

# el gran arco

## del Viaducto Francisco Martín Gil

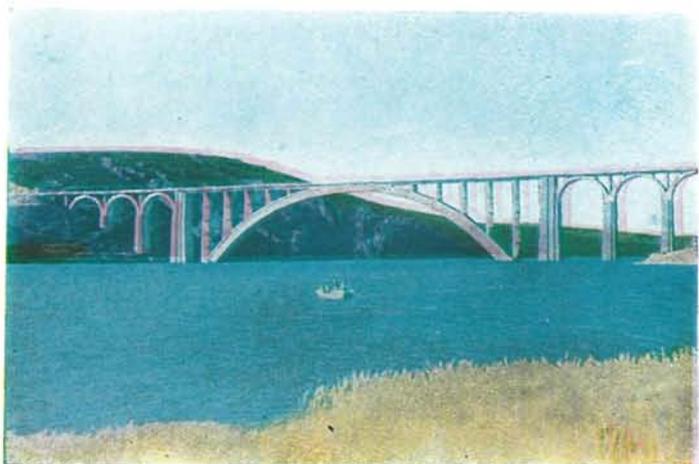
E. TORROJA

emplazamiento: Ferrocarril de Zamora  
a La Coruña

año: 1939

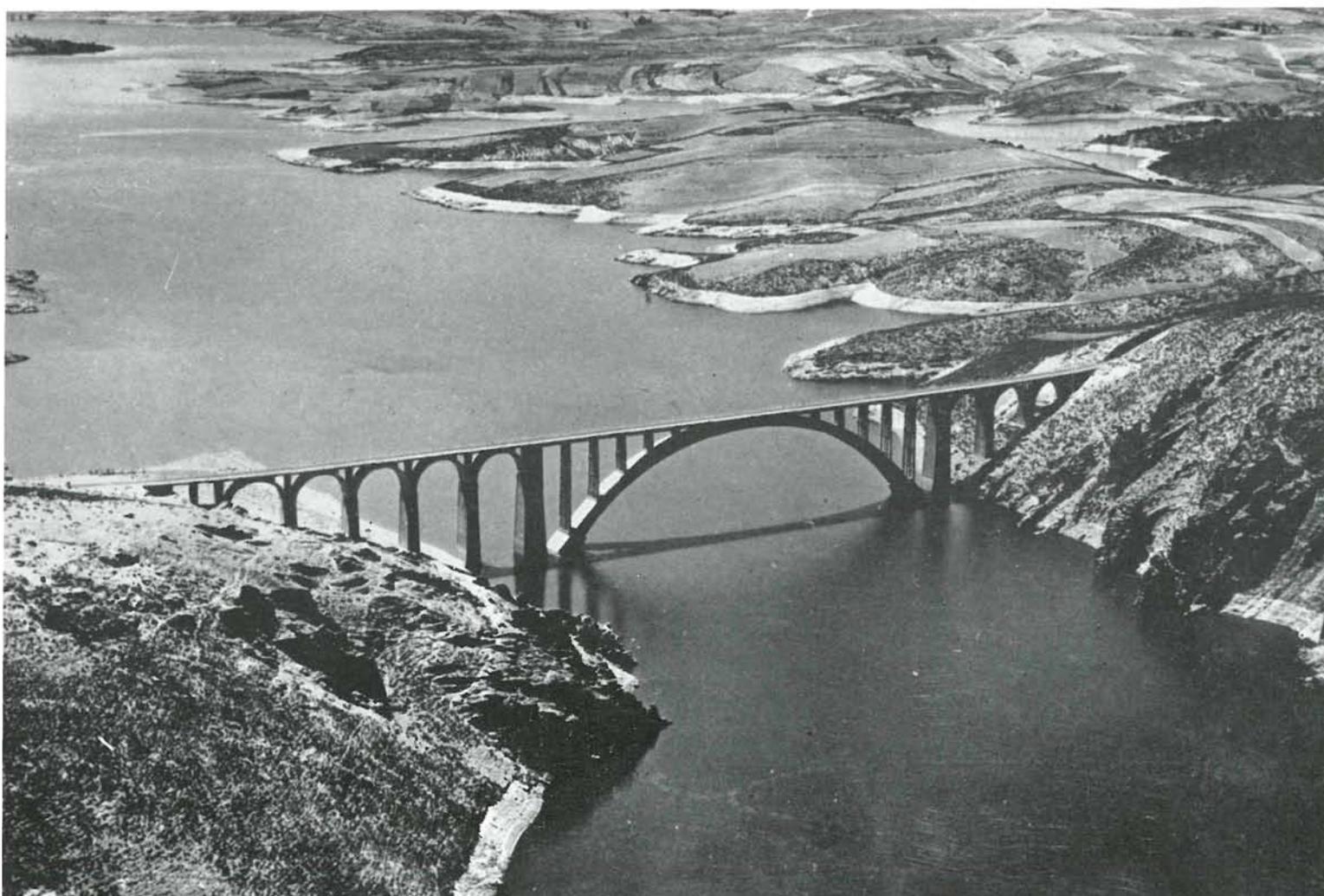
Ingenieros: C. VILLALBA y A. SALAZAR

constructor: Omes y R. Barredo



563 - 4

El trazado de la línea del ferrocarril entre Zamora y La Coruña cruza la zona de embalse que, en el Esla, forma la presa de Ricobayo mediante el viaducto de Martín Gil, cuyo gran arco central fue genialmente proyectado y dirigido por Eduardo Torroja. La envergadura de la obra, por un lado, y el obligado paro de los trabajos durante la guerra civil española, por otro, hicieron que el proceso, tanto de proyecto como de ejecución, fuese lento, laborioso y sometido a frecuentes cambios. Es, por ello, por lo que antes de publicar la solución Torroja, queremos exponer esquemáticamente el proceso seguido:



1929, febrero.

Se redactan los dos primeros proyectos para el viaducto. El proyecto Salazar estaba formado por una serie de arcos de medio punto de 20 m de luz y tímpanos macizos, como viaductos de acceso, siete en la margen izquierda (lado Zamora), y cuatro en la derecha, enlazados sobre la zona de embalse con otros ocho, apoyados éstos, cada dos, en tres elevadas pilas; entre éstas estriban ojivas en cuya clave se apoyan las pilas intermedias, presentándose, como anejo, una solución en la que las ojivas desaparecen y llegan las pilas hasta el terreno.

El proyecto Pérez Moreno estaba constituido por tres arcos de avenida en la margen izquierda y cinco en la derecha, todos iguales, de medio punto, de 15 metros de luz, con tímpanos macizos que encuadran, mediante pilas-estribos, un grupo de cuatro arcos de hormigón armado de 60 m de luz, de directriz parabólica y tímpanos calados, con elevadas pilas de 60 m de altura.

1929, agosto.

Estudiados ambos proyectos, se ordena el estudio de refuerzo de las elevadas pilas de la solución Pérez Moreno, redactando Bellido un nuevo proyecto que responde a dicha idea y que está definido por 19 arcos de medio punto, de 20 m de luz, arriostrando las elevadas pilas que resultan para los arcos de la zona de embalse, con una plataforma horizontal a la altura de éste.

1929, noviembre.

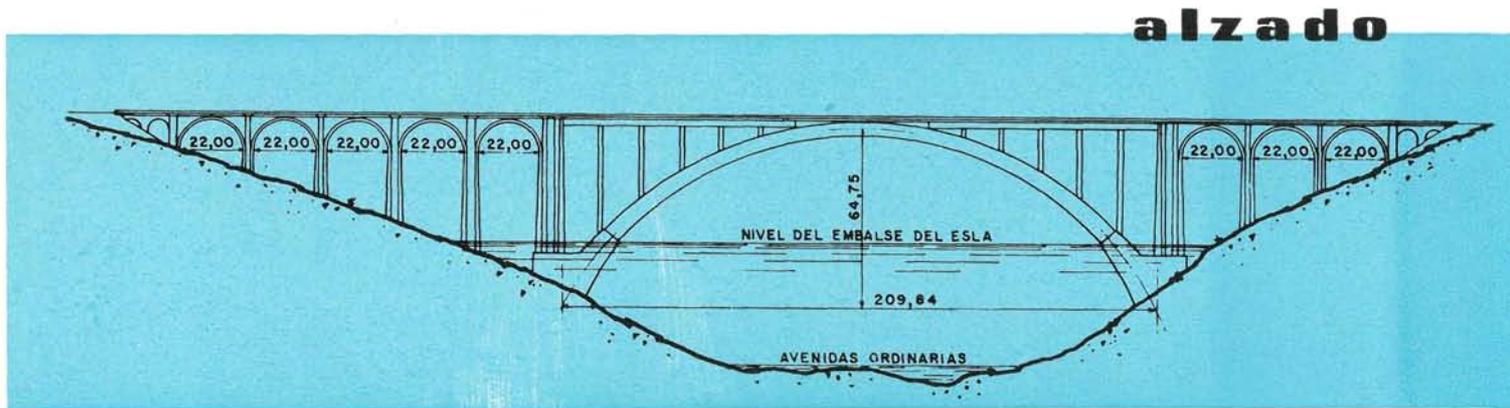
Se ordena a la Jefatura de Puentes informe sobre el asunto. Sus ingenieros Villalba y Martín Gil, tras estudiar el tema, proponen la construcción de un gran arco de una luz aproximada de 200 m y 60 m de flecha.

1929, diciembre.

Es aceptada la propuesta.

1930, julio.

Martín Gil presenta el proyecto para su informe.



1931, marzo.

Se devuelve el proyecto para estudiar y modificar algunos puntos, última actuación que realizó Martín Gil, antes de su prematura muerte. A partir de entonces, y en su memoria, el viaducto lleva su nombre.

1932, septiembre.

Se aprueba el proyecto que sirvió de base al concurso para las obras, que tuvo lugar el 23 de junio de 1934, adjudicándose, dos días después, al constructor Max Jacobson.

1935, enero.

En vista de los adelantos y nuevos criterios sobre hormigón armado, se encarga Villalba de redactar un nuevo proyecto, en el que las variaciones introducidas alcanzan a todos los elementos del proyecto.

1935, diciembre.

Se aprueba el nuevo proyecto Villalba.

1936, julio.

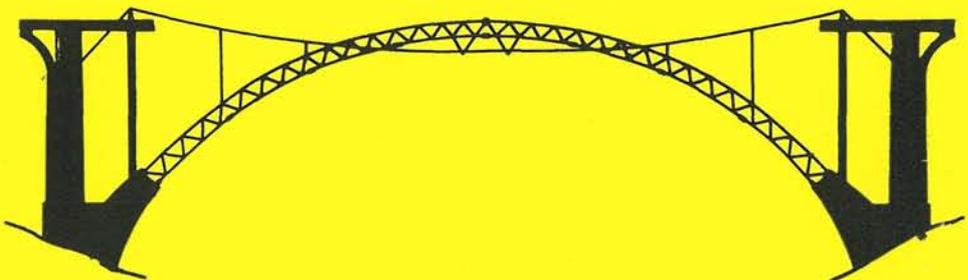
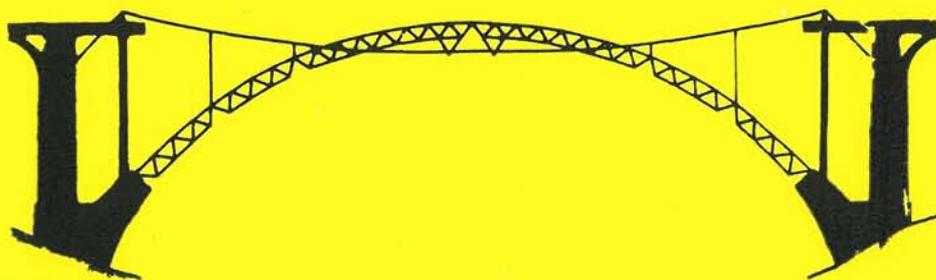
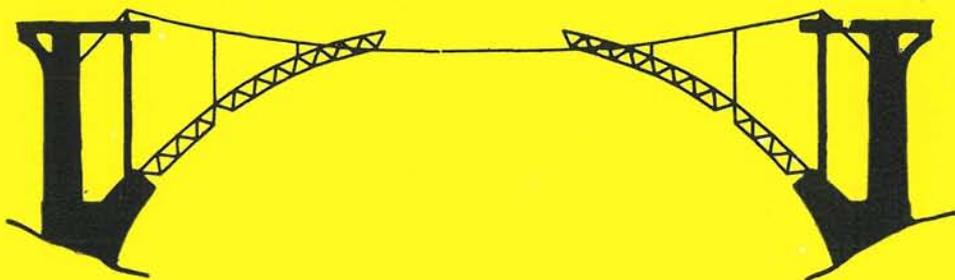
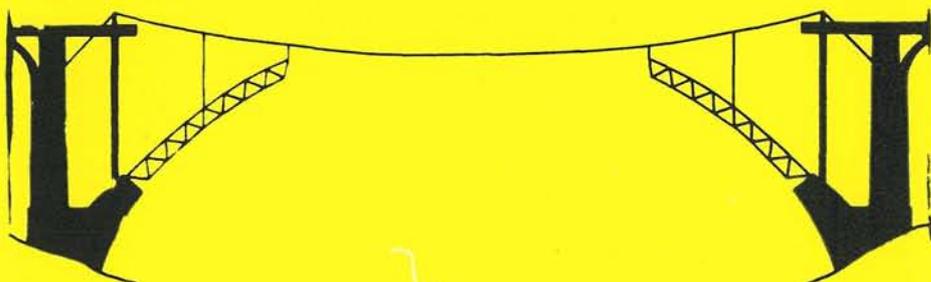
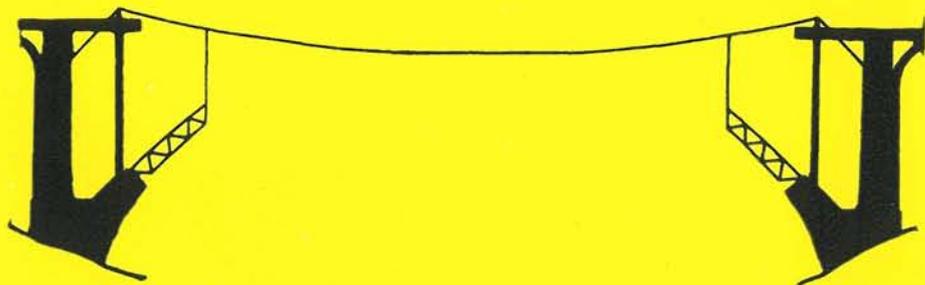
Estalla la guerra civil española cuando se ha terminado de construir el arco de madera que iba a servir de cimbra recogida para el hormigonado del arco.

1939, verano.

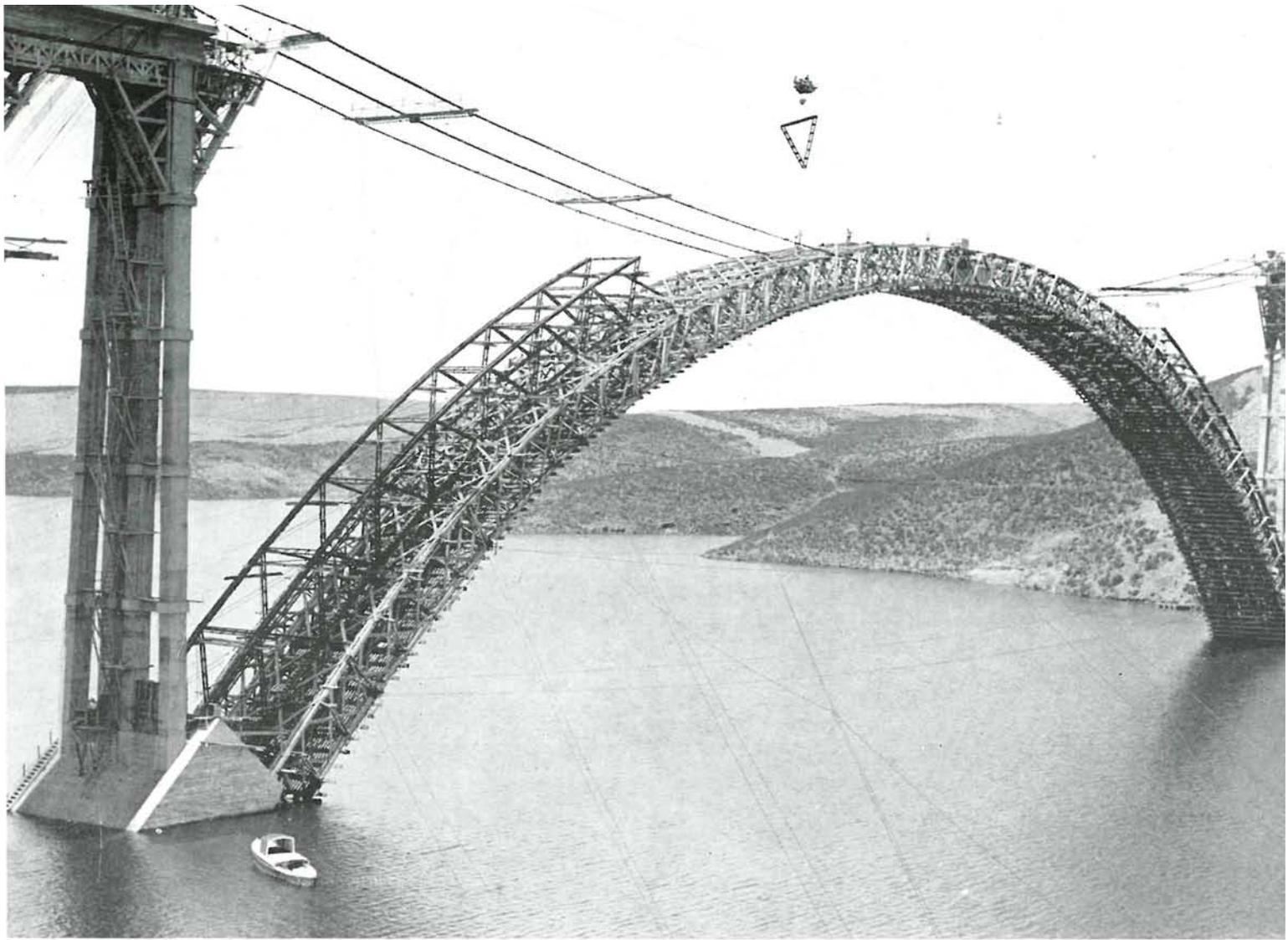
Terminada la guerra, el estado de la cimbra aconsejó estudiar la posibilidad de adoptar otro sistema de construcción que, variando lo menos posible la obra proyectada, permitiera, sin embargo, ejecutarla con la mayor seguridad; y después de diferentes estudios se adoptó la solución propuesta por el ingeniero asesor, don Eduardo Torroja, de disponer una cercha metálica, constituyendo, en cierto modo, una armadura rígida del hormigón; de tal forma que, a medida que fuera colocándose éste, insistiendo sobre la cercha metálica, se fueran formando cordones de refuerzo que, trabajando conjuntamente con la cercha, en forma de estructura mixta, dieran, en todo momento, resistencia suficiente para soportar el nuevo hormigón fresco, hasta la terminación total del arco, y cuya estabilidad transversal queda asegurada mediante un sistema de cables y botones de amarre. Solución que permitió realizar las obras con ritmo acelerado y plena seguridad.

La cercha metálica fue ejecutada por OMES, y el hormigonado del arco por Ricardo Barredo. La obra fue solemnemente inaugurada por el Caudillo de España en octubre de 1942, fecha en la que nuestra Patria pasa a ostentar un récord constructivo: el puente en arco de hormigón de mayor luz del mundo.

## fases de montaje



cimbra metálica



## arco del Esla

### solución e. torroja

Construidos los tramos de avenida y la cimbra recogida de madera, sobre la que había de hormigonarse el gran arco, la guerra civil española interrumpió y dificultó el avance de los trabajos. La dureza del clima de la meseta castellano-leonesa hacía que en 1940 fuese prácticamente imposible la utilización de esa cimbra, venteadada por los fríos húmedos de los inviernos y los ardientes calores de los estios. La construcción del arco de 210 metros de luz, con su clave a 70 metros sobre el nivel de agua del embalse y a 40 del fondo de éste, obligaba, pues, a buscar un tipo de cimbra, recogida o en arco, que permitiera económicamente soportar el peso del hormigón que había de formar el arco definitivo.

La cuestión se reducía, pues, al estudio del proceso constructivo más conveniente.

**cimbra metálica**

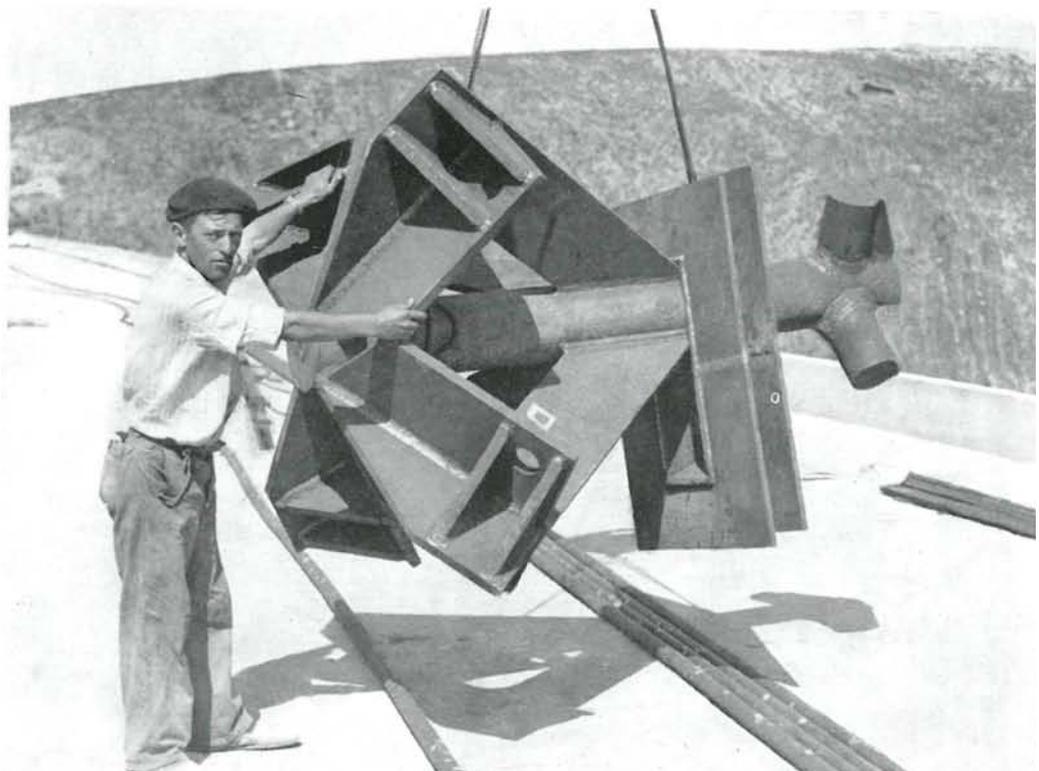
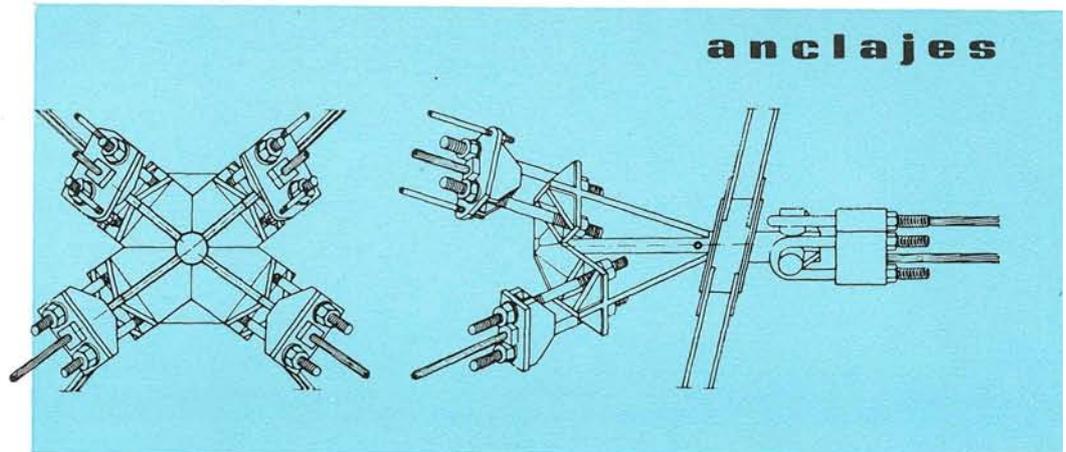
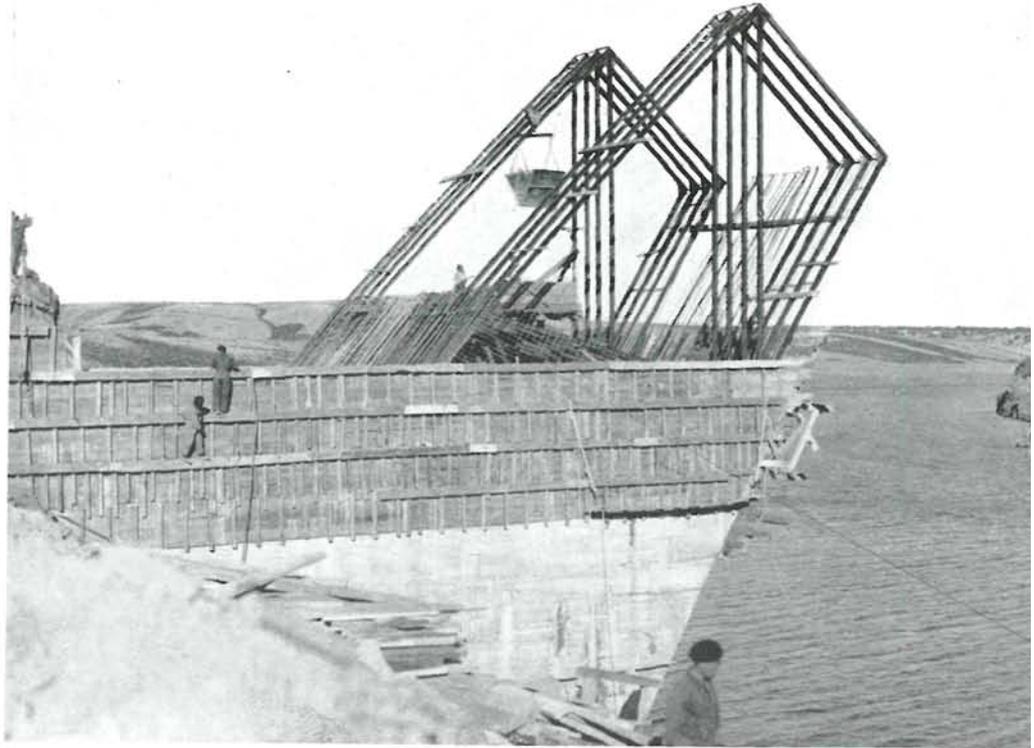
Es ya clásica la solución de disponer la cimbra dentro del arco que se ha de construir, estudiándola para que, después de cumplida su misión como cimbra, continúe trabajando como armadura definitiva del hormigón del propio arco. En general, para esta segunda función se requiere menos acero que para la primera; e importa mucho, por tanto, estudiar al proceso de hormigonado de manera que provoque los menores esfuerzos posibles sobre la cimbra.

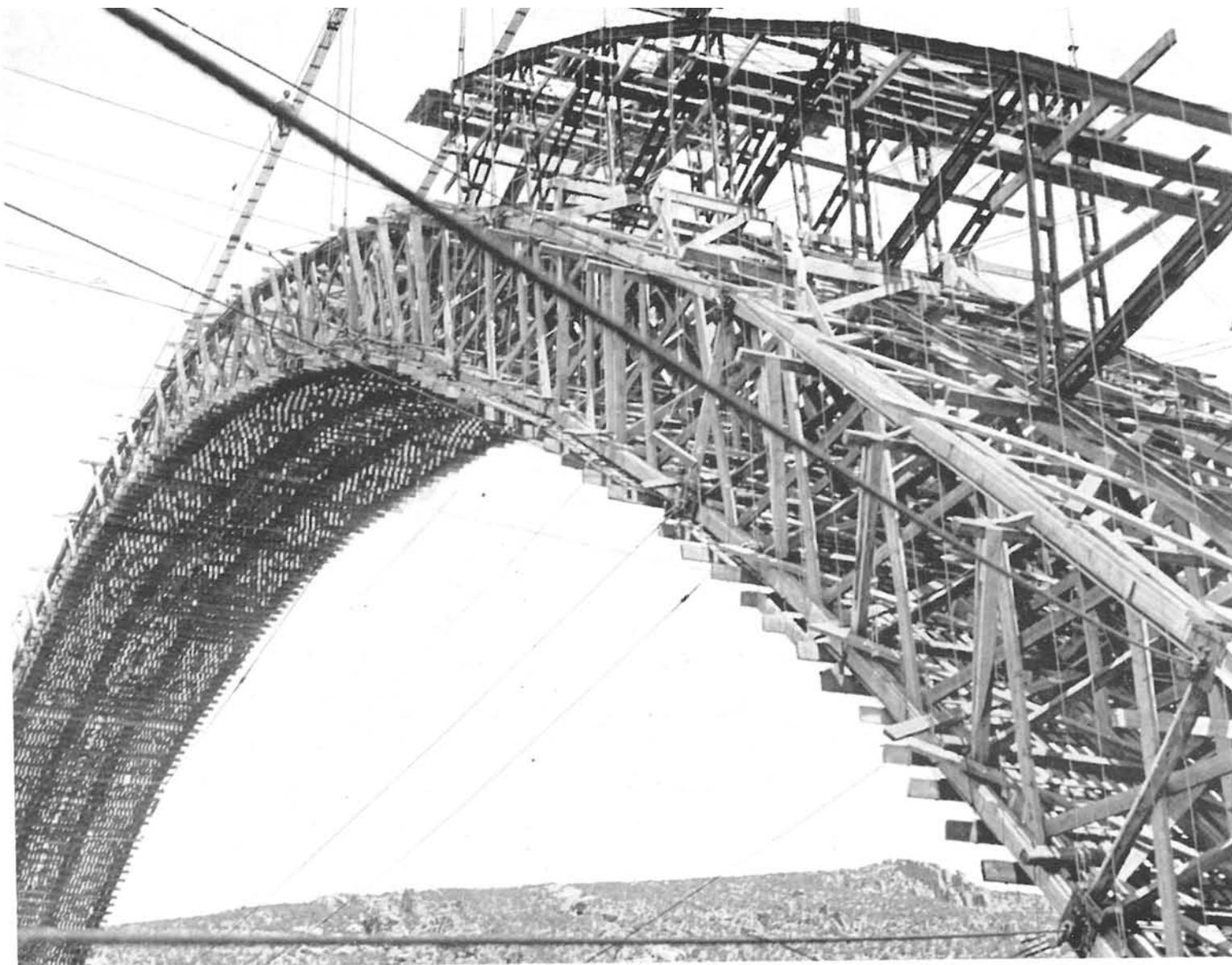
Para ello se va hormigonando el arco por roscas o cordones, de menos espesor, o sección, los primeros que los últimos; porque, al verter el hormigón de éstos, los primeros, ya endurecidos, pueden colaborar con la cimbra en soportar los nuevos pesos de hormigón fresco que se van adicionando.

En el presente caso, la cimbra está formada por dos cuchillos arriostrados transversalmente; cada cuchillo está constituido por una serie de triángulos que se fueron colocando y enlazando unos a otros mediante un bloncón. Cada grupo de cuatro triángulos quedaba provisionalmente articulado al contiguo; y en estos puntos de articulación quedaban colgados de un cable superior provisional mediante pendolones. Estos iban provistos de tensores de rosca que permitieron, una vez montados todos los elementos de la cimbra, corregir su nivel y adaptar el conjunto exactamente a la directriz prevista.

Acabada esta operación, se soldaron todas las articulaciones, excepto la de clave y las dos de arranques situadas en la cabeza superior de la cimbra. De esta forma podía dilatarse libremente por efecto de las variaciones de temperatura, sin sufrir por ello esfuerzos adicionales.

En estas condiciones se hormigonaron los primeros cordones del trasdós del arco, envolviendo las cabezas superiores de la cimbra, con lo que quedaron muy reforzadas y, a continuación, se envolvieron, igualmente en hormigón, las cabezas inferiores (cordón 2). Este hormigón quedaba, por consiguiente, colgado, a través de las diagonales, del arco que formaban las cabezas superiores con el hormigón ya endurecido.

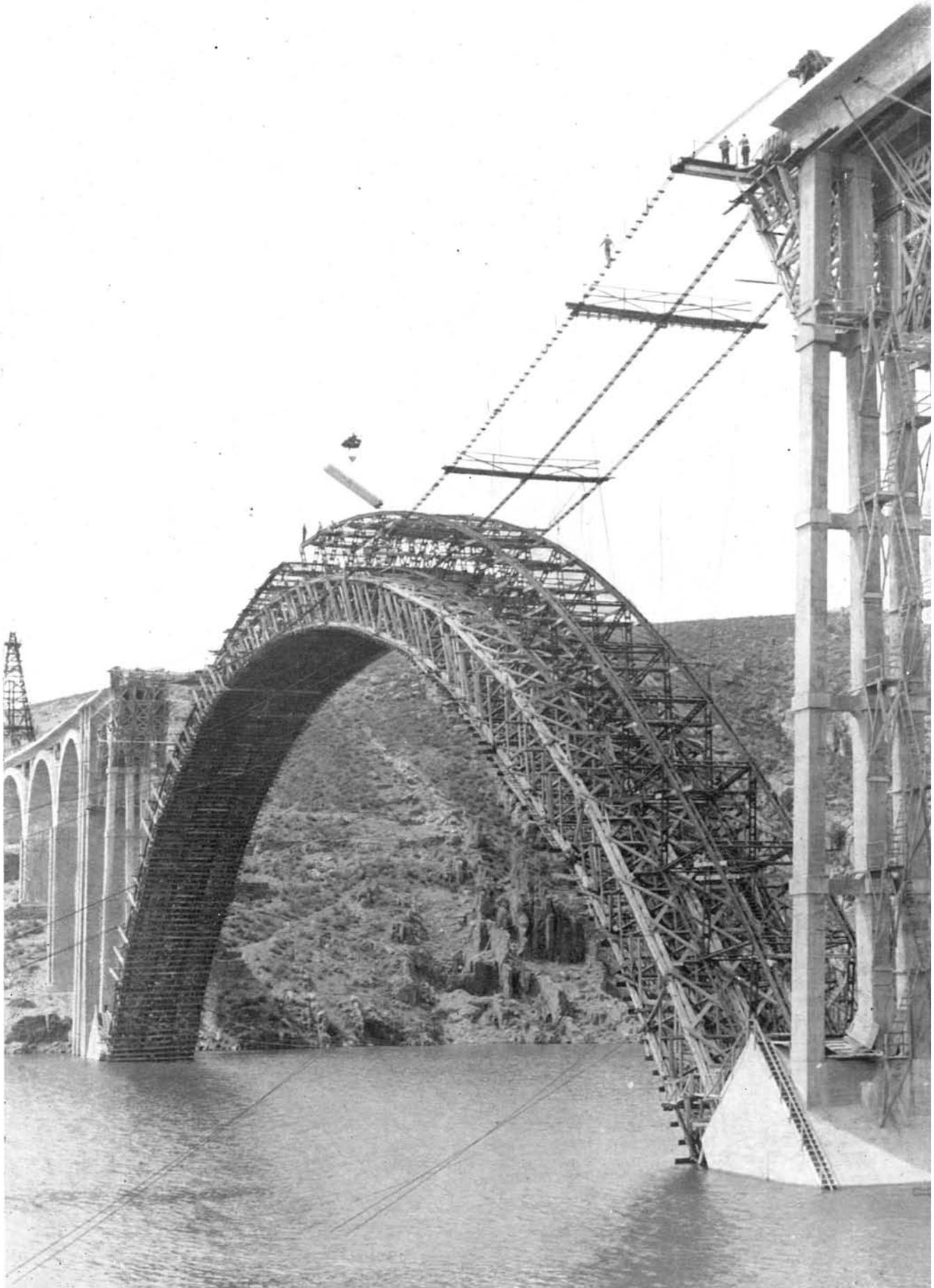


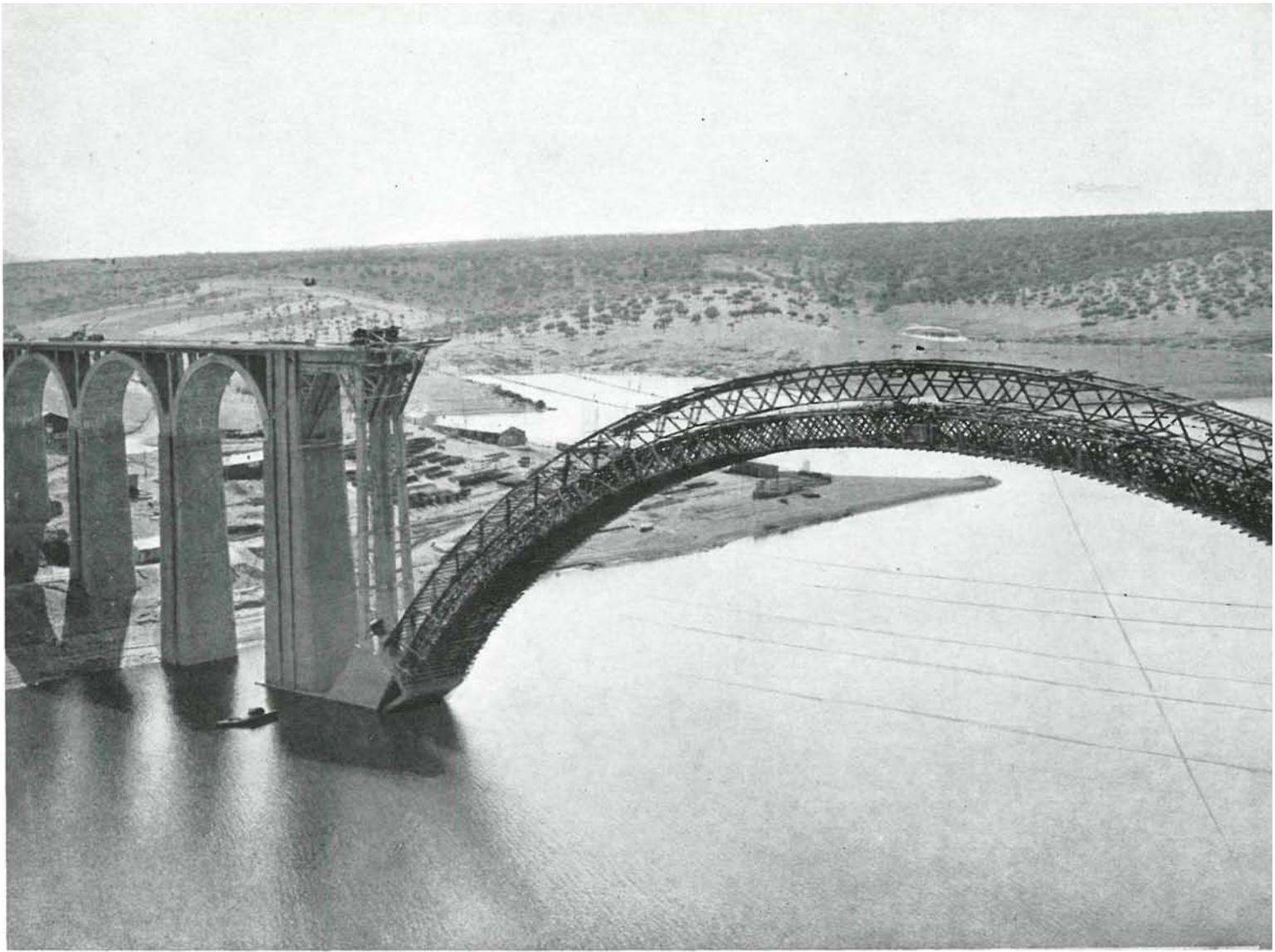


La aplicación de unos gatos, en los arranques y clave de la cabeza superior, la pusieron en compresión, obligándola, así, a soportar parte de la composición que hasta ese momento cargaba íntegramente sobre los cordones del trasdós. El conjunto pasa, con ello, de ser un arco triarticulado, a ser uno empotrado. Ya no había inconveniente en ello, porque, envueltas ambas cabezas de la cimbra por igual en gruesas secciones de hormigón, desaparecían las fuertes desigualdades de deformación que podían sufrir antes, mientras una cabeza estaba envuelta y la otra totalmente desnuda y expuesta a la acción de la intemperie.

A partir de este momento podían irse hormigonando, sucesivamente, los diferentes cordones hasta completar la sección definitiva.

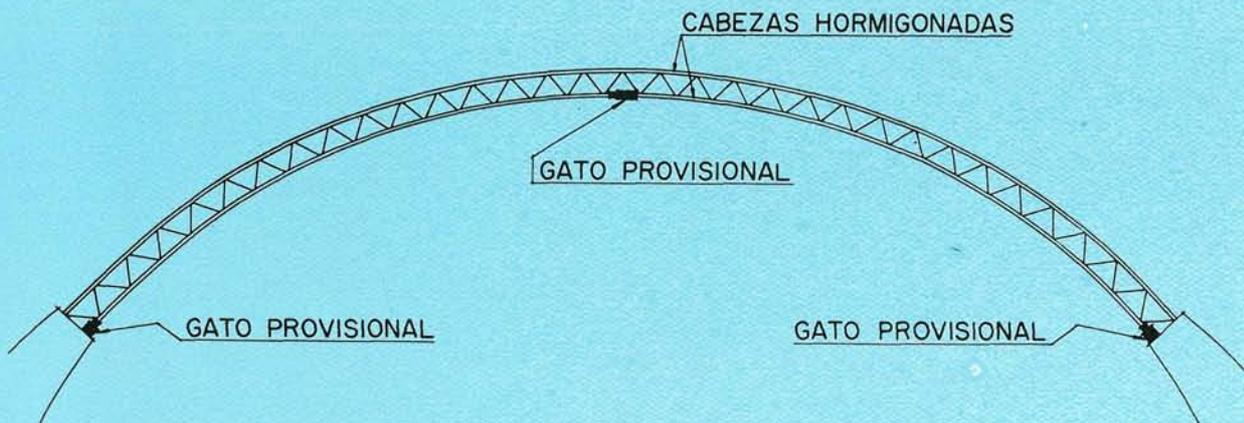
Hay que advertir, sin embargo, que se habían dispuesto los cuchillos de la cimbra de modo que quedasen alojados en los dos huecos laterales de la sección de hormigón; porque, de alojarlos en las paredes verticales de ésta, hubieran podido constituir superficies de más fácil deslizamiento y rotura del hormigón, ya que esas diagonales quedaban fuertemente inclinadas respecto a las máximas compresiones a lo largo del arco.



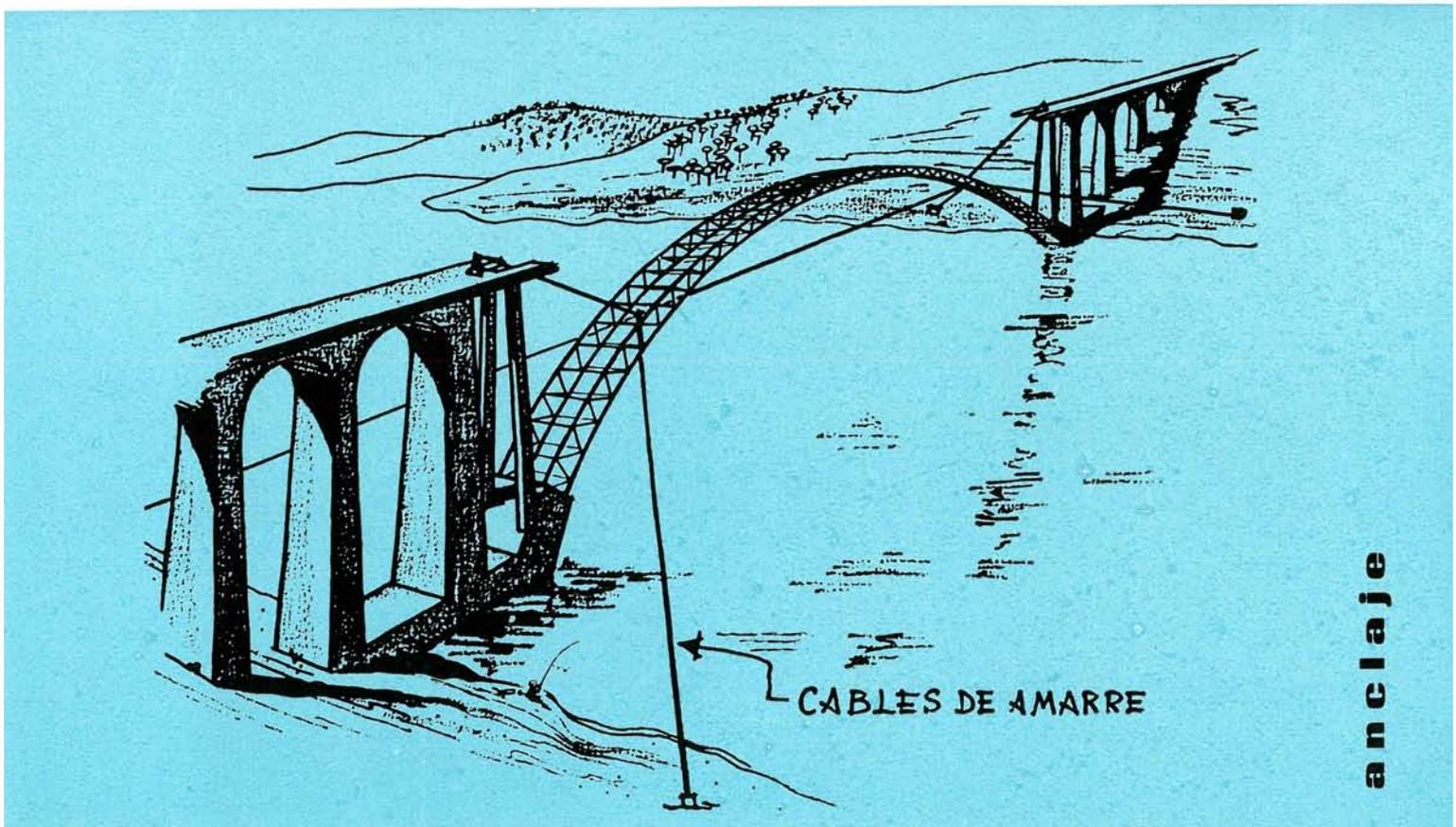


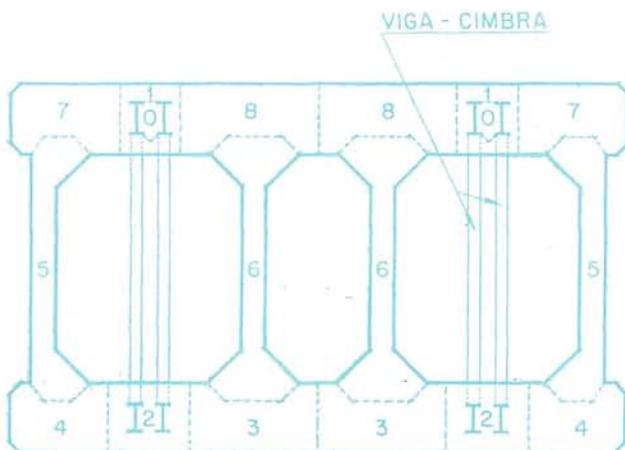
Como consecuencia de ello, la separación entre cuchillos de cimbra era relativamente pequeña y hubiera podido pandear lateralmente el conjunto de la cimbra bajo la acción del viento y de los propios pesos de los primeros cordones de hormigón.

Para evitarlo se fijaron, hacia los riñones del arco, dos botones de amarre que quedaban fijos en el espacio mediante sistema de cables y fuertemente anclados a las laderas rocosas, con los oportunos dispositivos para regular la tensión.



**corrección de deformaciones**





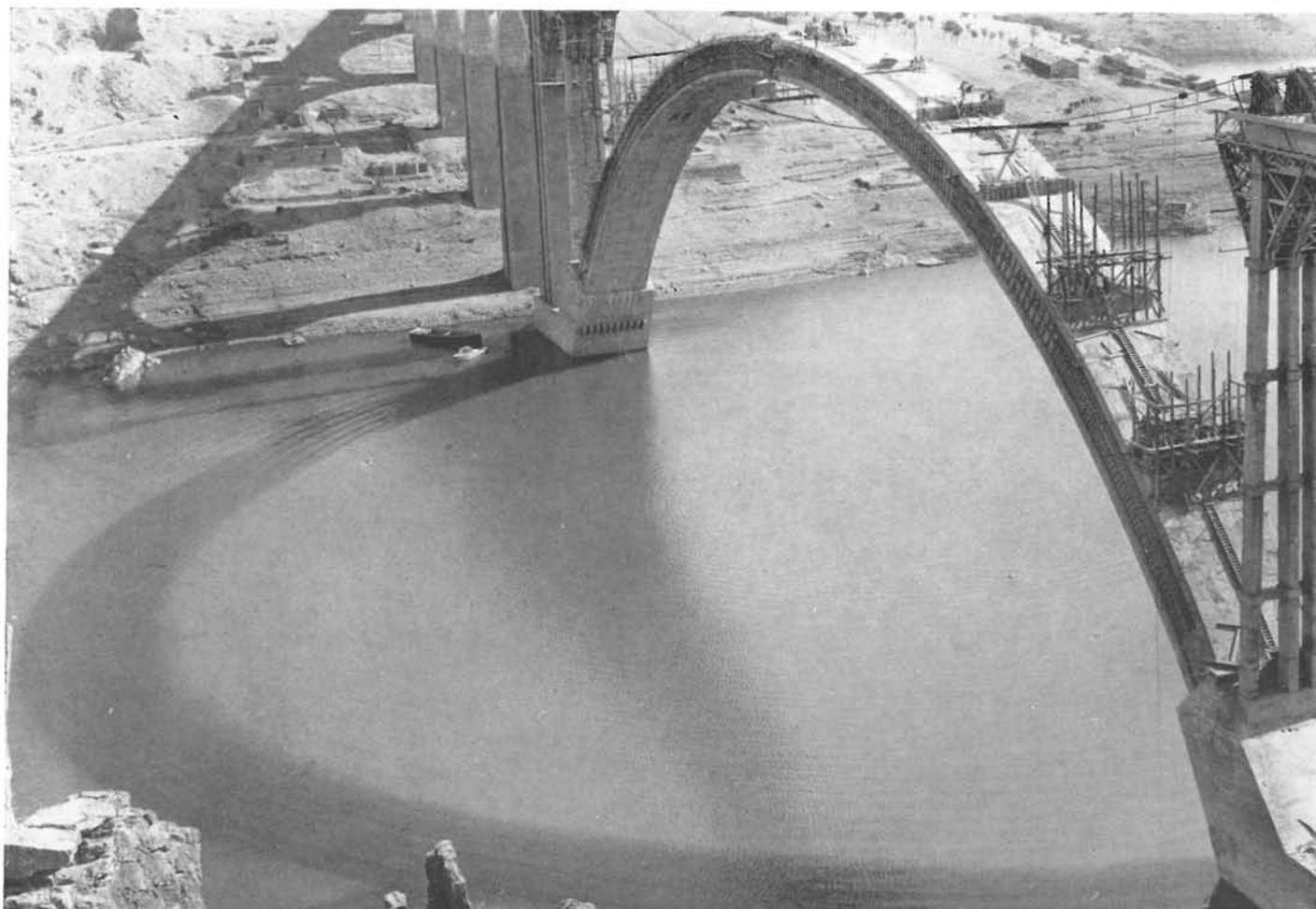
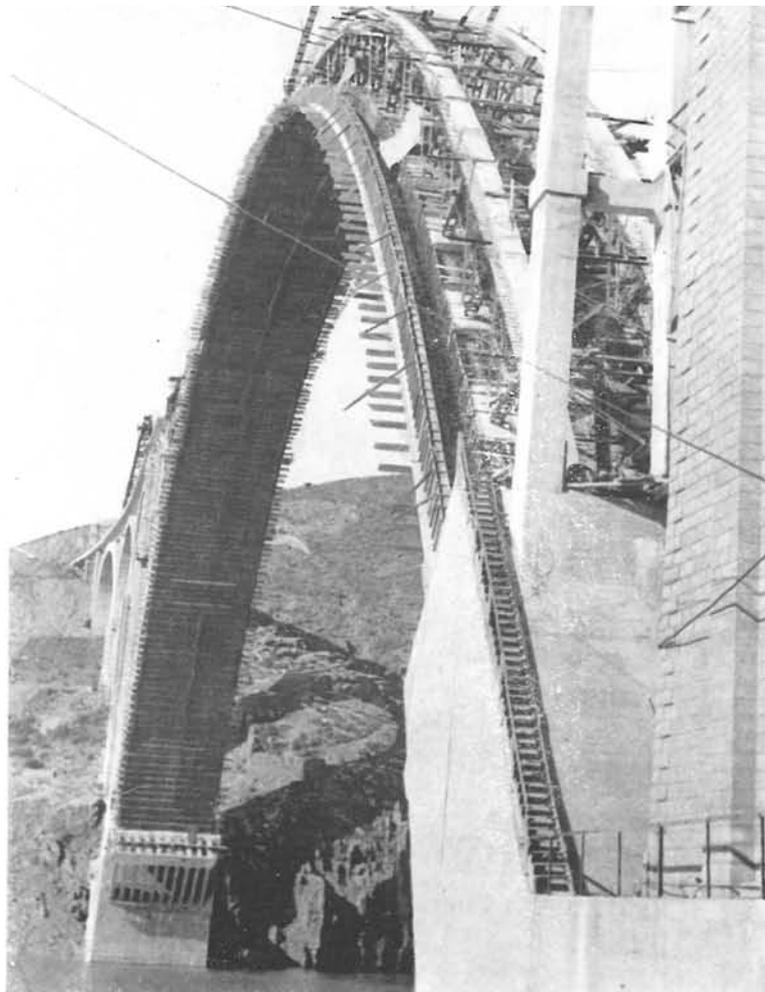
### fases de hormigonado

Estos botones pasaban a través de los correspondientes ojales o deslizaderas en la cimbra; de modo que ésta, si bien podía moverse libremente en el plano vertical, no podía tomar en esos puntos movimientos transversales, porque lo impedían esos botones fijos.

Volviendo al hormigonado del arco, éste se hizo, como se ha indicado, por cordones longitudinales sucesivos. Pero, además, cada uno de ellos se hormigonó por dovelas independientes según un orden preestablecido para producir las mínimas flecciones en la cimbra.

Cada dovela tenía la longitud comprendida entre dos nudos sucesivos de la misma. Entre dos dovelas contiguas se dejaba un espacio de algunos centímetros, que era hormigonado después de tres semanas del hormigonado de aquéllas para dar tiempo a que tomase la mayor parte de su retracción.

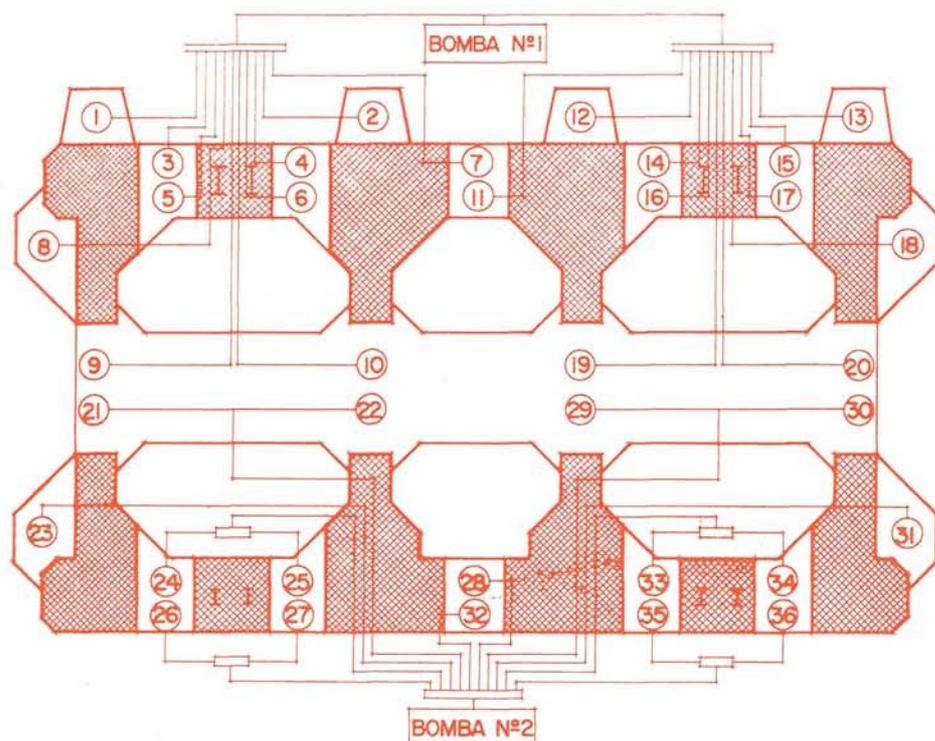
Una vez terminado totalmente el hormigonado del arco, se procedió, como es corriente, a abrir la clave mediante la aplicación en ella de 36 gatos hidráulicos capaces de equilibrar con holgura, sobre cada mitad del arco, el empuje de 7.500 t propio del arco bajo la acción de su propio peso. De este modo se abrió la clave 9 cm, lo que venía a compensar el acortamiento por retracción y por deformación elástica o lenta bajo la acción permanente de la compresión.

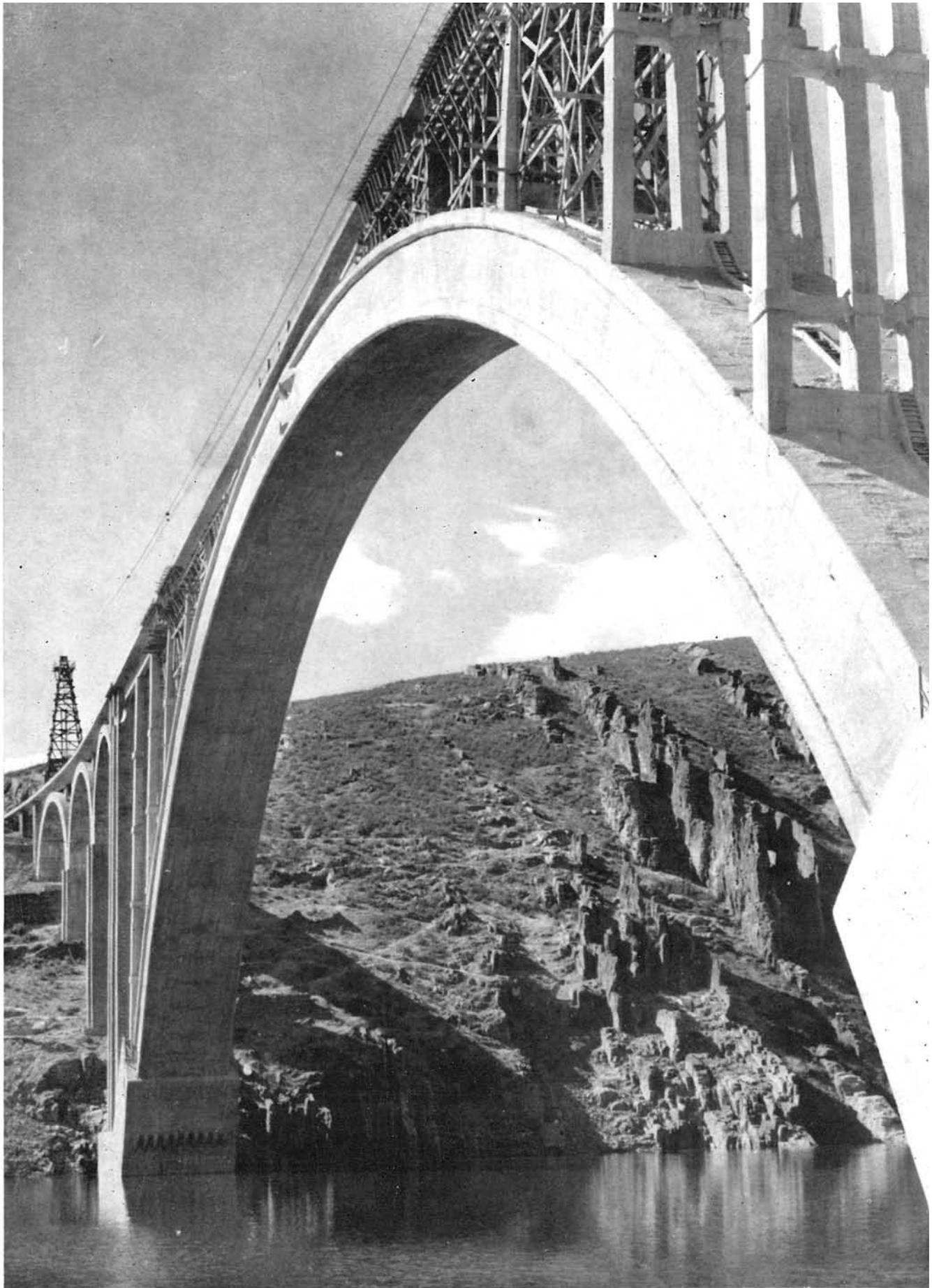


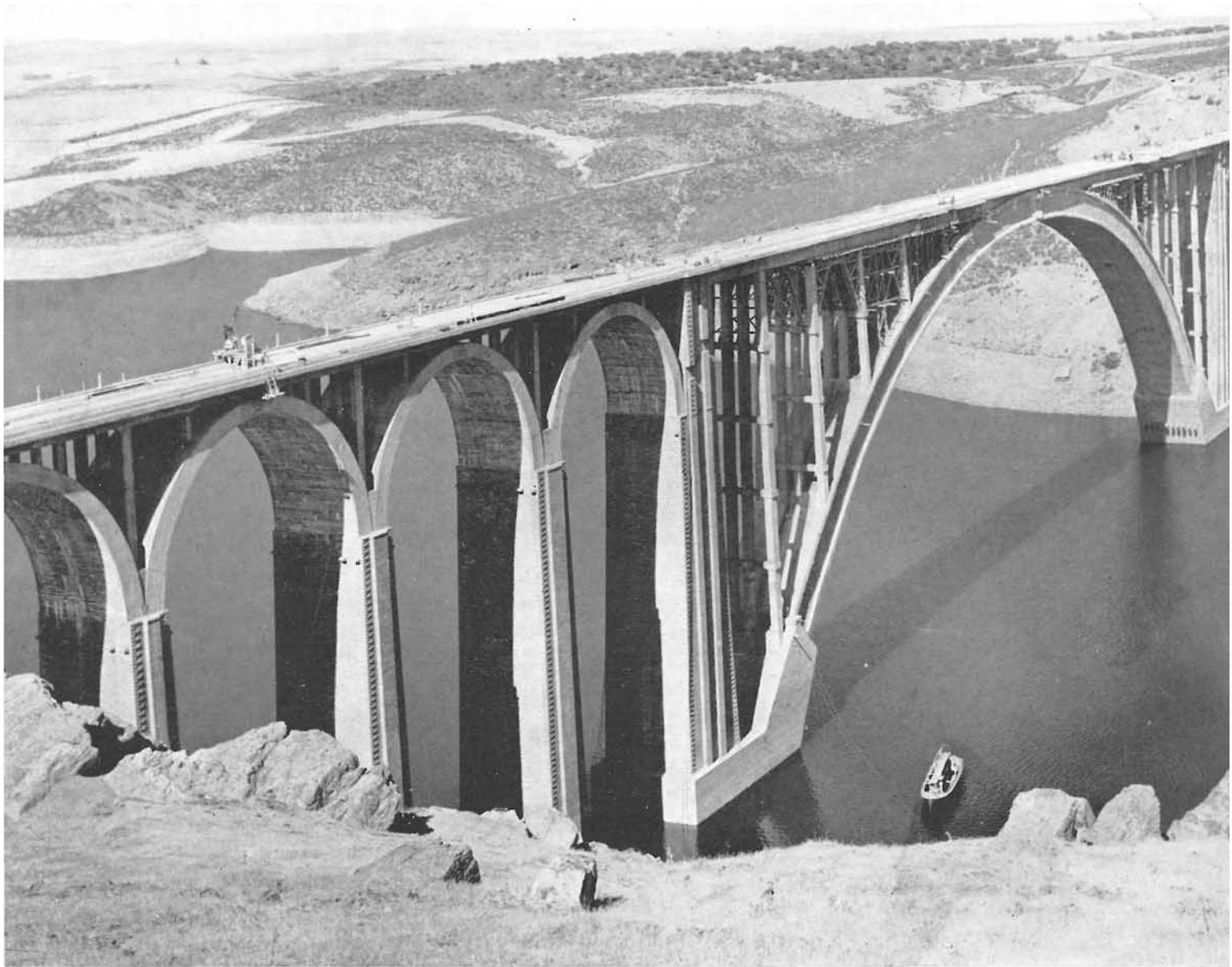
## apertura en clave

Una vez hormigonada esa abertura, retirados los gatos y hormigonados, también, los espacios que ocupaban, se procedió a la construcción, sobre él, de las palizadas y de la estructura del tablero, quedando, así, terminada la obra.

El proceso descrito se efectuó sin dificultad. Los botones de amarre funcionaron eficazmente, impidiendo el vuelco, aún bajo la acción de fuertes vendavales. Y las mediciones y observaciones, que continuamente se hacían, acusaron siempre un buen comportamiento del arco.







Sin embargo, el proceso seguido obligaba a una marcha relativamente lenta para dar lugar a la retracción de las dovelas y evitar desigualdades demasiado grandes entre las dimensiones de los distintos cordones; diferencias, por otra parte, que no pueden anularse totalmente con este sistema de construcción. Por ello, para otro arco de análogas dimensiones, propondría mejor el hormigonado continuo independiente—sin juntas transversales—de cada cordón; dejando provisionalmente juntas longitudinales entre unos y otros, atravesadas por armaduras para evitar su pandeo. De este modo podrían irse regulando las compresiones en cada uno de ellos mediante los gatos aplicados en clave sobre cada cordón por separado. Al final, bastaría hormigonar las juntas para dejar el arco terminado y en óptimas condiciones de reparto de los esfuerzos de compresión entre todos los cordones. Como no espero que la ocasión se me presente para ello, dejo aquí la idea por si a otros puede servirles.