las censuras que á mí mismo me he dirigido al ver la obra ejecutada, después de dieciocho años de haberla proyectado.

casi nula; la conservación insignificante; la rigidez del tablero absoluta.

Así razonaba yo en el concurso del puente de Mora de Ebro, al presentar entre varias soluciones de tramos rectos continuos, una de ellas con forjados de hormigón armado y asfalto, pero la

Superioridad prefirió el firme de piedra, y así lo vamos á construir también.

Pero cuando estoy convencido de una cosa, soy terco y persistente.

Así es que en el reciente concurso del puente de Amposta sobre el río Ebro, en el que presenté una solución de puente colgado, insistí en proponer el tablero con forjado de hormigón armado y asfalto, y esta vez fué ya aceptado y se me ha adjudicado el concurso.

No es que tenga yo empeño en propagar el hormigón armado, pues, por lo que antecede, evidencio mi eclecticismo absoluto en proyectos de puentes.

Por de pronto un error mío respecto á los precios que propuse para aquel proyecto.

Calculé yo con bastante minuciosidad, y creía que con bastante exactitud, que el precio de 530 pesetas era suficiente para la tonelada de acero puesta en obra y pintada.

Y sin embargo quedaron aún desiertas las subastas y hubo que elevar el precio á 714 pesetas para que hubiera un postor en la nueva subasta.

Aun así, las dificultades del montaje han sido tan grandes, que nos consta que la Sociedad Duro-Felguera, contratista de la obra, ha perdido en ella una muy elevada cifra, y que seguramente si se anunciara á subasta una obra análoga, habría que elevar bastante los precios del acero.

Es decir, que el puente de Pino, cuyo primer presupuesto calculé en 348.000 pesetas y que por la elevación del precio del hierro tiene ya un presupuesto de 499.000 pesetas, necesitaría otro aumento de precio para el montaje y medios auxiliares de otras 100.000 pesetas para ejecutarse en buenas condiciones.

Demuestra esto que no basta en una obra reducir la cantidad de material, pues ocurre muchas veces que el coste de la mano de obra aumenta en la misma proporción.

He tenido yo, hasta hace algunos años, el vicio de afinar los pesos de los hierros y los volúmenes de las fábricas, pero la práctica me va corrigiendo este defecto, pues en muchos casos tengo observado ya que estas economías de material ocasionan una elevación del coste de las unidades que anulan aquéllas.

Fijémonos en el caso del puente de Pino.

El peso total de la parte metálica de este viaducto es de 450 toneladas, que corresponde á 414 kilogramos por metro cuadrado de puente, peso muy reducido, según se comprueba en el cuadro comparativo que en nuestro libro *Grandes Viaductos* presenté en la pág. 315.

Pero desde el momento en que el precio de la tonelada, por las dificultades de construcción y montaje de puentes de esta clase, tiene que aumentar en una proporción de casi 50 por 100, con relación al coste de una disposición más sencilla, como, por ejemplo, sería la de vigas rectas continuas sobre pilas metálicas, cuya construcción y sobre todo cuyo montaje es mucho más económico, es probable que en casos semejantes al de Pino resultará más ventajosa la solución de vigas continuas. En nuestro citado libro ya la estudiamos (páginas 288 y siguientes).

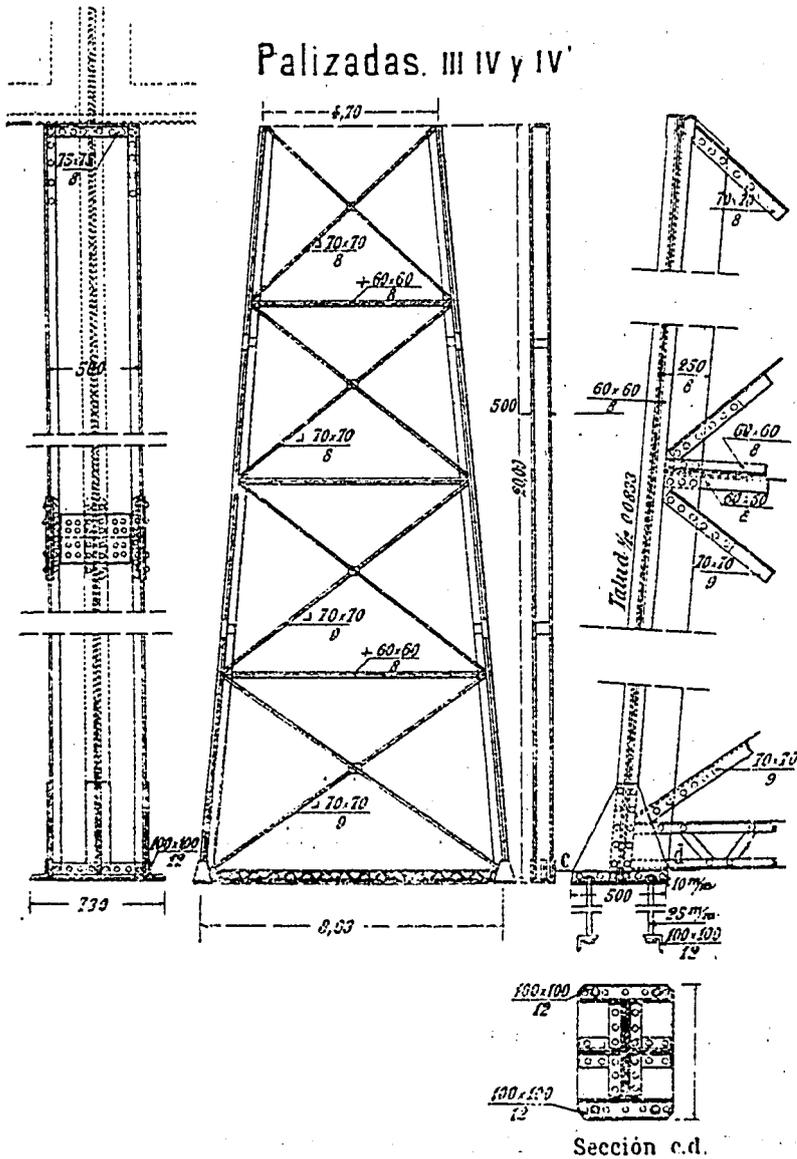
Construyendo las pilas metálicas sobre macizos de mampostería ordinaria hidráulica (¿á qué filigranas de construcción en aquellos parajes?), calculaba yo en 411.864 pesetas el coste de esta solución, con un precio de 500 pesetas para la tonelada de tramo, y aunque hubiera habido que aumentar este precio por el emplazamiento del puente y el presupuesto para algunas obras suplementarias, no creo llegue el coste total de esta solución, al que ocasionaría un nuevo arco de 120 metros.

En las grandes vigas rectas, la mano de obra en talleres es mucho más económica y el montaje por lanzamiento de las vigas continuas es también el más barato de todos.

Ya sé yo que esta solución es de peor aspecto que la del ligerísimo, y hasta si se quiere, elegante, arco que proyecté, pero al considerar que el viaducto de Pino está en una zona alejada de todo turismo, que sólo lo han de ver los vecinos de la región y los encargados de su conservación, se comprendé que no merece gran sacrificio la estética de esa obra.

También hubiera resultado más económica la solución de puente colgado, que también tanteé en mi citado estudio.

En estos últimos años ha habido una reacción en favor de estos puentes, en los que se han corregido los defectos que ocasionaron algunas catástrofes, y la Superioridad ha aprobado re-



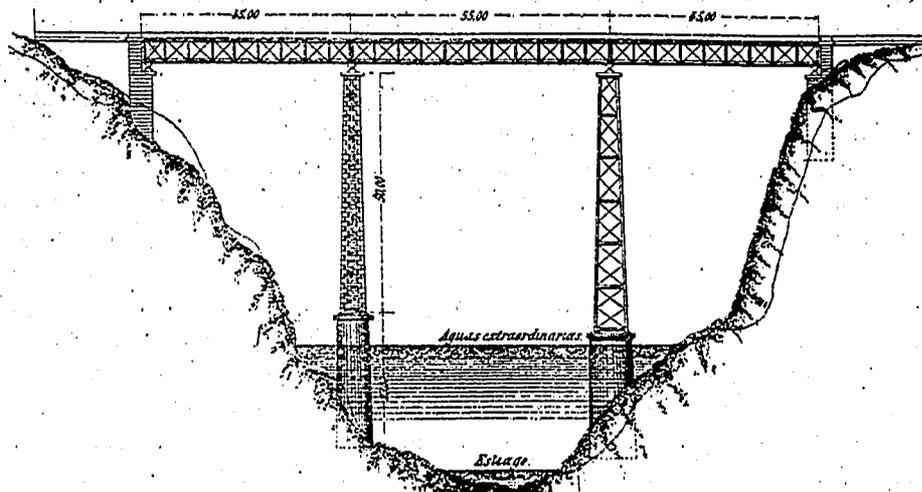
A pesar de mis conocidas simpatías por los puentes de hormigón armado, á pesar de que creo que en la mayor parte de los puentes es el material más ventajoso, he adoptado otros sistemas en varios puentes de gran importancia. En el puente de Rivadesella (Asturias), de 300 metros de longitud, tramos rectos en celosías sobre palizadas y pilotes de rosca; en el viaducto de Pino sobre el Duero, de 180 metros de longitud, arco metálico inferior de gran luz; en el puente de Mora de Ebro, de 276 metros de longitud, vigas rectas continuas de 48 y 60 metros de luz; por último, hace pocos meses, en el puente de Amposta sobre el mismo Ebro, un tramo colgado de 135 metros de luz.

No podrá, pues, nadie acusarme de tener un criterio cerrado. Veamos ahora los demás defectos que he encontrado en mi puente de Pino.

cientemente, según he dicho antes, el que presenté para el puente de Amposla.

Debemos, pues, dar más importancia á las pesetas que á las integrales, y tenemos la obligación ó, por lo menos, el deber moral de procurar que los compañeros no caigan en los errores

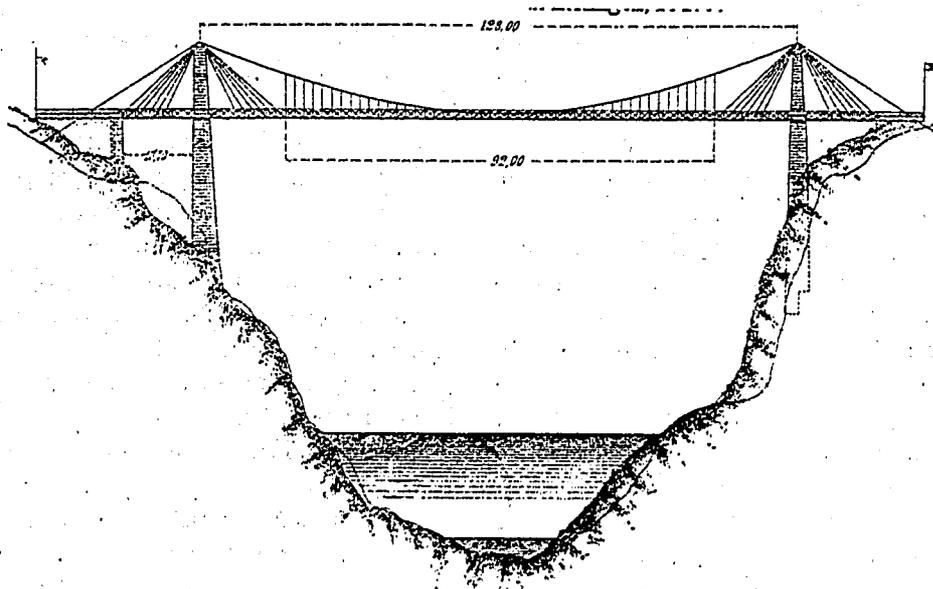
Con cualquiera de estas soluciones se hubiera tardado menos



tiempo en ejecutar la obra y no hubieran perdido tanto dinero los contratistas.

que podamos observar, pues éstos se traducen en dinero mal gastado, y como á mí me cuesta menos reconocer mis equivocaciones que criticar las de los demás (aunque no se me escapan),

Aconsejo, pues, á mis compañeros que antes de lanzarse al



derroche de integrales que exige un cálculo de ese tipo de puente tengan muy en cuenta los precios de la unidad en cada caso y las consideraciones que la práctica me ha sugerido.

creo prestar mejor servicio á mis compañeros y al país haciendo la autocrítica de mis trabajos que manteniéndome en el olímpico silencio con que muchos Ingenieros ocultan sus yerros.

Los arcos de esta clase son muy bonitos, resultan muy ligeros, pero su empleo debe reservarse para emplazamientos frecuentados ó para poblaciones.

J. EUGENIO RIBERA.

Quizás parezca extraño á muchos compañeros, algunos de los que se consideran infalibles, que yo mismo confiese mis errores; pero si todos los que se equivocan (y debemos ser legión) tuviesen la franqueza de publicarlo, se evitarían muchos fracasos y muchas pérdidas de energía y de dinero.

La lucha contra los humos de locomotoras

POR

D. T. CRAWFORD

Nuestra profesión no es un sacerdocio con dogmas sagrados é impenetrables; es una industria, lo mismo cuando defendemos los intereses de un contratista ó de una Compañía, que cuando administramos los presupuestos del Estado, proyectando ó dirigiendo para éste las obras que debemos realizar con el menor gasto posible.

Inspector general de las Pennsylvania Lines West of Pittsburgh
(The Railway and Engineering Review.)

Muchos años hace ya que se discute el problema de la supresión de los humos sin que hasta la fecha se haya conseguido resultado alguno de consideración. Pero en ello no hay nada de extraordinario, pues esta observación, no solamente no se veri-