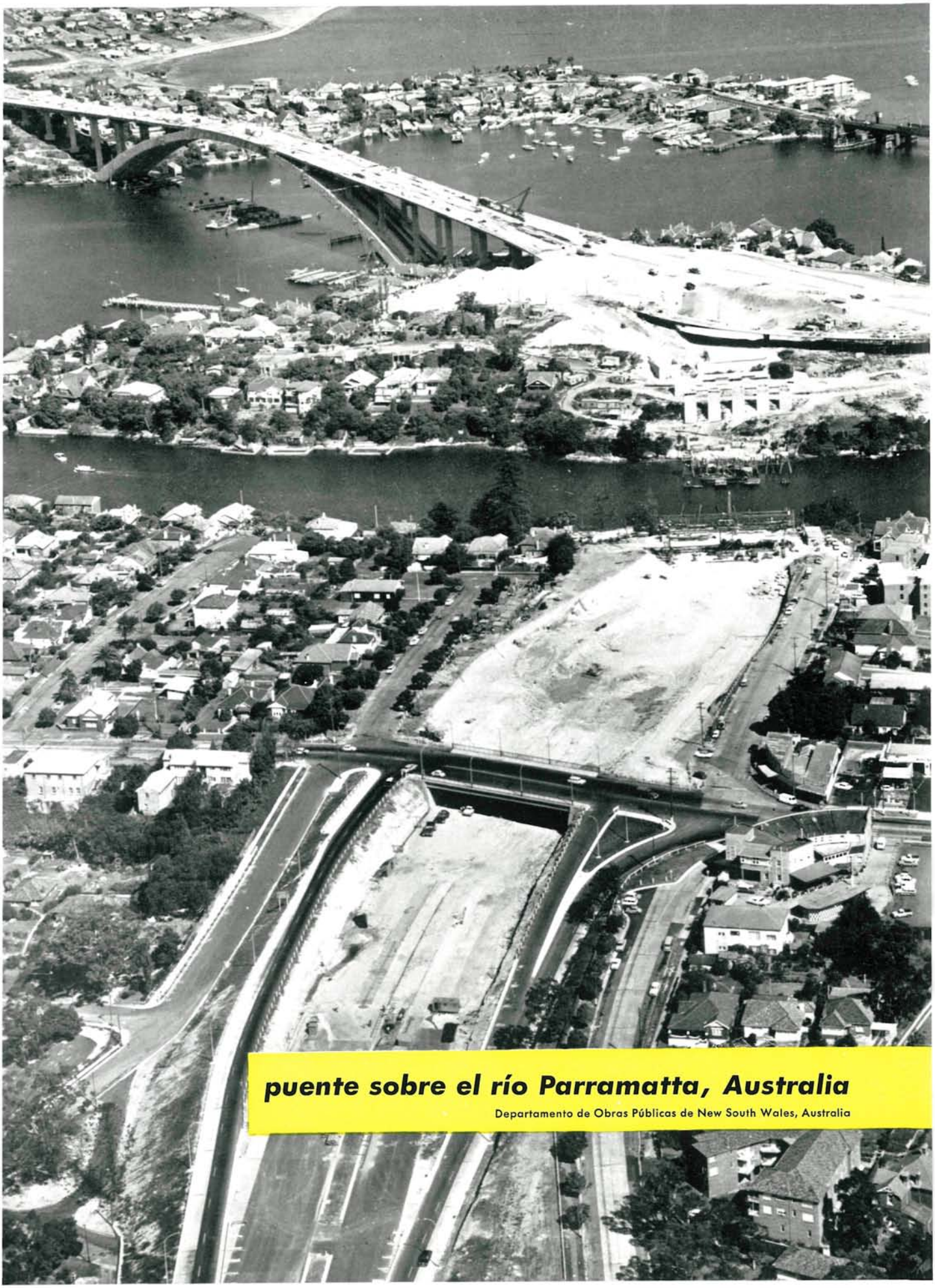
Informes de la Construcción Vol. 17, nº 168
Marzo de 1965



puente sobre el río Parramatta, Australia

Departamento de Obras Públicas de New South Wales, Australia

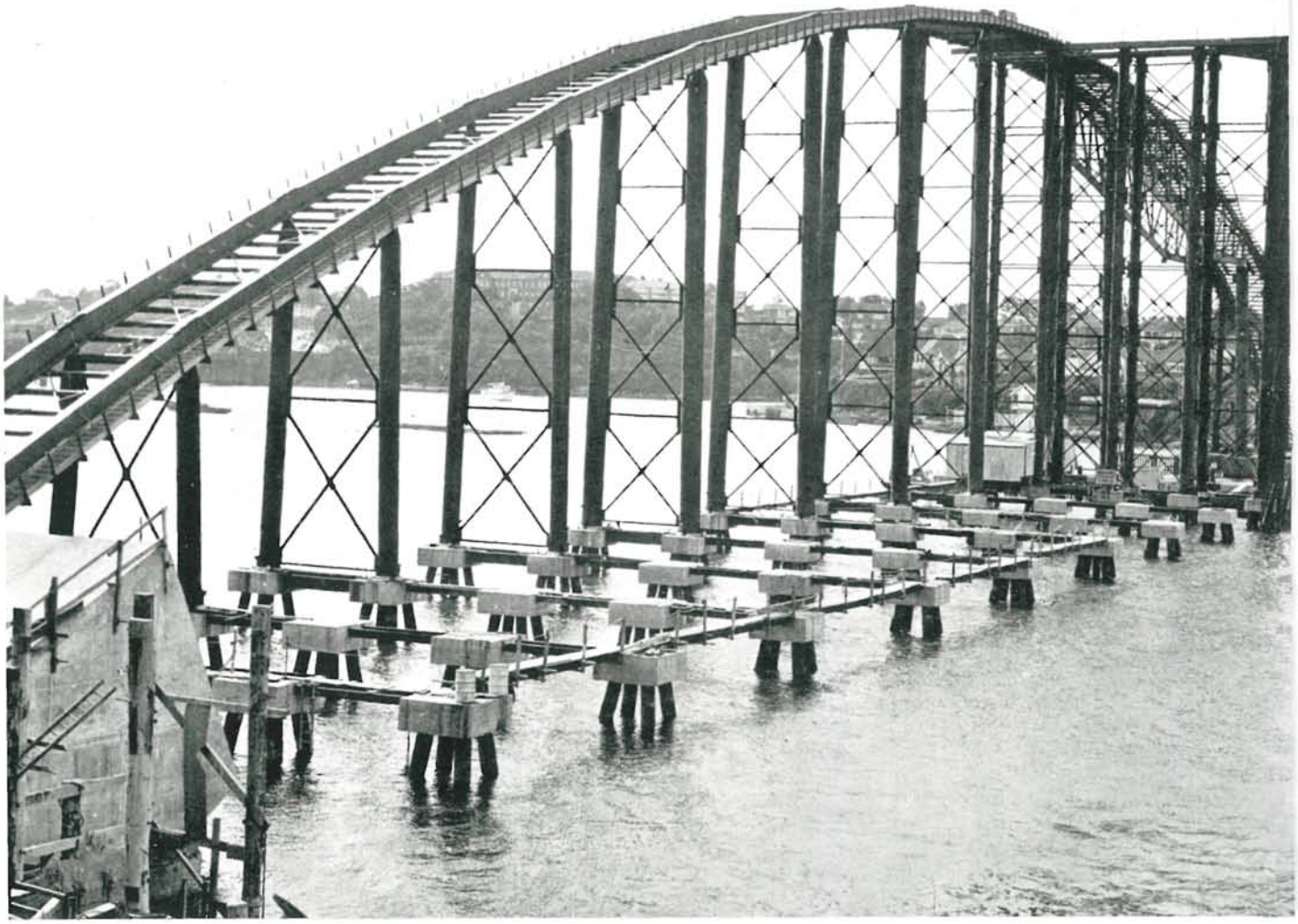
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

sinopsis

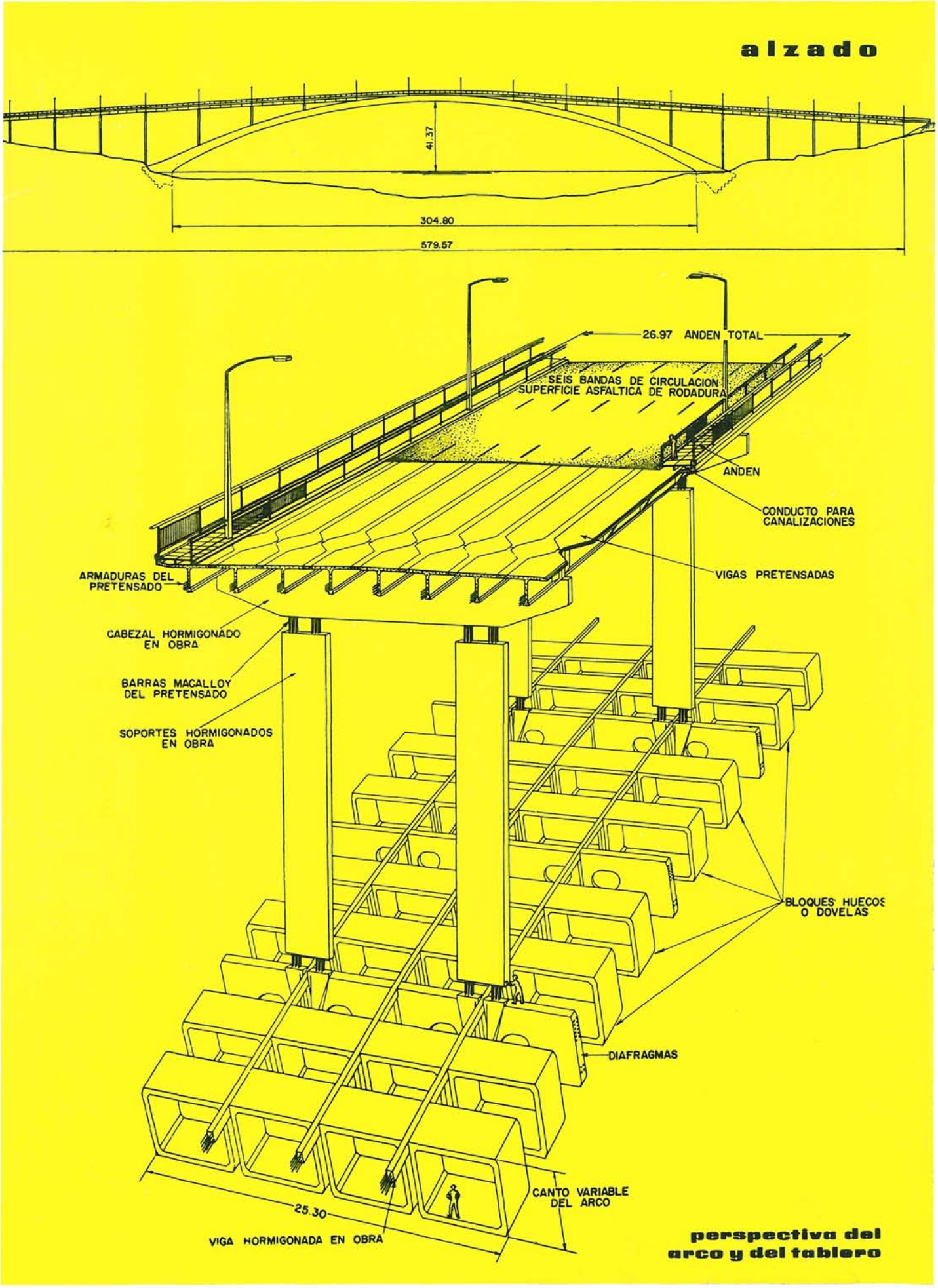
En Gladesville, Sydney (Australia), se construye un puente, de hormigón armado y pretensado, que, por sus 277 m de luz, será el mayor de los hasta hoy construidos en arco. Está formado por cuatro arcos o nervios huecos como tramo central, de 277 m de luz, y cuatro tramos de acceso a uno y otro lado. El proyecto inicial sufrió alguna variante que introdujo el Departamento de Obras Públicas de Sydney. Cada uno de los cuatro arcos del tramo central, que deja una altura libre de 36 m para la navegación fluvial, se ha subdividido en 108 dovelas huecas de 50 t cada una. Entre ellas, y convenientemente espaciados, se han colocado unos diafragmas transversales, pretensados, que sirven de arriostramiento de los cuatro arcos entre sí. Sobre el extradós de los arcos se levantan los montantes que soportan el tablero del puente, que tiene 22 m de calzada, y dos andenes, de 1,80 m cada uno, para peatones. Las vigas pretensadas del tablero se han prefabricado en dos talleres próximos al puente, uno a cada lado del río. Para hormigonar los cuatro arcos se utilizó una cimbra metálica, única, que se desplazaba de uno a otro. El tesado se realizó con series de gatos planos, tipo Freyssinet, intercalados entre cierto número de dovelas, que se expondrían bombeando aceite en su interior hasta conseguir cierto aumento de volumen; después se sustituía el aceite por mortero y se continuaba la operación en otra serie de gatos, hasta elevar el arco sobre su cimbra. Sucesivamente, se pasaba de uno a otro arco.

562 - 86

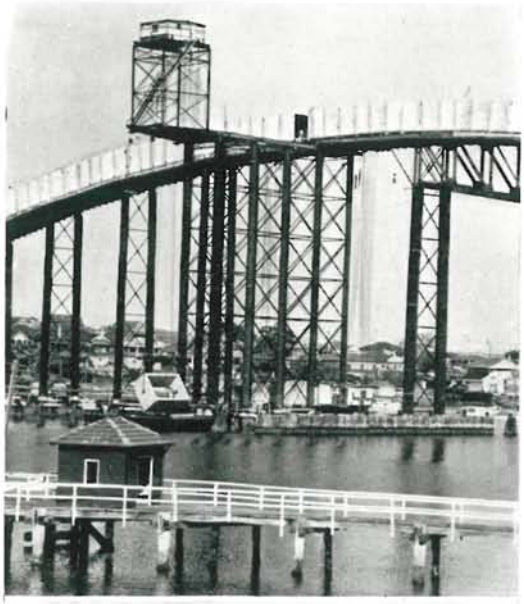
El nuevo puente que salva el río Parramatta cerca de Sydney (Australia), en el suburbio denominado Gladesville, ha sido construido por el Departamento de Obras Públicas de N. S. W. y por contrata pública. La empresa concesionaria constituye un consorcio entre las firmas: Stuart Bros, de Sydney, y la Reed y Mallik, de Inglaterra. El contratista se encargó de preparar y redactar el proyecto de ejecución del puente, en el que contribuyeron los ingenieros consultores G. Maunsell and Partners, de Londres y Melbourne, respectivamente.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)



Clave de cierre.

Colocación de la primera dovela.

Corrimiento transversal de la cimbra.

El nuevo puente sustituirá a otro ya existente de dos bandas de circulación, levadizo, que fue construido hacia 1880. Este puente se halla ya en su último período de explotación y vida y, además, resultaba insuficiente para el tráfico actual. Con esta obra y otros puentes más, se espera encauzar el tráfico, cuya arteria es la autopista del noroeste, mejorar las condiciones actuales de circulación y descongestionar parte del abrumador tráfico que actualmente pesa sobre el conocido puente de Sydney, situado a unos 6 km al este.

Después de aceptar la propuesta de un puente en arco, se introdujeron algunas modificaciones. El nuevo proyecto prevé que el arco deberá construirse sobre un entramado auxiliar fijo, mientras que en el proyecto original se preveía que una parte del arco debía ser construida sobre un entramado auxiliar flotante que se remolcaría hasta la posición prevista. En principio el arco tenía 277 m de luz, pero en la modificación del proyecto esta luz se aumentó hasta 305 m. Con todo ello se logró eliminar la necesidad de excavar en aguas profundas para llegar al firme en las cimentaciones.

El coste de la obra contratada se eleva a 2.560.000 libras australianas.

Descripción general de la obra

El nuevo puente consta de cuatro arcos paralelos, de hormigón pretensado, de 305 m de luz, que constituyen el tramo central, a ambos lados del cual se extienden cuatro tramos de vigas, de hormigón pretensado, de 30 m de longitud cada una. La longitud total del puente es de 579 m. Este arco, de 305 m de luz, se cree que será el mayor arco de hormigón actualmente existente en el mundo, y su empuje será absorbido por bloques de hormigón que se apoyan sobre bancos de areniscas en cada una de las márgenes del río. El arco presenta una altura libre sobre las aguas del río de 36 m y, por tanto, suficiente para asegurar la navegación por el río, que bajo el arco tiene una anchura de 71 m. Cada uno de los arcos, en forma de viga cajón, tiene 6 m de anchura y canto variable de 4,20 m en la clave a 7 m en los estribos. Entre los cuatro arcos existe un espacio libre de 30 cm, y se ha previsto una serie de diafragmas transversales, espaciados a 15 m, que garantizan el arriostramiento entre ellos. En la zona central el tablero se apoya directamente sobre los arcos y se extiende a uno y otro lado, formando cuatro tramos apoyados sobre palizadas levantadas en el extradós de aquéllos. Cada uno de estos tramos es de unos 30 m de luz. La losa que constituye el tablero propiamente dicho se ha hormigonado «in situ». Las vigas pretensadas que cierran los tramos sobre el arco central se apoyan sobre los cabezales, cuyos pares de soportes descansan alternativamente en los cuatro arcos. Los tramos de acceso al central, de unos 30 m de luz, cerrados con vigas de hormigón pretensado, descansan sobre palizadas de soportes similares a los empleados en el tramo central y estribos. Se han previsto juntas de dilatación en el tablero en la zona de unión entre los tramos de acceso y el tramo central.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La calzada tiene una anchura total de 22 m y la de los dos andenes laterales es de 1,80 m. La calzada se ensancha gradualmente a la terminación del tramo central en los cuatro tramos de acceso, pasando de 22 a 36 m, con objeto de permitir movimientos de giro que de otra forma no podrían lograrse. Para disponer de suficiente altura sobre las aguas del río ha sido necesario introducir una pendiente del 6 por 100.

Arcos

Cada uno de los arcos se ha subdividido en 108 dovelas de hormigón, huecas, y 19 diafragmas de hormigón en masa; estas dovelas se han separado, formando juntas de 76 mm que, finalmente, se sellan con hormigón. El hormigón utilizado en esta zona tiene una resistencia mínima a compresión de 420 kg/cm^2, y su carga normal es de 140 kg/cm^2.

Cada dovela pesa 50 t, y se ha reforzado con armaduras capaces de resistir los esfuerzos a que se hallan sometidas durante las maniobras de transporte y colocación en obra. Se han proyectado de forma que no experimenten esfuerzos de tracción, en las condiciones normales de carga. En la primera y tercera cuartas partes de cada arco se han intercalado cuatro capas de gatos planos, cuyo objeto es el de provocar el empuje necesario para despegar los arcos de su cimbra y, como consecuencia, lograr la propia e independiente estabilidad.

Los diafragmas transversales, prefabricados, que constituyen el arriostramiento entre arcos, se han fijado a los mismos con un hormigón de sellado que los solidariza con aquéllos, y se han pretensado con objeto de lograr la rigidez transversal necesaria para el conjunto. También se ha conseguido una rigidez transversal adicional hormigonando «in situ» el hueco, de 0,30 m de altura, que se dejó entre la parte inferior de diafragmas y superior de los arcos. Para asegurarse contra posibles deformaciones verticales se previó una serie de cables pretensados, anclados en los arranques, y que se extienden en toda la longitud del arco y a través de estas últimas zonas hormigonadas «in situ».

Los bloques huecos o dovelas de que está constituido cada uno de los arcos se prepararon en un taller de prefabricación, instalado a unos 4.800 m de la obra, y dispuesto de tal forma que permitiese el almacenamiento de todas las unidades que requería la construcción de uno de los cuatro arcos. Dicho taller estaba provisto de una instalación moderna, equipada con un monorraíl, que conducía los cazos de hormigón directamente de la hormigonera a los encofrados, donde se vertía. Una vez terminadas todas las dovelas que constituían un arco y que tenían una resistencia mínima de 420 kg/cm^2, se procedía a cargarlas en remolcadores, que las transportaban a la obra para ser colocadas sobre la cimbra.

Entramado auxiliar y cimbra

La cimbra consta de una serie de tramos, de 18 m de longitud, formando celosía metálica, que deja un canal libre para la navegación durante el período de construcción. La celosía formada por estos tramos se ha anclado en sus extremidades en cada uno de los dos bloques de los estribos y se ha mantenido en posición mediante una serie de soportes, también metálicos, que descansan sobre apoyos preparados encima de pilotes metálicos hincados en la roca firme. La parte de cimbra que corresponde al canal se apoya en una torre metálica convenientemente arriostrada, de anchura y altura libre suficientes para permitir la navegación. Dicha cimbra disponía de anchura suficiente para permitir la construcción de un solo arco. Terminada la construcción del mismo y lograda su propia estabilidad se procedía, por medio de un sistema de raíles, a trasladar la cimbra lateralmente a la posición del próximo arco, y así sucesivamente, hasta llegar al cuarto y último.

En la torre central se instalaron las grúas necesarias para elevar y colocar cada una de las dovelas de que se compone un arco a su posición definitiva. Esta torre se proyectó para que, además, sirviera de apoyo suficiente para evitar cualquier movimiento transversal de los arcos, hasta que éstos pudieran ser arriostrados convenientemente entre ellos. Durante la construcción del entramado auxiliar que soporta la cimbra fue necesario abrir pocillos para el apoyo de los pilotes sobre la roca firme en la zona norte de la obra donde la roca se halla próxima a la superficie. Los pilotes correspondientes a la zona sur de la parte navegable se hincaron directamente en la roca firme, y tienen una longitud que varía entre 10 y 50 m; se hincaron, en total, 298 y 140, que se colocaron abriendo pocillos previamente. Cada uno de los pilotes consiste en un cilindro metálico, hueco, de 48 cm de diámetro exterior, formado con chapa de 6 mm de espesor. Cada uno de estos pilotes tiene una capacidad de carga máxima de 85 t. La machina utilizada para la hinca de estos pilotes estaba equipada con un martinete de 5 t e instalada sobre un pontón flotante. Los soportes, de gran longitud, que sostienen la celosía que constituye la cimbra, se elevaron y colocaron en posición utilizando una potente grúa flotante.

Después de haber elevado cada una de las dovelas se procedía a transportarla hacia su posición definitiva. Las juntas entre dovelas se iban hormigonando progresivamente, y cuando este hormigón había logrado la resistencia máxima, de 420 kg/cm^2, en todas las juntas, se procedía a la expansión de los gatos planos, tipo Freyssinet, colocados en las cuartas partes de la luz. En cada uno de los bloques de tesado se colocaron 56 gatos, realizando la maniobra de éstos inyectando aceite en un solo bloque hasta llegar a la presión de 140 kg/cm^2. Este aceite se sustituía posteriormente por una lechada de mortero en el primer bloque antes de proceder a la expansión de los gatos en el bloque contiguo. Los gatos quedan

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Grúa de gran capacidad para la elevación de materiales pesados.

Colocación de una viga prefabricada y pretensada.

permanentemente embebidos en la obra y en su posición definitiva. El tesado realizado por la expansión de éstos aumentó la longitud del arco, logrando así su despegue de la cimbra.

Soportes

Los soportes de los tramos de acceso consisten en pares de montantes, pretensados, que se apoyan sobre una solera de hormigón y cuyas partes superiores, o cabezales, de hormigón armado, se prepararon colocando las armaduras dentro de los encofrados al pie de los soportes, para después elevar el conjunto a su posición y hormigonar definitivamente. Las armaduras de pretensado de los soportes están constituidas por barras Macalloy, de 38 mm de diámetro, cuyo número varía de 14 a 48,—según los montantes—, y tesadas en fases sucesivas: la primera, a partir de la base y cuando el hormigón había alcanzado una vejez de 28 días y una resistencia de 420 kg/cm^2; la segunda fase del tesado se realizó en las armaduras

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

principales de cada uno de los montantes, y la tercera y última terminó con el anclaje del cabezal a los montantes. Con objeto de permitir el alargamiento de las armaduras Macalloy, éstas se hallaban en el interior de unas vainas especiales en el momento de su colocación en los encofrados. Estas barras se cortaron por trozos de longitudes tipo y se filetearon convenientemente para permitir la unión entre ellas. Cada una se tesó hasta un esfuerzo total final de 54 toneladas.

Vigas del tablero

Las vigas principales de los tramos del tablero se prefabricaron en dos talleres instalados en las proximidades de cada una de las extremidades del puente. El número total de vigas fue de 143. Para el hormigonado en estos talleres se utilizó una instalación de hormigoneras mecánicas y un sistema monorraíl que permitía el transporte del hormigón directamente a los encofrados de las vigas, las cuales tienen sección en forma de T y sus extremidades están provistas con bloques para el anclaje de las armaduras de pretensado. Los diafragmas tranversales de arriostramiento entre vigas, que se prefabricaron asimismo en un taller instalado en el barrio denominado Blacktown, dejan un hueco, entre su parte inferior y extradós de las vigas, que se hormigona en obra. Debido a estos métodos constructivos se disminuye notablemente la posible fisuración, por retracción, en estas vigas, de bastante longitud, y complementariamente opera en el mismo sentido el esfuerzo de pretensado que se introduce al tesar uno de los doce cables de doce cordones de 12 mm de diámetro, tipo Freyssinet, en cada una de las vigas, y 24 horas después de haber sido hormigonada.

Todas las vigas del tablero tienen aproximadamente la misma sección transversal. En unas sólo se han colocado tres cables y corresponden a las zonas más anchas de los accesos situados al norte del puente, mientras que las demás tienen cuatro cables. Estos se han tesado con un esfuerzo que varía de 116 a 125 t, y así cada viga forma una flecha media de unos 38 mm y una contracción elástica de unos 6 mm. El alargamiento de los cables que estas tensiones exigen es función del módulo de elasticidad del metal, pero en este caso dicho alargamiento medio fue de unos 15 cm. Los encofrados de estas vigas se proyectaron con una contraflecha central de 11 mm. Las operaciones finales de tesado, en dos de los tres cables que componen cada viga, se efectuaron después de haber alcanzado el hormigón una resistencia mínima, a los 28 días, de 420 kg/cm^2. El curado de estas vigas se realizó con aspersiones de agua reguladas automáticamente y continuadas durante un período de 7 días. Tan pronto como se creyó practicable se procedió a la inyección de una lechada de mortero en las vainas de los cables de pretensado y, finalmente, la viga se transportó sobre un sistema de raíles a la grúa que debía elevarla hasta su posición definitiva.

Las vigas del tablero se cargaron en mesillas que se desplazaban sobre vías, salvando los terraplenes de los accesos, hasta llegar a los estribos, donde se elevaban con ayuda de una grúa y se colocaban en posición. Esta grúa de maniobra estaba montada sobre unos raíles que le permitían movimientos laterales.

Para facilitar la colocación del hormigón en las juntas creadas entre vigas y diafragmas transversales se utilizó una plataforma móvil que se deslizaba por debajo de las vigas, mientras que el hormigonado del hueco proyectado entre parte inferior de diafragmas y parte superior de las alas de las vigas se realizó partiendo de la parte superior del tablero, pero ayudándose con una grúa que aproximaba los encofrados y facilitaba la operación. Después de haber colocado todas las vigas en los tramos adyacentes y puestas en posición las armaduras que aseguran la continuidad se procedió a hormigonar los cabezales que previamente se hallaban en posición, con sus armaduras en el interior de los encofrados. Después de este hormigonado el tablero constituye una estructura continua en todos sus tramos, a excepción de las dos juntas de dilatación, que se han dejado en los soportes designados con los números 4 y 11.

Inspección de la obra

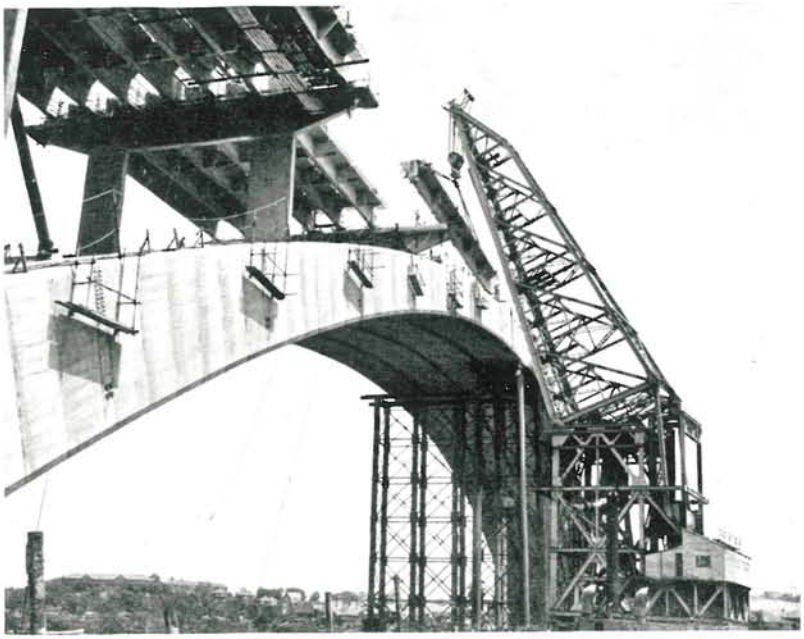
En vista de la importancia del control de la calidad de los materiales empleados en la estructura, particularmente del hormigón, se instaló un laboratorio especial de ensayos en las proximidades del puente. La instalación de dicho laboratorio contaba con una prensa Amsler de 200 t de capacidad, convenientemente equipada, una sierra de diamantes, un horno seco y una mezcladora para la investigación de los componentes del hormigón y mezclas empleadas durante la ejecución.

Los ensayos del hormigón, cemento y áridos realizados al pie de obra han sido continuos. De cada una de las tongadas se separaron cantidades de hormigón para la preparación de probetas cilíndricas, de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud, curadas en una cámara de niebla regulada con un 99 por 100 de humedad y a una temperatura de 21° C. El personal del Departamento de Investigación se encargó de los ensayos de deformación lenta del hormigón, a partir del primer hormigonado realizado en 1961 y, por ello, se pudieron deducir tolerancias apropiadas en el momento de colocar las dovelas de hormigón en su posición definitiva.

Los ensayos de las armaduras de alta resistencia de tracción y cordones de los cables corrieron a cargo del Laboratorio del Departamento Central de Milson's Point. Las propiedades elásticas de las barras del pretensado y cables se dedujeron de los ensayos de tracción y alargamiento exigidos para lograr los esfuerzos calculados en el proyecto. Las muestras de las barras del pretensado fueron trozos de las cortadas durante las operaciones de fileteo de las mismas. El módulo elástico medio para el esfuerzo previsto en el proyecto ha sido de 1.687.000 kg/cm^2.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Vista del intradós del tablero.



También se encargó el referido Departamento del ensayo de un cable de doce cordones para determinar su módulo de elasticidad, que resultó ser, aproximadamente, el mismo que se obtuvo individualmente con varios cordones, es decir, 1.968.000 kg/cm².

Los ensayos de la piedra arenisca en que se apoyan los cimientos se realizaron en el Laboratorio instalado a pie de obra. También se realizaron múltiples ensayos de compresión y propiedades elásticas utilizando testigos obtenidos en el banco de roca de cimientos, con objeto de cerciorarse de la capacidad de sustentación y probable asiento al ejercerse el empuje del arco.

Con el fin de poder seguir minuciosamente cualquier movimiento posible del arco se llevaron a cabo una serie de observaciones partiendo de puntos de referencia, de alta precisión, que han permitido se pudiera corregir cualquier corrimiento anormal.

El puente en construcción.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Pont sur la Parramatta, Australie

A Gladesville, Sydney (Australie), un pont en arc, en béton armé et précontraint, actuellement en construction, sera, avec ses 277 m de portée, le plus grand de sa catégorie construit jusqu'à présent.

La travée centrale, de 277 m de portée, est formée de quatre arcs ou nervures allégées et quatre travées d'accès de chaque côté complètent l'ouvrage. Le projet primitif a subi quelques modifications apportées par le Département des Travaux Publics de Sydney.

Chacun des quatre arcs de la travée centrale, qui laisse une hauteur libre de 36 m pour la navigation fluviale, a été divisé en 108 voussoirs creux de 50 t chacun. Entre ceux-ci, et convenablement espacés, ont été placés quelques diaphragmes transversaux, précontraints, dont le but est de contreventer l'ensemble des arcs.

Sur l'extrados des arcs sont placés les montants supportant le tablier du pont qui comprend une chaussée de 22 m et deux trottoirs de 1 m 80 chacun, pour les piétons. Les poutres précontraintes du tablier ont été préfabriquées en deux ateliers situés à proximité du chantier, un sur chaque rive. Pour la mise en place des voussoirs, un seul cintre métallique a été utilisé, en le déplaçant transversalement d'un arc à l'autre.

La mise en charge des arcs a été acquise au moyen de vérins plats Freyssinet placés entre un certain nombre de voussoirs. Les efforts de compression de ces vérins ont été obtenus par l'effet hydraulique de l'huile injectée qui, ensuite, a été remplacée par un laitier de ciment. L'operation continuant par une autre série de vérins, jusqu'à élever l'arc sur son cintre et ainsi successivement d'un arc à l'autre.

Bridge over the Parramatta River, Australia

A bridge is now being built at Gladesville, Australia, of reinforced and prestressed concrete, which having a span of 277 m, will be the largest of its type in the world.

The main arch consists of four parallel ribs, each 277 m in span. These ribs are hollow, and constitute the main structure of the arch. There are four secondary access spans on each side. The initial project was somewhat altered by the Sydney Dept. of Public Works.

Each of the four main ribs of the central arch leaves 36 m clear height for fluvial navigation. The arched ribs are made up of 108 hollow units, each weighing 50 tons. At suitable intervals a number of transversal, prestressed diaphragms have been fitted, which serve to mutually stabilise the ribs.

On the ribs a palissade of vertical supports carry the bridge deck. This is 22 m wide and has two sidewalks, each 1.80 m wide. The prestressed deck girders were made at two nearby workshops, one on each side of the bridge. The construction of the ribs was completed with the aid of a metallic scaffolding, which was moved from one rib to the next and served for the erection of all of them.

Prestressing was done with Freyssinet type plane jacks. These were placed between the rib units, which were compressed, at the same as forcing the arch to lift off the scaffolding. After the oil had compressed the concrete, it was substituted by cement mortar. The operation was repeated at various points for each rib.

Die Brücke über den Parramatta, Australien

In Gladsville, Sydney (Australien) wird eine Spannbetonbrücke gebaut, die mit einer Spannweite von 277 m wohl die grösste bis jetzt gebaute Bogenbrücke sein wird.

Sie besteht aus 4 Bögen oder Hohlnerven als Mittelfeld mit einer Spannweite von 277 m und je 2 Randfeldern auf beiden Seiten als Zugang. Der ursprüngliche Entwurf wurde von der Abteilung Bauwesen in Sydney noch geändert.

Jeder der vier Mittelbögen mit einer lichten Höhe von 36 m für die Flusschiffahrt wurde in 108 Hohlsteine von je 50 Tonnen aufgeteilt, zwischen denen man in entsprechenden Abständen vorgespannte Querschotte eingebaut hat, die als Verstrebung der vier Bögen untereinander dienen.

Von der äusseren Bogenfläche aus gehen Stangen nach oben, die die Brückenplatte von 22 m Fahrbahnbreite und 1,80 m pro Gehsteig halten. Die vorgespannten Fahrbahnträger wurden in einer an jedem Ufer befindlichen Werkstatt vorgefertigt. Für das Betonieren der Bögen wurde ein Metallgerüst verwendet, das Abschnitt für Abschnitt verschoben wurde.

Das Vorspannen wurde mit Hilfe von Flachpressen vom Typ Freyssinet durchgeführt, die in einer bestimmten Anzahl von Bogensteinen eingesetzt wurden. Zunächst wurde eine Presse mit Öl gefüllt, worauf sie sich ausdehnte. Das Öl wurde dann durch Mörtel ersetzt und danach der ganze Vorgang bei den übrigen Pressen wiederholt, bis der Bogen sich über das Leergerüst heraushob. Dasselbe geschah nacheinander an allen Bögen.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es