

REHABILITACIÓN DE LAS CUBIERTAS DEL HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA EN MADRID

Jerónimo JUNQUERA GARCÍA DEL DIESTRO Arquitecto ESTUDIO JERÓNIMO JUNQUERA	Leonardo FERNÁNDEZ TROYANO Dr. Ingeniero de Caminos CARLOS FERNÁNDEZ CASADO Consejero Delegado cfcsI@cfcsI.com	Clara SANTANA DOMÍNGUEZ Arquitecto ESTUDIO JERÓNIMO JUNQUERA
Guillermo AYUSO CALLE Ingeniero de Caminos CARLOS FERNÁNDEZ CASADO Ingeniero gayuso@cfcsI.com	José CUERVO FERNÁNDEZ Aparejador CARLOS FERNÁNDEZ CASADO Calculista jcuervo@cfcsI.com	

Resumen

El Hipódromo de la Zarzuela de Madrid es un proyecto del año 1935 de los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez y del ingeniero Eduardo Torroja, cuya construcción se finalizó en el año 1941.

Las láminas son hiperboloídes de espesor variable entre 65 cm en la zona de pilares y 6 cm en los bordes. El esquema de la estructura es simple: cada módulo, que tiene sección en V con bordes curvos, y un ancho de 5,0 m está apoyado en un único pilar y vuela sobre la tribuna del orden de 13 m; en su parte trasera se sujeta mediante tirantes pasivos de acero.

La actuación que se ha realizado ha consistido en la reparación de las cubiertas tanto en su parte inferior como superior. En la parte inferior se ha eliminado la pintura actual y se ha saneado el hormigón inyectando las fisuras y rellenando las coqueras y desprendimientos de hormigón, se ha pintado de nuevo la lámina con una pintura anticarbonatación. En la parte superior se ha eliminado la impermeabilización existente, se han inyectado las fisuras, y se ha colocado una nueva impermeabilización de poliuretano.

Palabras Clave: Restauración, Torroja, hipódromo, lámina.

1. Introducción

En el año 1934 salió a concurso el proyecto para la construcción del nuevo Hipódromo de Madrid en sustitución del existente en el Paseo de la Castellana. A este concurso se presentaron varios equipos formados por arquitectos e ingenieros, entre los cuales estaba el formado por los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez y el ingeniero Eduardo Torroja, que finalmente fueron los ganadores.

El proyecto se finalizó en el año 1935 comenzando las obras ese mismo año. Quedó casi terminado antes del comienzo de la Guerra Civil, finalizándose en 1941. El conjunto del Hipódromo fue Premio Nacional de Arquitectura y las cubiertas fueron declaradas Bien de Interés Cultural en los años ochenta. El elemento más característico y famoso de esta obra son las cubiertas laminares de las tribunas.

Las cubiertas son láminas de hormigón armado con la forma de un hiperboloide de espesor variable entre 65 cm en la zona de pilares y 6 cm en los bordes. El esquema de la estructura es muy simple: cada módulo, que tiene sección en V con bordes curvos, y un ancho de 5,0 m está apoyado en un único pilar y vuela sobre la cubierta del orden de 13 m; y se sujeta en su parte trasera mediante tirantes pasivos de acero.

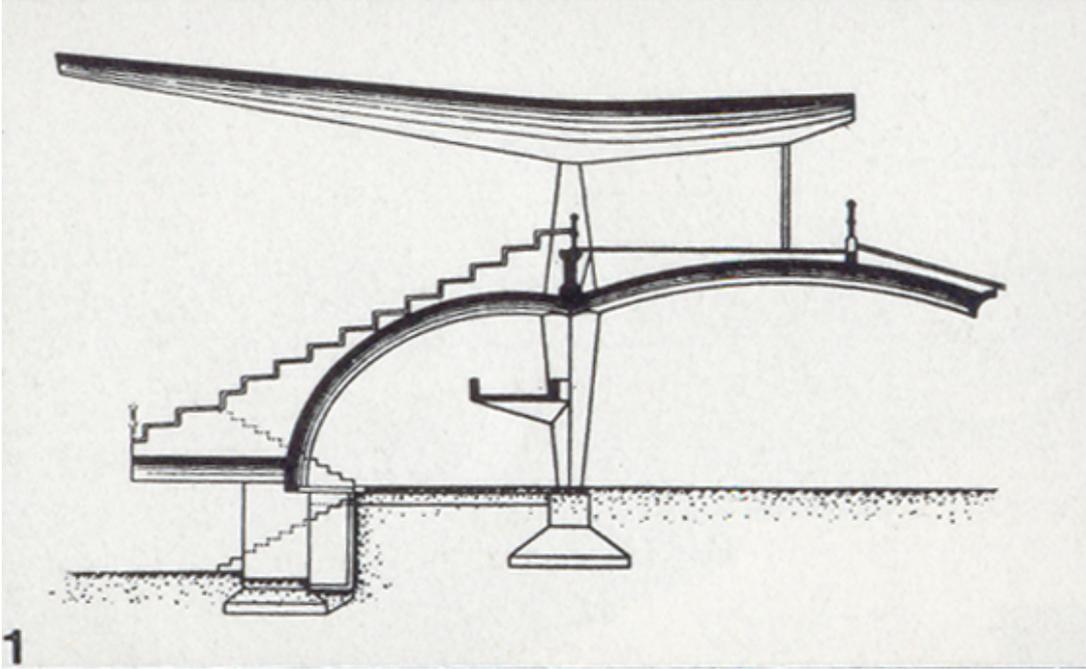


Fig. 1 Esquema estructural de las tribunas

Antes del comienzo de la Guerra Civil la estructura de hormigón del Hipódromo estaba finalizada. Durante ésta la obra quedó enclavada en uno de los frentes de la batalla de Madrid, por lo que sufrió impactos de artillería que fueron reparados bajo la supervisión de Torroja a su finalización, inaugurándose en el año 1941.

Desde su finalización en el año 1941 el Hipódromo ha sufrido una serie de reformas en diversos elementos, así como añadidos a la estructura original, no muy afortunados, que desentonan del conjunto original.

2. Organización de las cubiertas

En el Hipódromo existen tres tribunas sobre las cuales están dispuestas las cubiertas. Estas son:

- Tribuna Norte
- Tribuna Central
- Tribuna Sur

Las tribunas Norte y Sur tienen una cubierta formada por 12 módulos, mientras que la Central está formada por 5 módulos.

3. Estado de las cubiertas antes de la actuación

Las actuaciones que han sufrido las cubiertas desde su construcción han sido desde el punto de vista de mantenimiento bastante escasas, siendo la actuación actual la de mayor envergadura y más ambiciosa desde su construcción.

Como primer punto de partida se realizó una visita al Hipódromo para comprobar el estado de las cubiertas. En esta visita se vio que el mantenimiento había sido insuficiente por no decir inexistente. Por la parte inferior se observó que existían diversas capas de pintura que se habían dado para tapar humedades u otros problemas. Por la parte superior de las cubiertas había instalada una impermeabilización formada por una imprimación asfáltica sobre la que se dispuso una lámina de aluminio gofrado, que posiblemente se instaló en los años sesenta. Los sumideros de las cubiertas están situados en el centro de los pilares, y algunos de ellos estaban obstruidos por lo que en algunas zonas hubo acumulación de agua que traspasó a la parte inferior originando humedades.



Fig. 2 Estado de la impermeabilización de las cubiertas



Fig. 3 Estado de los sumideros



Fig. 4 Cara inferior de las cubiertas



Fig. 5 Meteorización de la lámina asfáltica

La impermeabilización estaba levantada en algunas zonas y se podía observar que la imprimación asfáltica estaba meteorizada por el efecto del sol en esas zonas. También había algo de vegetación que había crecido entre la lámina y la impermeabilización.

En la Tribuna Central se vio que la cubierta había sido perforada para la instalación de la salida de una chimenea situada en uno de los salones inferiores. Dicha chimenea estaba situada a la altura de los tirantes traseros por lo que se supuso que podía haberse visto afectado el tirante más cercano a ésta, ya que estaba situada en la zona de las patillas de anclaje del tirante.

4. Cálculo de las cubiertas

Una vez realizada la inspección y por petición de la sociedad Hipódromo de la Zarzuela, debido a la voluntad de reabrir el Hipódromo de forma inmediata, se procedió a realizar un cálculo de las cubiertas para verificar la seguridad estructural de las mismas.

Se realizó un modelo de elementos finitos con elementos placas cuadráticos en el que se modelizó la cubierta así como los pilares y tirantes.

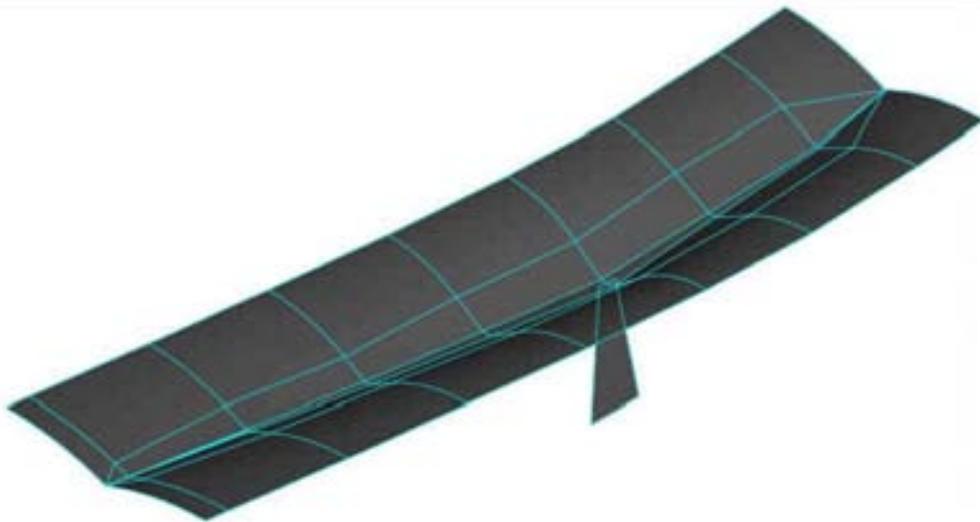


Fig. 6 Modelo de cálculo

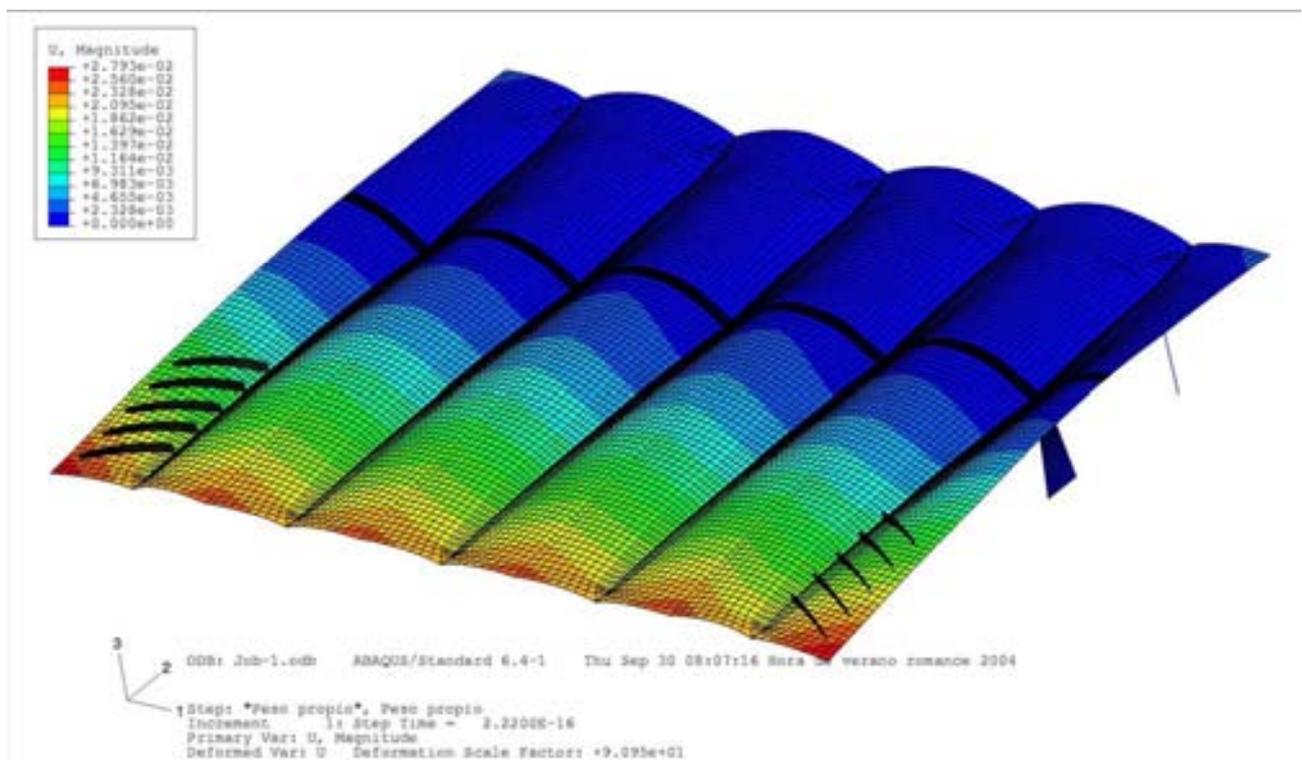


Fig. 7 Deformaciones bajo la hipótesis de peso propio

Las cargas introducidas fueron las indicadas en las normas actuales, mientras que los materiales se modelizaron a partir de los resultados obtenidos de un estudio previo del CEDEX en el cual se tomaron testigos y obtuvieron la resistencia del hormigón.

Con este estudio se verificó que la estructura era segura y se podía poner en uso sin ninguna actuación previa en ella.

5. Actuaciones en las cubiertas

Llegado el momento de establecer las actuaciones a realizar se contactó con la empresa SIKA para que asesoraran y dieran su opinión al respecto de los materiales y técnicas a emplear en la restauración de las cubiertas. También se solicitó al Instituto Eduardo Torroja su colaboración para instrumentar las cubiertas, de tal forma que se pueda estudiar la evolución de la corrosión y carbonatación del hormigón. Para ello se realizó una campaña inicial de medidas de corrosión de las cuales partir para analizar futuras mediciones. Finalmente en cada una de las cubiertas se dispusieron en dos puntos sensores de para medir la velocidad de corrosión, diferencia de potencial y un sensor de agua líquida para asegurar que la impermeabilización está funcionando correctamente.

El primer paso a realizar era eliminar toda la pintura inferior y la impermeabilización superior para poder analizar el estado real de la estructura. Para eliminar la pintura y la impermeabilización se empleó agua a presión a 700 bares, esta presión se obtuvo haciendo pruebas desde presiones bajas hasta la final de tal forma que el rendimiento en la supresión de las capas fuera adecuado, pero por encima de cualquier otra cosa, que el hormigón no fuera alterado. La pintura de la zona inferior se eliminó muy fácilmente con este procedimiento, mientras que la impermeabilización fue mucho más laboriosa ya que la imprimación asfáltica en algunas zonas se había introducido en el hormigón. Una vez descubierto el hormigón se observó que la fisuración era más abundante de la esperada. Se podían observar en la parte superior las fisuras de momentos negativos en la zona de pilares.

En la parte inferior se observó que se habían realizado diversas reparaciones, algunas de las cuales estaban sueltas por lo que se eliminó el hormigón de estas zonas para reponerlo posteriormente. También hubo zonas que estaban huecas en las que se procedió de igual manera. En otras zonas la armadura estaba corroída por lo que su incremento de volumen levantó el hormigón. Todas estas zonas se localizaron, se limpiaron y las armaduras que quedaban vistas se cepillaron con un cepillo metálico para eliminar el óxido para su posterior reconstrucción.. Se comprobó que no había pérdida significativa de acero resistente. Se comprobó que el hormigón estaba carbonatado debido entre otras cosas a la acumulación de agua que se produjo por estar atascados los sumideros, así como por la calidad del hormigón de la época.

Uno de los motivos de acometer la limpieza de la estructura de forma simultánea por la parte inferior y superior fue que era necesario para la inyección de las fisuras el poder comprobar si éstas estaban comunicadas entre ellas y controlar la cantidad de resina empleada. El procedimiento empleado para la inyección de las fisuras fue el siguiente:

1. Se procedió a abrir las fisuras mediante radial
2. Se introducían unas cánulas por las cuales se inyectaría la resina
3. Se sellaba con masilla la fisura abierta para que no se saliese la resina
4. Se inyectaba la resina
5. Finalmente se tapaban con mortero de reparación



Fig. 8 Cánulas en la parte superior de la cubierta para la inyección de las fisuras



Fig. 9 Estado de la cubierta durante la ejecución de la impermeabilización de poliuretano

Uno de los puntos en los que se hizo más énfasis fue en el mortero final que se dispuso. El encofrado que se empleó para la construcción de las cubiertas era de tablillas de madera. Se podía observar en el hormigón las betas de la madera, por lo que el resultado final de las zonas reparadas debía tener el mismo acabado, de tal forma que no se marcasen las zonas reparadas. En este mortero final se reprodujeron las tablillas del encofrado obteniendo un resultado realmente bueno.

Como acabado por la parte inferior se ha empleado una pintura anticarbonatación.

En la parte superior de la cubierta se propuso poner como impermeabilización una lámina de poliuretano, ya que si en un futuro hay que reparar algún desperfecto se puede aplicar en la zona en cuestión sin que haya problemas de juntas entre las diversas aplicaciones. Esta lámina tiene un espesor del orden de 3 a 4 mm, por lo que uno de los condicionantes por parte de los aplicadores es que la superficie debe ser lo más lisa posible. Una vez eliminada la impermeabilización antigua se observó que la textura del hormigón era muy rugosa por lo que de aplicar en esa superficie el poliuretano éste podía romperse ya que se introduce en las oquedades produciendo una lámina no continua. Para solucionar este problema se optó por aplicar una capa de mortero sin retracción para conseguir un acabado lo más liso posible. Llegados a este punto se fijaron una serie de condicionantes para esta capa: en primer lugar debería tener el menor espesor posible para no incrementar el peso; y en segundo lugar si aplicáramos el mortero en toda la superficie por retracción y temperatura las tensiones tangenciales que se producían entre el mortero y la lámina podía provocar que ambas se separasen con lo que la impermeabilización dejaría de funcionar correctamente. Para solucionar estos problemas se planteó emplear el mortero únicamente en las zonas que realmente lo necesitasen, emplear un mortero con el menor módulo de elasticidad posible intentando igualarlo con el del hormigón de la cubierta y realizar juntas en el mortero de tal manera que quedasen cuadrados de 1 m por 1 m.



Fig. 10 Juntas en la parte superior de la cubierta

En las juntas entre módulos se dispuso una lámina de PDM sobre la cual se aplicaría la impermeabilización y que permite una deformación del 400%, dispuesta 6 m hacia el voladizo delantero y 4 m hacia la parte de atrás, ya que los módulos de la estructura se apoyan entre ellos en la parte delantera y trasera, abriéndose en la zona de los pilares.



Fig. 11 Vista de las tres tribunas. Tribuna sur en en obras, central sin empezar y norte finalizada



Fig. 12 Vista de la cubierta de la tribuna norte

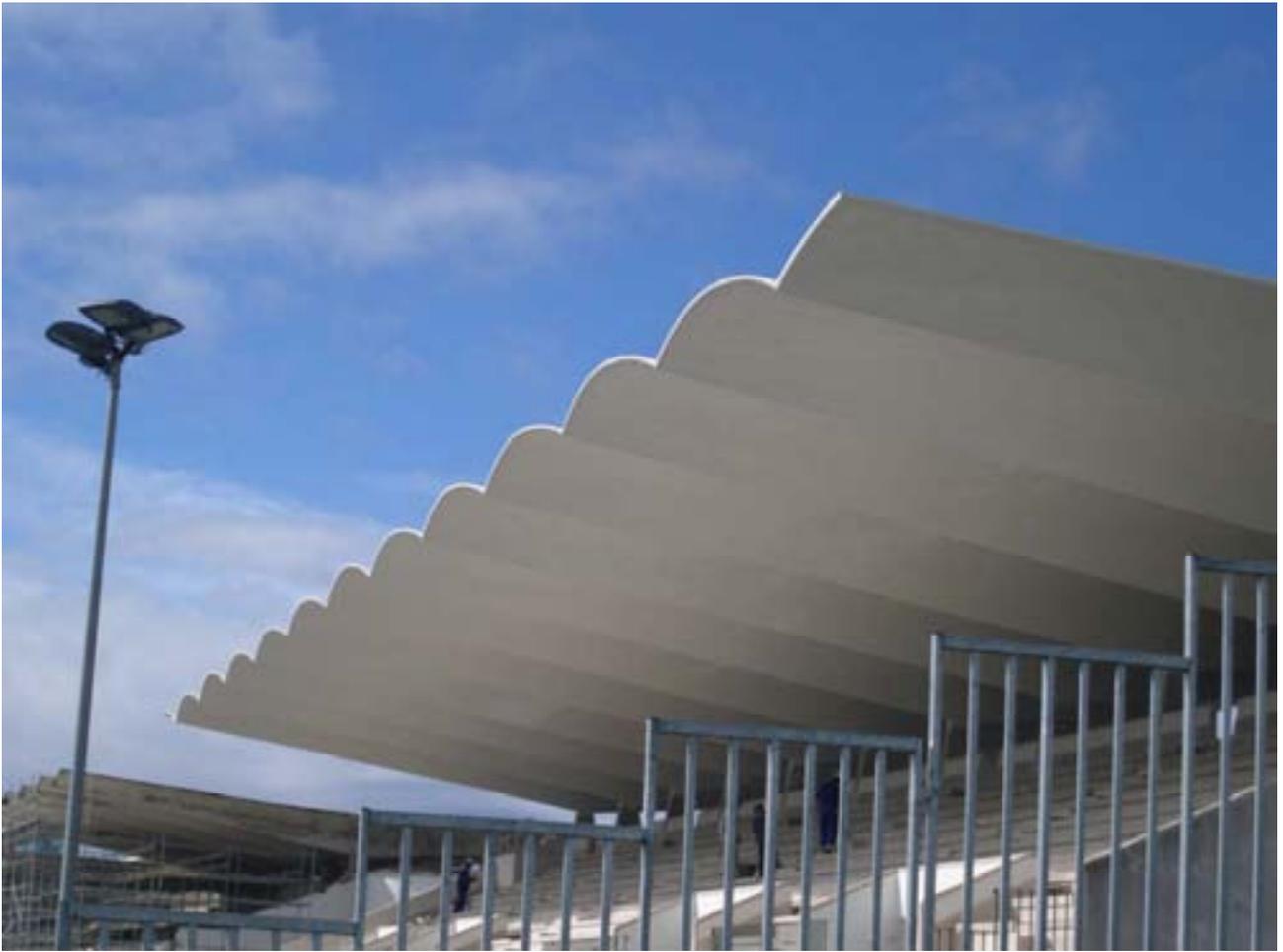


Fig. 12 Vista de la cubierta de la tribuna norte