

# Eugenio Ribera: un puente desconocido en Aldea del Fresno (Madrid)

## *Eugenio Ribera: an undiscovered bridge in Aldea del Fresno (Madrid)*

Javier Parrondo Rodríguez<sup>1\*</sup>

### Palabras clave

Eugenio Ribera;  
Madrid;  
puentes de hormigón;  
puentes históricos;  
patrimonio de la  
obra pública;

### Sumario

En 2014 se celebra el 150 aniversario del nacimiento de Eugenio Ribera (1864-1936), sin duda el gran ingeniero de caminos español del primer tercio del siglo XX. Fue el mayor constructor de puentes de la época y el introductor del hormigón armado en España. Coincidiendo con esta efeméride, y cuando creíamos que sólo había un puente documentado de Ribera en la Comunidad de Madrid, el de la Reina Victoria, sobre el río Manzanares, hemos identificado otro que, pese a ser un puente muy especial para su autor, sin embargo nunca, que tengamos constancia, ha sido mencionado como suyo en ningún documento oficial, ni siquiera en el proyecto de refuerzo ejecutado hace quince años. Tampoco figura en el inventario de patrimonio industrial de la Comunidad de Madrid.

Se trata del puente sobre el río Perales, en Aldea del Fresno, un puente de hormigón armado, de cinco vanos de tramo recto, construido hacia 1920, y que en la actualidad da servicio a la carretera secundaria M-510. Se mantiene tal y como el propio Ribera lo proyectó y construyó, salvo en lo afectado por la intervención mínima de hace quince años. Se trata, por tanto, de un puente “histórico”, que forma parte de nuestro patrimonio de obra pública y, en ese sentido, merecedor de la máxima protección; en la actualidad no tiene ninguna.

En este texto redescubrimos este puente olvidado y repasamos la tecnología del hormigón armado de la época que se empleó en su ejecución, no tan diferente de la actual, tal como la describe el propio Eugenio Ribera en su obra de referencia “Puentes de fábrica y hormigón armado”.

### Keywords

Eugenio Ribera;  
Madrid;  
concrete bridges;  
historic bridges;  
heritage bridges;

### Abstract

*In 2014 we celebrate the 150<sup>th</sup> birth anniversary of Eugenio Ribera (1864-1936), the greatest Spanish civil engineer and bridge builder on the first third of the 20th century, the man who introduced reinforced concrete technology in Spain. There's only one documented bridge by Ribera in the Madrid Community, the Reina Victoria bridge, over the Manzanares river, but we've just identified another one that in spite of being very special for him it doesn't show up as a bridge of his authorship in any official document, nor even in the bridge reinforcement project executed fifteen years ago. Such a work does not even come out in the Historical Bridges Inventory of the Madrid Community.*

*We are talking about the bridge over the Perales river, in Aldea del Fresno, a five span reinforced concrete girder bridge, built near 1920, today supporting the secondary road M-510. This bridge looks just as Ribera designed an erected it, except for a little reinforcement placed fifteen years ago. It is, therefore, an “historic” bridge and a very important part of our civil works heritage, worth of maximum protection unfortunately absent at this moment.*

*In this text we rediscover this forgotten bridge and review the reinforced concrete technology necessary for its erection, not very different from the one we have today, in the terms described by Ribera's reference work “Masonry and reinforced concrete bridges”.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la carretera secundaria M-510, entrando en la localidad de Aldea del Fresno, situada a unos 50 kilómetros al oeste de Madrid capital, se encuentra este curioso puente de hormigón armado que salva el cauce del río Perales (figura 1).

Se trata de un puente de 5 vanos y 84 metros de longitud total, en el que destacan sus pilas, originales, algo extrañas, que, siendo de hormigón armado, evocan las palizadas que sustentaban los puentes de ferrocarril durante el siglo XIX, primero de madera, y posteriormente de hierro y acero, formadas por pilares muy esbeltos arriostrados por travesaños horizontales (figura 2).

En este caso, las palizadas constan de dos filas de pilares, y se ha añadido uno central exterior, a modo de tajar, de forma que la pila evoca el esqueleto de una pila de fábrica.

\* Corresponding author: [javierp@fckestructural.com](mailto:javierp@fckestructural.com)

<sup>1</sup> FCK consultoría estructural, Madrid, España.

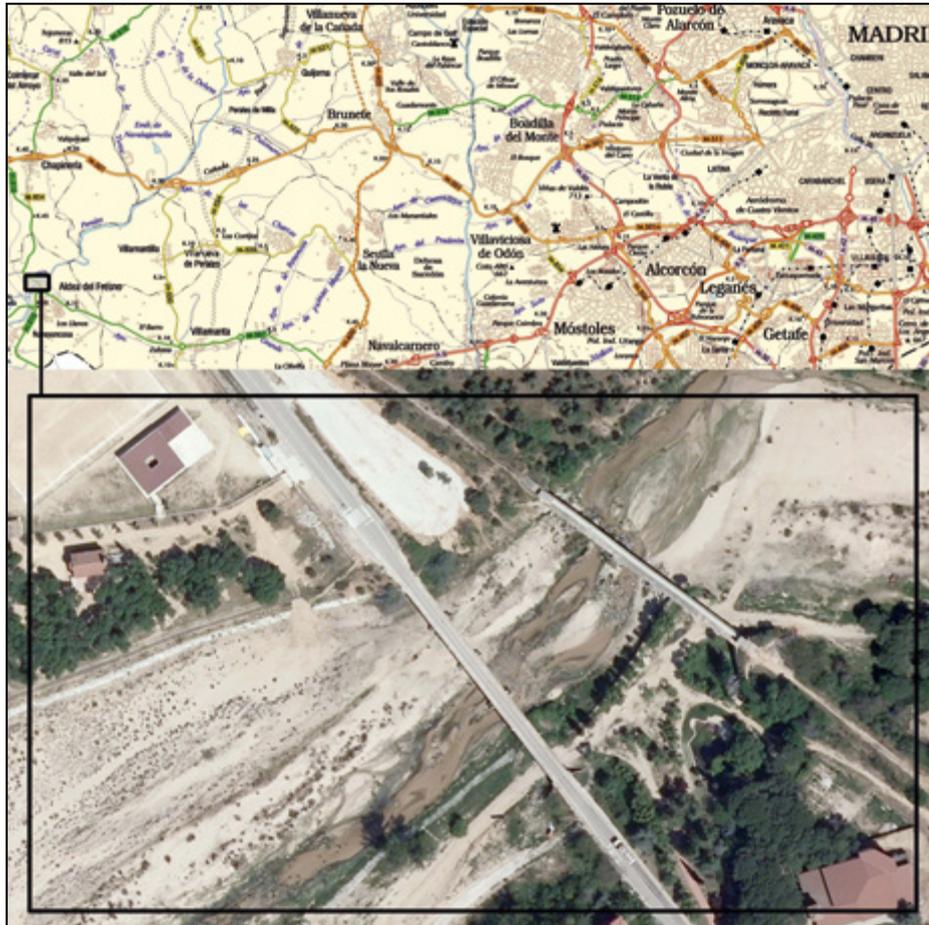


Figura 1. Mapa de situación y ortofoto del emplazamiento.



Figura 2. Vista general del puente desde el estribo norte.

## 2. EL AUTOR: EUGENIO RIBERA

El autor del puente es Eugenio Ribera (1864-1936), introductor del hormigón armado en España y cumbre de la ingeniería civil española del primer tercio del siglo XX. Ribera había empezado construyendo puentes en acero, el material moderno de la época, con el que consiguió verdaderos hitos, como el viaducto de Requejo, o de Pino (1897-2014), un ligerísimo arco metálico de 120 metros, entonces el de mayor luz de España, en el que cuestiona las soluciones de Eiffel en los puentes de Oporto y Garabit) o, más adelante, el puente colgante de Amposta (1912-1919) sobre el río Ebro.

Pero atraído pronto por el nuevo material que comenzaba a utilizarse en centroeuropa, el hormigón armado, viaja en 1895 a Ginebra y visita las obras del puente de la Coulouvrenière, que Hennebique estaba construyendo sobre el Ródano, y queda deslumbrado por aquella novedad radical.

*“Confieso el asombro que me produjo esa clase de construcciones que rompía con todas las tradiciones, más o menos anticuadas, con que suelen amamantar-nos en nuestras escuelas; pero el examen de los planos, el estudio de los folletos que pedí y me fueron galantemente facilitados, empezaron a hacer mella en mi espíritu, casi exclusivamente familiarizado con las obras metálicas, a las que dedicaba, por aquel entonces, mi principal referencia.*

*El propio Mr. Hennebique, inventor del sistema, me hizo una visita y me sedujo, en verdad, el convencimiento de apóstol con que me expuso las teorías del sistema y los resultados de su aplicación” (Ribera, 1901).*

A partir de entonces, Ribera se convierte en el principal difusor del hormigón armado en España y, sobre todo, en su proyectista y constructor más fecundo, adoptando inicialmente el sistema Hennebique y, a partir de 1901, patentes propias (Marcos et al., 2014).

Ya en 1903 no dudará en afirmar, con un entusiasmo que ahora podemos calificar de visionario, que, si el XIX había sido el siglo del hierro, el siglo XX sería, sin duda, el del hormigón armado. Y añadía:

“El nuevo material presenta todas las ventajas de las construcciones metálicas, sin ofrecer sus inconvenientes ni peligros.

El hierro envuelto por el cemento no teme a la oxidación, ni al incendio, y merced a la fraternal ayuda que a su resistencia presta el hormigón, permite realizar obras de toda clase con menos masa que la piedra sola y con el peso muerto necesario para obtener la rigidez conveniente, reduciendo al elasticidad en las obras a la indispensable para amortiguar los choques y vibraciones a que pueden estar sometidas las obras” (Ribera 1903b, pág. 125).

Para entonces ya había podido comprobarlo por sí mismo, ya que, desde 1897, había construido varios puentes de hormigón armado, que se encuentran entre los primeros ejecutados en España, tanto en arco como de tramo recto. Entre estos últimos se encuentra el puente de Cieza (figura 3), que Navarro Vera (2001, pág. 19) fecha entre 1897 y 1901 y considera como el primer puente de hormigón armado construido en España.



Figura 3. Puente de Cieza de Ribera (Recuperado de [http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/fichas/img\\_ficha.php?id\\_img=124](http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/fichas/img_ficha.php?id_img=124)).

En la figura 4 se puede ver la sección tipo de este puente, representativa de las que Ribera y el resto de la industria usarán, casi exclusivamente, durante los primeros 30 años de utilización de este material, y muy similar a la del puente sobre el río Perales.

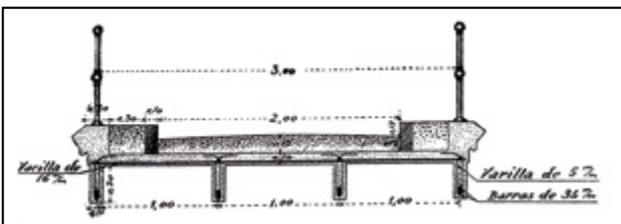


Figura 4. Sección tipo del puente de Cieza (de Ribera 1903a).

Estos primeros tableros tenían una disposición estructural similar a un forjado de piso, ya que imitan directamente las soluciones que Hennebique empleara en edificación, sector en el que la tecnología del hormigón armado tuvo una mayor expansión, inicialmente, que en la obra pública (Navarro Vera 2001, pág. 28).

En el caso de Cieza, el tablero tenía una luz de 6 metros y constaba de cuatro vigas de 0,30 metros de canto por 0,10 de ancho, y una losa de compresión de 0,10 metros de espesor, con armadura de dos redondos de 34 mm de diámetro en la zona traccionada y pletinas, según la patente Hennebique.

Además de preferirlo frente al acero por sus cualidades técnicas, Ribera apuesta por el hormigón armado por su evidente ventaja económica; ésta fue siempre para él una circunstancia decisiva a la hora de emplear un procedimiento o un material en sus obras. “Ribera era esencialmente un constructor. Y este es el mejor legado de este hombre en el que se daba una conjunción de empresario e ingeniero, rara cualidad hoy desaparecida en el mundo de la construcción. Para Ribera la economía era el valor supremo, pero la entendía todavía dentro de la tradición ética de la ingeniería civil del siglo XIX. La mejor solución estructural era la que con menos coste resolvía el programa funcional y resistente aunque para ello tuviese que elegir caminos alejados de las modas” Navarro Vera (2001, pág. 21).

Pero no solo la economía marcaba sus obras, también lo hacía una concepción estética de lo construido que le reclamaba dar la máxima visibilidad a las soluciones técnicas, una suerte de “sinceridad estructural” que tiene algo de “high-tech” avant-la-lettre. Por ejemplo, ante una solución adoptada por Hennebique en el puente de la Coulouvrenière, consistente en ocultar las articulaciones metálicas del pie de los arcos tras los paramentos de piedra, Ribera es categórico (1901b, pág. 139):

“Desde luego era yo partidario del sistema de rótulas de fundición al descubierto, pues considero que el constructor debe acusar con franqueza el sistema de construcción, y hasta, si pudiera, la teoría de su estabilidad”.

Como vamos a ver, este puente reúne ambas características, tan propias de Ribera: máxima economía y ausencia de artificio. Y muchas de las soluciones que en él se aplican son comunes a las de muchas otras obras de Ribera y representativas, por tanto, de gran parte del trabajo de su autor, que es tanto como decir de una parte importante de los puentes españoles de hormigón del primer tercio del siglo XX.

Y aunque fue el constructor más importante de su época, nunca vio la construcción como un negocio, sino como una profesión honrosa que transforma y enriquece los territorios, y que había que ejercer con dignidad, de forma casi desinteresada, por la propia estimación. A día de hoy no se le conocen epígonos. “Ribera fue más ingeniero que negociante. Por eso al morir, siendo el contratista que más volumen de obra ejecutó, lega a sus hijos más fama que fortuna” (Machimbarrena 1936, pág. 207).

En su trabajo siempre estuvo presente una intención ética, que el propio Ribera resume en las exhortaciones que dirige a sus discípulos en la despedida de su cátedra (1931, pág. 401): “Sed valerosos, cívica y profesionalmente, pues un ingeniero no debe nunca ser pusilánime; no temáis, pues, las responsabilidades, cuando están fortalecidas por honradas convicciones y el austero cumplimiento de vuestros deberes, ya que no sólo es punible el delito, sino la pereza o la cobardía que lo consiente. Para ello, sed buenos y justos, sobre todo con los obreros, y contribuid eficazmente a suavizar y resolver el más apremiante de los problemas: el de la Justicia social”.

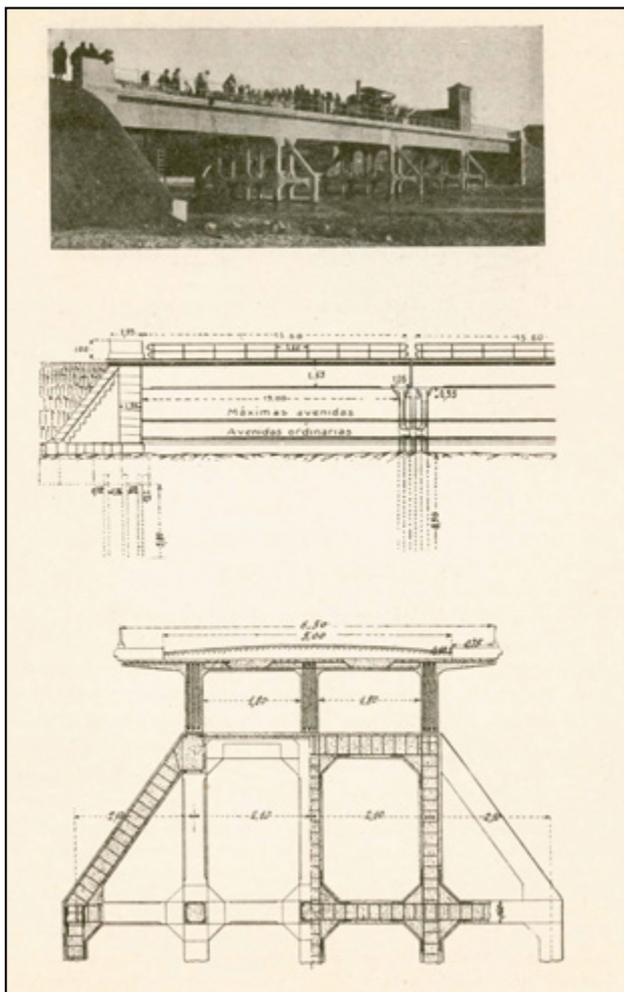
### 3. EL PUENTE

El puente sobre el río Perales es sumamente representativo de una tipología de puente y, sobre todo, de un tipo

de pilas muy característicos de su autor y de los primeros años del hormigón armado. El propio Ribera lo consideraba ejemplar, ya que en su obra *“Puentes de fábrica y hormigón armado”*, compendio de los conocimientos adquiridos tras más de treinta años de ejercicio profesional, es la estructura que elige para representar la tipología de tramos rectos en España, de *“entre los 300 tramos rectos que hemos proyectado y construido”* (Ribera, 1925, pág. 104).

En concreto, lo cita, al menos, en los siguientes capítulos de esa obra:

- Tomo I, capítulo IV: *Reseña histórica de los puentes de fábrica y hormigón armado* (1925, pág. 71): lo pone como ejemplo de puente de tramo recto de carretera.
- Tomo II, capítulo XI: *Cimentaciones indirectas sobre pilotaje o pilares* (1926, pág. 264): lo cita como ejemplo de pilas en palizada doble.
- Tomo IV, capítulo VII: *Apoyos en los puentes de hormigón armado* (1932, pág. 210): ejemplo de pilas en palizada doble con tajamares; incluye la foto del puente y varios planos del proyecto original (figura 5).



**Figura 5.** Página del tomo IV de *“Puentes de fábrica y hormigón armado”* (de Ribera 1932).

Y lo menciona también en su artículo de despedida de la Escuela de Caminos, de 1931, entre las obras que considera necesario destacar de toda su trayectoria profesional como proyectista y constructor.

### 3.1. Tablero

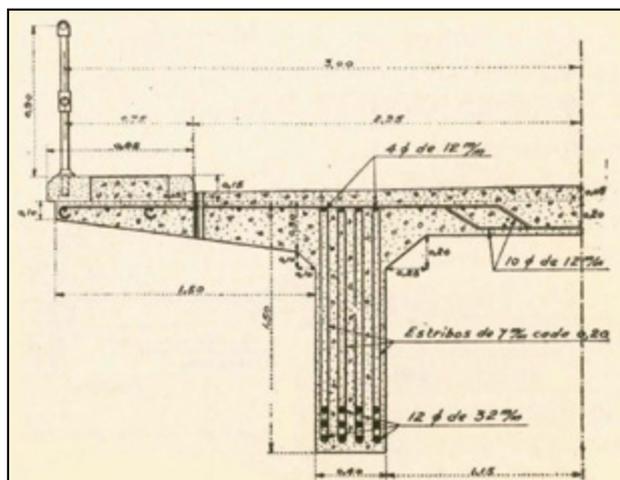
La sección del tablero está formada por tres vigas rectangulares y tiene muchas similitudes con las secciones de los modelos oficiales de puentes de tramos rectos para carreteras y caminos vecinales, encargados en 1920, por la Dirección de Obras Públicas del Ministerio de Fomento, al entonces catedrático de la asignatura de *“Hormigón Armado”* en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Juan Manuel de Zafra (1869-1923). Eugenio Ribera, a partir de su experiencia constructiva, modifica la sección de estos modelos oficiales: simplifica los chaflanes dejando uno solo por arista, añade una tercera viga a las habituales dos de Zafra y aumenta el canto de las vigas para no emplear armaduras de diámetros muy grandes, como era habitual entonces.



**Figura 6.** Fondo del tablero y estribo sur.

Él mismo lo explica de esta forma (Ribera 1932, pág. 93):

*“Otro defecto que la experiencia ha evidenciado en la práctica es que las barras para vigas con diámetro superior a 35 milímetros, que el señor Zafra proyectó para los tramos de 11,50 m de luz en adelante, y que llegan hasta 52 mm de diámetro, son difíciles de manejar, y sobre todo de doblar en sus extremos. Es, pues, preferible reducir los diámetros a un máximo de 35 milímetros, a trueque de aumentar el número de barras. Pero el autor considera aún preferible, y así lo ha hecho en muchos casos, aumentar la altura de las vigas 15 ó 20 por 100, lo que no influye en el desagüe ni en el costo de los tramos, porque el aumento de hormigón se economiza en acero”*



**Figura 7.** Probable esquema de armado del tablero (modelo para Marruecos y Guinea, de Ribera 1932).

Sí, los redondos que se usaban los primeros años como armadura principal eran de gran diámetro, y eso que no tenían corrugas, eran lisos. Claro que también se empleaban perfiles laminados, vigas metálicas y hasta carriles de tren. La figura 7 nos da una idea de la probable disposición de las armaduras en el tablero. Es una solución habitual de Ribera, utilizada en Marruecos en puentes de la misma época que éste, con luces algo inferiores, aunque con intereses mayores y sólo dos vigas en vez de tres. La armadura real de las vigas del puente de Perales, obtenida en una inspección realizada hace unos años, consiste en un tirante inferior de 8 redondos de  $\text{Ø}35$  mm, dispuestos en tres capas y cercos de  $\text{Ø}8$  mm cada 30 cm.

Ese armado, sobre todo el de flexión, no es muy inferior al que obtendríamos con la actual Instrucción de acciones. Conviene recordar que, a partir de 1920, tanto Zafra en sus modelos oficiales como Ribera en muchas obras, prescindieron de los trenes de caballerías de 6 y 8 toneladas vigentes desde 1902, y comenzaron a usar en el cálculo los trenes de carga con rodillos compresores de 20 toneladas que luego se plasmarían en la Instrucción de 1925 (del Cuervo 2002).

Ribera construye así un tablero de 1,50 metros de canto total, lo que representa una relación canto luz de 1/10. A pesar de ello, el puente no transmite una especial sensación de pesadez, gracias a los chaflanes de las vigas, a los voladizos de la losa de compresión y a la aparente continuidad de los vanos.

La construcción del tablero era “in situ. Ribera solía emplear en estos elementos un hormigón con 300 kg de cemento portland por  $\text{m}^3$  de hormigón, lo que proporcionaba una resistencia media a la compresión de unos 200  $\text{kg/cm}^2$  a los tres meses (Ribera 1925, págs. 50 y 51). No es gran cosa, ya que, de acuerdo con la correlación sencilla de la EHE, equivale, en el mejor de los casos, a una resistencia característica de 120  $\text{kg/cm}^2$ . En el cálculo se consideraba una tensión de trabajo de 45  $\text{kg/cm}^2$  (Navarro Vera, pág. 82).



**Figura 8.** Pila norte; se aprecia la junta del tablero.

Las armaduras estaban constituidas por aceros dulces redondos (Ribera 1925, pág. 62), y eran lisas (sólo en Estados Unidos empezaban a fabricarse armaduras corrugadas, que Ribera desestimaba por ser más caras). El límite elástico de las armaduras podía variar entre 2.200 y 3.000  $\text{kg/cm}^2$  y su carga de rotura no era inferior a 4.000  $\text{kg/cm}^2$  (Ribera 1925, pág. 277). En el cálculo se tenían en cuenta

con una tensión de trabajo de 1.000  $\text{kg/cm}^2$  (Navarro Vera, pág. 82).

La luz de las vigas es de 15,40 metros entre apoyos y los vanos no tienen continuidad, son isostáticos (figura 8). Ribera (1932, pág. 52) lo justifica por la poca confianza que ofrecían en aquella época los pilotes de hormigón armado, que, decía, eran “susceptibles de sufrir un asiento en uno de ellos, por insuficiencia de hinca o por socavación posible”.

Y añadía:

*“La continuidad de los tramos acentúa en sus extremos los efectos de dilatación y obliga a dispositivos complicados y no siempre eficaces”, por lo que, concluía, “serán contadísimos los casos en que puedan convenir los tramos continuos, y como la economía de hierro no es sensible en tramos de 10 a 20 m. de luz, que son los más corrientes, el autor siempre ha preferido construirlos independientes, en los que las dilataciones son poco apreciables” (1932, pág. 52).*

Esta disposición le permite eliminar los aparatos de apoyo, un tanto temerariamente, habría que decir. Ribera recomienda disponer en este tipo de puentes, como apoyo de las vigas, chapas de plomo (de unos 15 mm de espesor y para una presión máxima de 30  $\text{kg/cm}^2$ ); o, incluso, hojas de cartón, si los desplazamientos esperables no son muy grandes. Pero matiza:

*“Debemos, sin embargo, consignar que hasta en puentes de 80 metros de longitud, constituidos por tramos independientes de 10 a 15 m. apoyados muchos de ellos sobre pilares de H. A., hemos siempre prescindido de chapas de plomo para su libre dilatación, sin que hayamos observado el menor inconveniente.*

*No quiere esto decir que sean estos tramos insensibles a los cambios de temperatura; pero es evidente que sus expansiones o contracciones (que para diferencias de 40° representan bastantes milímetros) se reparten en las juntas de todos los tramos independientes, en vez de integrarse en los extremos del puente, como ocurriría si los tramos fueran continuos”. (1932, págs. 30 y 31).*



**Figura 9.** Apoyo del tablero sobre las pilas.

Como se puede apreciar en la figura 9, parece que este es el sistema que se siguió en este puente, y las vigas apoyan directamente sobre las palizadas, sin ningún tipo de aparato de apoyo intermedio, lo que, posiblemente, está

provocando algunas de las patologías que sufre en la actualidad.

### 3.2. Pilas

Como ya se ha dicho, lo más significativo del puente son sus pilas en palizada, formadas por pilares de hormigón armado de sección pequeña (35×35 cm) unidos por travesaños horizontales de la misma sección. Todos ellos conforman un entramado reticular, con los nudos reforzados mediante chaflanes (figura 10).



**Figura 10.** Pilas. Se aprecian dos hormigones distintos en pilotes y pilares, y algunos refuerzos desafortunados.

Las palizadas de hormigón son imitaciones formales de las palizadas metálicas, que, a su vez lo son de las de madera; una solución conceptualmente no muy distinta del arco metálico de Coalbrookdale, que traza en hierro los contornos de la sillería de un puente de piedra.

Ribera manifiesta que usa palizadas de hormigón por motivos económicos, al resultar más baratas que las pilas macizas. Además, su menor peso y el hecho de no necesitar encepado, abaratan también la cimentación y, como consecuencia de ello, el tablero, ya que se pueden disponer más pilas y así acortar la longitud de los vanos.

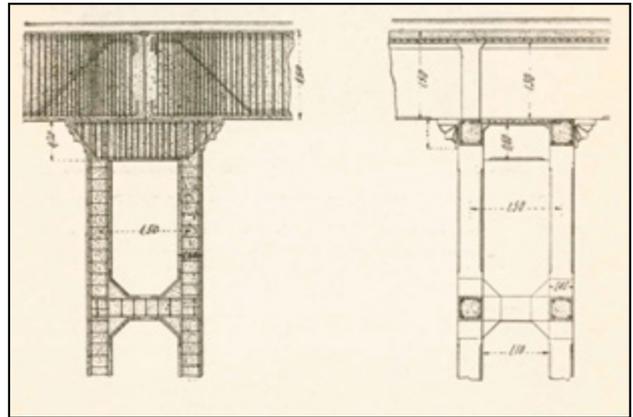
Sobre la configuración de estas palizadas, puntualiza:

*“Cuando la corriente del río puede ser violenta y arrastrar cuerpos flotantes, conviene reforzar estas palizadas con pilotes suplementarios, en los que se apoyan jabalones oblicuos, que actúan como tajamares”.* (Ribera 1932, pág. 210).

En cuanto a las palizadas concretas de este puente sobre el río Perales, añade:

*“Este tipo de palizadas dobles a 1,50 m de distancia ofrece muy poco obstáculo a la corriente y una grandísima rigidez.*

*Respecto a los arriostramientos de las palizadas, aunque en Chile y en algunos puentes y viaductos se han dispuesto con diagonales cruzadas, consideramos suficientes simples riostras horizontales, si bien reforzando su encuentro con los pilares en la forma detallada en las figuras 232 y 233”* (figura 11) (Ribera 1932, pág. 212).



**Figura 11.** Planos originales de las palizadas (de Ribera 1932).

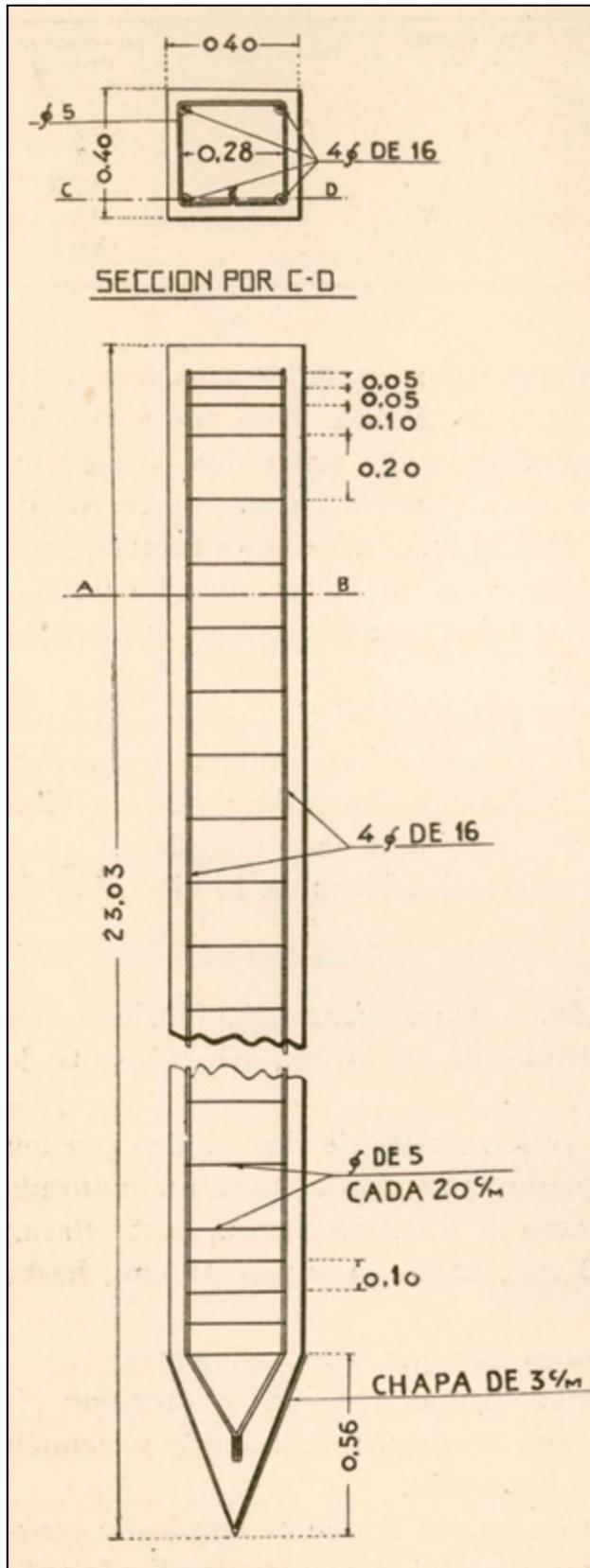
La cimentación de las pilas es del tipo que ahora denominamos “pila-pilote”. Cada viga del tablero se apoya directamente en uno de los pilares verticales de la palizada y éste, a su vez, en un pilote independiente, de la misma sección, que le sirve de cimiento. Los pilotes, de 35×35 cm (esta es su sección real, aunque en los planos originales figuran de 40 cm) y 8,50 metros de longitud, se hincaban, normalmente mediante martinetes, y posteriormente se descabezaban, para solapar su armadura con la de los pilares.

Ribera fue el primero que introdujo en España los pilotes de hormigón armado, en 1905, en el puente de María Cristina. Sus motivos, aparte de su mayor resistencia y durabilidad frente a los de madera, eran, una vez más, económicos.

*“No sólo es en la ejecución de los tramos o arcos propiamente dichos de los puentes, sino en su cimentación y pilas donde el empleo del hormigón armado ofrece singulares economías. Así es que, en efecto, empecé yo por substituir los pilotes de madera o metálicos por los que fabriqué de hormigón armado hace más de treinta años para los cimientos del puente de María Cristina, en San Sebastián, y poco después substituí muchas pilas de los puentes con simple prolongación de los pilotes con pilares de hormigón armado, que constituyen en forma de palizadas los apoyos de los tramos”* (1936, pág. 159).

Ribera prefabricaba los pilotes en moldes horizontales en taller, los transportaba a los ocho días y los hincaba a los 30 días (1926, pág. 70). Utilizaba un hormigón con cuantías de cemento portland, de 350 kg/cm<sup>2</sup> (1926, pág. 69) con lo que obtenía un hormigón de unos 250 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia media a compresión, medida a los tres meses (1925, pág. 51).

El armado de estos pilotes respondería seguramente al siguiente esquema (Ribera 1926, págs. 67-69): una armadura longitudinal principal, constituida por redondos de acero dulce de diámetro entre 10 y 30 mm, arriostrada por cercos horizontales de redondos o flejes. Ribera empleaba siempre cercos de redondos 5 mm de diámetro, con separaciones de entre 10 y 25 cm, que se reducen en las inmediaciones de las cabezas y de las puntas de los pilotes, que son las que más sufren por los golpes de la maza. El azuche era una chapa soldada de acero, de 3 mm de espesor (figura 12).



**Figura 12.** Probable esquema de armado de los pilotes (de Ribera 1926).

Según la inspección realizada hace unos años, tanto en los fustes como en los arriostramientos que forman las pilas, la armadura real consiste en 4 redondos Ø14 mm dispuestos en las esquinas y cercos Ø6 mm cada 20 cm.

La hincada de los pilotes se realizaría mediante un martinete que, una vez asegurada la verticalidad del pilote, golpeaba su cabeza repetidamente con una maza,

generalmente de fundición. Se utilizaban distintos tipos, que se diferenciaban fundamentalmente en la fuente de energía que usaban para elevar la maza. Al principio, para los pilotes de hormigón, se utilizaban los mismos martinetes que para los de madera, con mayor potencia. En España el más conocido era el sistema *Lacour*, que funcionaba con una caldera de vapor, pero era muy pesado y muy lento a la hora de cambiar de posición y de situar cada nuevo pilote y, por tanto, muy caro.

Por ello, Ribera acabó usando, en casi todas sus obras, un martinete eléctrico proyectado específicamente para pilotes de hormigón armado, y patentado, por Ramón Daza, ingeniero de la Sociedad J. Eugenio Ribera y Compañía, que fue perfeccionado con su uso en múltiples obras de esta empresa.

En la figura 13 se puede ver un martinete Daza en el proceso de hincada de un pilote similar a los de este puente. Consiste en un entramado metálico desmontable, en forma de pirámide triangular. La estructura es muy ligera y, mediante llaves y pasadores, en pocos minutos se armaba y desarmaba el conjunto. En la parte delantera llevaba dos perfiles en U que servían de guía tanto a la maza como al pilote. “La altura del entramado depende, naturalmente, de las dimensiones de los pilotes que se hayan de hincar, pero un buen tipo para la mayor parte de los casos sería de 12 metros entre la base y el eje de la polea” (Ribera 1919, pág. 157).

La maza la formaban los tres cilindros de fundición superpuestos que se aprecian en la parte superior, bajo la polea. Cada cilindro pesaba una tonelada, lo que permitía la variación del peso de la maza, de una a tres toneladas, según las necesidades de la hincada.

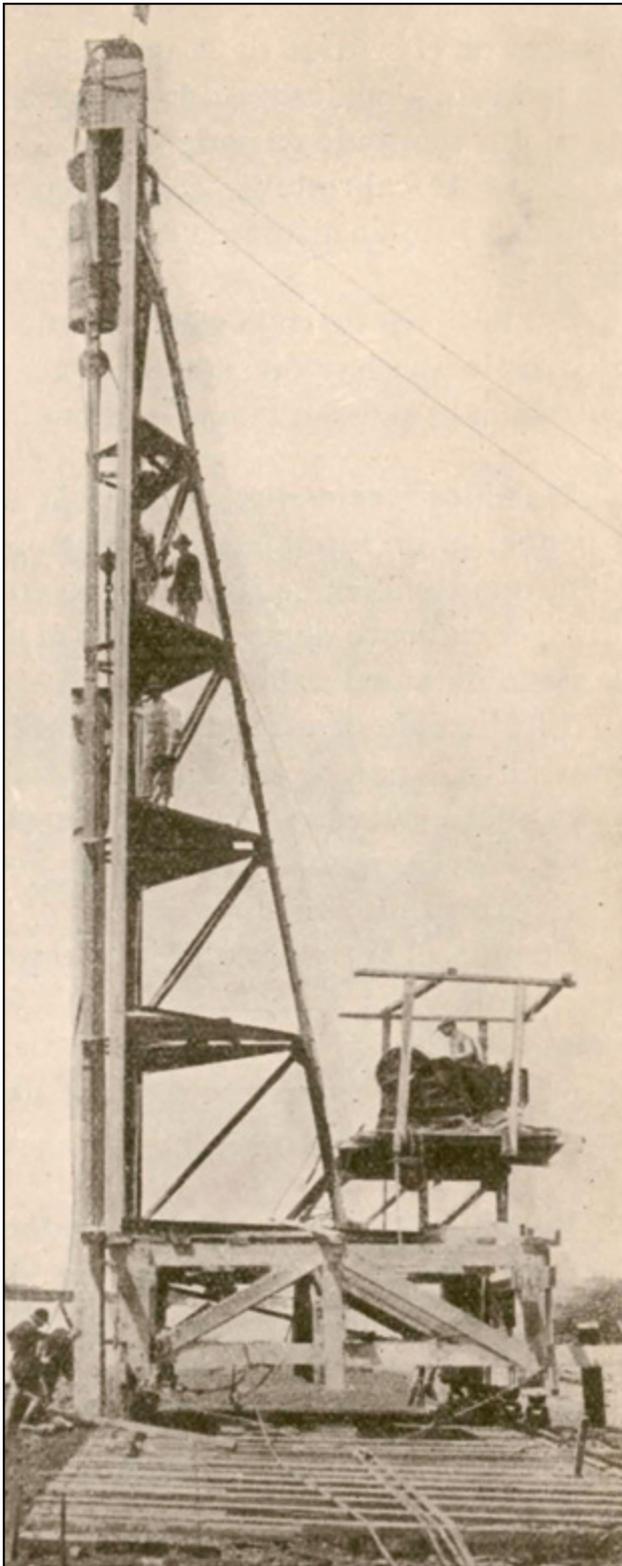
Como se puede ver en la figura, el entramado metálico se montaba sobre un carretón muy rígido, que se desplazaba sobre raíles, con lo que la traslación del martinete resultaba mucho más rápida y económica.

Sobre este carretón, se disponía también el motor eléctrico (a la derecha, en la figura), que acciona el tambor en el que se arrolla el cable que, pasando por la polea, sujeta la maza. Entre el motor y el tambor se disponía un embrague, que es lo que permitía que el motor girara siempre en el mismo sentido y a la misma velocidad, las 900 revoluciones por minuto que tenían entonces los motores comerciales, que, mediante un reductor, pasaban a 5,7 revoluciones del tambor, con lo que se conseguía una velocidad de 0,12 metros por segundo de elevación de la maza (Ribera 1919, pág. 158).

Cuando la maza alcanzaba la altura necesaria (entre 0,50 y 1,50 metros), se levantaba el embrague y la pesa quedaba libre para su caída. Verificado el golpe, se volvía a accionar el embrague y la pesa se elevaba de nuevo, repitiéndose la operación hasta la hincada total del pilote.

Con este martinete, se daban “de 10 a 12 golpes por minuto con 1 m de altura de caída y de 15 a 16 golpes para 0,50 m de caída. En la hincada de cada pilote puede invertirse de 30 a 40 minutos, a cuyo tiempo hay que añadir el necesario para la colocación, cuya operación es más larga casi siempre” (Ribera 1926, pág. 88).

La hincada se daba por concluida cuando se llegaba al rechazo, que, en general, se consideraba conseguido cuando la hincada con un golpe de la maza no superaba los 3 mm, lo que permitía suponer que se había alcanzado un terreno incompresible (Ribera 1926, pág. 79).



**Figura 13.** Martinete eléctrico, sistema Daza (de Ribera 1926).

Las cabezas de los pilotes se reforzaban con un zuncho de palastro apretado con tornillos sobre el que se colocaba un tablón de madera y unos cuantos rodetes de cabos viejos, para amortiguar los golpes de la maza. Aún así, las mazas no pasaban de 4 toneladas, para evitar la rotura de las cabezas de los pilotes durante la hinca.

### 3.3. Estribos

Los estribos y aletas son de mampostería concertada de forma hexagonal, combinada con sillería artificial en los

elementos de más resistencia: aristas, ángulos e impostas (figura 14). Los huecos entre mampuestos se rellenaban con mortero fluido y el paramento se rejuntaba también con mortero fino, fuertemente comprimido, dejando, normalmente, las juntas remetidas, como es el caso (Ribera 1925, pág. 31).



**Figura 14.** Estribo norte.

El interior del estribo podría estar relleno con hormigón pobre, pero no era algo habitual en Ribera, que, en general, prefería la piedra en todo el espesor del muro. Aunque era habitual ya entonces la ejecución de estribos de hormigón armado, sobre todo en grandes puentes, se continuó usando, durante bastantes años, estribos de fábrica de piedra, de ladrillo o de hormigón en masa, posiblemente por motivos económicos.

*“Salvo casos excepcionales, es más económico un estribo de mampostería u hormigón ciclópeo, que el de hormigón armado”*

*“Las paredes y tabiques verticales o inclinados de hormigón armado exigen moldes y armaduras complicados por ambos paramentos, que hay que mantener rígidos durante el apisonado. Se puede ahorrar, es verdad, mucho volumen de material, hasta las tres cuartas partes, si se quiere; pero como el precio por metro cúbico del hormigón armado, en paredes y tabiques, será próximamente cuatro veces más caro que la mampostería u hormigón ciclópeo, nada se ahorra complicando el problema y la construcción.*

*“Por estas razones, en España no suelen construirse estribos de hormigón armado”* (Ribera 1929, pág. 123).

Los estribos se apoyan también sobre pilotes prefabricados de hormigón armado de 5,80 metros de longitud. Ribera resolvía la conexión de los pilotes con el cuerpo del estribo mediante un encepado de hormigón en masa.

*“Lo que se hace, y es muy preferible por todos conceptos, es envolver las cabezas de los pilotes con una solera general de hormigón sumergido, que se contiene dentro de una ataguía, o mejor aún, de un recinto ligero y desmontable.*

*Este tipo de cimiento es el que hemos empleado en las pilas y estribos del puente de María Cristina, de San Sebastián, para arcos de 30 m rebajados al 1/12, cimentado*

en arena indefinida, y en todos los puentes de los ferrocarriles de Ceuta a Tetuán y Tánger a Fez, con tramos rectos de 12 a 18 m de luz, cimentados en aluviones y arenas fangosas.

Se dragaba generalmente un metro de profundidad en el lecho del río, colocándose un recinto de madera. Hincábanse los pilotes, cuyas cabezas se rompían. Se agotaba cuando se podía, y si no, se sumergía el hormigón con el mayor cuidado.

Es, pues, un procedimiento de cimentación de gran rapidez y economía, que resuelve el problema de la mayor parte de los lechos de aluvión, con suficientes garantías de duración.

Siempre que se teman socavaciones del lecho, se consolidará éste con escollera arrojada alrededor de la solera de hormigón, o si no hubiera piedra gruesa, con cajas de alambre galvanizado (llamadas gaviones), rellenas con las gravas que se encuentren en el río o sus inmediaciones” (Ribera 1925, págs. 257-259).

El hormigón de esta solera tenía 200 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón, lo que proporcionaba una resistencia media a la compresión de unos 180 kg/cm<sup>2</sup> a los 3 meses (Ribera 1925, pág. 51).

Para garantizar la solidaridad con la solera de hormigón, recomendaba “romper las cabezas de los pilotes de hormigón armado para descubrir sus armaduras, que quedan así engarzadas en la masa general del hormigón sumergido” (Ribera 1925, pág. 258).

#### 4. FECHA DE CONSTRUCCIÓN

Como vimos más arriba, la primera referencia conocida de este puente es de 1925, por lo que podemos datar, con seguridad, su construcción entre 1905 y 1925. Ribera parece aplicar en él algunas soluciones técnicas ensayadas previamente en la el protectorado de Marruecos, donde comenzó a trabajar a partir de 1914. En particular, las palizadas dobles con tajamares, parecen corresponder a una segunda generación de este tipo de pilas, a la que llega después de haber empleado palizadas simples “en numerosos puentes, entre otros todos los de la carretera de Ceuta a Tetuán” (1926, pág. 264), como el de la figura 15, construido probablemente en 1916.



**Figura 15.** Puente en Tetuán (Marruecos), sobre el río Martin (de Ribera 1932).

El motivo por el que fue abandonando la solución con palizadas simples a favor de las dobles, era, fundamentalmente, la menor rigidez lateral de aquéllas:

“Las primeras, parecen ofrecer menos obstáculo a la corriente del río en sus avenidas, pero tienen escasa resistencia lateral”.

“Las palizadas dobles, con tajamares, sobre todo, que después de muchas aplicaciones empleamos ahora con más frecuencia, ofrecen una rigidez similar a la de las pilas de fábrica. Deben emplearse en ríos de violenta corriente” (1926, pág. 265).

En 1932, Ribera se decanta ya claramente, en todos los casos, por las palizadas dobles:

“El autor prefiere también las palizadas dobles con tajamares, que ha aplicado en muchos tramos de 14 a 18 metros de luz, en España y Marruecos”.

El río Perales no parece más caudaloso que el Martin, por lo que podríamos acotar algo más el periodo de ejecución de la obra, tal vez entre 1918 y 1925. En cualquier caso, se trata de un puente de la fase arcaica de la tecnología del hormigón armado, si tenemos en cuenta que el primer puente de este material construido en España es de 1897.

#### 5. INTERVENCIONES POSTERIORES

El puente sigue sirviendo a una carretera secundaria, la M-510, por la que circulan una media de 600 vehículos diarios, aunque tiene una limitación de paso de 13 toneladas, que no siempre se respeta. Pero se ha mantenido tal y como Ribera lo diseñó y construyó hace más de 90 años, sin adiciones, ampliaciones o ensanches del tablero. Sí ha sufrido una intervención, en 1999, en la que se reparó, mediante un encamisado con hormigón, la rotura de la sección de uno de los pilares, y se reconstruyeron algunos desconchones en otros, fundamentalmente en los primeros 1,50 metros sobre el terreno (figura 16).



**Figura 16.** Las pilas, vistas desde el estribo sur. En el pilar más a la izquierda, la dudosa reparación por encamisado.

Es lamentable la poca sensibilidad con la que se realizó esa reparación, que altera sustancialmente y de una forma bastante burda el aspecto de una obra singular. Convendría eliminar los encamisados y restituir las secciones primitivas, para recuperar los valores estéticos de la obra original.

Comparando la fotografía antigua del puente con las actuales, se puede apreciar cómo el lecho del río ha descendido notablemente desde la construcción de la estructura, en torno a 1,50 metros, de forma que los pilotes han quedado al descubierto en esa altura (figura 17). Las roturas

de los pilares se produjeron en las secciones inferiores, por debajo de la junta entre el hormigón de los pilotes prefabricados y el de los pilares ejecutados “in situ”, que aparece claramente marcada por la diferencia de textura de estos hormigones a cada lado de ella.



**Figura 17.** La pila sur, en primer plano, es la única que no ha sido descalzada.

Parece probable que esta patología haya sido provocada por las deformaciones térmicas del tablero, que deben de estar originando sobreesfuerzos en los pilares, al carecer las vigas de aparatos de apoyo que faciliten el desplazamiento relativo de los extremos de las vigas sobre las palizadas.

En la misma intervención de 1999, se reforzaron las vigas centrales de cada vano. A flexión, mediante el pegado de laminados de fibras en la cara inferior de las vigas, y a cortante, mediante chapas metálicas ancladas con pernos al canto de las vigas (figuras 6, 9 y 14).

## 6. UN PUENTE “HISTÓRICO”

A pesar de estas desafortunadas intervenciones, el puente conserva la belleza extraña y primitiva de los comienzos de una tecnología, cuando los nuevos materiales todavía no han alumbrado formas nuevas en las que expresarse. Y no cabe duda que Ribera lo valoraba entre las más significativas de sus obras, porque también lo incluye entre los 16 puentes que considera dignos de ser mencionados en el artículo de despedida de su cátedra en la Escuela de Ingenieros de Caminos, que escribe para la Revista de Obras Públicas en 1931.

Este es sin duda un puente “histórico”, ya que cumple todos los requisitos que, por ejemplo, la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), exige para conceder tal denominación: integridad de construcción, de diseño y de materiales, y ser significativo en el sentido de que su tipología, sus materiales o sus técnicas constructivas sean singulares o infrecuentes, al menos en un ámbito local.

El puente de Perales, salvo los refuerzos citados, fácilmente eliminables, se conserva en la actualidad tal y como se proyectó y se construyó, hace más de 90 años, por “el primer gran constructor moderno de obras públicas en España” (Fernández Ordóñez). Ostenta la singularidad de su autor y de su condición de pionero, y tiene elementos suficientemente “significativos” e infrecuentes, como las pilas en palizada y la cimentación pila-pilote,

que le dan un carácter patrimonial singular, representativo de una tipología propia de las primeras décadas del siglo XX de la que quedan muy pocos ejemplos. Este curioso y estimable puente de Eugenio Ribera es uno de los contados ejemplares de aquella época inaugural que ha pervivido y, en este sentido, es un patrimonio industrial digno de ser conservado.



**Figura 18.** Línea de pilas, con la norte en primer término.

Merecería una restauración en condiciones para recuperar su aspecto original y un plan de mantenimiento que asegure su preservación futura. Y sería de agradecer que la Administración competente colocara en estos casos una placa descriptiva con la fecha de construcción, las referencias del autor y las características más importantes del puente, que permita a los profesionales identificar estas obras y a los profanos ir conociendo y valorando este valioso e irremplazable patrimonio.

## 7. CONCLUSIONES

1. Coincidiendo con el 150º aniversario del nacimiento de Eugenio Ribera, se ha identificado y documentado en este artículo un puente de su autoría construido alrededor de 1920: el puente sobre el río Perales, en la localidad de Aldea del Fresno, en la Comunidad de Madrid, que da servicio a la carretera secundaria M-510.
2. El puente no figura en el inventario de puentes históricos de la Comunidad de Madrid, a pesar de que el propio Ribera lo valoraba especialmente y aparece citado y fotografiado en distintos libros y artículos suyos.
3. Este puente es representativo de la manera de construir con hormigón armado en los primeros años de esa tecnología y posee elementos muy singulares como las pilas en palizada doble con tajamares o los fustes del tipo pila-pilote, con pilotes prefabricados.
4. El puente no ha sufrido modificaciones ni ampliaciones desde su construcción, salvo unos pequeños refuerzos en las vigas centrales ejecutados hace quince años, fácilmente desmontables. Se encuentra en buen estado y, excepto la intervención citada, se mantiene tal y como Ribera lo proyectó y construyó hace cerca de 100 años.
5. Se trata de un puente “histórico” y excepcional, que debería incluirse con urgencia en el inventario de

puentes históricos de la Comunidad de Madrid con la máxima protección, y dotarse de un plan de restauración y conservación.

## 8. REFERENCIAS

AASHTO: *Guidelines for historic bridge rehabilitation and replacement*, marzo 2007. Recuperado de [http://environment.transportation.org/cop/groups/historic\\_bridges/media/p/30.aspx](http://environment.transportation.org/cop/groups/historic_bridges/media/p/30.aspx).

Del Cuvillo Martínez-Ridruero, Á. y del Cuvillo Jiménez, R. (2002). *Trenes de carga de puentes de carretera*, ROP septiembre 2002, nº 3.424. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2002/2002\\_septiembre\\_3424\\_03.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2002/2002_septiembre_3424_03.pdf).

Fernández Ordóñez, José Antonio. (1982). *José Eugenio Ribera, el primer gran constructor moderno de obras públicas en España*. Artículo en *El País*, 3 de junio de 1982. Recuperado de [http://elpais.com/diario/1982/06/03/cultura/391903205\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1982/06/03/cultura/391903205_850215.html).

Machimbarrena, V. (1936). *D. José Eugenio Ribera*, ROP 1936, nº 2.694, págs. 205-207. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1936/1936\\_tomoI\\_2694\\_01.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1936/1936_tomoI_2694_01.pdf).

Marcos, I., San José, J.T., Cuadrado, J. y Larrinaga, P. (2014). *Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao*. *Informes de la Construcción*, 66(534), 2014. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/3261/3674>.

Navarro Vera, J. R. (2001) *El puente moderno en España. 1850-1950. Tomo II*. Madrid, 2001. Recuperado de [http://issuu.com/juaneloturriano/docs/el\\_puente\\_moderno\\_en\\_espa\\_a\\_tomo\\_2](http://issuu.com/juaneloturriano/docs/el_puente_moderno_en_espa_a_tomo_2).

Ribera, E. (1901). *Fábricas de cemento armado*. C.A., 1901a, pág. 178.

Ribera, E. (1901). *Puente de 50 metros de luz de hormigón articulado en Las Segadas (Asturias)*. ROP 1901b, nº 1.335. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1901/1901\\_tomoI\\_1335\\_02.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1901/1901_tomoI_1335_02.pdf).

Ribera, E. (1903). *Puentes de hormigón armado*, ROP 1903a. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1903/1903\\_tomoI\\_26.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1903/1903_tomoI_26.pdf).

Ribera, E. (1903). *Construcciones modernas de hormigón armado*, ROP, 1903b. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1903/1903\\_tomoI\\_42.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1903/1903_tomoI_42.pdf).

Ribera, E. (1919). *Machina eléctrica, sistema Daza, para hincado de pilotes*, ROP 1919, nº 2.271. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1919/1919\\_tomoI\\_2271\\_01.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1919/1919_tomoI_2271_01.pdf).

Ribera, E. (1925). *Puentes de fábrica y hormigón armado. Tomo I*. Madrid, 1925. Recuperado de <http://demo.activasistemas.com/opandalucia-intro/index.php?id=66&L=1>.

Ribera, E. (1926). *Puentes de fábrica y hormigón armado. Tomo II*. Madrid, 1926. Recuperado de <http://demo.activasistemas.com/opandalucia-intro/index.php?id=67&L=1>.

Ribera, E. (1929). *Puentes de fábrica y hormigón armado. Tomo III*. Madrid, 1929. Recuperado de <http://demo.activasistemas.com/opandalucia-intro/index.php?id=68&L=1>.

Ribera, E. (1931). *En mi última lección, establezco mi balance profesional*, ROP 1931, nº 2.582. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1931/1931\\_tomoI\\_2582\\_02.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1931/1931_tomoI_2582_02.pdf).

Ribera, E. (1932). *Puentes de fábrica y hormigón armado. Tomo IV*. Madrid, 1932. Recuperado de <http://demo.activasistemas.com/opandalucia-intro/index.php?id=69&L=1>.

Ribera, E. (1936). *Progresos constructivos de la ingeniería española*, ROP 1936, nº 2.691. Recuperado de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1936/1936\\_tomoI\\_2691\\_04.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1936/1936_tomoI_2691_04.pdf).



## Reacción álcali sílice en el hormigón con áridos de reacción rápida. Estudio Experimental.

Autores: Víctor D. Lanza Fernández y Pilar Alaejos

Serie Monografías: M-118

ISBN: 978-84-7790-544-8

Año: 2013

PVP: 25€

La detección de áridos reactivos con los álcalis del hormigón es fundamental para poder evitar que en el futuro aparezca esta patología, con lo que conlleva en gastos de mantenimiento y reparación para las estructuras. Este estudio experimental se ha realizado con el objetivo final de diseñar una metodología completa para el estudio de áridos españoles de reacción rápida.

Así, partiendo de áridos cuya reactividad es conocida por haber sido extraídos de obras afectadas por la reacción álcali sílice, se han evaluado diferentes ensayos normalizados existentes en la normativa española o internacional: ensayo acelerado de probetas de mortero, ensayo químico, ensayo químico-cinético, y Gel-Pat. Además, se

estudia la aplicación de dos técnicas diferentes para la identificación y cuantificación de componentes reactivos: la difracción de rayos X (no normalizada) y el estudio petrográfico (sin norma que lo desarrolle en España). Finalmente se ha definido un nuevo ensayo que, de una forma fácil y rápida, sea capaz de detectar áridos potencialmente reactivos, diferenciando a los rápidos y los lentos, e inoocuos: el Gal Pat modificado. Los resultados obtenidos han sido válidos para definir una metodología completa de estudio de áridos reactivos, corroborada con la casuística real española.



## Reacción álcali sílice en el hormigón con áridos de reacción rápida. Estado del arte.

Autores: Víctor D. Lanza Fernández y Pilar Alaejos Gutiérrez

Serie Monografías: M-119

ISBN: 978-84-7790-538-7

Año: 2013

PVP: 25€

En España es conocido el daño que la reacción álcali sílice (RAS) ha producido en distintas estructuras, daño que conlleva un elevado coste de conservación de las construcciones con esta patología. Para evitar el desarrollo de la RAS en futuras obras de hormigón, es necesario disponer de una metodología que permita, con seguridad y de forma fácil y rápida, diferenciar áridos reactivos e inoocuos. En este libro se recoge el estado actual del conocimiento sobre la detección de áridos reactivos, profundizando en las siguientes cuestiones necesarias para poder caracterizar a los áridos españoles:

- Fundamento de la reacción álcali sílice y factores que intervienen
- Áridos reactivos, analizando los componentes reactivos existentes y en que áridos han sido identificados
- Técnicas para la detección de áridos reactivos y sus limitaciones
- Metodologías para el estudio de la reactividad de los áridos: normativa existente y evolución
- Álcalis disponibles en el hormigón para el desarrollo de la reacción álcali sílice