



Foto: PAISAJES ESPAÑOLES

## puente sobre *el río*

# ebro

## Castejón-ESPAÑA

C. FERNANDEZ CASADO,  
J. MANTEROLA ARMISÉN  
y L. FERNANDEZ TROYANO,  
Drs. ingenieros de caminos

562-124



Vistas generales del puente desde aguas abajo. En segundo término aparece el puente del ferrocarril.

### sinopsis

El puente de Castejón sobre el río Ebro servirá a una comunicación norte-sur de gran importancia desde la ciudad de Pamplona al centro de España, con posible prolongación hacia Francia. Se ha construido para dos vías de comunicación únicamente, con una latitud total de 10,50, pero en su día será duplicado, es decir, pasará a doble carril en cada una de las direcciones con separación intermedia y andenes laterales y latitud total de 20,50. En la actualidad el pueblo de Castejón, adelantándose a este porvenir próximo ha construido por su cuenta esta importante obra, obteniendo una concesión de peaje para sufragar los gastos.

79

## Características generales

El río Ebro en esta zona tiene un cauce perfectamente delimitado en su margen derecha, con escarpe de altura suficiente para impedir la inundación de las tierras inmediatas, mientras que del otro lado se marca claramente el cauce medio, pero en avenidas el río lo desborda llegando a anegar una extensa zona en cerca de 2 km de anchura, aunque a 100 m de esta margen la elevación de nivel es muy pequeña y el agua circula con velocidad muy reducida.

De acuerdo con estas condiciones naturales hemos distribuido los vanos del puente en una primera zona de alrededor de 100 m a partir del escarpe correspondiente al cauce medio y una segunda de otros 100 m correspondiendo a las avenidas normales. El resto del desagüe será preciso asegurarlo mediante una sucesión de pequeñas obras de unos 10 m de luz a lo largo del terraplén definitivo, no sólo para aumentar el desagüe longitudinal sino para evitar que la corriente transversal erosione el pie del terraplén al vaciarse el agua acumulada, y además para mantener en todo tiempo la comunicación entre las tierras de labor, artificialmente incomunicadas por el alto terraplén que corta el cauce mayor en dirección perpendicular al río. Este terraplén se ha construido hasta una altura reducida en esta primera etapa, dejándose su elevación definitiva para cuando se duplique el puente.

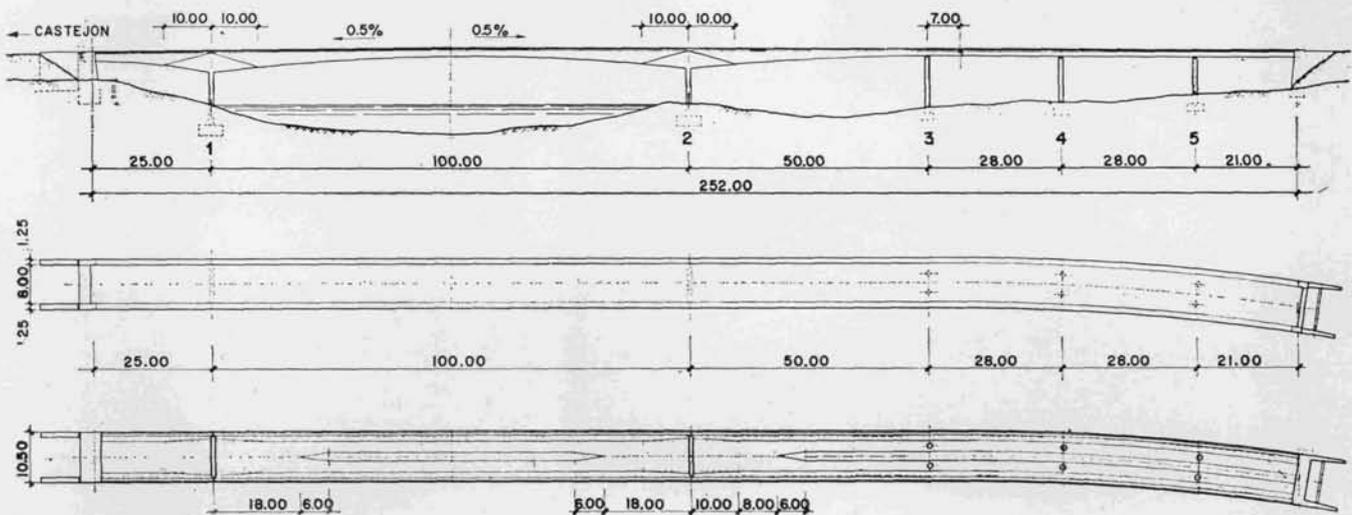


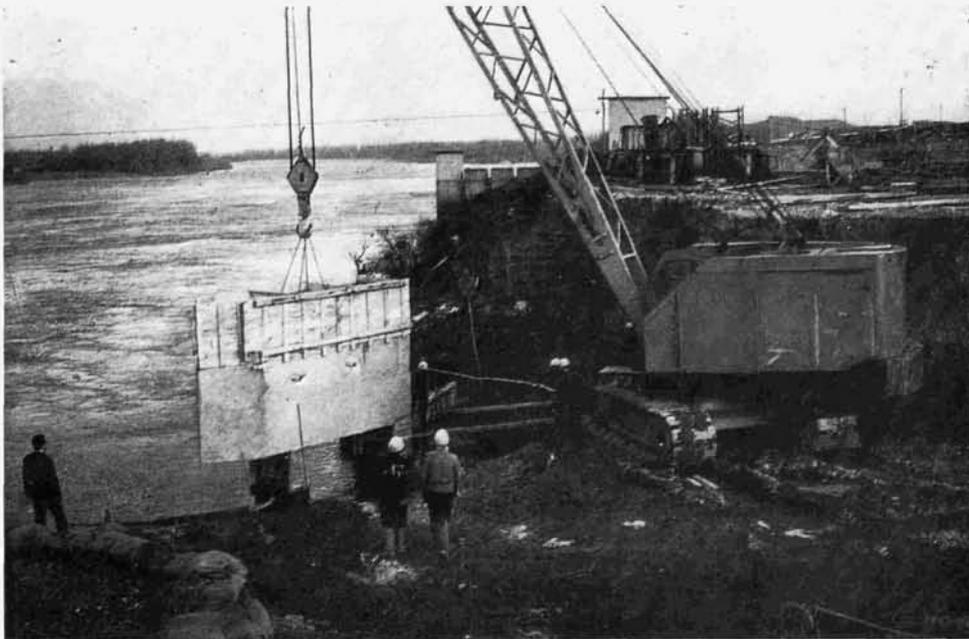
Iniciación de la obra en margen derecha.

## Esquema estructural del puente

Cumpliendo estas condiciones y además las correspondientes a la configuración del cauce en su fondo, tanto en su límite aparente por profundidades de agua, como en su límite consistente, es decir, donde hay que llegar con ciemientos, hemos determinado el esquema estructural del puente estableciendo una primera división en obra principal y obra complementaria.

La obra principal consta de tres vanos: el primero de 25,00 m. para salvar el escarpe; el segundo de 101,00, para cruzar el cauce normal, y el tercero de 50,00, hasta llegar al escalón de avenidas normales. La obra complementaria tiene dos vanos de 28,00 m y uno de 21,00, para completar el desagüe lineal que habíamos fijado como eficaz para avenidas extraordinarias.





Colocación del cajón para cimentación de la pila de margen derecha.

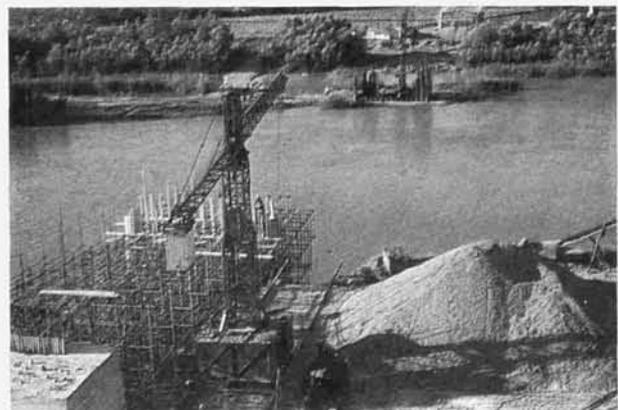
Los tres vanos de la obra principal se han organizado estructuralmente en dos elementos en T que se articulan con libre deslizamiento en el centro del vano mayor. Uno de los elementos es asimétrico con dinteles de 25,00 y 50,50 m y el otro prácticamente simétrico, pues los dinteles tienen 50,50 y 50,00 m de longitud. Esta simetría geométrica no tiene correspondencia en lo estructural ya que el segundo elemento T tiene uno de los dinteles formando con su homólogo del primero el vano de 101,00 m, mientras que el otro dintel constituye por sí solo el vano de 50,00 m y además avanza 7,00 m después de la pila correspondiente para enlazar con el dintel de la obra complementaria.

La obra complementaria se estructura en un dintel continuo de tres vanos, que se articula con libre desplazamiento por un lado en el estribo de margen izquierda y por el otro sobre la extremidad en ménsula del tramo principal. Los vanos complementarios así obtenidos son de 28 + 28 + 21 m; pero como el vuelo de la ménsula es de 7,00 m, tenemos un dintel de 70,00 m dividido en vanos de 21 + 28 + 21 m.

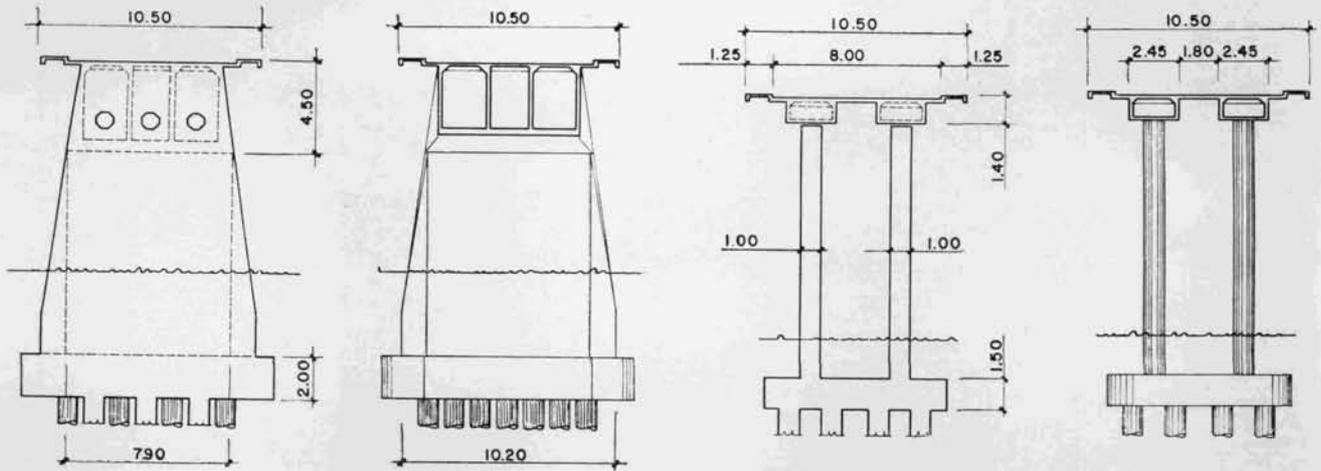
En estructura transversal adoptamos la misma sección para ambas zonas: dos cajones rectangulares, uno por carril, enlazados en toda su longitud por la losa superior que forma el tablero y por una losa inferior en zonas adyacentes a pilas principales. Además disponemos vigas riostras entre paramentos externos de cajones, en los planos de pilas, en centros de vanos y a los tercios de la luz en voladizos o a los cuartos de la luz en tramo complementario. Los cajones tienen una anchura constante de 2,45 m y una separación entre ejes de 2,125 m. La altura varía en la obra principal desde 1,80 m en estribo a 4,50 m sobre apoyos intermedios para volver a 1,80 m en la articulación central, terminando en 1,25 m en su empalme con el dintel complementario, que mantiene esta altura en toda su longitud.

La losa superior que forma el tablero es de 0,20 m, la inferior tiene espesor variable desde 0,55 m sobre pilas intermedias hasta 0,20 m en zona central y 0,30 m en extremidades. Las pantallas verticales tienen espesor constante de 0,20 m.

Las pilas son diferentes en cada una de las obras, pues en la principal son solidarias del dintel para formar los dos elementos en T, mientras que en la complementaria se articulan con él por intermedio de placas de neopreno zunchado. Esto ha influido decisivamente en su morfología, ya que las dos solidarias son tabiques de 1,00 m de espesor con tajamares triangulares simétricos en ambos frentes, mientras que las otras son parejas de columnas de 1,00 m de diámetro.



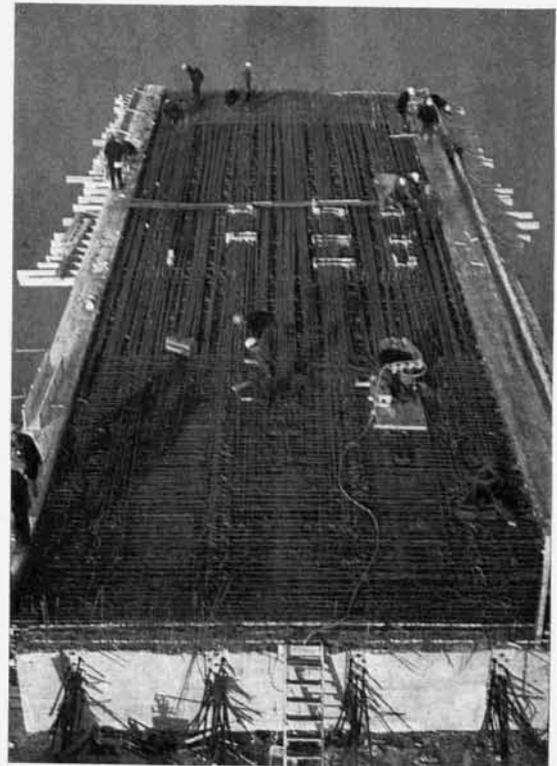
## secciones transversales



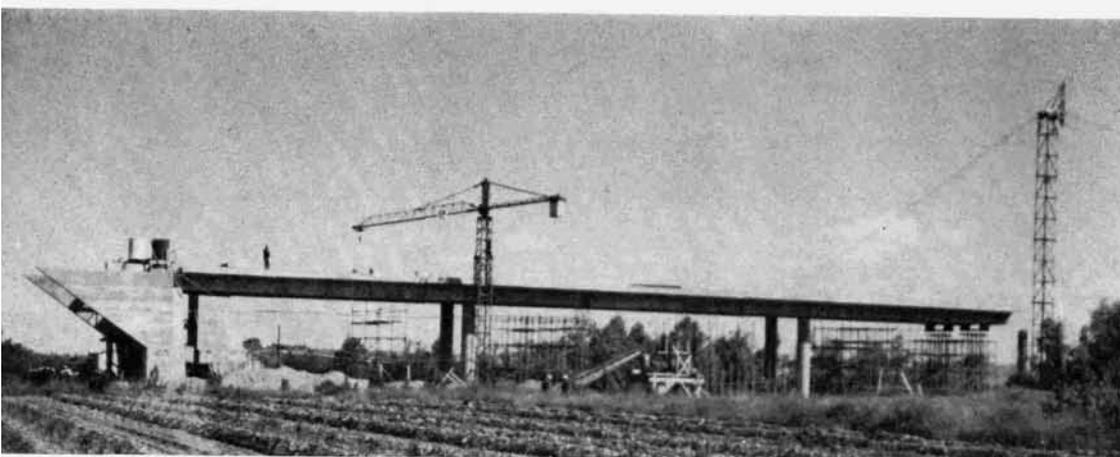
El estribo de la margen derecha es un macizo de toda la latitud del puente y sección trapecial con espesores de 4,50 y 3,50 m en base y coronación. Su papel es el de anclar la extremidad del dintel principal, que por razón de su asimetría estructural da acciones siempre ascendentes en esa extremidad. Se complementa con dos muros de acompañamiento independientes, cimentándose muros y estribo directamente sobre el conglomerado resistente que forma la margen derecha.

El estribo de margen izquierda es un macizo que ha de resistir las cargas verticales transmitidas por el dintel, los empujes del terraplén y parte del frenado en el tramo complementario y está constituido por macizo trapecial con aletas triangulares longitudinales en voladizo de 7,50 m, con lo cual tenemos una sola cimentación que se lleva al terreno firme mediante pilotaje.

Las cimentaciones de las pilas también acusan la diferencia en las condiciones del terreno en ambas márgenes, pues la de pila primera, situada en el borde derecho del cauce de avenidas normales, es directa sobre los conglomerados que afloran muy próximos, lo que ha determinado el escarpe de esta margen, mientras que las restantes pilas se han llevado al conglomerado a través de pilotajes de 11 pilotes en pila segunda y de 4 en las otras tres, todos de 1,00 m de diámetro con longitudes que llegan a 15 m. Los pilotes se recogen en zapatas rectangulares con extremidades en semicírculo, por si la erosión fluvial las deja al descubierto, todas ellas coronadas al mismo nivel previsto para la socavación futura.



Armadura de la zona primera del dintel horrigonada in situ.



Vista de los tramos complementarios.

Las zapatas de pilas secundarias tienen una longitud total de 8,75 m, latitud de 2,00 y espesor de 1,50, y las de pilas principales 12,00, 5,00 y 2,00, respectivamente.

Las articulaciones de enlace de dinteles son dos de libre deslizamiento, una en el centro del vano principal y la otra en el empalme de ménsula y dintel de obras principal y complementaria, respectivamente. La primera ha de transmitir cargas verticales tanto ascendentes como descendentes y se organiza cortando las extremidades de los dinteles a media altura y disponiendo entre las superficies horizontales de corte un rodillo de acero especial de 55 cm de longitud y 25 de diámetro y enlazando caras superior e inferior mediante cuatro cables verticales anclados en las mismas y alojados en tubos de uralita al atravesar la zona de corte. En la otra articulación tenemos cilindros de acero especial de 120 mm de diámetro y una longitud de 500 mm.

Las articulaciones para sustentación del dintel sobre las columnas son de neopreno zunchado en placas de  $100 \times 80$  cm y espesor de 2,5 cm. En el apoyo sobre estribo las placas tenían  $80 \times 25$  cm y un espesor de 5,1 cm.

Se ha utilizado el sistema de pretensado Freyssinet con unidades de doce alambres de 7 mm. Los cables se iban introduciendo a medida que los voladizos iban llegando a las secciones de anclaje, habiendo de dos a seis anclajes por dovela. A veces no se podían tesar todos los de una misma sección para no rebasar la tensión admisible en cabeza superior, debiendo dejarse para fecha posterior, por lo cual se disponían cajetines laterales en el interior del cajón. De no ser así, las cabezas de anclaje quedaban en el grueso de las cabezas o de las almas. El número total de unidades activas es de 112 como máximo por cajón, dispuestas en dos capas sobre los apoyos intermedios en cabeza superior, terminando seis barras en extremidades de esta misma cabeza. En la cabeza inferior se dispone una armadura activa con unidades del mismo tipo en extremidades de los voladizos que llegan a ocho en los voladizos libres, siendo más importante en número de barras y longitud en el vano que se construye en voladizo, pero luego queda apoyado, prolongándose en vuelos de 7 m dentro del vano contiguo, puesto que en este vano los momentos dintel son de mayor importancia.

Por el contrario, en el vano de 15 m los momentos serán siempre tipo ménsula en toda su longitud, a excepción de la etapa constructiva, donde empieza trabajando como dintel simplemente apoyado. Esto último exige la introducción de una armadura en cara inferior para hacer frente a las tracciones que por dicha causa aparecen en esta cara. Pero en cambio, después, para disminuir los momentos ménsula y al mismo tiempo las reacciones ascendentes en el estribo de margen derecha, se rellenó con hormigón la cola del cajón en la mitad de su longitud, es decir, en la zona comprendida entre la rios-tra intermedia y la de extremidad.

En el dintel correspondiente a la obra complementaria, que como ya hemos indicado resulta simétrico al disminuir en 7 m la longitud que corresponde en el vano adyacente al vano principal, se ha dispuesto la armadura activa en cada cajón pasando desde la cabeza superior en las zonas sobre apoyos a la cabeza inferior en zonas centrales, dividida en dos grupos, que constan de cinco a diez unidades, no conservándose cada plantilla más allá de dos incurvaciones, haciéndose los relevos de cables en zonas próximas a los cuartos de la luz en cada vano. Se dispusieron anclajes activos en sus dos extremidades, que se localizaban en cajetines lo mismo en cabeza superior que en inferior. De este modo se hacía el tesado desde am-

bas cabezas disminuyendo al mínimo las pérdidas de pretensado por rozamiento en curva.

Se dispusieron vigas riostras sobre apoyos y al cuarto de la luz, las cuales enlazaban entre sí ambos cajones, disponiéndose en aquéllos un pretensado en triple incurvación con tres cables de 12  $\varnothing$  7, y en éstos, cuatro cables rectos uniformemente distribuidos en la altura.

### **Proceso constructivo**

Como ya hemos indicado, el proceso constructivo estuvo presente desde la iniciación del proyecto. Al decidir un tramo de alrededor de 100 m para salvar el cauce principal, estaba ya pensado para construirse por voladizos sucesivos con independencia de las avenidas, así como el vano siguiente de 50 m, que corresponde a un brazo secundario del río que funciona en avenidas normales. En cambio, el primer vano que se encaja en el escarpe de margen derecha se pensó siempre ejecutarlo in situ.

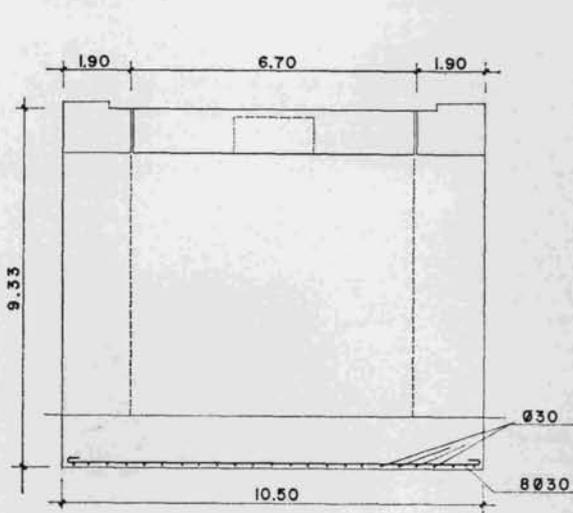
Para la construcción por voladizos sucesivos se tenía la experiencia del puente de Almodóvar sobre el Guadalquivir (ver «L'Industria Italiana del Cemento», marzo de 1966), que se realizó por montaje de dovelas prefabricadas de peso reducido, alrededor de 10 t, manejables mediante blondín normal. Se utilizaron los mismos procesos constructivos que en aquél, a excepción de la solidarización de juntas, que entonces fue mediante interposición de rellenos de mortero de unos 5 cm de espesor y en éste por pegado con epóxido en espesores del orden del milímetro.

En la prefabricación se recurrió como en aquél a la ejecución de las dovelas adosadas en la misma posición relativa que habrían de tener definitivamente, ejecutándolas alternadamente dentro de un molde con toda la longitud de un voladizo y sobre soleras de hormigón que se moldearon reproduciendo la superficie del intradós sobre el suelo en la margen derecha. A consecuencia de ciertas dificultades administrativas, totalmente ajenas a la marcha de la obra, se llegó a moldear los seis voladizos completos que correspondían al prefabricado total. En condiciones normales se habían previsto sólo dos soleras y un molde completo con encofrado de madera.

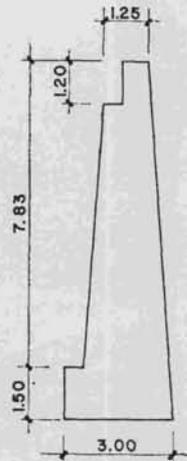
Las dovelas se hormigonaron con la ayuda de una grúa de gran brazo que se desplazaba longitudinalmente en el parque y que abastecía también de materiales al vano primero construido in situ. Las dovelas se trasladaban mediante un pórtico que corría sobre las bancadas, hasta el plano de actuación del blondín que las recogía, llevándolas por el eje del puente hasta cualquiera de los seis tajos que se dispusieron para realizar simultáneamente los seis voladizos. Antes de que fuera recogida una dovela por el blondín se procedía a la limpieza y mejora de su superficie de contacto, mediante chorro de arena, que se aplicaba sin producir merma apreciable, y a continuación se extendía el epóxido, terminado lo cual se trasladaba para colocarla inmediatamente. Simultáneamente se había hecho el extendido de epóxido en la cara de la dovela ya colocada en la extremidad del voladizo que iba a alargarse con la nueva dovela. Una operación muy importante en este sistema constructivo es la adaptación de ambas dovelas que, como ya hemos indicado, se habían moldeado una contra otra. Es preciso volver a enfrentarlas con suma exactitud, obligando a refluir en todo el contorno, por fuera y por dentro, el epóxido sobrante.

Para lograr este resultado cada dovela quedaba montada destacando un retallo saliente en losa inferior, sobre el cual ven-

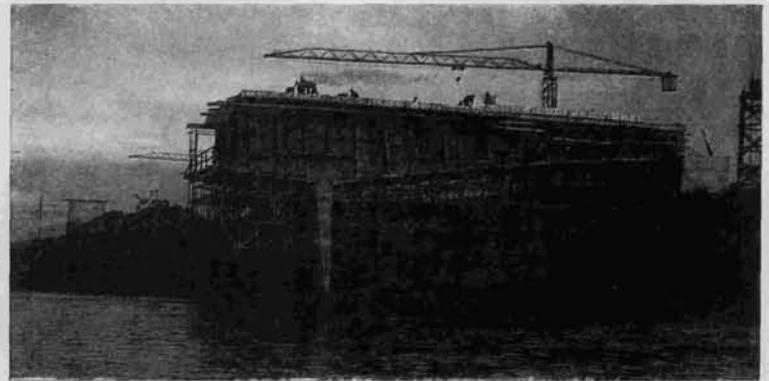
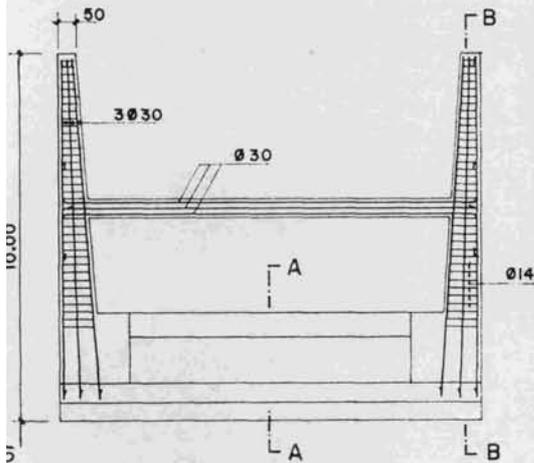
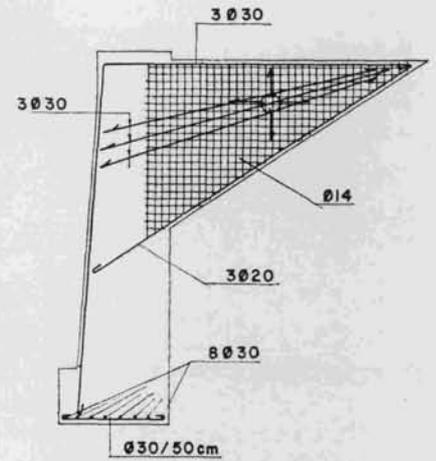
## detalles del estribo izquierdo



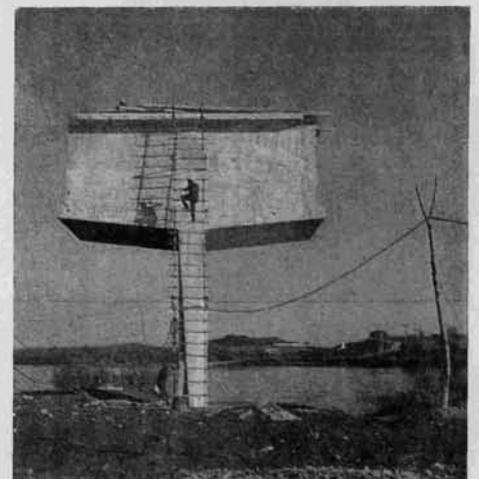
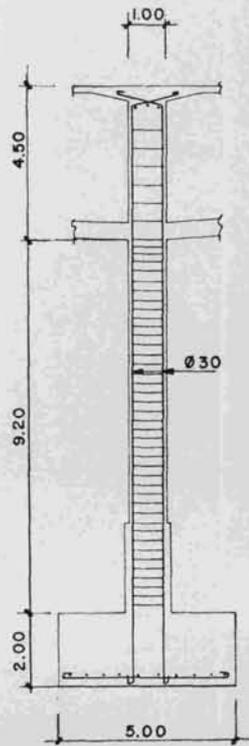
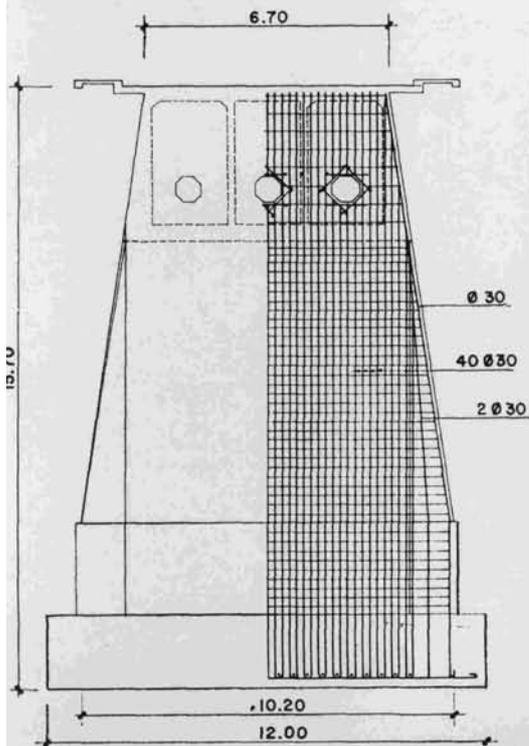
SECCION A-A



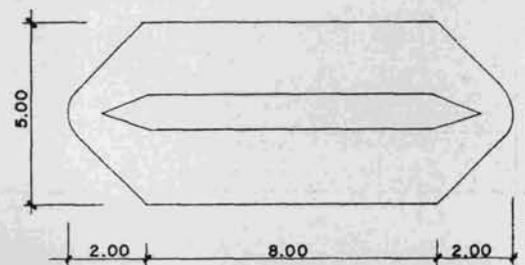
SECCION B-B



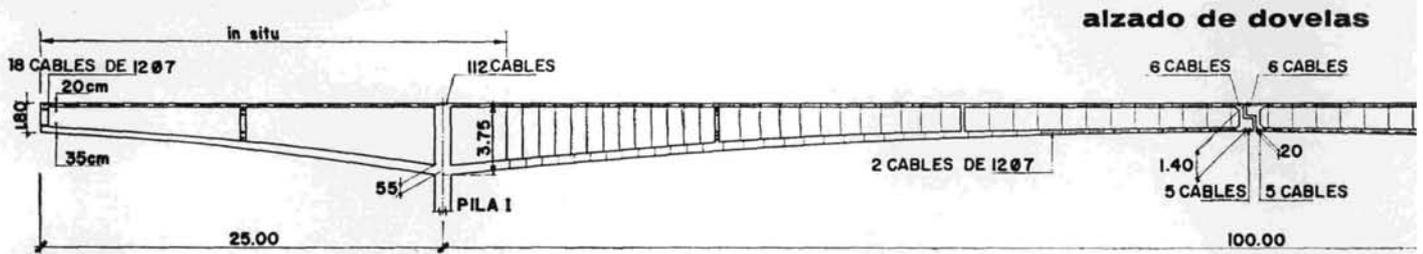
Zona de dintel principal  
construida in situ.



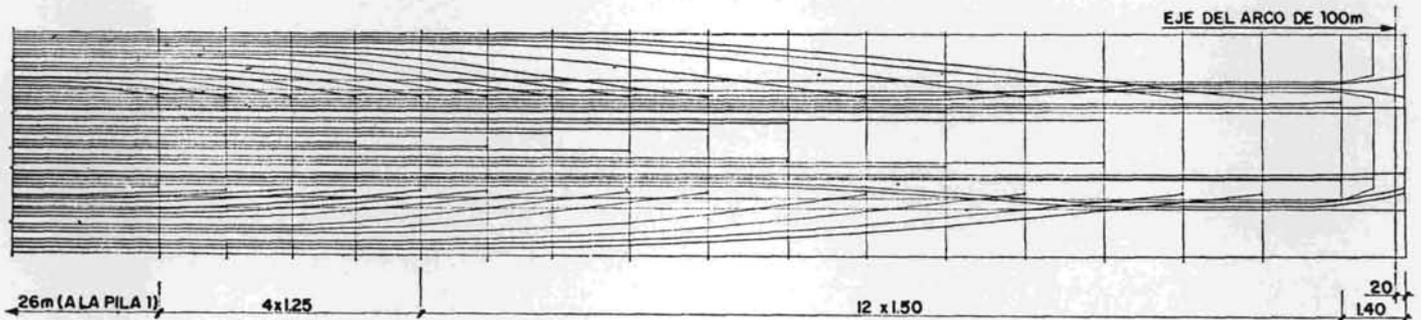
detalles de la pila  
intermedia



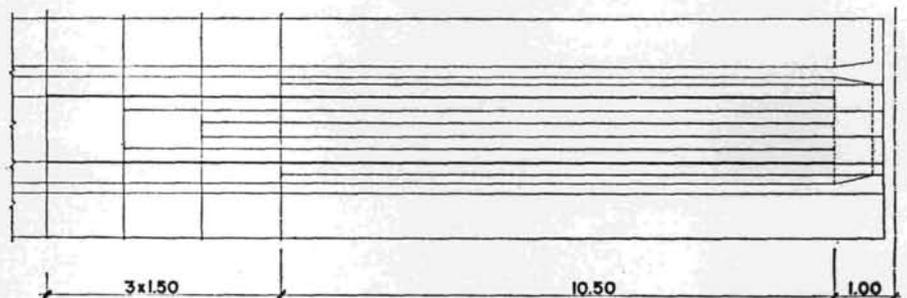
## detalle de las armaduras activas



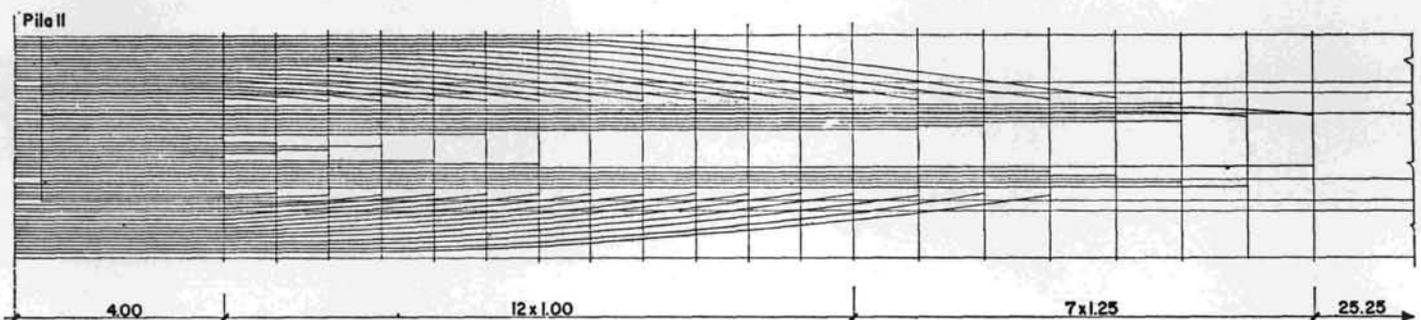
## armadura de las ménsulas del vano central

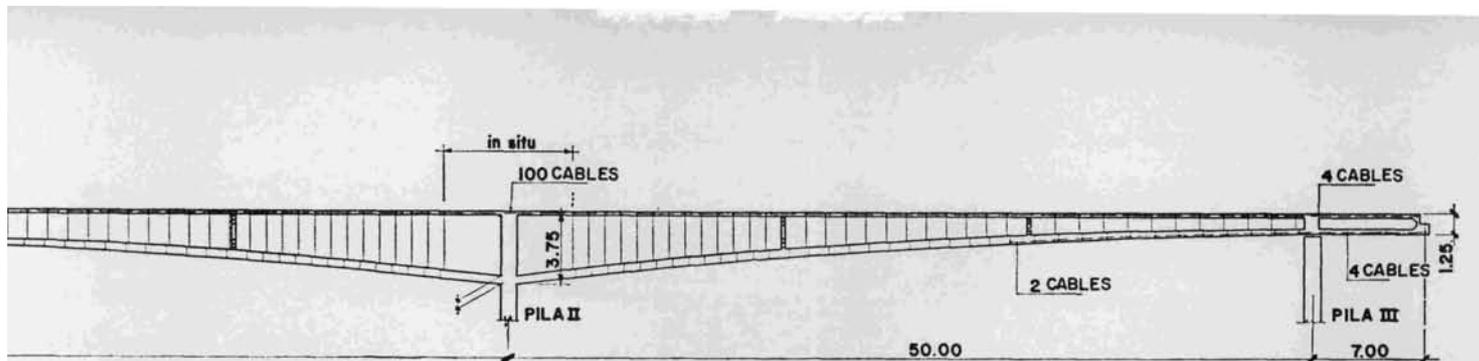


## armadura del dintel extremo de 25 m

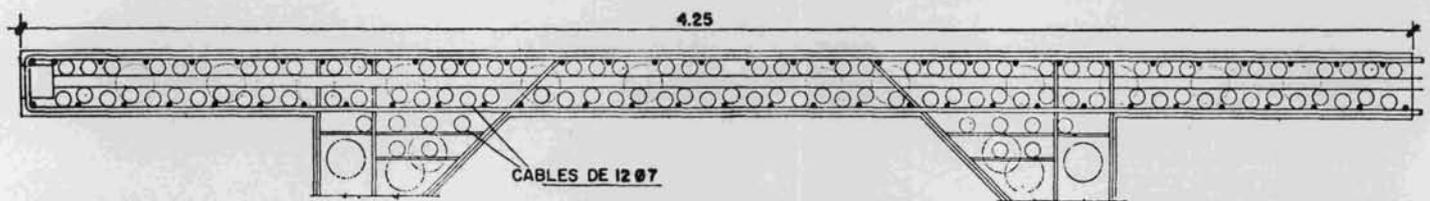


## armadura del vano de 50 m



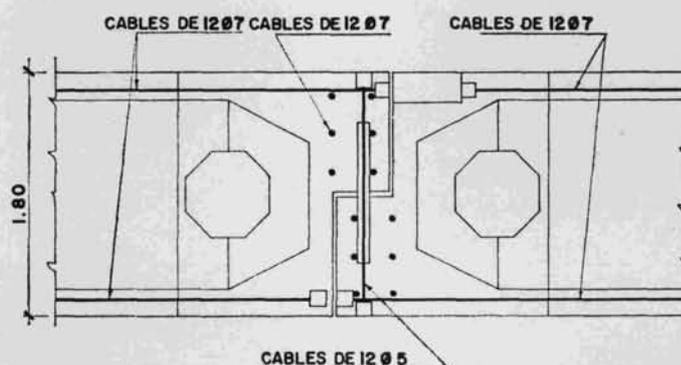
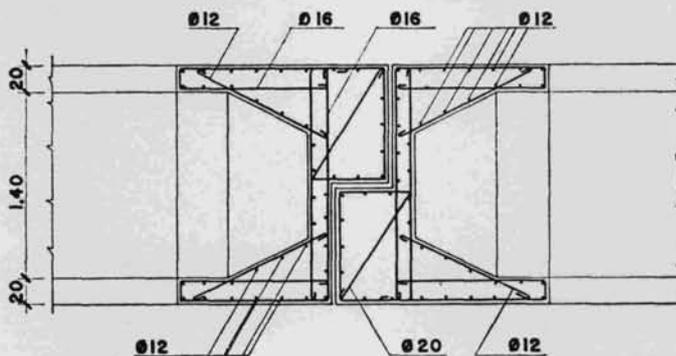


### semi-sección por apoyos



dría a apoyarse el entrante correspondiente de la dovela siguiente, que además quedaba así materialmente apoyada desde el primer momento. Se regulaba fácilmente la coincidencia de los planos exteriores o interiores de las almas de ambas dovelas y se forzaba a la coincidencia mediante tiro con pequeños cabrestantes situados uno en el interior del cajón y otro sobre el tablero. En algunas ocasiones se recurría a los propios cables de pretensado para forzar el ajuste. En cuanto éste se lograba se procedía a terminar el enhebrado de los cables que anclaban en esa dovela, los cuales ya estaban preparados, haciéndose el tesado cuando el epóxido había adquirido una cierta consistencia, para lo cual, normalmente, no hacía falta esperar. Podían colocarse dos dovelas diarias en cada tajo, aunque no fue preciso llegar a esta velocidad.

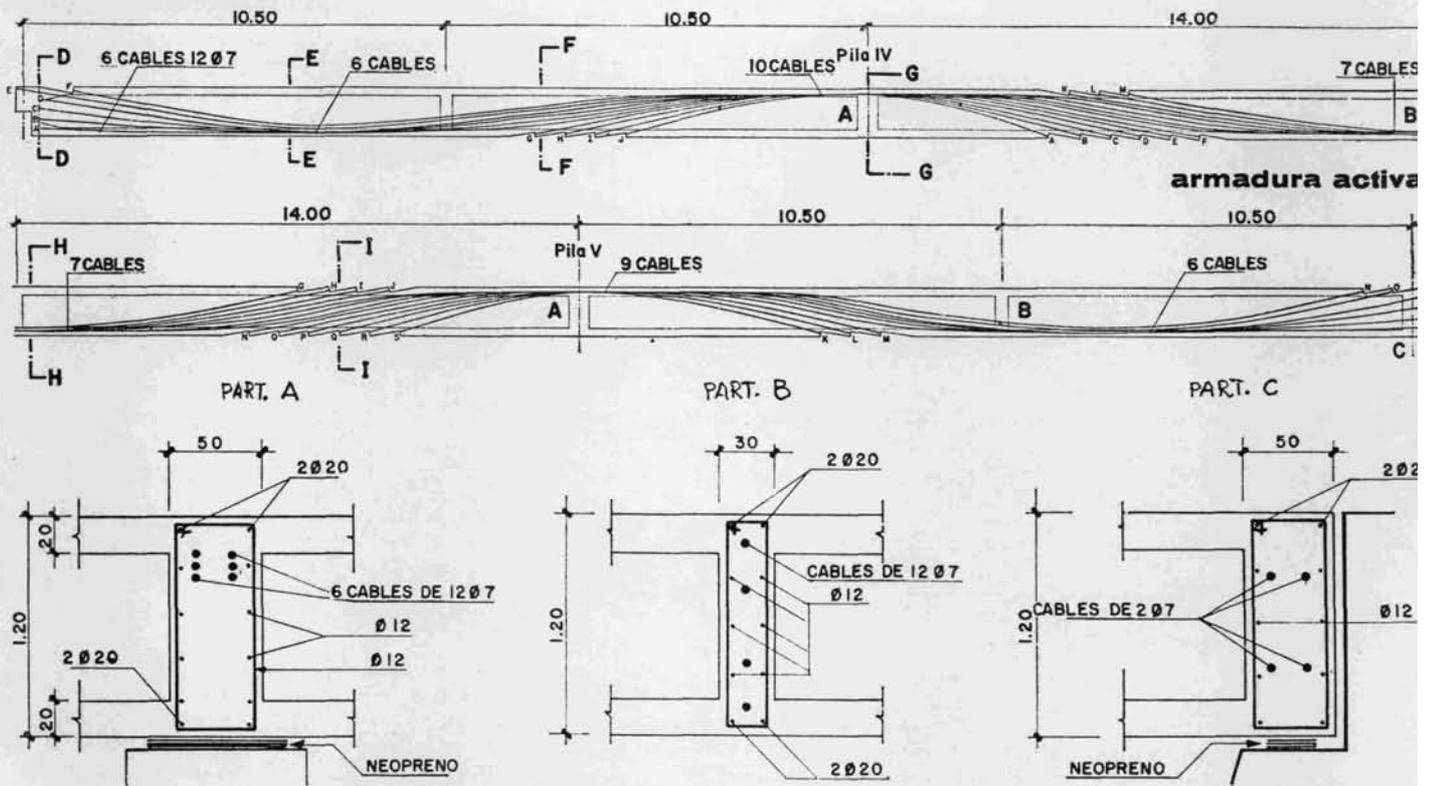
### detalles de la articulación central



En el elemento T con voladizos simétricos se llevaba el montaje con simetría respecto de la pila, avanzando simultáneamente en los dos cajones de cada lado. Se instaló un antejo fijo para seguir en todo momento la verticalidad del eje de la pila, observándose perfectamente la inclinación que correspondía a las situaciones sucesivas con una dovela de diferencia entre ambos brazos, habiéndose cambiado el orden de colocación cuando por la asimetría correspondiente a la diferencia de geometría de las dovelas se invirtió la condición de desequilibrio secundario que correspondía a las situaciones con el mismo número de dovelas. Es preciso tener presente que la pila tenía únicamente 1,00 m de espesor y que se volaron desde ella brazos simétricos, con vuelos crecientes hasta 50 m.

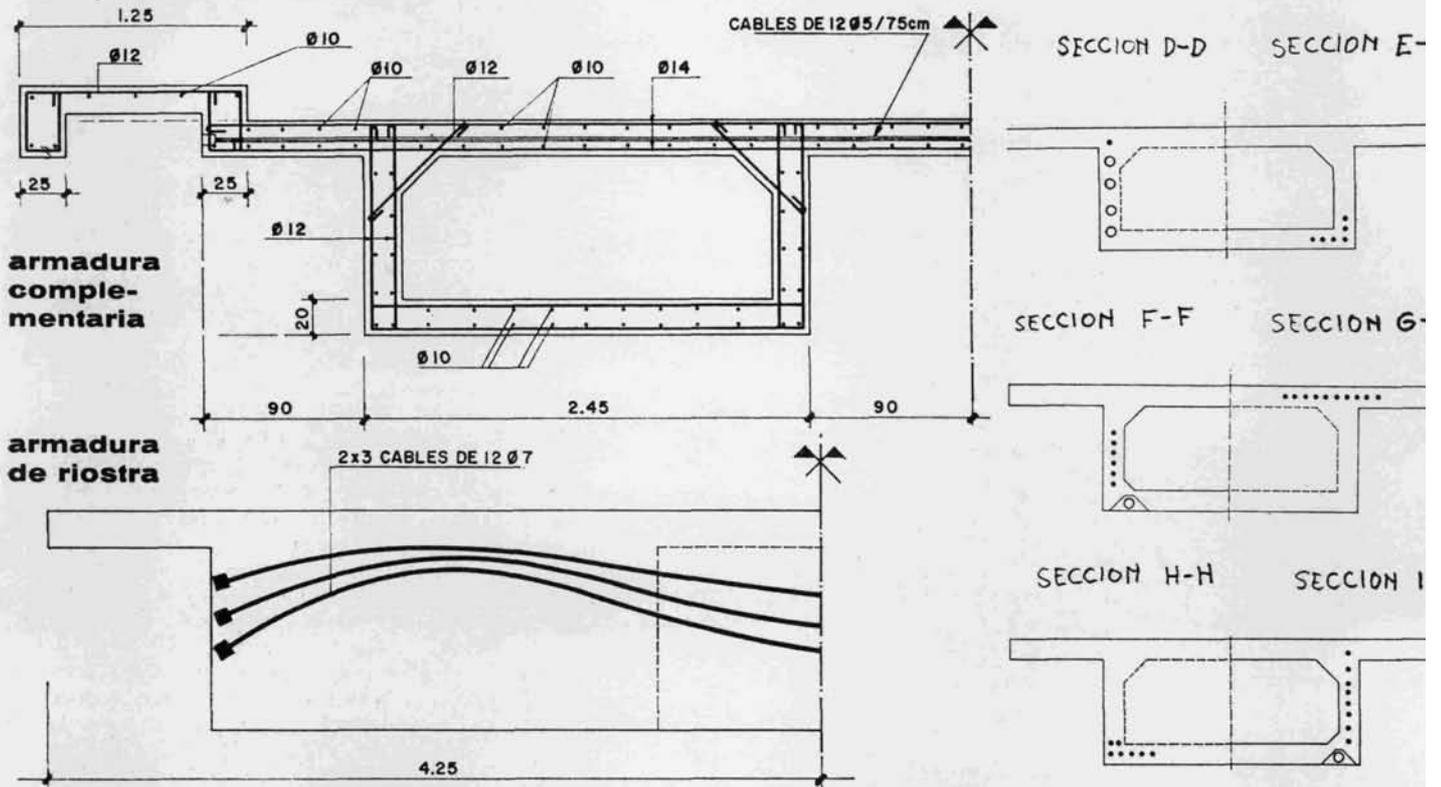
En el otro elemento T con asimetría total de brazos de 15 y 50,50 m, se construyó in situ el primero, que se ancló en su estribo avanzándose por dovelas sólo en el voladizo central, que se llevó también con simultaneidad de avance en ambos cajones. Pudiera haberse hecho avanzando primero en ambas direcciones hasta alcanzar por un lado el estribo, pero al quedar en seco la zona escarpada que corresponde al vano primero resultaba más sencillo construirlo con encofrado sobre andamiaje de tubo. Esto ha impuesto la utilización eventual de una armadura activa en cabeza inferior que, como ya hemos indicado, se recuperó al terminar el voladizo central. También se tomó la precaución de articular provisionalmente para giros la cabeza superior del pilar con doble entalladura

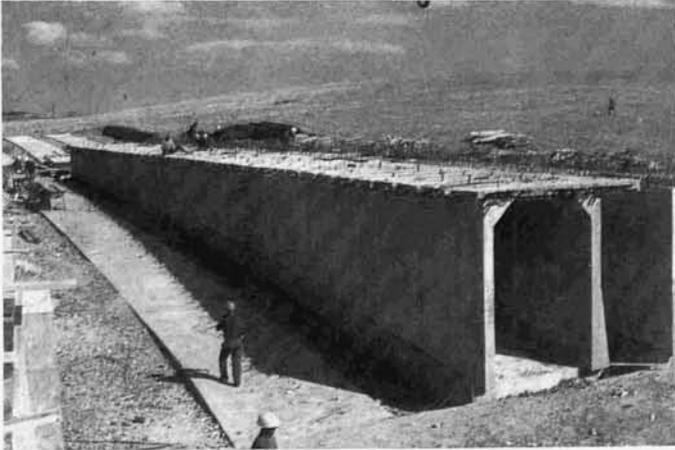
## detalles del dintel del tramo complementario



## vigas riostras

### secciones del cajón





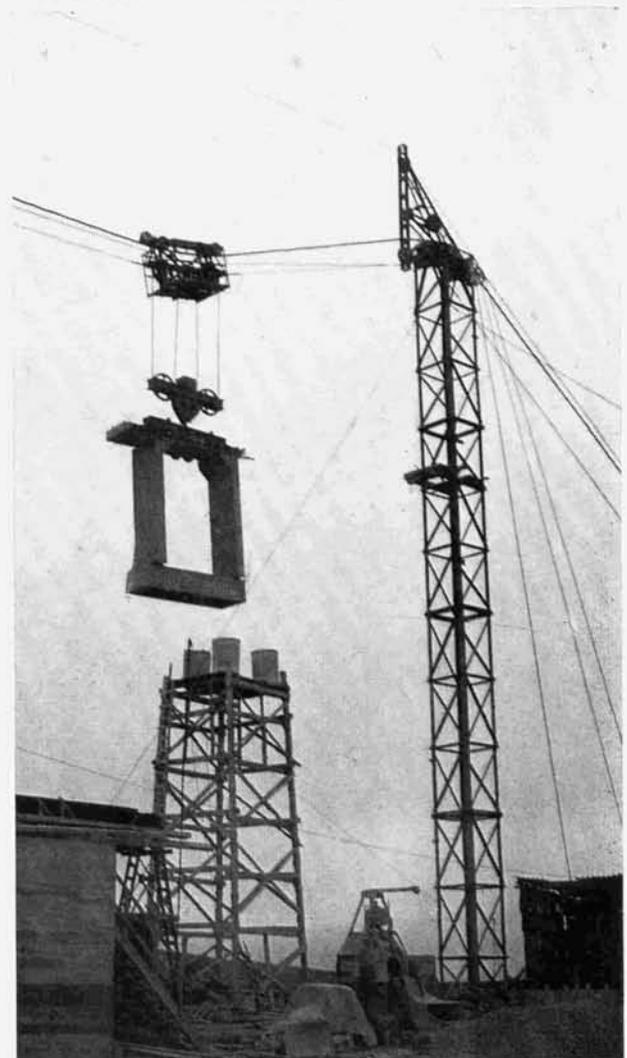
Uno de los seis elementos de dintel que se prefabricaron por dovelas para montar por voladizos sucesivos.

Ejecución alternada de las dovelas de un voladizo que se moldean en molde externo total.

en el hormigón de la sección superior y dejando las armaduras verticales del pilar cortadas pero dispuestas para unir las por soldadura al final, rellenando después las zonas entalladas. De este modo el pilar no tomaba flexión por giro, compensándose directamente la flexión en los dos brazos del dintel.

El enlace entre los dos medios dinteles que integran el vano central se hizo construyendo las extremidades de los voladizos in situ, lo cual permite trabajar con más comodidad en la articulación correspondiente y además rectificar las pequeñas diferencias de nivel que pueden existir entre las extremidades de los voladizos. Esta operación se efectuó antes de haber enlazado con el dintel del tramo complementario, pero después de haber prolongado el brazo correspondiente en el voladizo de 7,00 m, que se roba a dicho tramo y sin apoyarlo sobre la pila que limita el vano de 50 m. Esta unión entre ambos dinteles se realizó construyendo también in situ las extremidades, que se enlazan a través de la articulación de rodillo que se colocó al final, pero antes de desapuntalar la extremidad del dintel complementario a la que corresponde la cabeza superior del ensamble a media altura de ambas extremidades.

El control de los niveles de los voladizos durante el proceso constructivo es muy importante, pero no sólo para conseguir un enlace natural en los empalmes, sino en vista de la evolución lenta posterior por las deformaciones de fluencia, retracción y pérdidas de pretensado; estas últimas debidas también a fluencia en el hormigón y el acero de las armaduras activas.



La dovela en el momento de ser transportada por el blondín después del tratamiento por chorro de arena y la aplicación del epóxido.

Este problema del cálculo de las deformaciones verticales de los voladizos por acción de las cargas permanentes ha de llevarse a cabo primero durante la construcción, ya que el sistema de voladizos sucesivos va haciendo crecer por un lado la luz de los vuelos y por otro las cargas a que van estando sometidos, con otra doble variación en las características de deformación de los mismos, ya que se van integrando por dovelas que tienen diferente antigüedad y van entrando en carga a edades diferentes en su proceso de endurecimiento. Ambas condiciones temporales determinan una diferencia en sus coeficientes de deformabilidad, decalándose entre sí las curvas de fluencia, pues tienen distintas edades en un momento determinado, pero además tienen distinta forma al cambiar los tiempos relativos de cada una para los incrementos de cargas. El proceso de cálculo ha de tener en cuenta todas estas condiciones y, aunque se parta de una curva de fluencia tipo que dependerá del hormigón que se fabrique, es preciso seguir por iteraciones dobles en la fase de construcción y por iteraciones sencillas después de enlazar definitivamente todos los elementos. Únicamente mediante el cálculo por ordenador electrónico es posible llegar a unos resultados válidos para calcular los niveles e inclinaciones a que deben colocarse las sucesivas dovelas a lo largo del proceso constructivo. Se comprende que es preciso seguir fielmente el proceso constructivo en sus dos aspectos de fechas de moldeo de las dovelas y fechas de colocación en obra de todas ellas, pues

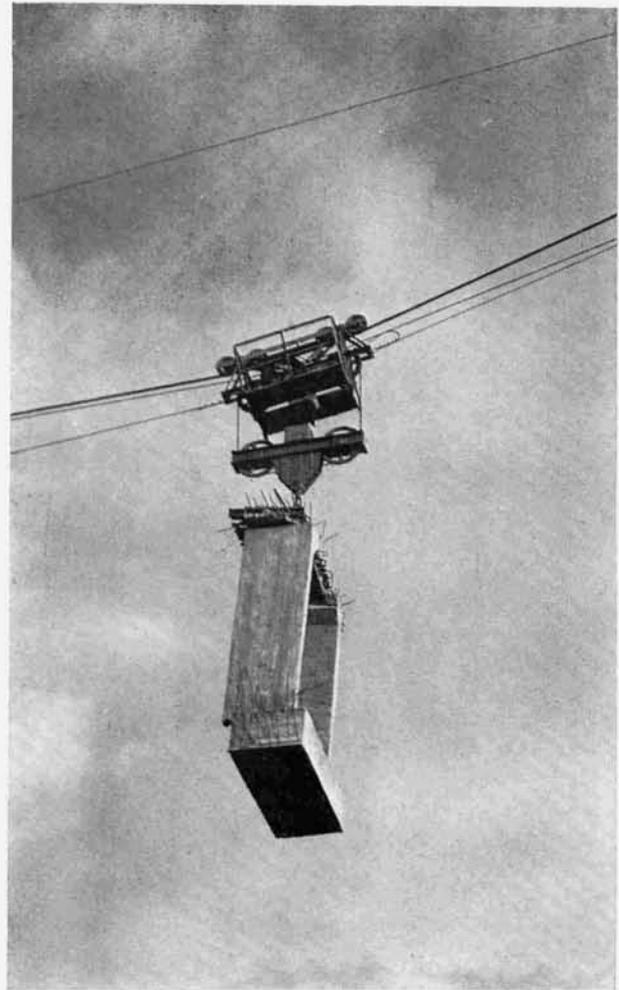
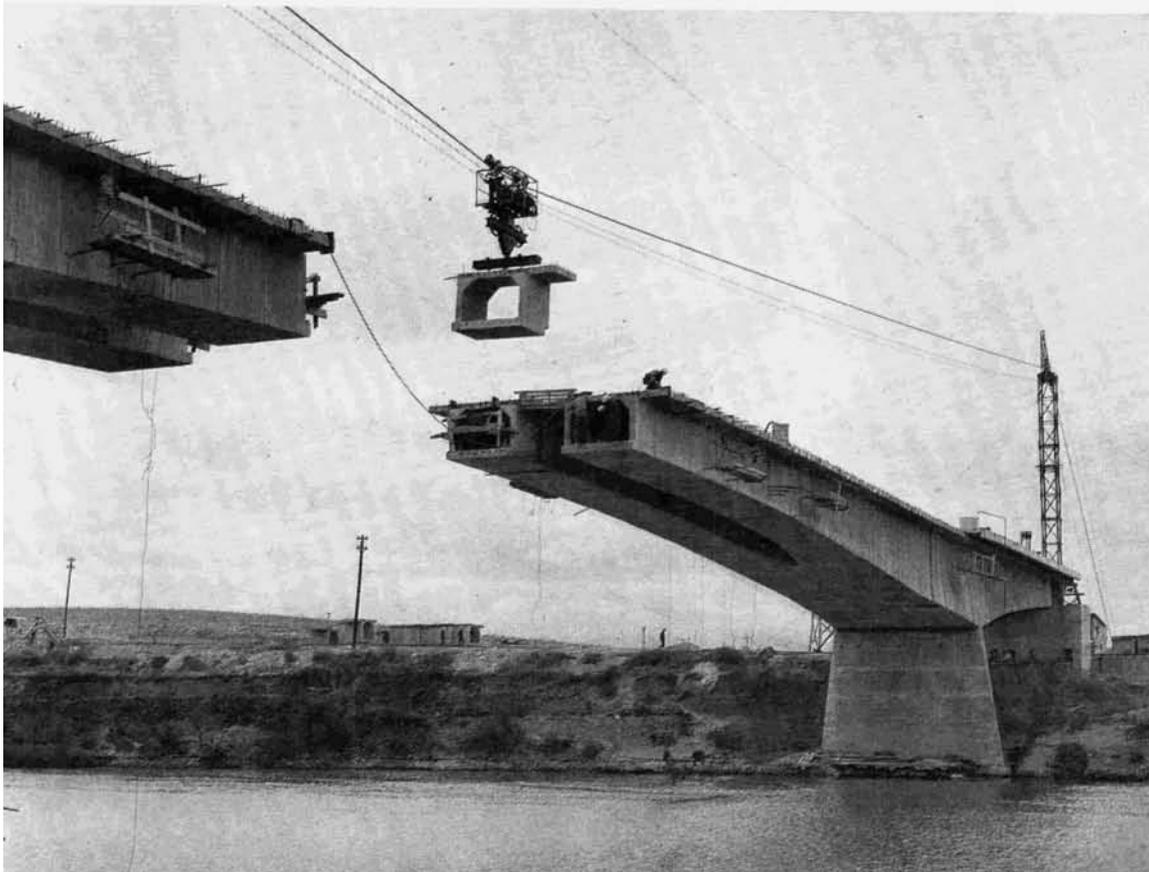


foto: PANDO



Dos momentos en el transporte de una dovela a cualquiera de las extremidades de los seis voladizos en progresión.

tenemos que saber las edades de cada una para integrar doblemente en los intervalos entre la colocación de dos sucesivas. También hay que tener muy en cuenta las condiciones de cierre de articulaciones ya que con ello cambia el tipo estructural de los distintos elementos. No hay que decir que si se producen cambios en el programa constructivo, es preciso rectificar todos los cálculos para introducir las variaciones en el programa correspondiente.

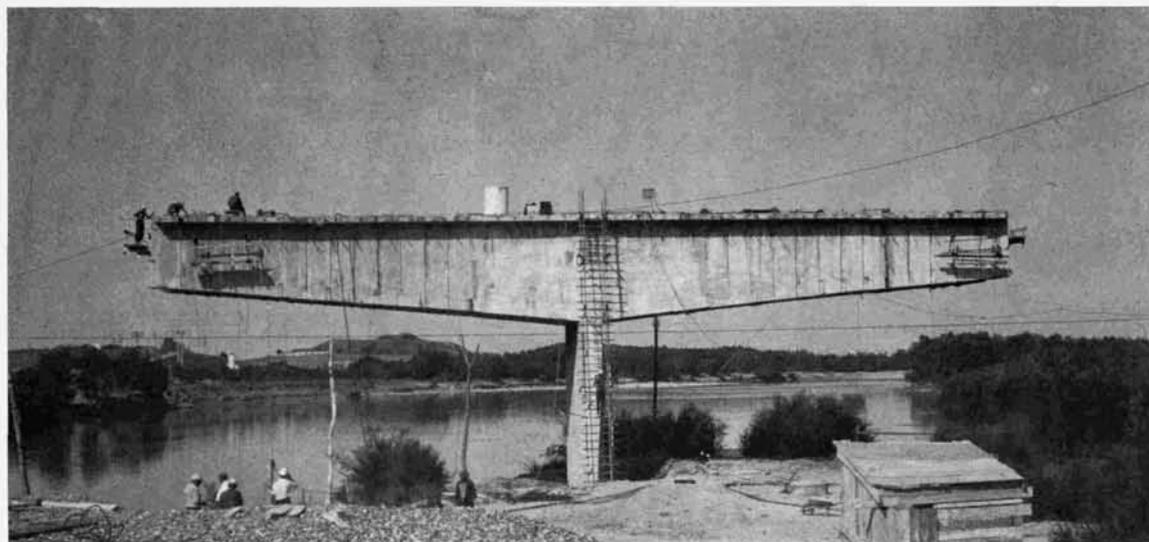
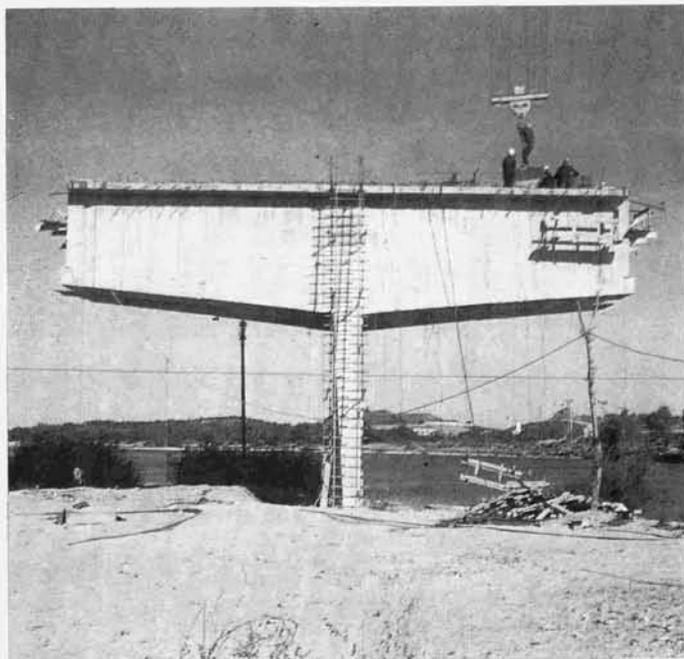
Desde este punto de vista de las deformaciones por fluencia y retracción, es preciso llamar la atención sobre la gran ventaja que supone el desarrollar los voladizos mediante dovelas prefabricadas sobre el de construcción in situ mediante carro que avanza.

En este último caso el hormigón empieza a trabajar a unas edades verdaderamente prematuras, pues a los tres o cuatro días está aguantando su propio peso, y antes de dos semanas entra en juego la sobrecarga del carro con un peso de unas 50 t, mientras que en el montaje de dovelas éstas tienen normalmente más de un mes, con lo cual la retracción ha consumido una parte de su actividad deformadora y la fluencia coge ya con una edad más normal al hormigón que empieza a deformarse.

El tramo complementario no requiere indicación particular en su construcción. Se realizó de una vez sobre andamio tubular, dejándose al descimbrar un apoyo provisional en la extremidad que había de enlazar con el voladizo en que se prolonga el vano de 50.00 m que se construyó posteriormente.

Las cimentaciones de las pilas de margen izquierda se ejecutaron mediante pilotaje, como ya hemos indicado, coronándose éstos mediante zapata de encepado a un nivel por debajo del fondo del río actual para evitar que cualquier variación de éste pudiera descalzarlas. Esto exigió una excavación suplementaria después de ejecutados los pilotes, que bajaba del nivel de aguas normales, y se realizó defendiendo las zanjas mediante tablestacas metálicas que se recuperaron.

En la ejecución de la cimentación de la pila principal de margen derecha que se había previsto fuera directa, apareció el inconveniente de que al dejar su coronación a nivel inferior al del fondo actual hubo que ejecutarla con hor-



Fases intermedias en la evolución del segundo elemento en T por voladizos simétricos. (Espesor de la pila, 1,00 metro, vuelo de los brazos hasta 50,00 m).



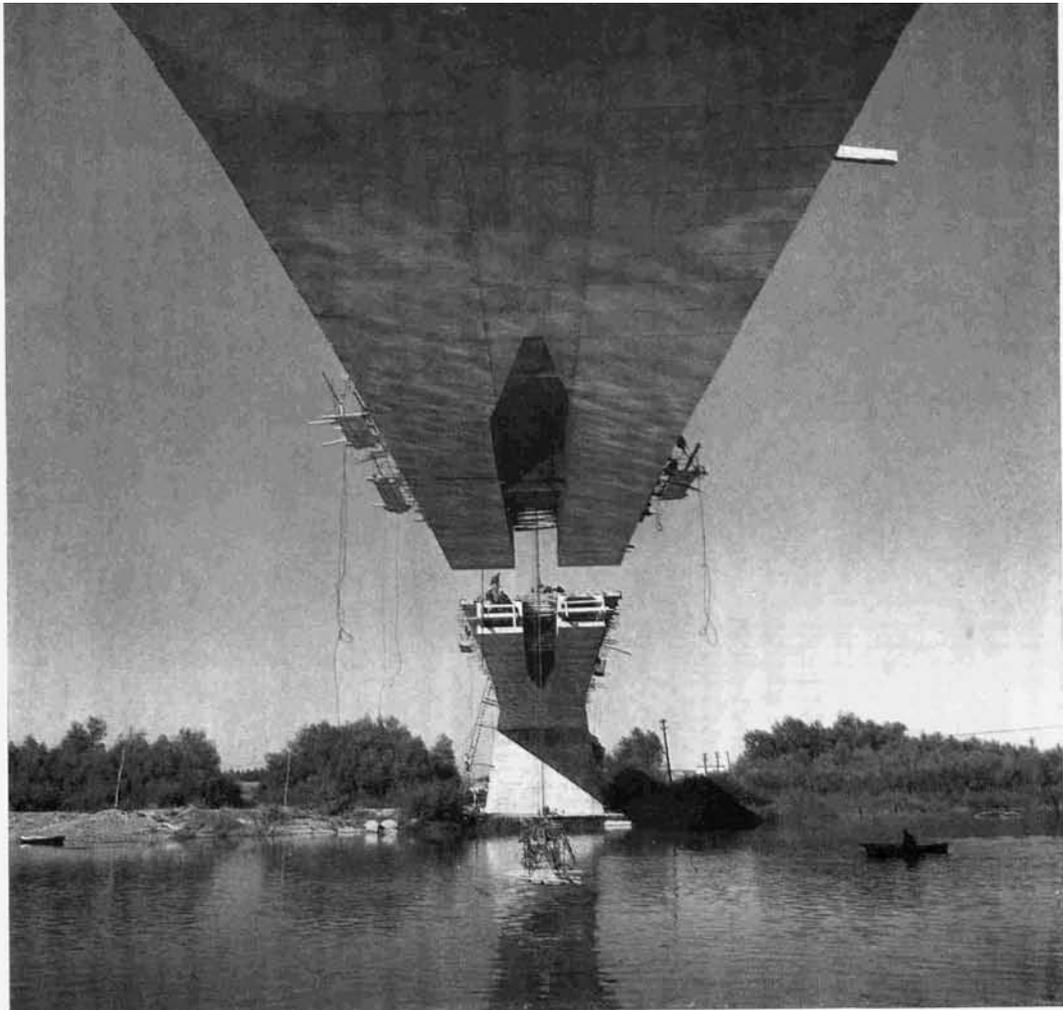
El segundo elemento en T durante la construcción de sus dos voladizos de 50 m.

Foto: P

Vista durante la construcción de los dos voladizos del vano principal.

Foto: P





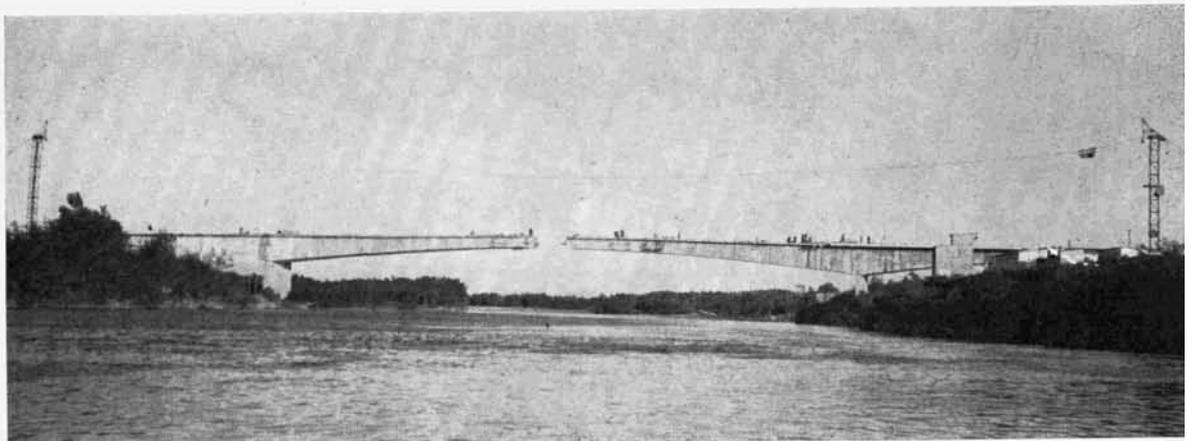
Vista inferior durante la construcción.

Foto: PANDO

migón sumergido que luego se inyectó. El mismo inconveniente tuvimos en el arranque de la pila, que además se realizó fuera del estiaje con un nivel mantenido del río excepcionalmente alto. Como se trataba de un elemento con tensiones de trabajo bastante altas no juzgamos conveniente realizarlo con hormigón sumergido y se efectuó dentro de un cajón a molde perdido, el cual quedó empotrado en el hormigón de la zapata antes de que se coronara, y así se pudo achicar el interior realizándola desde su arranque en seco. El cajón sirvió además para mejorar las condiciones de empotramiento de pila a zapata.

### Cálculo

El cálculo de la estructura es relativamente sencillo y se ha desarrollado en ordenador IBM-1130 de nuestra propiedad. Se han considerado dos estructuras en interconexión: la de los elementos en T de la obra principal y la del dintel continuo de la obra complementaria. En aquélla se han considerado rigideces virtuales, tanto en los pilares al tener en cuenta la condición de nulidad automática de esfuerzos horizontales mientras no haya acciones de frenado, como en el dintel



Vista desde aguas arriba durante la construcción.

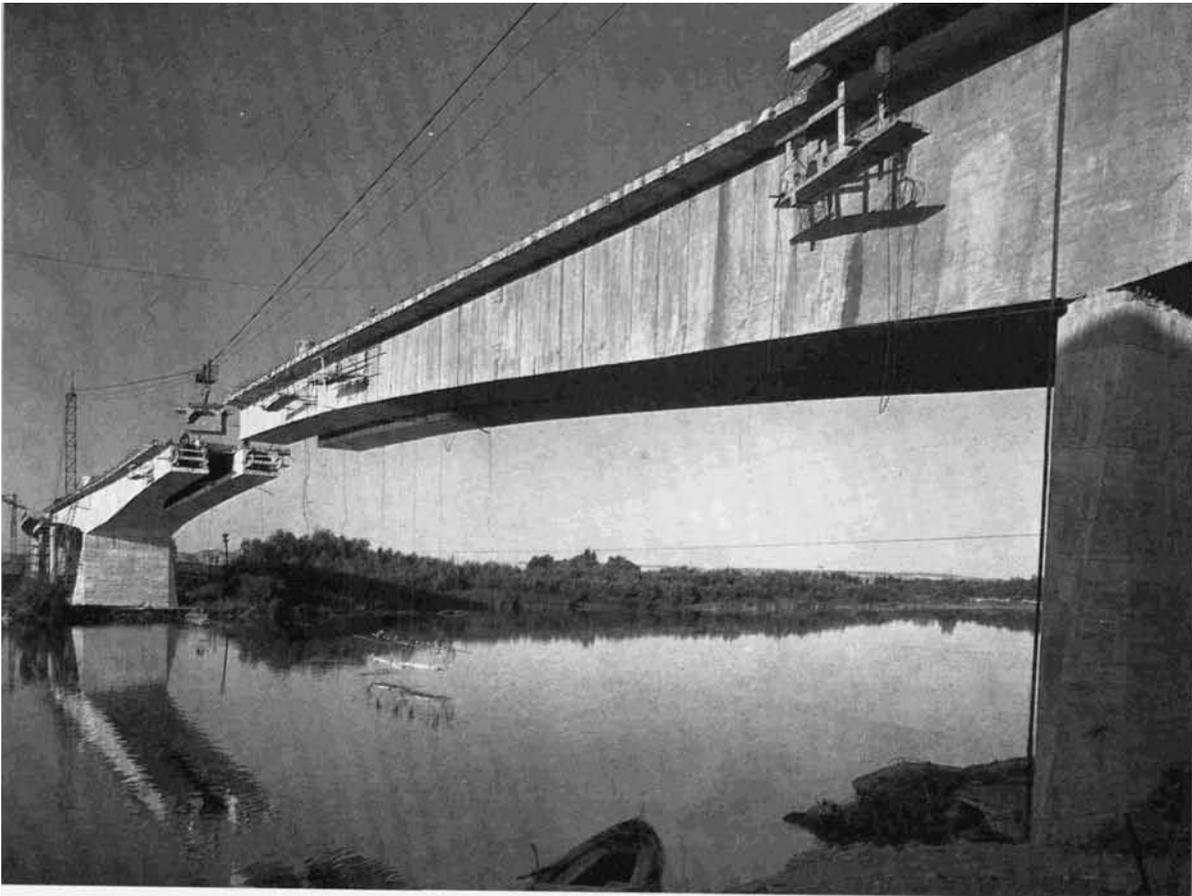
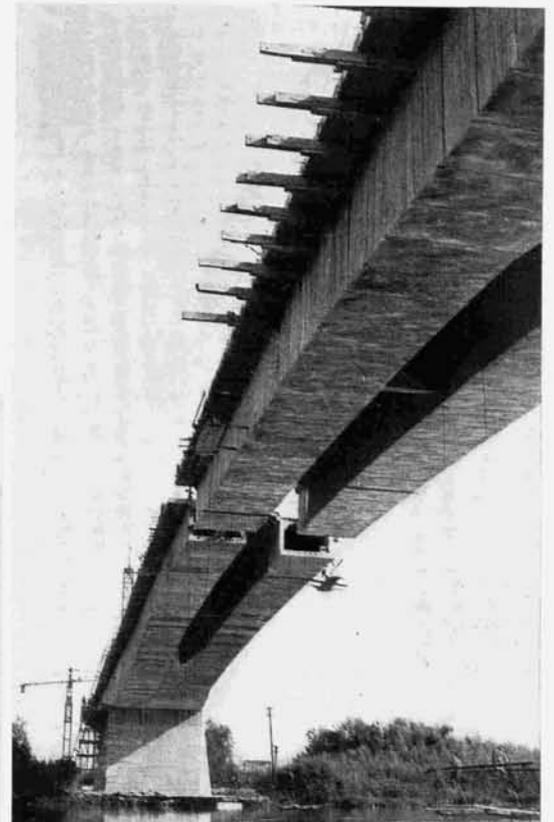


Foto. PANDCO

Vista durante la construcción desde la orilla izquierda.

principal formado por las dos ménsulas enlazadas con articulación deslizante (ver nuestro libro «Puentes de hormigón armado pretensado», 2.º volumen, pág. 261, Madrid, 1965). En cambio, durante el proceso constructivo estos elementos funcionan como isostáticos, pues para ello en la T asimétrica de margen derecha que al estar anclada en el estribo sería hiperestática, se le anula esta condición, según ya hemos indicado, articulando provisionalmente la cabeza del pilar, con lo cual se consigue, además, que éste no tome flexiones, ya que el anclaje en estribo permite el desplazamiento horizontal.

#### Colocación de las últimas dovelas.



Vano central durante la construcción.



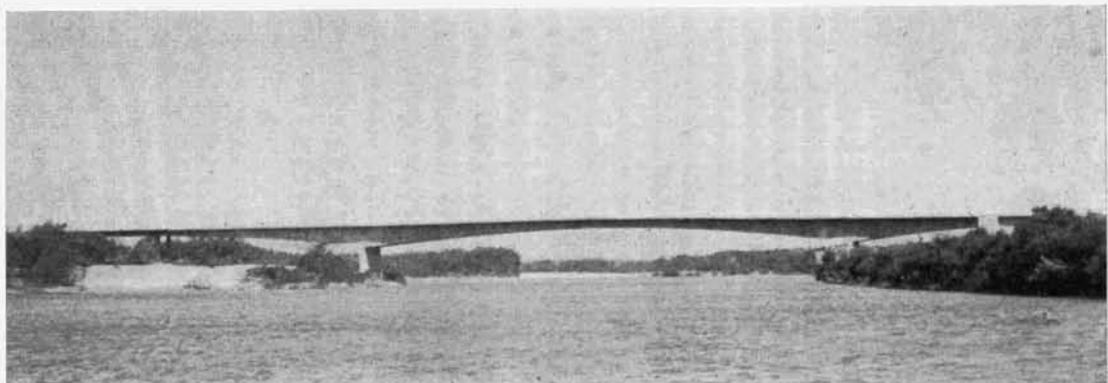
Foto: PANDO

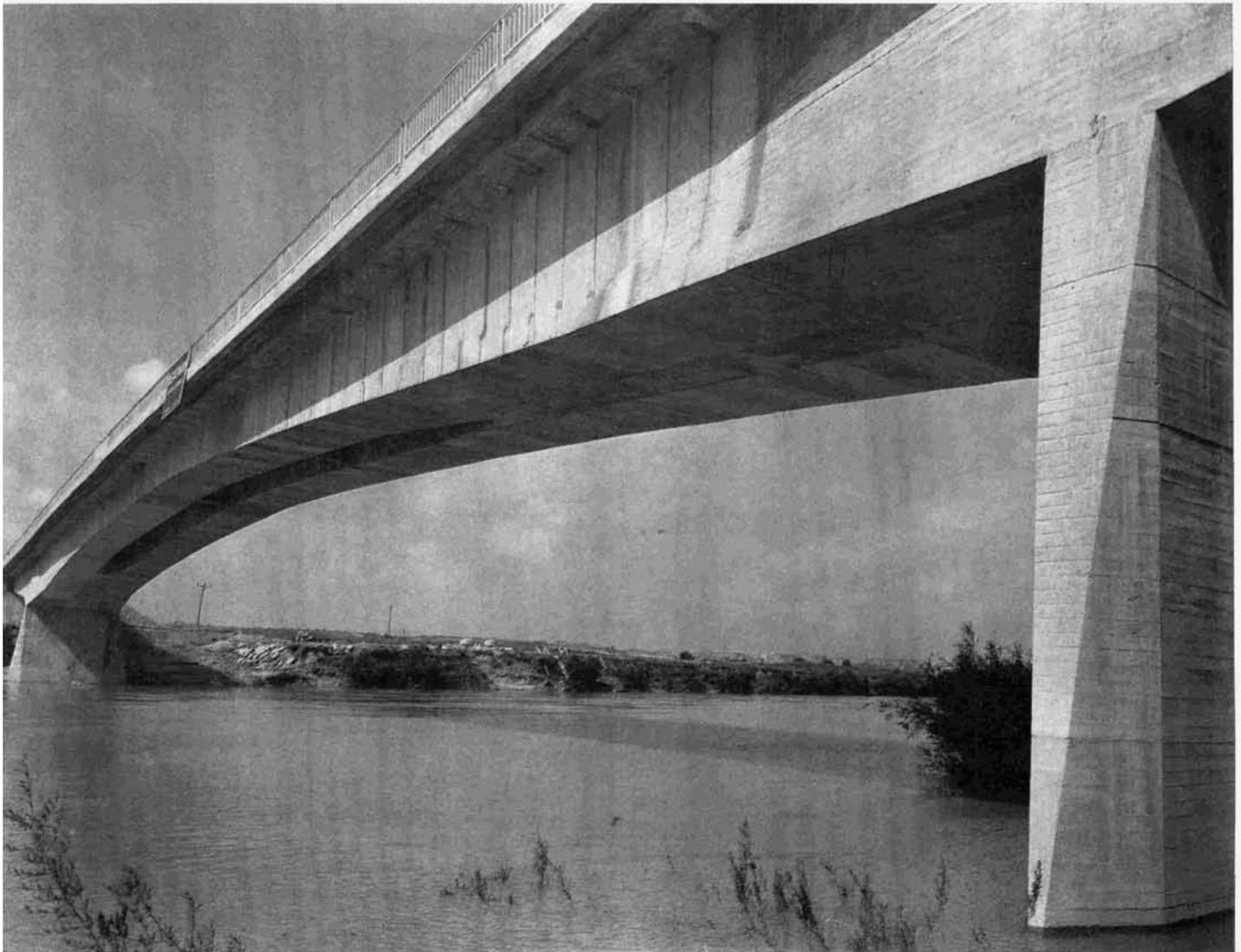
Vista de los tramos complementarios.

El cálculo más importante se refiere a tener en cuenta los efectos de retracción y fluencia, en primer lugar para estudiar la redistribución de esfuerzos entre todos los elementos estructurales debidos a estas dos causas, que se complican además por tratarse de dinteles de hormigón pretensado, donde tendremos pérdidas de pretensado debidas también a dichas causas. Estos cálculos van aparejados con los de las flechas a lo largo del tiempo, para tener en cuenta el replanteo sucesivo de dovelas, según ya hemos indicado al tratar de la construcción.

La obra se realizó totalmente por la Empresa Agromán, S. A., a través de sus secciones de Prefabricado Pesado y Pretensado y de Cimentaciones. El ingeniero encargado de la construcción fue don Luís Pinilla. La inspección de las obras se llevó por la Excma. Diputación Foral de Navarra a través de sus ingenieros: Dr. D. Manuel Sáinz de los Terreros y D. Ramón Monreal.

Vista desde aguas arriba.





Vista desde aguas abajo del vano principal.

Foto: FANDO

## résumé

### Pont sur l'Ebre à Castejón (Navarre) - Espagne

C. Fernández Casado, J. Manterola Armisén et L. Fernández Troyano, Dres. ingénieurs des Ponts et Chaussées

Le pont à Castejón sur l'Ebre servira à une importante voie de communication qui, du nord au sud, reliera la ville de Pampelune au centre de l'Espagne, et pourra être prolongée vers la frontière française. Il a été construit pour deux chaussées seulement, totalisant 10,50 m de largeur. Cependant, dans l'avenir, cette largeur sera portée à 20,50 m, permettant une circulation sur deux voies dans chaque sens, plus la séparation centrale et les deux trottoirs. Pour le moment, la population de Castejón, devant cet avenir proche, a construit cet ouvrage pour son compte et a obtenu une concession de péage pour en couvrir les frais.

## summary

### Bridge over the Ebro river at Castejón (Navarre) - Spain

C. Fernández Casado, J. Manterola Armisén & L. Fernández Troyano, Dr. civil engineers

This bridge over the Ebro, at Castejón, will provide an important north-south link between Pamplona and central Spain, with a possible connection towards France. It is designed to carry two traffic lanes only, with a total width of 10.50 ms. But it is planned to double it later, so that its width will be 20.50 and double panes of traffic in each direction will be provided. Currently, anticipating future needs, the township of Castejón has constructed this bridge through its own financial provisions, and will collect a toll charge to recuperate its outlay.

## zusammenfassung

### Brücke über den Ebro in Castejón (Navarra) - Spanien

Dr. C. Fernández Casado, Dr. J. Manterola Armisén und Dr. L. Fernández Troyano, Tiefbauingenieure

Die Brücke über den Ebro in Castejón wird einmal Bestandteil einer bedeutenden Nord-Süd-Verkehrsader, die von Pamplona bis ins Zentrum Spaniens führt und möglicherweise im Norden bis nach Frankreich verlängert wird. Vorerst wurde diese Brücke nur zweispurig gebaut mit einer Gesamtbreite 10,50 m; später jedoch soll sie verdoppelt werden, sodass in jeder Fahrtrichtung zwei Spuren vorhanden sind mit Trennung in der Mitte und seitlichen Gehwegen. Die Gesamtbreite wird dann 20,50 m betragen. Die Gemeinde von Castejón hat dieser nahen Zukunft vorgegriffen und dieses bedeutende Bauwerk auf eigene Kosten errichtet; zur Bestreitung der Kosten wurde der Stadt die Genehmigung erteilt, ein Brückengeld zu erheben.