

todas las obras y las instalaciones auxiliares anteriormente descritas, con su red de distribución correspondiente, y otra elevación desde este depósito a otro con 100 m más de elevación, que domina el poblado, red de distribución, para fuentes públicas y servicios domésticos, etc.

Ambas elevaciones se hacen mediante grupos electrobombas de 15 CV, capaces de elevar 6 litros/s.

*Talleres, fraguas y carpintería.* — Como es natural, la conservación y entretenimiento de tan poderosos medios mecánicos como ha exigido la construcción de esta obra, ha habido necesidad de disponer talleres mecánicos y de carpintería apropiados a tales necesidades, a cuyo efecto se han dispuesto éstos con los aparatos precisos para atenderlas debidamente (fig. 4.<sup>a</sup>).

*Laboratorio de ensayos.* — Tiene principalmente por objeto la constante comprobación de las características impuestas al «sandcement» fabricado.

Las pruebas que se efectúan se reducen a las siguientes:

Finura de la molienda.

Condiciones del fraguado.

Variaciones de volumen de la pasta.

Resistencias a la compresión de pasta pura y morteros normales de 1 : 3 a los tres, siete, veintiocho días, a los tres meses y al año, elaborados con arena normal y arena dosificada de granito como la empleada en obra.

Pruebas de impermeabilidad de morteros y hormigones a presiones variables desde 10 a 50 atmósferas.

Se admite como grado de finura un residuo de 5 a 6 por 100 en tamiz de 4 900 mallas.

Como resistencia mínima a la compresión para morteros de 1 : 3 con arena de granito del Jándula, 220 kg/cm<sup>2</sup> a los veintiocho días.

Las resistencias observadas en los morteros elaborados con arena del Jándula son muy superiores, por cierto, a las de morteros elaborados con la arena tipo de Leucate.

Son verdaderamente interesantes también los resultados que se observan en las pruebas de impermeabilidad.

Pero todo esto podrá ser objeto de otro artículo, no teniendo éste otro que el que le ha servido de encabezamiento.

Carlos MENDOZA  
Ingeniero de Caminos

## PUENTE DE DUEÑAS

### Antecedentes y descripción de la obra

A un kilómetro próximamente de la villa de Dueñas existía, sobre el río Pisuerga, en la carretera que

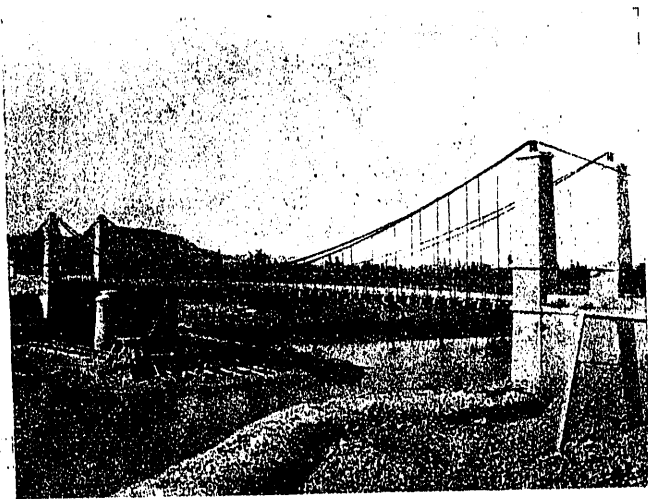


Fig. 1.ª Puente colgante y ataguía para la cimentación de la primera pila del nuevo puente.

va a Peñafiel, un puente colgado, construido en 1845, bajo la dirección del ingeniero de Caminos D. Andrés de Mendizábal.

La fotografía (fig. 1.<sup>a</sup>) da idea completa de este puente antes de ser sustituido por el nuevo, del que se ve la primera pila y la ataguía que sirvió para su cimentación. Su luz era de 72 m entre paramentos de estribos, y su ancho se dividía en tres zonas: la central, de 4,12 m, para paso de carruajes y caballerías, y dos andenes, de 0,80 m.

La mala conservación de este puente, confiada a Ayuntamiento de Dueñas hasta 1874, y su mucho coste cuando se encargó el Estado, obligaron a sustituirlo por otro que respondiese a las modernas necesidades del tráfico.

El ingeniero que suscribe este artículo estudió varias soluciones: una de puente colgante rígido, otra con tramos metálicos y, finalmente, la de hormigón armado que se ha construido, por resultar la más económica.

Consta el nuevo puente de cuatro tramos de 18,54 m de luz, que descansan en tres pilas de hormigón en masa y en los estribos del puente antiguo, convenientemente reforzados y modificados. El estribo izquierdo se aligeraba con un pontón de 6 m.

Cada tramo se compone de dos vigas principales de alma llena y forma parabólica, con 1,47 m de altura en los extremos y 2,13 m en el centro, unidas en la parte inferior por diez y seis viguetas transversales, que sostienen un forjado corrido en toda la longitud del tramo. El espacio entre las viguetas

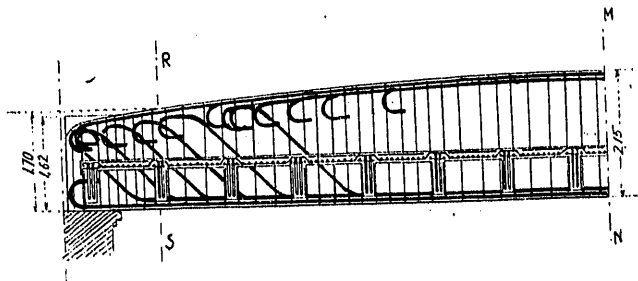
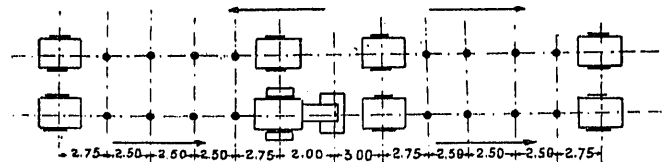


Fig. 2.ª Corte longitudinal por AB y CD de la fig. 2.ª bis

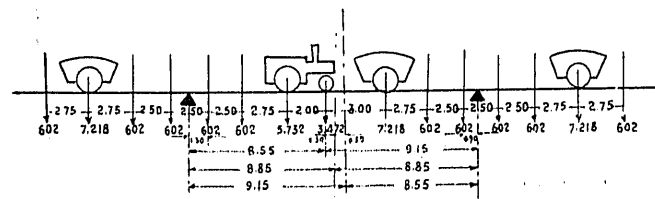
extremas de los tramos adyacentes se ocupa con un murete de hormigón sobre la pila respectiva.



más desfavorable, que, si bien es muy raro que tenga realidad, no es imposible.



La acción sobre la viga más cargada es mayor para el cruce de dos filas de carros que el cruce de las ruedas posteriores de la apisonadora con el eje de un carro. La posición de la sobrecarga que da el máximo momento flector en la viga es la que se indica en el croquis.



Para resistir las flexiones se ha armado la viga con diez barras de 44 mm, dispuestas en dos capas inferiores horizontales, cuyo plano de simetría dista 10 cm de la cara inferior de la viga, y otras diez barras dispuestas igualmente en dos capas cerca de

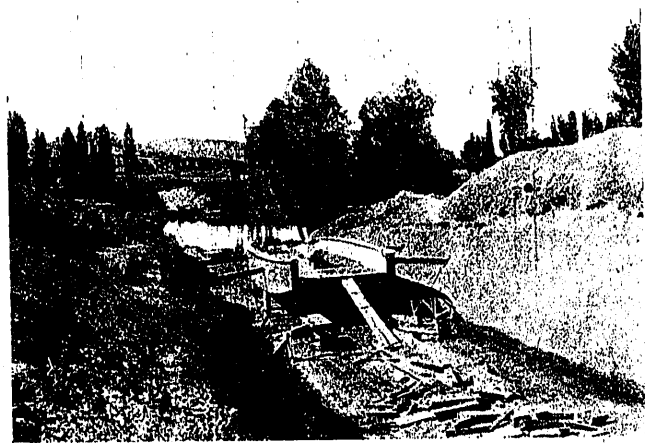


Fig. 3.ª Barca de servicio para la construcción del puente

la cabeza superior; las barras de la primera de estas dos capas superiores son de 40 mm, y las de la

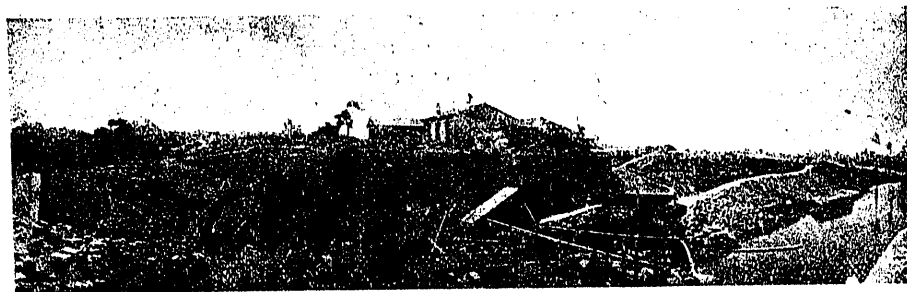


Fig. 4.ª Construcción del estribo de la margen izquierda

segunda de 44 mm, afectando unas y otras curvas semejantes a la directriz de la cabeza superior de la

viga, como se indica en los croquis de la sección transversal y distribución de las barras. Para el momento flector máximo, que corresponde a la abscisa de 8,85 m, a partir del extremo izquierdo de la viga, se obtiene:

Compresión máxima del hormigón en la fibra extrema,  $r = 40,40 \text{ kg/cm}^2$ , que apenas difiere de los  $40 \text{ kg/cm}^2$ .

Trabajo del acero a la extensión,  $R = 955 \text{ kg/cm}^2$ .

Esfuerzos y cargas tangenciales: Se han calculado desde la abscisa cero hasta la 8,85 m los esfuerzos tangenciales totales (suma de la carga permanente, sobrecarga del andén y sobrecarga móvil). La máxima, como es natural, corresponde a la abscisa cero y es  $= 62,392 \text{ kg}$ .

De las diez barras principales de tensión, que en dos capas arman la cabeza inferior de la viga, se

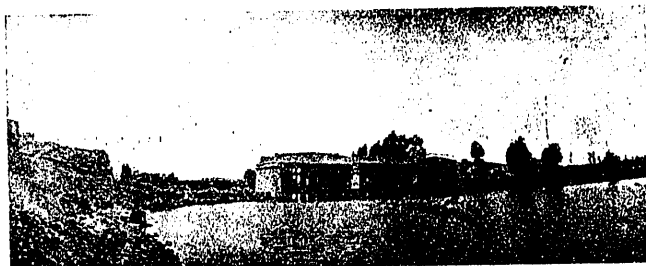


Fig. 5.ª Situación de la obra en 15 de agosto de 1926

levantan las cinco de la capa superior y la central solamente de la capa inferior. El punto de levante de la primera barra (abscisa 4,40 m) se ha determinado teniendo en cuenta el momento flector máximo en dicho punto, el brazo del momento resistente en el mismo y, además, los manguitos terrajados de empalme que por necesidad hay que colocar a la derecha de la sección considerada y a causa de los cuales la carga unitaria de tensión en las barras aumenta por disminuir la sección útil de la misma.

Los puntos de levante de las restantes barras se han determinado de modo que satisfagan a las mismas condiciones; pero en su elección ha habido necesidad de tener en cuenta, también, la situación de las viguetas, cuyas armaduras, al penetrar en las vigas principales y anclarse en éstas, no han de ser encontradas por las barras levantadas de las mismas; así, solamente puede admitirse que entre los cayados de anclaje de las viguetas pasen dos barras levantadas de las principales de la viga, y precisamente la intermedia interior superior y la extrema interior superior. Por otra parte, y no pudiendo tampoco encontrarse los cayados de anclaje de las barras levantadas con los de las barras de compresión de la cabeza superior, y habiendo estudiado y comprobado todas las combinaciones posibles con las numerosas barras de la viga, sólo puede aceptarse el levantado de las seis barras, antes citadas, de la cabeza inferior, aun cuando las cuatro barras restantes

son más que suficientes para resistir a la flexión en las zonas extremas. Sin embargo, no constituye esto

un verdadero inconveniente, y tanto más cuanto que, por tratarse de piso inferior con viguetas transversales, se necesita que éstas tengan siempre buen apoyo en las vigas, proporcionándosele precisamente

y así lo hacemos, colocar dos grupos de estribos a los lados de cada vigueta, quedando con una separación de 22 cm. Desde el apoyo de la viga hasta la vigueta inmediata, la separación de grupos es de

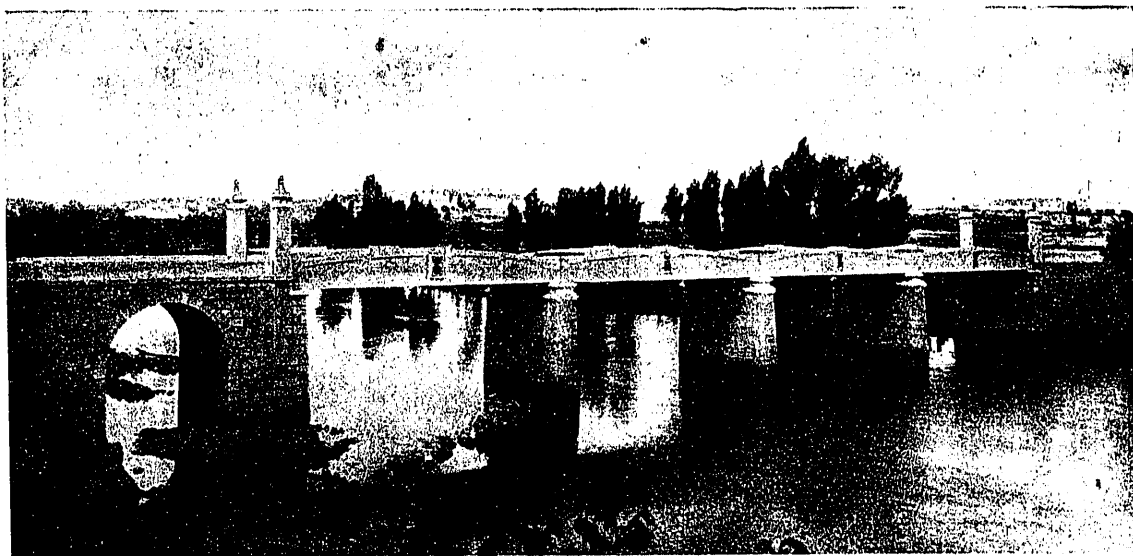


Fig. 6.ª Vista general del nuevo puente de Dueñas.

a las viguetas extremas las barras no levantadas de la capa inferior.

Como la distribución adoptada, y atribuyéndose a la barra levantada los efectos correspondientes a una separación horizontal, media de las separaciones anterior y posterior, resultará que la primera barra levantada a partir del apoyo (abscisa 0,75 m) protegerá la distancia horizontal de 1,05 m a partir de dicho apoyo; la segunda barra levantada protegerá una distancia de 0,59 m a continuación de la anterior; la tercera barra protegerá una distancia también de 0,59 m; la cuarta barra, una distancia de 0,65 m, y la quinta barra, una distancia de 0,94 m. En cuanto a la sexta barra, que es la más próxima al punto medio de la viga, aun cuando realmente extendería su eficacia hasta una distancia horizontal de

$$\frac{B \times 2}{2} = \frac{B}{2} = 0,707 \times B$$

desde el punto de levante hacia el centro, o sea hasta la abscisa  $4,40 + 0,707 \times 1,70 = 5,60$  m, supondremos que sólo protege una distancia horizontal doble de la separación entre su punto de levante y el extremo de la distancia protegida por la barra anterior, o sea 1,16 m, extendiéndose, por tanto, su eficacia hasta 0,58 m de su punto de levante y hacia el centro de la viga, es decir, hasta la abscisa 4,98 m.

Admitiendo que, por la cooperación del hormigón en la resistencia a las acciones tangenciales (y puesto que no se tiene en cuenta en el cálculo), pueda llegarse, al calcular las armaduras secundarias, a la carga de 1 200 kg/cm<sup>2</sup>, todas las barras levantadas, excepto las más próximas del apoyo, resisten por sí solas los esfuerzos tangenciales totales, aun en la hipótesis tan desfavorable que para su comprobación establecemos.

La distribución de los grupos de estribos aparece en el croquis. Dado el sistema de puente, conviene,

15 cm, excepto la última, que es de 17. En los espacios comprendidos entre las viguetas segunda, tercera y cuarta, la separación de los grupos es de 32 cm. En los comprendidos entre las viguetas cuarta, quinta y sexta, la separación es sólo de 24 cm, volviendo a ser de 32 la separación de los grupos desde la sexta vigueta hasta el punto medio de la luz de la viga. Con ello, las cargas unitarias del acero en los estribos resultan mejoradas, quedando, por tanto, en todos los grupos muy por bajo de los 1 200 kilogramos por centímetro cuadrado. Y esto aun en la hipótesis tan desfavorable que hemos hecho de considerar constante e igual al mínimo de sus valores, dentro de cada trozo de viga, el brazo del par resistente. Si hubiéramos tenido en cuenta que este brazo es variable, creciendo siempre desde el apoyo hasta el centro de la viga, y que, además, es también creciente en el mismo sentido la altura de ésta, los esfuerzos tangenciales y, por consiguiente, las cargas unitarias debidas a ellos serían aún bastante menores. No lo hemos hecho así porque los cálculos son mucho más complicados y, por otra parte, conviene, en este tipo de puente, que las cargas se mantengan bastante inferiores a las generalmente admitidas.

#### Proceso de los trabajos

Subastadas las obras en 31 de marzo de 1924, dieron comienzo en junio del mismo año, en el que se hizo la cimentación y alzado de la primera pila (figura 1.ª) y parte del recalce del estribo de la margen derecha, y se empezó la construcción del camino provisional de la barca.

El año 1925 se terminó el recalce antes indicado, se construyó la cimentación y alzado de las pilas segunda y tercera, se terminó la construcción del camino provisional y se construyó la barca de paso (figura 3.ª), capaz para una carga de 12 toneladas, que prestó servicio sin incidente desgraciado alguno.

El año 1926 se desmontó el puente colgado, se

demolió el estribo y parte de los muros de la margen izquierda, se construyó el nuevo estribo (fig. 4.<sup>a</sup>), se reformó el alzado del estribo de la margen derecha para el aumento de vigas, se construyeron los cuatro tramos de hormigón armado (fig. 5.<sup>a</sup>) y se hicieron los muros de defensa de aguas arriba y abajo de la margen izquierda.

El año 1927 se hicieron los revestimientos de empedrados de la margen izquierda, se afirmó el puente con hormigón, se levantaron las pilastras de entrada y salida, los pretilos, guardarruedas y malecones; se hizo la relabra de paramentos de sillería y mampostería de las partes aprovechadas, las escolleras, la pintura al silicato y demás obras accesorias.

De la obra antigua se aprovechó menos de lo previsto en el proyecto, por la dificultad que al redactar éste ofrecieron las estacadas que defendían los cimientos, para realizar los reconocimientos.

Las pruebas se hicieron en los días 10, 11 y 14 de mayo de 1927.

El tren tipo de cargas adoptado se compuso de dos filas de carros de un solo eje, con un peso de 6 000 kg cada uno, arrastrados por cuatro caballerías en reata, siendo el peso de una de éstas 500 kg, y una apisonadora de vapor de 11 000 kg, intercaldada en una de las filas de carros. En la imposibilidad de atenerse al artículo 11 del pliego de condiciones, que señala las pruebas, por no encontrar carros de un solo eje de 6 toneladas, se sustituyeron las pruebas dinámicas por las siguientes:

a) Se hizo recorrer cada tramo por un tren en una sola fila, formado por una apisonadora de gasolina de 11 toneladas, otra de vapor de 8 toneladas y un camión cargado con 4 m<sup>3</sup> de arena, siendo el peso total de este vehículo de 8 toneladas.

b) A continuación se hizo recorrer un tren formado por las dos apisonadoras anteriormente citadas marchando de frente y coincidiendo los ejes traseros, así como el camión y un carro de un solo eje cargado con 2 m<sup>3</sup> de arena (el carro mayor que se encontró) y teniendo en cuenta su peso, total 3 toneladas.

c) El mismo tren, a la máxima velocidad de las apisonadoras.

Las pruebas estáticas, que se verificaron con antelación a las dinámicas, consistieron en cargar cada tramo con arena a razón de 525 kg/m superficial, incluso andenes.

En las pruebas estáticas no acusaron flecha ninguna los tramos, y en las dinámicas, el flexímetro de cuadrante del tramo contiguo al estribo derecho acusó 1 mm en la viga de aguas arriba.

A pesar de no señalar el pliego de condiciones prueba para las viguetas, se sometieron a la carga de los ejes traseros de las dos apisonadoras, sin que se acusara flexión alguna.

#### Coste de la obra

La valoración de contrata de la obra ejecutada importa 447 410,09 pesetas; la baja de subasta asciende a 60 324,88 pesetas, resultando que el importe líquido de la liquidación, aprobada en 9 de enero último, es de 381 535,21 pesetas, que comparadas con las 459 901,70 del presupuesto aprobado, resulta que se ha obtenido una economía de 78 366,49 pesetas. Debe señalarse que el artículo 4.º del presupuesto, «Barca de paso, defensas de la margen izquierda», alcanza a la cifra de 78 448,31 pesetas.

Antes de terminar este artículo he de consignar mis temores al elegir el tipo de viga, que creo es el primero que se ha construido en España en carretera. No es, sin embargo, original, ya que en el Tirol hace años se construyó uno del mismo tipo en un paso superior de ferrocarril.

Para mayor seguridad pedí consejo a mi querido amigo y jefe D. Eugenio Ribera, quien, con su gran experiencia, me dió su aprobación y me prestó su valiosa ayuda en la redacción del proyecto.

Debo también manifestar que mi querido compañero D. Rafael Zumárraga hubo de revisar algunos cálculos con paciencia benedictina y dirigió después la obra secundado por el ayudante D. Leandro Rodríguez, dignos ambos del mayor encomio por la competencia y celo desplegados.

José M. SAINZ  
Ingeniero de Caminos

## Algunos aspectos económicos del aprovechamiento de las aguas, con especial referencia a la cuenca del Duero

### El problema económico del aprovechamiento de las aguas

El aprovechamiento de las aguas es un tema repetidas veces considerado (sin duda mercedamente) desde el punto de vista de la economía nacional; pero el estudio se ha limitado generalmente al de la disyuntiva entre riegos y saltos, planteada con un carácter de ineluctable que no se presenta en todos los casos, y perentoriamente decidida por modo harto esquemático. La comparación se establece entre las riquezas producidas por cantidades iguales de agua dedicadas a uno y otro uso, cifrando aquéllas en relación con los precios actuales de las cosechas y la energía. Aun cuando este método conduzca a re-

sultados aceptables al ser aplicado a pequeños aprovechamientos, los cuales, por su tamaño mismo, deben ser calificados de locales (y entonces su trascendencia en la economía nacional es insignificante), no es admisible para tratar el mismo problema con mayor generalidad y amplitud.

Solamente el hecho de buscar el término más favorable de la alternativa entre riegos y saltos implica un olvido de las íntimas relaciones que ligan Agricultura e Industria, y equivale a postular un país esencialmente o agrícola un país preferentemente industrial, con evidente riesgo de la armonía entre estas dos fuentes de riqueza exigida por una economía actual. Y sobre que, como antes queda dicho, la oposición entre riegos y saltos no siempre