

Nuevo puente sobre el río Guadalmez

Al finalizar el año 1927 quedó terminada esta obra, que ha sustituido a los tramos metálicos que existían sobre dicho cauce para el paso de la línea de Madrid a Badajoz, de la Compañía de M. Z. A., en su kilómetro 289,182.

La nueva construcción se decidió después de estudiar las varias soluciones que podían presentarse para reemplazar los tramos metálicos aludidos; dicha sustitución se efectuó como continuación de la intensa campaña de mejora que realiza aquella Compañía en todas las obras de su red para aumentar la capacidad de tráfico de la misma, y cuyos trabajos, que van tocando a su fin, se están realizando de acuerdo con el amplio plan trazado de antemano hace algunos años, cuya excelente orientación viene justificándose cada día más por la regularidad y exactitud con que se va desarrollando, comprobándose en un todo la certeza de las previsiones tenidas en cuenta para confeccionarlo.

Los tramos sustituidos (fig. 1.^a) han sido tres, en

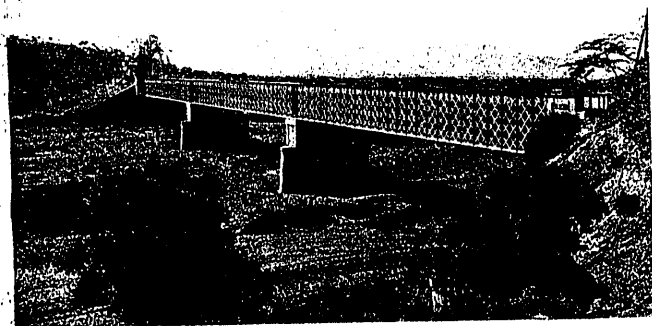


Fig. 1.^a Tramos metálicos sustituidos.

La obra continua con vigas principales en celosía múltiple de barras planas, y de una luz teórica de 53,10 m el tramo central y 49,50 m cada uno de los tramos laterales. Como la altura del nivel de carriles respecto al fondo del cauce es de 11,50 m, resultaba en conjunto una obra con excesiva capacidad de desagüe, que venía justificado solamente por necesidades del trazado y no porque el régimen del río lo hiciera preciso.

Este fué uno de los puntos que debieron tenerse en cuenta al eliminar entre sí las varias soluciones que se consideraron para estudiar la sustitución.

Para ello se observó que una obra de fábrica formada por cuatro arcos escarzanos de 20 m de luz cada uno, rebajados al 1/6, construida desde el año 1892 para la carretera de Córdoba a Almadén y situada en el mismo cauce unos 300 m aguas arriba de la que nos ocupa, presentaba desagües superficial y lineal que eran un 45 y un 44 por 100, respectivamente, menores que sus homólogos de los tramos metálicos. Dicha obra, que se encuentra en un excelente estado de conservación, justificó desde luego que la que sustituyera a los tramos metálicos podía tener desagüe más reducido que aquéllos.

Estas observaciones, así como lo fácil del terreno de cimentación, previamente reconocido por medio de sondeos, nos decidieron a proyectar una obra con seis arcos de hormigón en masa, utilizando para ello las pilas y estribos de los tramos, convenientemente modificados y reforzados, e intercalando además tres nuevas pilas de hormigón armado con carriles inútiles, pues durante la construcción de los arcos, por el número de cimbras de que se dispuso para construir la obra, actuaban como pilas-estribos.

Los arcos resultaron así de 23,20 m de luz libre los dos centrales y 21,60 m los cuatro laterales, rebajados, respectivamente, a 1/4,62 y 1/4,33. Para atenuar el excesivo desarrollo de los tímpanos y proporcionar un mejor aspecto al conjunto se aligeraron aquéllos con arcos gemelos de medio punto, de 2 m de luz cada uno.

La imposta de coronación y barandilla metálica completan el conjunto, que resulta, desde luego, de gran sencillez.

En cuanto a desagüe, la obra proyectada tiene un 65 por 100 más de desagüe lineal y un 71 por 100 más de desagüe superficial que la obra descrita de la carretera de Córdoba a Almadén.

La obra se ha dejado con ancho para doble vía, aunque ahora se coloca solamente la vía sencilla.

El terreno de cimentación está constituido por un banco indefinido de pizarra arcillosa dura, cubierto de un manto de acarreo de 4 m de profundidad, formado principalmente por arena fina.

Aunque el río tiene una corriente subálvea de importancia pudo dominársela suficientemente agotando con bombas centrífugas, por lo cual la cimentación de las pilas y recalce de estribos se hizo sin acudir a medios auxiliares especiales, pues para mayor facilidad y economía aprovechamos para cimentar y construir los cuerpos de pila el estiaje del año 1926, terminándose completamente la obra al año siguiente. Para recalzar los estribos, teniendo en cuenta la poca consistencia del terraplén y la cota del mismo, tuvimos que construir una zanja con entibación de bastante importancia, con la que alcanzamos, a partir del nivel de carriles, una profundidad de 15,25 m; la entibación se hizo apeando primero la vía con vigas-largueros metálicos apoyadas por un extremo en las fábricas del estribo y por el otro descansando en el terraplén por intermedio de una tacada de madera suficientemente amplia para repartir mejor las presiones en el terreno; a continuación se hizo la entibación en la forma corriente de marcos-codales espaciados cada uno 1,50 m y entrepaños de tablas de 3 cm de grueso, solapadas en sus extremos; llegados al terreno firme se comenzó el relleno del cimiento en la forma proyectada, y al irse levantando los marcos y tablas de entibación, para más seguridad, se construyó en su lugar un murete de piedra en seco con paramentos rejuntados con mortero de cal y provisto de suficientes mechinales que, a más de sanear el frente del terraplén, nos garantizó el poder dar paso con absoluta seguridad a la circulación intensa de la línea durante el invierno 1926-27. En la figura 2.^a se observa cómo se ha dejado recalzado el estribo en la forma que acaba de rese-

ñarse, y en la figura 3.^a aparece cómo quedó el conjunto de la obra al terminarse la construcción de las nuevas pilas.

En la primavera de 1927 se prosiguieron las obras,

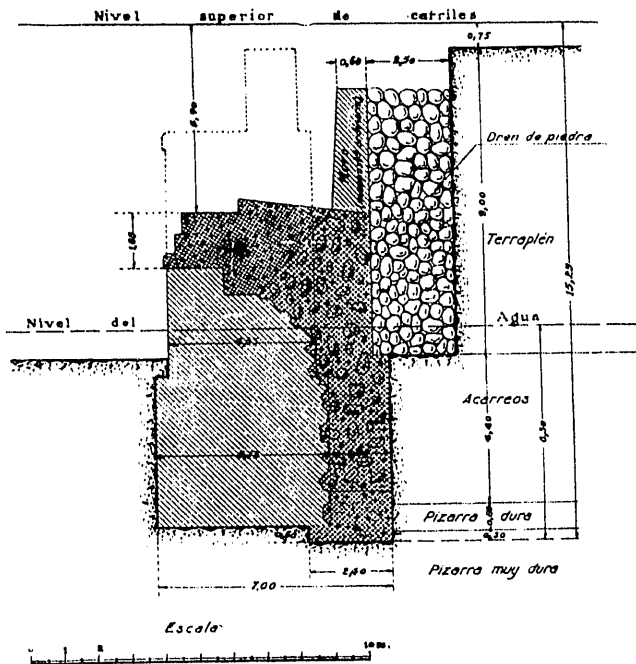


Fig. 2.ª Recalce de un estribo.

que se terminaron por completo en el mes de noviembre del mismo año.

Por necesidades de la explotación de la línea, y puesto que los apoyos de los tramos se utilizaron para la nueva obra, tuvimos que construir el puente en dos mitades (fig. 4.^a) según su eje longitudinal; construida una mitad se sostuvo el relleno por un murete de tímpano provisional, y haciendo un desvío se dió paso a las circulaciones por dicha parte construida; a continuación se desgazaron los tramos metálicos y se completó la obra con ancho para doble vía, como ya se ha dicho.

El tipo de cimbra utilizado fué el que se indica

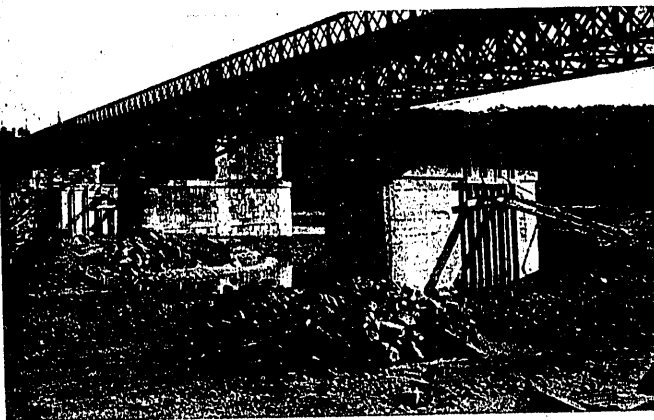


Fig. 3.ª Construcción de las nuevas pilas.

en la figura 5.^a, y el espaciamiento entre cuchillos de cimbra de 1,50 m.

Como el lecho del río en el emplazamiento del puente está constituido por arena fina, y, por consiguiente, muy socavable, para montar los pies dere-

chos de cimbra se acudió, a la vista de la facilidad que teníamos de disponer de carriles inútiles, al procedimiento que se expone a continuación, el cual hemos utilizado posteriormente con completo éxito en otros casos similares. Según se ve en la figura antes citada, se clavan a maza de mano, coincidiendo con cada pie derecho, cuatro piquetes de 10/12 cm de diámetro y 1,50 m de longitud, sobre cuyas cabezas insiste un travesero de madera de 24 × 14 cm;

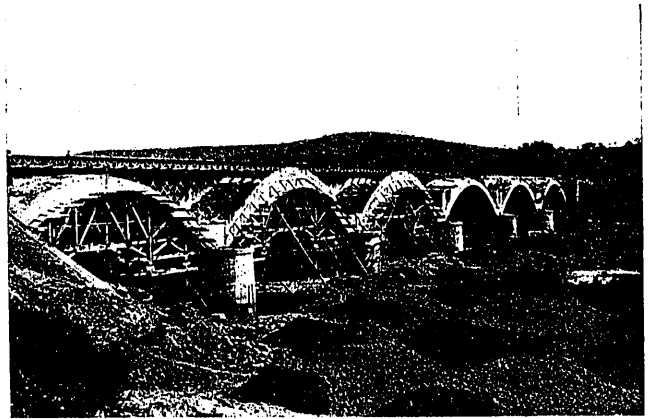


Fig. 4.ª La primera mitad del puente en construcción (29 mayo 1927).

uniendo todos estos traveseros, antes de colocar los pies derechos, se forma una viga con carriles enlazados entre sí, sobre la que, como elemento resistente, se montan los pies derechos y el resto de la

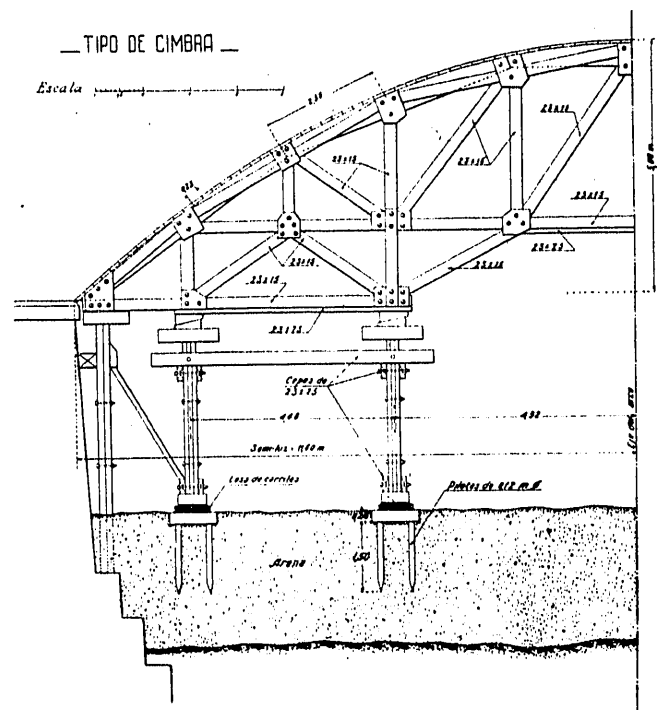


Fig. 5.ª Disposición de la cimbra.

cimbra; aunque se produzca una socavación en cualquier punto, tenemos, en primer lugar, el empotramiento que proporcionan los piquetes, y la viga de carriles absorberá con su rigidez cualquier movimiento que tienda a producirse.

Las cimbras se han calculado para soportar un anillo de bóveda de 0,50 m de espesor, formándolas con piezas de madera de 23 × 15 cm de escuadría,

enlazadas con cartelas de acero y tornillos de armar; el volumen de madera necesario por arco fué de

Para mayor economía y rapidez, las cimbras no se pasaron de un arco a otro desarmándolas, sino

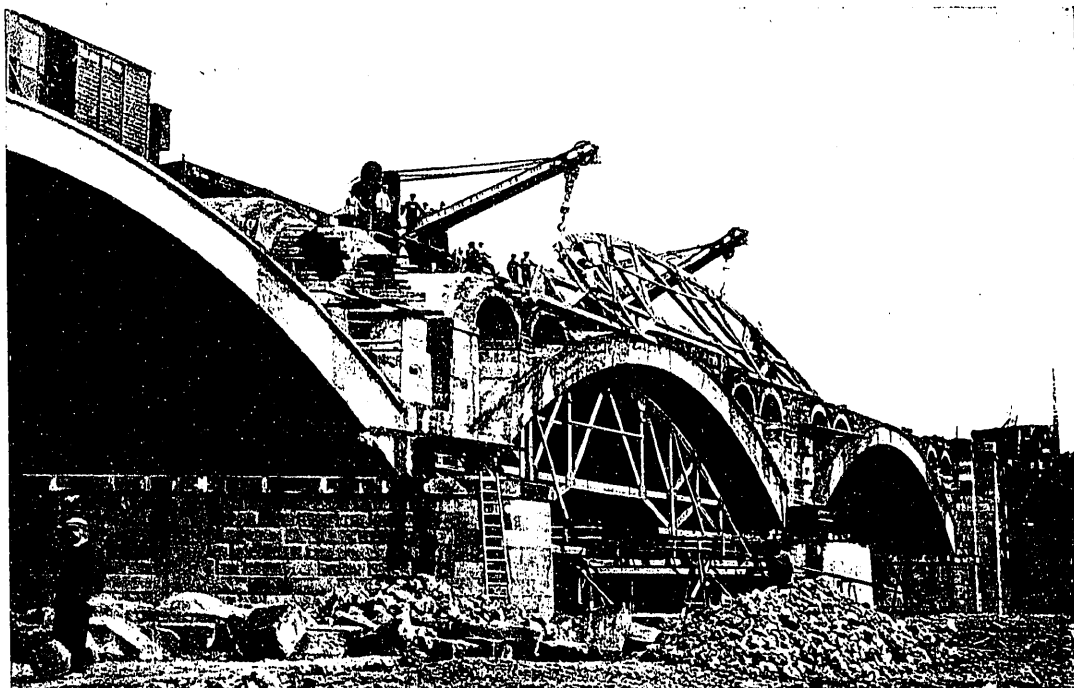


Fig. 6.ª Traslado de las cerchas enteras (15 octubre 1927).

37,6 m³, que corresponde a un volumen por metro cuadrado de desarrollo de intradós de arco de 0,31 m³.

Por metro cuadrado de alzado de cimbra corres-

que, sirviéndonos de su rigidez propia, las trasladamos enteras, utilizando dos grúas móviles formando un tren y disponiendo en las cabezas de las grúas

dos diferenciales auxiliares que nos sirvieron para desviar oblicuamente las cimbras de los obstáculos que estorbaban su paso (figura 6.ª) al nuevo emplazamiento.

Las bóvedas se han construído con hormigón en masa por el procedimiento de anillos que venimos empleando para esta clase de construcciones. En la figura 7.ª se indican estos anillos y se detallan las juntas de los mismos, consolidadas por medio de lengüeta¹, con mortero de 600 kg de cemento por metro cúbico de arena.

El cálculo de dichas bóvedas se hizo considerándolas elásticamente empotradas en los arranques, estudiándose las líneas de las intersecciones y las envolventes de las reacciones y fijándose las líneas de influencia en cuatro secciones del arco: arranque, clave y dos intermedias; para ello utilizamos el método gráficoanalítico de Culman-Ritter.

La fibra media de los arcos, después de varios tanteos, se definió como una pa-

ponde un volumen de 0,215 m³ de madera.

En cartelas se emplearon unos 9 000 kg de hierro en las tres cimbras de que se dispuso para toda la obra.

¹ Véase nuestro artículo «Precauciones a tener en cuenta en la ejecución de los arcos de hormigón». REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1.º de septiembre de 1928, página 305.

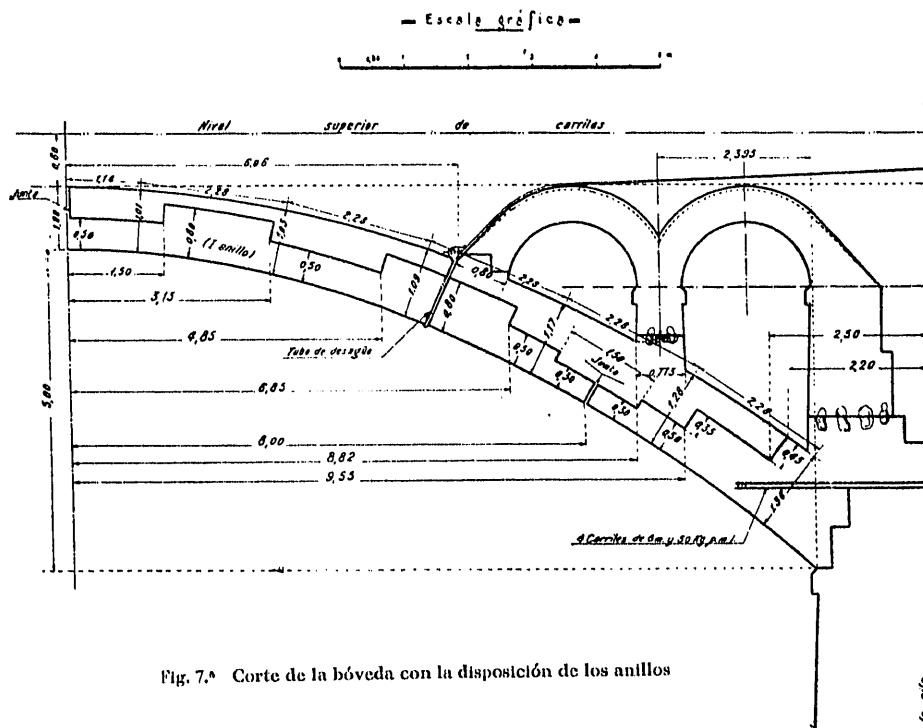


Fig. 7.ª Corte de la bóveda con la disposición de los anillos

rábola de segundo grado que se aproxima a la funicular del peso propio y relleno; más adelante damos las ecuaciones de ambas curvas.

El espesor en la clave se fijó igual a 1 m, y los restantes espesores se hicieron iguales a $e_0 : \cos \alpha$.

El tren utilizado para el cálculo fué el mismo que

el de la Instrucción para tramos metálicos, pero duplicando la locomotora de cabeza como si fuera del tipo «Mallet».

Las cargas de trabajo en las secciones de arranque y clave son las que para cada arco se incluyen a continuación:

	Arco de 23,20 m; fibra media: $y = -0,0344x^2$				Arco de 21,60 m; fibra media: $y = -0,0392x^2$			
	ARRANQUE		CLAVE		ARRANQUE		CLAVE	
	Intradós	Tradós	Intradós	Tradós	Intradós	Tradós	Intradós	Tradós
Peso propio.....	+ 13,40	+ 1,34	+ 9,35	+ 3,00	+ 10,46	+ 2,37	+ 5,86	+ 5,86
Sobrecarga.....	+ 12,46	— 9,95	+ 3,68	+ 8,94	+ 12,45	— 8,40	+ 2,64	+ 7,68
Temperatura.....	+ 8,50	»	»	+ 6,83	+ 11,08	»	»	+ 7,29
TOTALES.....	+ 34,36	— 8,61	+ 13,03	+ 18,77	+ 33,90	— 6,03	+ 8,50	+ 20,64

Las tensiones totales que aparecen en los arranques se contrarrestaron colocando armaduras adecuadamente calculadas, que constituimos utilizando carriles de 30 kg por metro lineal, inútiles para el servicio de la Compañía.

Los arcos de aligeramiento son circulares, tienen un espesor uniforme e igual a 0,60 m y son también de hormigón en masa.

Las cargas de trabajo son:

Clave.....	+ 4 62 kg : cm ²
	— 3 78 kg : cm ²
Arranques.....	+ 3 36 kg : cm ²
	— 2 44 kg : cm ²

Para encofrados se han precisado 3,2 m³ de madera.

La estabilidad de las pilas se calculó por el pro-

— ALZADO —

— SECCIÓN LONGITUDINAL —

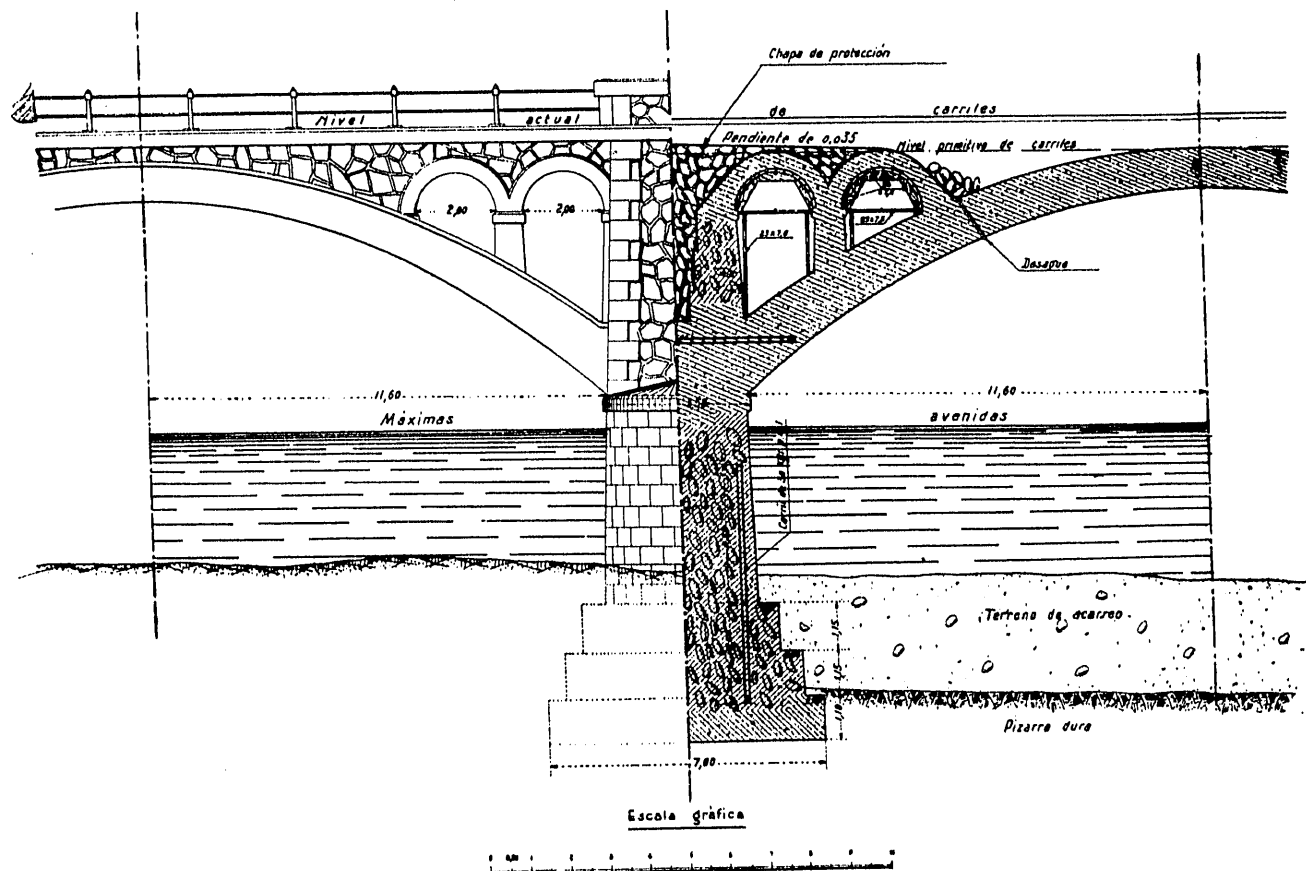


Fig. 8.ª

Se han calculado como arcos elásticos empotrados, aplicando las ecuaciones de deformación y suponiéndolos cargados en la clave con un eje de 22 toneladas.

cedimiento de Ritter para arcada continua sobre pilas elásticas.

Las dimensiones generales de la obra y su sección longitudinal se marcan en la figura 8.ª.

Las fábricas empleadas han sido: en cimientos, en contacto con el terreno, hormigón de 300 kg; el resto de los cimientos y cuerpos de pila se han hecho con hormigón ciclópeo de 250 kg de cemento, 400 de arena y 800 de grava, colocándose en cada metro cúbico un 15 por 100 de piedra gruesa. En

Las nuevas pilas se han enlucido, dándoles el aspecto de las primitivas pilas del puente, que se han conservado.

Una vez construídos los arcos se han probado, utilizando flexímetros, y no se ha observado variación en la flecha, a pesar de haberse hecho circular

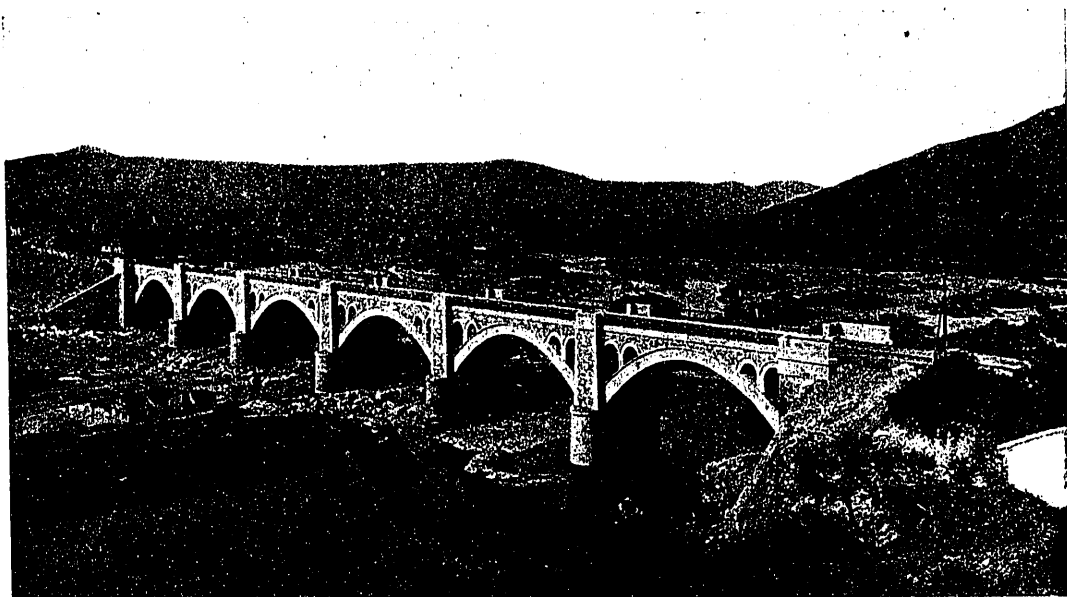


Fig. 9.ª Vista del puente después de terminado.

todas las bóvedas se empleó hormigón con 300 kg de cemento para igual dosificación de los áridos. Los cuerpos salientes de pilas se han hecho de hormigón moldeado en sus aristas, y los entrepaños de mampostería careada; los muretes de tímpano son también de mampostería careada, y la imposta de coronación y malecones entre barandillas son de hormigón moldeado *in situ*; la barandilla es metálica.

con la máxima velocidad posible los trenes más pesados que circulan por la línea aludida.

En la figura 9.ª aparece la obra tal como ha quedado terminada.

El importe total de la misma ha sido de pesetas 441 278,10, y el personal que ha intervenido en la dirección y ejecución de los trabajos pertenece todo él al Servicio de Vía y Obras de la Compañía.

Rafael CEBALLOS PABÓN
Ingeniero de Caminos

Visita a las estaciones de clasificación de Colonia y Nuremberg

Con motivo de mi reciente viaje para estudiar las fábricas metalúrgicas y siderúrgicas de Luxemburgo, he visitado las estaciones de clasificación de Colonia y Nuremberg, y resumo a continuación, en forma condensada, todas mis impresiones y recuerdos, en unión de algunos datos interesantes que conviene conocer

Era objetivo principal de esta visita estudiar sobre el terreno las disposiciones empleadas en las estaciones de clasificación modernas y tan importantes como la mayor parte de las establecidas en Alemania, comparar los dos tipos principalmente admitidos en las mismas, o sean las que únicamente emplean para la maniobra la fuerza de la gravedad, que corresponden a las de *pendiente continua*, y las que, además de la gravedad, necesitan para sus ma-

niobras el empleo de locomotoras, o sean con *lomo de asno*.

Aunque en libros y revistas profesionales pueden estudiarse las disposiciones de unas y otras con bastante detalle, las apreciaciones acerca de la utilidad, ventajas o inconvenientes de cada sistema no es fácil deducirla por su lectura, ni obtener impresión exacta ni imparcial, por corresponder, en general, las expresadas en los textos a las de los autores de las descripciones, en la mayor parte de los casos encariñados con uno u otro tipo.

Por ello, y siendo preciso conocer las razones que justifican uno u otro criterio, a la vista de las futuras estaciones de clasificación que han de construirse en la Compañía de M. Z. A., estimé conveniente girar una visita a estaciones de uno y otro sistema y