

III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



TERCER DEPÓSITO DEL CANAL DE ISABEL II

Conchita **LUCAS SERRANO** ¹

Juan **MATA ARBIDE** ²

¹ Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS, S.A. Dirección Técnica.

² Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS, S.A. Jefe de Obra.

RESUMEN

En el año 2002 el Canal de Isabel II decidió construir un parque sobre la cubierta del Tercer Depósito, situado en la Avda. Islas Filipinas de Madrid. Para acondicionar la estructura a las nuevas cargas, fue necesario realizar un refuerzo en las pilastras de ladrillo con un tubo de acero estructural, reconstruir los arcos que estaban dañados y retirar la cubierta existente para colocar un nuevo forjado. Todas estas actuaciones se ejecutaron con maquinaria muy ligera, aprovechando al máximo las características resistentes de los distintos elementos de la estructura existente.

PALABRAS CLAVE

Canal de Isabel II, Depósito, Ladrillo, Refuerzo, Avda. Islas Filipinas, Arcadas.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Estructura existente

El tercer depósito del Canal de Isabel II fue construido en el año 1915 por D. Francisco Parrilla, ingeniero proyectista y director de las obras. De los cuatro depósitos que el Canal de Isabel II construyó en Madrid, éste es el más grande con unas dimensiones en planta de 360 x 216 m², que permite almacenar 461.000 m³ de agua para el abastecimiento de la ciudad.

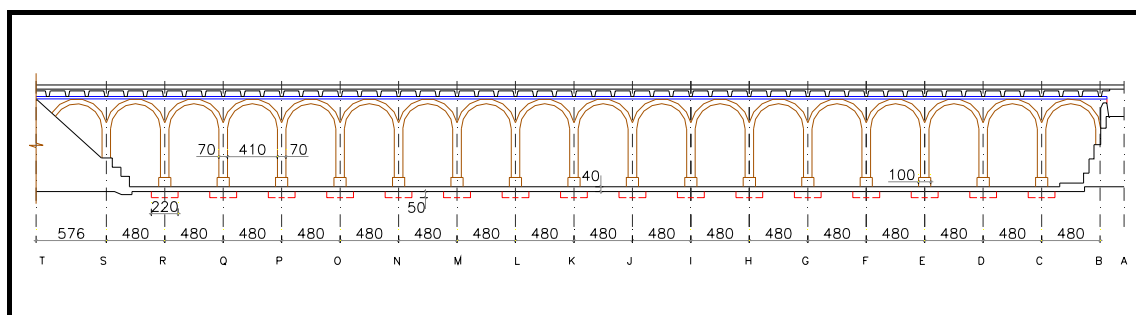


Figura 1. Sección transversal del Depósito

Está dividido en cuatro compartimentos prácticamente iguales [Fig. 2], enterrados y separados entre sí por muros intermedios. La estructura de cada uno de ellos está formada por 34 arquerías de ladrillo, separadas 6,02 m con

arcos de 4,8 m de luz [Fig. 1]. Sobre éstas se apoyaba originariamente una losa nervada de hormigón armado realizada *in situ*, que conformaba la cubierta del depósito. Un muro perimetral de hormigón armado, con la parte inferior escalonada, cierra el depósito por los cuatro costados.



Figura 2. Planta del depósito con dos de los cuatro compartimentos descubiertos

1.2. Antecedentes de la obra

En el año 2002 el Canal de Isabel II decidió construir un parque sobre la cubierta de este depósito, lo que obligó a estudiar la estructura existente para analizar su viabilidad.

El ajardinamiento previsto obligaba a disponer un metro de tierra sobre la cubierta para la plantación de arbolado y, además, se hacía necesario considerar una sobrecarga de uso mayor para habilitarlo como parque público.

Dado que la cubierta existente carecía de impermeabilización y presentaba lesiones estructurales serias [Fig.3], se decidió retirar la losa nervada para colocar un nuevo forjado capaz de hacer frente a la nueva solicitud, dotándolo de la impermeabilización adecuada.

Respecto a la estructura de ladrillo, se repararon las arcadas y se reforzaron las pilastras para resistir las nuevas cargas.

Aunque la demolición completa del depósito, para sustituirlo por otra nueva estructura, habría sido una solución más sencilla y económica, el Canal de Isabel II decidió respetar al máximo la estructura existente por su alto valor histórico.



Figura 3. Situación de la cubierta existente

1.3. Medidas de refuerzo y reparación

Las actuaciones sobre la estructura existente se plantearon en varios frentes:

1. Refuerzo y reconstrucción de los muros perimetrales y divisorios
2. Refuerzo de las pilastras
3. Reconstrucción de los arcos
4. Sustitución de la cubierta

Dado que las zapatas de hormigón en masa de las pilastras estaban unidas entre sí por una solera de bastante rigidez, y el conjunto era capaz de hacer frente al aumento de carga, transmitiendo al terreno tensiones inferiores a la admisible, no se consideró necesario reforzar la cimentación.

Los muros perimetrales necesitaban un refuerzo, pues tenían que absorber los empujes laterales de las arcadas, que con las nuevas cargas serían mayores. Por este motivo se construyó, por detrás del muro perimetral existente, una pantalla de pilotes de 65 cm de diámetro y 11 m de longitud, que permitía a las arcadas hacer frente a la nueva sollicitación.

Respecto a los muros divisorios, se llevó a cabo una demolición parcial y una posterior reconstrucción en hormigón armado, dotándolo de una mayor resistencia.

El refuerzo de las pilastras de ladrillo consistió en introducir un tubo de acero estructural que aumentara su capacidad portante. Para ello se ejecutó un taladro en el eje de la pilastra con una máquina de micropilotes, se introdujo el tubo y, finalmente, se rellenó con un mortero de alta resistencia, que incorporaba un inhibidor de corrosión [Fig. 4]. Para controlar el desplome del taladro y la posición final del tubo estructural se hicieron, en la parte inferior de la pilastra de ladrillo, unas calas que permitían conocer la posición exacta del tubo de refuerzo. Se admitieron desplomes de hasta 5 cm, pues se calculó la sollicitación excéntrica en la sección “mixta” ladrillo-mortero-acero estructural.

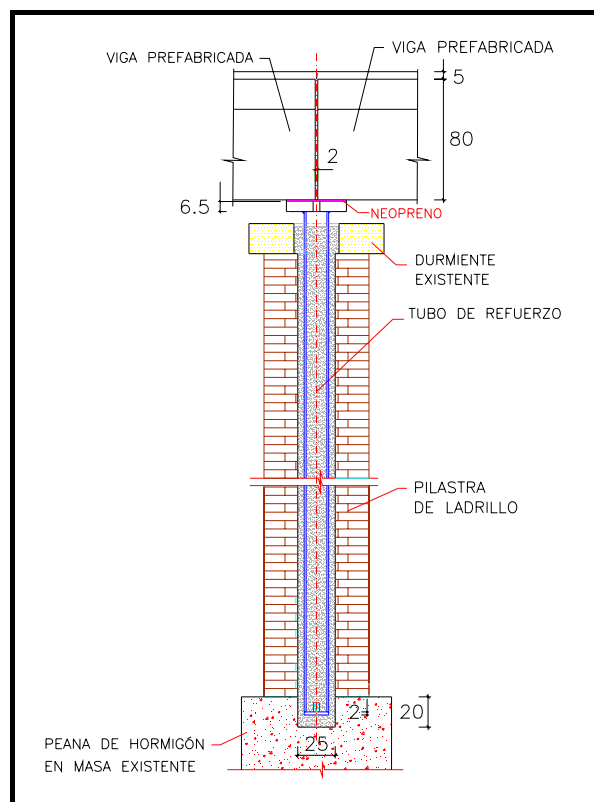


Figura 4. Refuerzo en pilastras de ladrillo

Los arcos dañados eran los extremos de cada arcada, pues son los que no tienen compensados los empujes horizontales. Para evitar desprendimientos, se cimbraron completamente con una estructura de madera hecha *ad hoc* [Fig. 5].



Figura 5. Cimbrado de arcos extremos

Las zonas más fisuradas se demolieron cuidadosamente, y después se reconstruyeron tratando de imitar al máximo la disposición original de los ladrillos.



Figura 6. Reparación de arcos extremos

En relación con la cubierta, y después de muchos estudios, se decidió que ni aun rehabilitándola podría hacer frente a las nuevas cargas. Por ese motivo se retiró para colocar un nuevo forjado. Como las cargas que transmitiría esa nueva cubierta serían superiores a las actuales, y no se quería sobrecargar los

arcos, se decidió colocar una estructura tal que sólo se apoyara en las pilastras de ladrillo, una vez reforzadas. Para ello se diseñaron unas vigas prefabricadas de hormigón armado que se colocaban perpendicularmente a las arcadas y se apoyaban directamente en las pilastras de ladrillo reforzadas. Sobre éstas se colocó una losa alveolar.

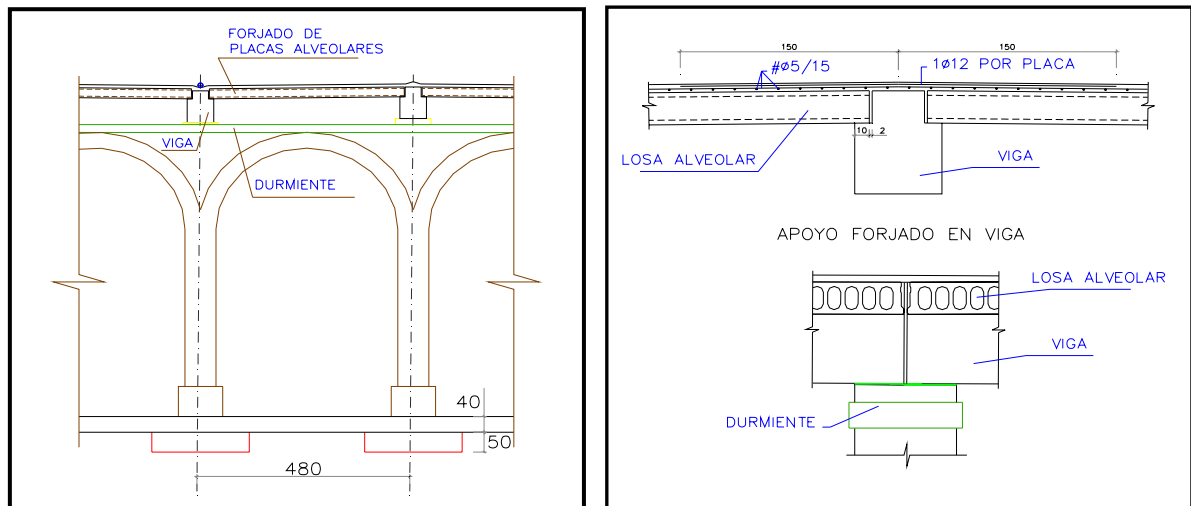


Figura 7. Nueva Cubierta

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Desde el primer momento se consideró de vital importancia reducir al máximo la maquinaria pesada (grúas torre, etc). Por ese motivo se hicieron, para cada fase de la obra, una serie de cálculos complementarios, encaminados a aprovechar al máximo la resistencia de los distintos elementos estructurales existentes.

2.1. Retirada de tierras

Para retirar los 50 cm de tierra que había sobre la cubierta del depósito se decidió emplear maquinaria ligera que pudiera circular por encima. Se estudió, en primer lugar, la resistencia del forjado existente. Con la ayuda de un informe del CEDEX de 1983, donde figuraba un plano con la sección y armadura de la losa nervada y los materiales empleados en su día, y el apoyo de una serie de calas que se hicieron para comprobar esos datos, se determinó la resistencia última del forjado existente.

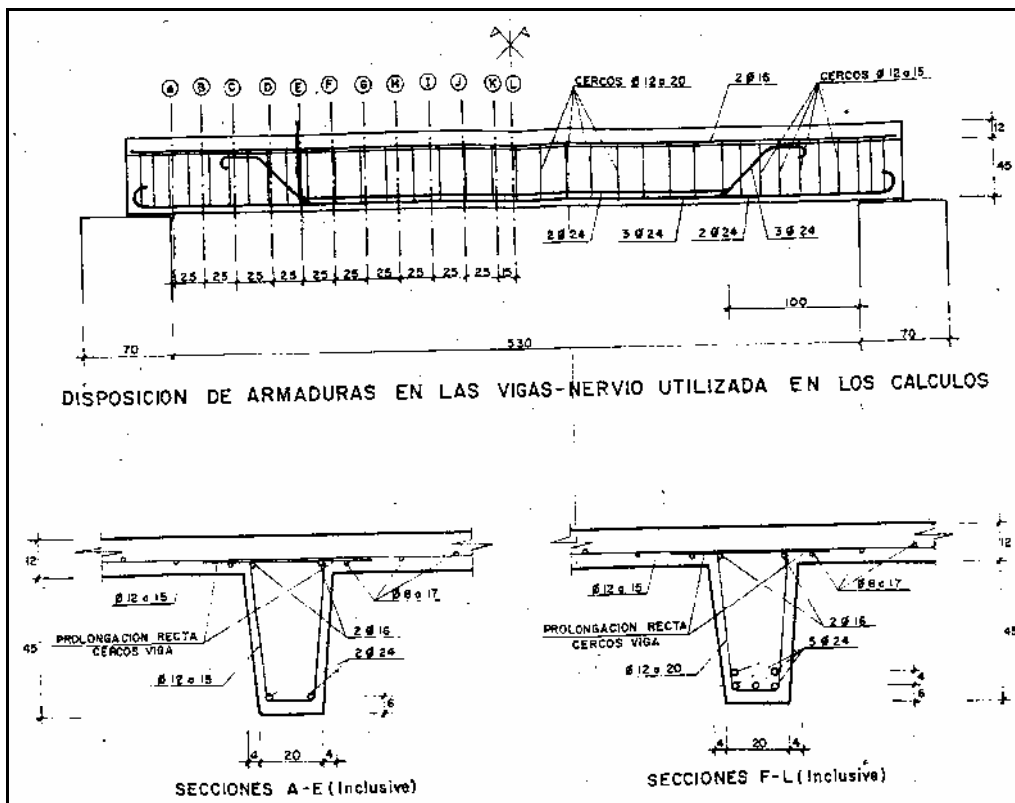


Figura 8. Plano conservado de definición de la losa nervada existente (1983)

Para no solicitar excesivamente el forjado, se empleó una mini excavadora y unos dúmperes pequeños, de 1500 kg cada uno, que sólo circulaban por encima de las arcadas para minimizar los esfuerzos generales, y siempre sobre la capa de tierras, de forma que la carga de la maquinaria se repartía, y en la losa de compresión del forjado no se producían daños debidos a la flexión local o al punzonamiento.



Figura 9. Proceso de retirada de tierras

De esta forma, se definieron unas calles que coincidían con la alineación de las arcadas, por donde circulaba la maquinaria quitando las tierras en retirada y a los lados, como puede verse en la Figura 9.

2.2. Ejecución de taladros

Con el fin de aprovechar al máximo la cubierta existente, se planteó la ejecución de los taladros en las pilastras desde la propia cubierta antes de retirarla, pues así el acceso de la máquina de micropilotes era mucho más sencillo. Para comprobar la viabilidad de este proceso se evaluaron los esfuerzos que esa sollicitación generaba en el forjado, y se decidió que la máquina de micropilotes sólo circulara por encima de las alineaciones de las arcadas, para así no introducir flexiones importantes en el forjado existente. Al igual que se hizo en el proceso de retirada de tierras, las máquinas de micropilotes hicieron los taladros en retirada, de forma que nunca se situaban sobre un nervio debilitado por la perforación.



Figura 10. Ejecución de taladros y zunchado de pilares durante la perforación

Antes de comenzar los trabajos de perforación, se zuncharon los pilares con tableros de madera debidamente dispuestos para evitar su rotura durante la operación, y la losa de compresión del forjado existente se apeó sobre las arcadas mediante apuntalamientos de madera.

2.3. Demolición de la cubierta

Para retirar el forjado existente, se troceó la losa nervada en piezas de 3.20 m x 6.02 m, que eran fáciles de manejar. Las dimensiones de estas piezas

estaban definidas por la distancia entre arcadas, 6,02 m, y el ancho de 3,20 m correspondía a dos nervios. Para el corte se emplearon tres cortadoras con discos de diamante.



Figura 11. Demolición cubierta existente

Una vez cortadas las piezas, se retiraban con grúa desde el exterior del depósito, cuando la longitud de la pluma lo permitía. Para sacar las piezas de forjado situadas en las zonas más interiores del depósito, donde no llegaba la grúa principal situada en el exterior, se introdujeron unas grúas auxiliares de menor tamaño [Fig. 12], que cargaban las piezas sobre unos pequeños camiones que circulaban por dentro del depósito, situándose en el radio de acción de las grúas principales que sacaban las piezas del depósito.



Figura 12. Izado de piezas desde el interior

2.4. Colocación del refuerzo

Una vez retirada toda la cubierta se pasó al refuerzo de las pilastras de ladrillo. Los tubos de acero estructural que constituían el refuerzo se colocaron con grúas situadas en el fondo del depósito, pues su reducido tamaño les permitía circular por debajo de los arcos.



Figura 13. Colocación de refuerzo en pilastras

Los tubos tenían en su extremo superior un chapón metálico de 65 mm de espesor para el posterior apoyo de las vigas prefabricadas que constituirían la nueva cubierta.



Figura 14. Colocación de refuerzo en pilastras

Para nivelar provisionalmente este apoyo y asegurar las cotas de las vigas, se hicieron unos tabiquillos de ladrillo y mortero, que se eliminaban una vez rellenados el taladro y el tubo de acero con el mortero de alta resistencia.

Las chapas metálicas tenían adosado en su cara superior un neopreno de pequeño espesor, que garantizaba el correcto apoyo de las vigas.

2.5. Colocación de la nueva cubierta

Las vigas prefabricadas, que cargaban exclusivamente sobre las pilastras de ladrillo sin afectar a los arcos, se apoyaban en los chapones metálicos, que iban soldados a los tubos de acero estructural en el extremo superior. Sobre ellas se colocó la losa alveolar. Estos dos elementos se colocaron con unas grúas desde el interior del depósito.

Tal y como prescribe la EFHE, el apoyo de las losas alveolares en las vigas se hizo sobre una banda longitudinal de neopreno.

Finalmente se colocó la armadura y se procedió al hormigonado de la losa de compresión.



Figura 15. Ejecución de la nueva cubierta

La estructura se completó con la impermeabilización de la cubierta.