

# Rehabilitación de la cubierta del antiguo canódromo de Madrid

## *Refurbishment of the old Madrid dog track*

Fernando Rodríguez García <sup>a</sup>, Javier Martínez González <sup>b</sup>, José Soriano Martín <sup>c</sup>,  
Pablo Alonso Medina <sup>d</sup>

<sup>a</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, FHECOR, Director de Departamento, [frg@fhedor.es](mailto:frg@fhedor.es)

<sup>b</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, FHECOR, Ingeniero de Proyecto, [jmg@fhedor.es](mailto:jmg@fhedor.es)

<sup>c</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, FHECOR, Jefe de Proyecto, [jsm@fhedor.es](mailto:jsm@fhedor.es)

<sup>d</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, FHECOR, Ingeniero de Proyecto, [pam@fhedor.es](mailto:pam@fhedor.es)

### RESUMEN

La cubierta del antiguo canódromo de Madrid fue construida entre 1960 y 1962 a partir de un proyecto de los arquitectos José Ramón Azpiazu y Pedro Pinto junto con los ingenieros José Antonio Torroja, Florencio del Pozo y Rafael López Palanco. La cubierta, definida por una lámina plegada de hormigón armado con nervios superiores de rigidización, cuenta con un voladizo frontal que alcanza los 17.50 metros de longitud. En el año 2017 se observaron ciertos deterioros en la cubierta que denotaban problemas de durabilidad que afectaban fundamentalmente a los nervios de la misma, para lo cual FHECOR llevó a cabo los trabajos de diagnóstico previos a la rehabilitación de la cubierta.

### ABSTRACT

The roof structure of the old Madrid dog track was erected between 1960 and 1962 based on the project elaborated by the architects José Ramón Azpiazu and Pedro Pinto, together with the engineers José Antonio Torroja, Florencio del Pozo and Rafael López Palanco. The roof structure was solved by means of folded thin-plates with upper ridges that stiffen the system. In 2017 some damages were observed in the structure, which were related to durability problems mainly affecting the mentioned upper stiffeners. FHECOR was in charge of the inspection and diagnosis works prior to the refurbishment of the roof structure.

**PALABRAS CLAVE:** cubierta, mantenimiento, rehabilitación, patologías, inspección.

**KEYWORDS:** roof structure, maintenance, refurbishment, damages, inspection.

## 1. Introducción

La cubierta del antiguo canódromo de Madrid fue construida entre 1960 y 1962 a partir de un proyecto de los arquitectos José Ramón Azpiazu y Pedro Pinto junto con los ingenieros José Antonio Torroja, Florencio del Pozo y Rafael López Palanco. Desde entonces, ha

experimentado diversos cambios de uso. Inicialmente fue sede del canódromo de Madrid, luego se convirtió en velódromo (1990-91) y finalmente, desde el año 2007 ha venido siendo una instalación polideportiva.

La cubierta del canódromo de Madrid está definida por una lámina plegada de hormigón armado con nervios superiores de rigidización.

En el año 2017 se observaron ciertos deterioros en la cubierta que denotaban

problemas de durabilidad que afectaban fundamentalmente a los nervios de la misma. En este artículo se presenta la metodología seguida por FHECOR para el diagnóstico y la rehabilitación de la cubierta.

## 2. Descripción de la estructura

### 2.1. Diseño

La cubierta del canódromo de Madrid está conformada por dos vanos, el de más longitud de 17.50 metros en voladizo y otro más corto de 6.50 metros que se ancla en su extremo mediante tirantes en V.

Las uniones son articuladas y descansan sobre una serie de 13 pilares de hormigón que surgen desde los graderíos.



Figura 1. Imagen de la cubierta en abril de 2017

La geometría de la cubierta se forma mediante un total de 13 módulos idénticos que se repiten conformando la misma. Presenta dos juntas transversales, entre los módulos 4 y 5 y entre los módulos 9 y 10, respectivamente.

Los planos de la cara superior de cubierta configuran el sistema de drenaje superficial, encauzando el agua de lluvia desde los planos inclinados hacia una serie de desagües ubicados en el interior de los propios pilares, a ambos lados del tímpano.

Existen sendos sumideros que recogen las aguas que circulan desde cada tramo largo o corto de la cubierta y las recogen por dentro del pilar.



Figura 2. Imagen de la cubierta en abril de 2017

La lámina plegada de hormigón armado que conforma la cubierta de la tribuna de espectadores presenta un espesor variable que en su extremo llega a tener sólo 8 cm. Su geometría, no desarrollable pero de caras planas, es la que permite alcanzar el vuelo máximo de 17.50 metros.

Dicha lámina trabaja en régimen de flexión, lo que requirió disponer una cuantía de armadura media de 33 kg/m<sup>2</sup>.

El graderío se diseñó en su momento para una capacidad de 5000 espectadores y estaba definido mediante viguetas prefabricadas de hormigón pretensado en las tabicas y placas prefabricadas, también de hormigón, en las huellas sobre las que se disponen los asientos.

Para la comprobación del cálculo de la estructura se construyó un modelo a escala 1:25, en el que mediante un bastidor de acero se reprodujeron las acciones actuantes mediante tirantes de acero de 4 mm de diámetro.

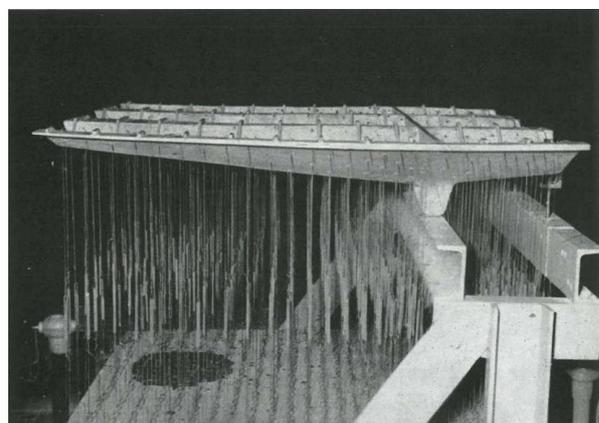


Figura 3. Modelo a escala reducida de la estructura del canódromo [1]

## 2.2. Construcción

La tipología de la cubierta conlleva una serie de características tanto geométricas como constructivas que hicieron necesaria que la construcción se llevara a cabo en una sola fase, lo cual obligó a emplear un gran número de encofrados, así como a disponer una complicada estructura metálica tubular que serviría como cimbra de apoyo de los mismos.



Figura 4. Proceso de ejecución [1]

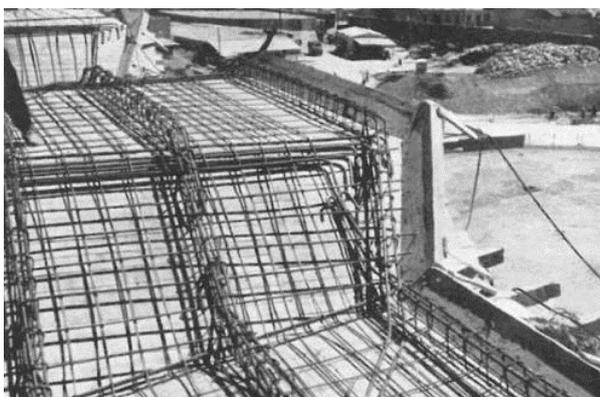


Figura 5. Proceso de ejecución [1]

En relación al proceso constructivo, es importante resaltar que el hormigonado de la cubierta se realizó por elementos, siguiendo la siguiente secuencia constructiva:

1. Hormigonado del borde posterior, realizándose simultáneamente la lámina y los nervios rigidizadores.
2. Vibrado del hormigón del elemento horizontal.
3. Colocación del encofrado del tímpano un día después.
4. Hormigonado del tímpano dos días después.

Posteriormente se procedía al desencofrado, primero en la zona ubicada entre la línea de apoyos y tirantes (los cuales se tensaban posteriormente) y después en la parte elevada.

El desencofrado de la parte elevada se realizó al mismo tiempo en toda su longitud para evitar tensiones producidas por un descenso parcial de las partes desencofradas.

La flecha que experimentó el borde más extremo de la parte volada de la cubierta tras el desencofrado fue de 5 centímetros [1].

## 2.3. Intervenciones recientes

Durante la inspección de la estructura se comprobó que ésta había sido objeto de algunos trabajos de reparación, si bien se desconoce la fecha de ejecución de algunos de ellos.

Únicamente se tiene constancia de que en el año 2007 se llevaron a cabo los trabajos de reparación más recientes, que incluyeron la aplicación a la cubierta un producto de impermeabilización.

## 3. Inspección y diagnóstico

### 3.1. Patologías observadas durante la inspección

Durante los meses de marzo y abril de 2017, técnicos de FHECOR realizaron los trabajos de inspección de la totalidad de la estructura, a partir de los cuales se elaboraron mapas de daño que permitieron cuantificar y valorar la extensión de todos los daños.

El daño más significativo de los observados en la cara superior de la cubierta fue la fisuración y pérdida de material de los nervios como consecuencia de procesos de corrosión en las armaduras de los mismos. Además, había una presencia bastante uniforme de armaduras vistas a lo largo de toda la cubierta, cuyo origen parecía estar en la falta de recubrimiento horizontal durante la propia fase de construcción.

En relación con la cara inferior de la cubierta, se detectaron fisuras longitudinales de pequeña longitud que parecían asociadas a la corrosión de las correspondientes armaduras.

Se observaron asimismo humedades y eflorescencias en la cara inferior que parecían poner de manifiesto un comportamiento deficiente de la impermeabilización de la cubierta en algunos puntos.

Los tirantes son un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, y aunque formaron parte del objeto de la reparación del año 2007, presentaban algunas fisuras alineadas con las armaduras que aconsejaron tener en cuenta este tipo de elemento en el estudio.

Por su parte, los pilares presentaban en general un estado razonable de conservación, salvo en el caso del pilar identificado como n°4, que presentaba una fisuración muy desarrollada, alineada con las armaduras y con presencia de humedades. Dicha fisuración parecía tener su origen en la corrosión de las armaduras, favorecida posiblemente por un mal comportamiento del sistema de drenaje que discurre por el interior del pilar y que probablemente estuviera aportando el agua necesaria para el desarrollo de dicha corrosión y que explicaría por qué en este caso se presenta un daño tan visible a diferencia del resto de los pilares.

Se detectaron muchas zonas que denotaban una calidad de ejecución deficiente en cuanto a la compacidad del hormigón, presentando la superficie de éste numerosas coqueas y nidos de grava, especialmente en la cara superior de la cubierta. Esta circunstancia se explica por las especialmente difíciles condiciones de ejecución que conllevaba este tipo de cubiertas en el momento de la ejecución.

Por ello y sin perjuicio de que todo lo anteriormente expuesto ha de tenerse en cuenta para evitar daños en el futuro, dichos defectos podrían considerarse como normales a la vista la época de construcción y la tipología de la estructura.

### ***3.2. Campaña de ensayos***

A la vista de los daños observados, se consideró conveniente llevar a cabo un plan experimental mediante la extracción de testigos para la estimación de la resistencia a compresión del hormigón y la realización de catas que permitieran la determinación del espesor del recubrimiento, profundidad de carbonatación y diámetro de las armaduras tanto en la cubierta como en los pilares y los tirantes.

A partir de los resultados de los ensayos de resistencia a compresión el hormigón se pudo estimar la resistencia a compresión característica del hormigón de la estructura, que resultó igual a 19.30 MPa.

En el caso de las armaduras, gracias a las catas realizadas pudieron determinarse los diámetros de las armaduras existentes en cada elemento.

### ***3.3. Comprobación estructural de la cubierta***

A partir de los datos recabados durante la inspección de la estructura y los resultados de los ensayos realizados tanto in situ como en laboratorio, se llevó a cabo la comprobación de la estructura con el objetivo de analizar el funcionamiento estructural de la cubierta según la normativa vigente (CTE), de modo que se pudiera verificar la validez de las cuantías de armado dispuestas y los espesores de hormigón existentes en las diferentes zonas de la cubierta, de acuerdo a los resultados obtenidos en las catas y los testigos.

Resultan de aplicación a la estructura para su comprobación estructural el Código Técnico de la Edificación CTE [4], La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 [5] y la norma de construcción sismorresistente NCSE-02 [6].

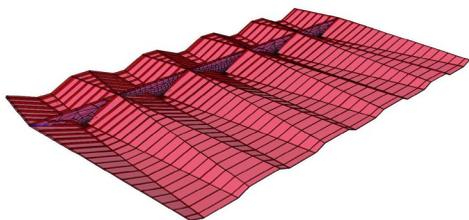
Para la comprobación estructural de la cubierta se consideraron las siguientes solicitudes:

- a) Peso propio de la estructura.

- b) Sobrecarga de  $1 \text{ kN/m}^2$  aplicada en un área máxima de  $10 \text{ m}^2$ , para trabajos de conservación.
- c) Acciones eólicas, según lo especificado en el Anejo D del CTE-DB-SE-AE, determinando la acción debida a las presiones y succiones sobre las diversas superficies que componen el edificio:
  - Viento presión =  $0.70 \text{ kN/m}^2$ .
  - Viento succión =  $0.97 \text{ kN/m}^2$ .
- d) Carga de nieve de  $0.60 \text{ kN/m}^2$ , de acuerdo con el CTE-DB-AE.

Para el análisis de la cubierta se desarrolló un modelo de elementos finitos con el programa SAP2000 con elementos lámina (elementos “shell-thick” con rigidez axial y rigidez a flexión).

Tal y como se ha indicado anteriormente, la cubierta consta de dos juntas de dilatación que la dividen en tres estructuras independientes. Se modelizó una de ellas, siendo los resultados extrapolables a las otras dos.



**Figura 6. Modelo de la lámina plegada de hormigón de la cubierta del canódromo, en SAP2000**

Con el modelo de la cubierta realizado en SAP2000 se obtuvieron los esfuerzos originados por las solicitaciones, así como la cantidad de armadura necesaria en cada zona.

Tras la comparación de la armadura necesaria en cada zona de la cubierta con la armadura detectada en las catas realizadas dentro de la campaña de ensayos se pudo concluir:

- a) La armadura de cortante de los nervios no es necesaria pese a que se dispuso una armadura mínima  $\varnothing 8/0.20$ .
- b) La armadura longitudinal en los nervios es en general suficiente. En los nervios del vano del voladizo esta armadura es superior a la necesaria y puede suplir la pequeña carencia de armado transversal en algunos puntos.

- c) La armadura de la lámina es, en general, correcta:

- La armadura principal, que es la longitudinal, es siempre superior a la armadura necesaria.
- La armadura transversal necesaria, en general de cuantía reducida, está cubierta con la armadura detectada. Existen algunas zonas en que la armadura dispuesta es ligeramente insuficiente, pero puede compensarse con el exceso de armadura longitudinal de los nervios.

La armadura dispuesta en la cubierta parece ser suficiente para resistir las solicitaciones a las que está expuesta la estructura. Sin embargo, dado el deterioro importante de los nervios (se detectaron profundidades de carbonatación elevadas y numerosas coqueras), se realizó el ejercicio de analizar el comportamiento de la cubierta prescindiendo de la colaboración de los nervios. Para ello, sobre el modelo SAP2000 descrito se modificaron las propiedades de los nervios, manteniéndolos para considerar su peso, pero eliminando sus inercias axiales y de flexión.

En esta situación, el comportamiento en sentido longitudinal resultó idéntico al original, mientras que en el sentido transversal la estructura se volvía más flexible, deformándose más y también incrementando las flexiones transversales en la lámina.

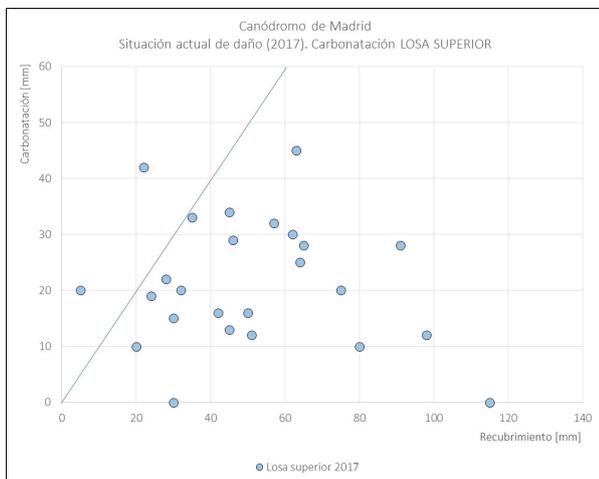
En esta situación las deformaciones verticales se incrementaban ligeramente de  $31 \text{ mm}$  a  $33 \text{ mm}$  debido a un pequeño efecto de “aplastamiento transversal de la lámina”, concluyéndose que, en el caso de prescindir de la colaboración de los nervios transversales, se produciría un incremento de los esfuerzos de flexión en la lámina en los vanos extremos tanto en el sentido longitudinal como transversal.

La fisuración observada, mayor que la obtenida en el modelo por la acción de la agresividad ambiental y el bajo recubrimiento, así

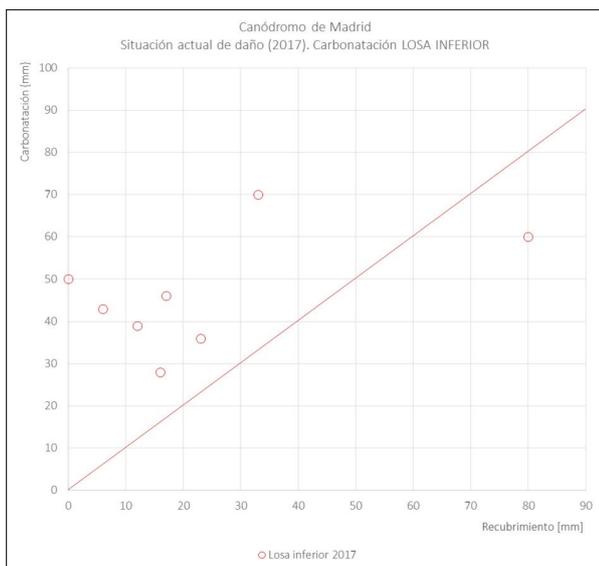
como la propia deformabilidad de la cubierta, incrementaron ligeramente la flecha máxima respecto del valor antes indicado, calculado considerando secciones brutas de hormigón.

#### 4. Análisis de la evolución del daño: vida útil residual de la estructura

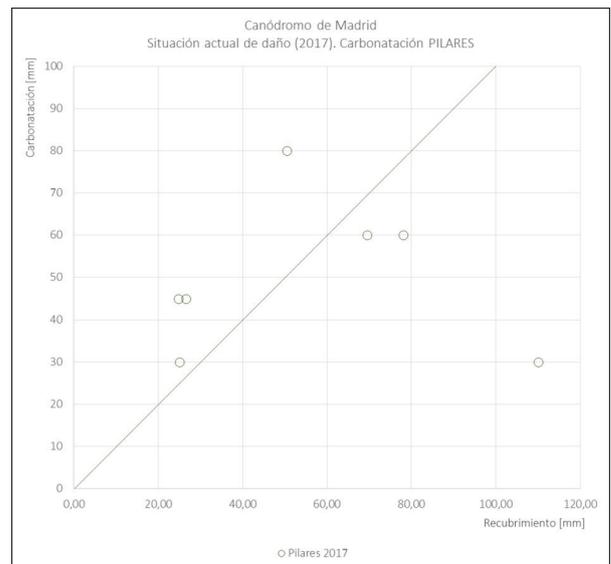
Al objeto de analizar el conjunto de resultados obtenidos durante la campaña de ensayos para los espesores de recubrimiento y de profundidad de carbonatación, se analizó la frecuencia de la potencial despasivación de la armadura, elaborándose los gráficos que se muestran a continuación.



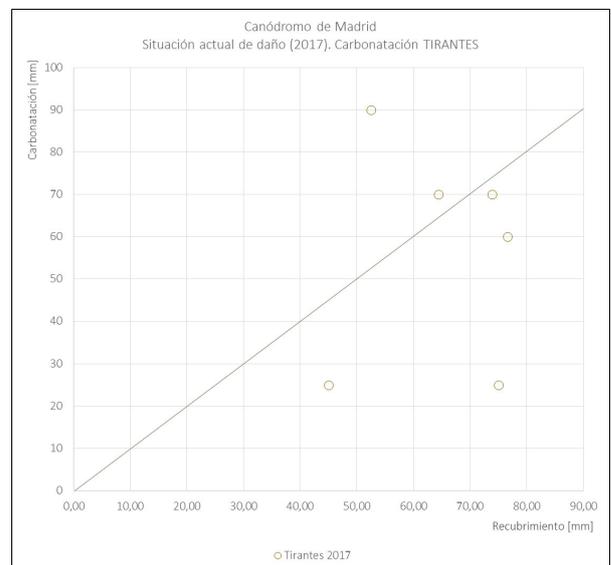
**Figura 7. Situación actual de la losa superior: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**



**Figura 8. Situación actual de la losa inferior: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**



**Figura 9. Situación actual de los pilares: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**

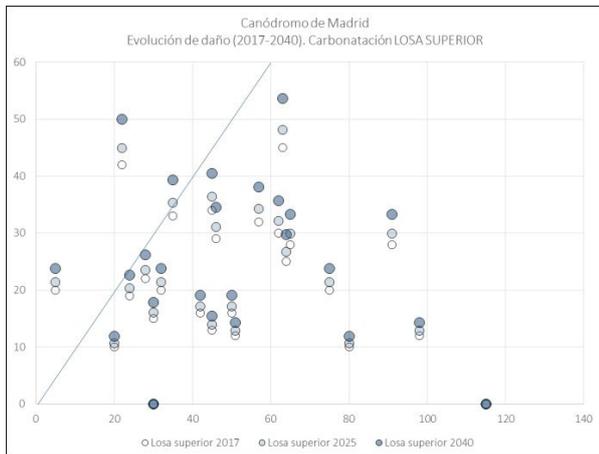


**Figura 10. Situación actual de los tirantes: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**

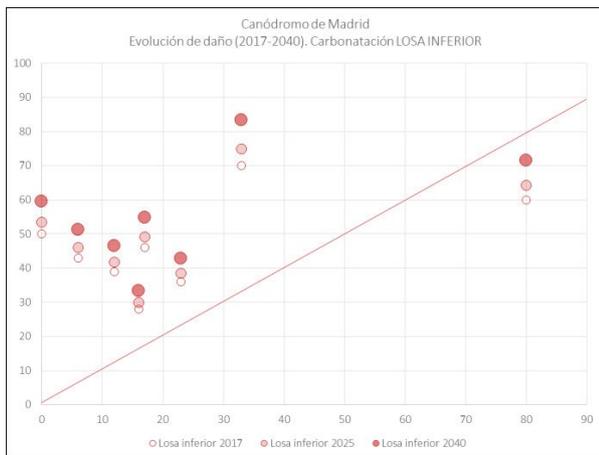
Los puntos situados por encima de la línea de igualdad suponen situaciones de riesgo cara a la despasivación de las armaduras, con corrosiones activas en el momento del análisis (año 2017). Se puede observar que en el caso de la losa superior sólo un subconjunto pequeño de los resultados obtenidos está en esa situación. Sin embargo otro conjunto de valores, relativamente importante en cuanto a su magnitud, se posiciona cerca de la línea de igualdad, por lo que parece que la despasivación era inminente en estos casos, si es que no se había producido ya.

Puede observarse que en el caso de la losa inferior, prácticamente la totalidad de los resultados obtenidos denotaban que la armadura estaba despasivada y, en consecuencia, la corrosión podría ser activa. A su vez, los pilares mostraban diversas situaciones respecto a la pasividad, prácticamente al 50% y, por su parte, los tirantes parecían encontrarse en una situación mejor, si bien su evolución previsible parecía abocar a una corrosión bastante generalizada con el paso del tiempo.

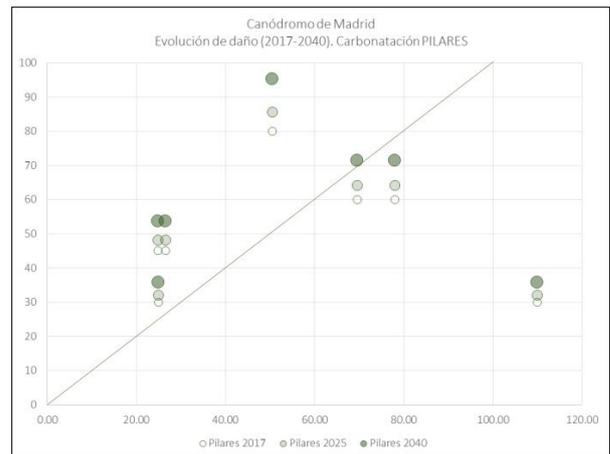
En vista de los resultados obtenidos en este análisis, además de la situación actual en el momento del análisis (año 2017) se analizó también la evolución previsible del daño en el tiempo, de acuerdo con los criterios definidos en el Código Modelo 2010 (boletín 34) de la *fib* [7].



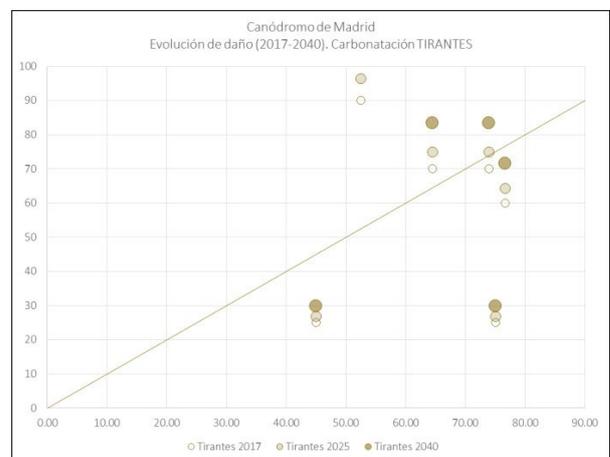
**Figura 11. Evolución del daño de la losa superior: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**



**Figura 12. Evolución del daño de la losa inferior: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**



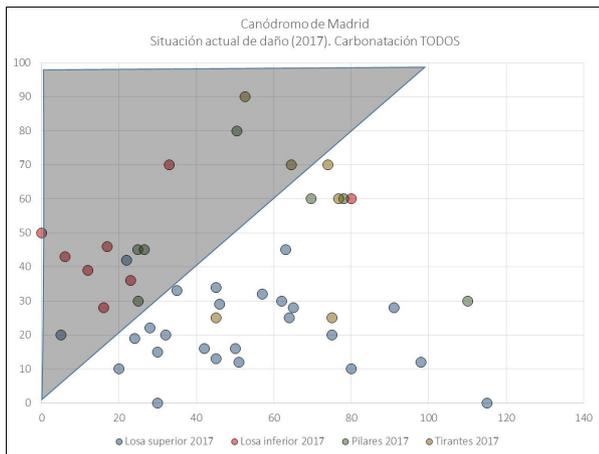
**Figura 13. Evolución del daño de los pilares: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**



**Figura 14. Evolución del daño de los tirantes: recubrimiento (hor.) vs. carbonatación (vert.)**

A partir de los resultados anteriores y de cara a plantear una estrategia de rehabilitación y prevención del daño futuro en la cubierta y en el resto de los elementos estructurales, cabe diferenciar entre las tres situaciones que se describen a continuación.

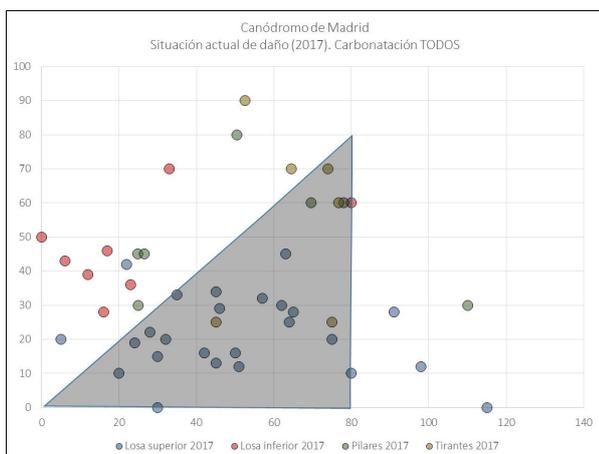
En primer lugar, los elementos que requerirían una intervención frente a la corrosión en el momento del análisis (año 2017). Se corresponderían con aquellos puntos de las figuras 7 a 10 situados por encima de la línea de igualdad, y puede comprobarse que la mayoría de los casos se corresponden con puntos de color rojo (cara inferior de la cubierta y algunos puntos de pilares y tirantes).



**Figura 15. Elementos que requerirían intervención inmediata frente a la corrosión**

Por otro lado están los elementos que con el tiempo requerirían una intervención frente a la corrosión, aunque en el momento del análisis (año 2017) pudieran no presentar corrosión activa. Se corresponden con la mayoría de los puntos azules (cara superior de cubierta) y prácticamente la totalidad del resto de los de la cara inferior, tirantes y pilares que no estaban en el grupo anterior.

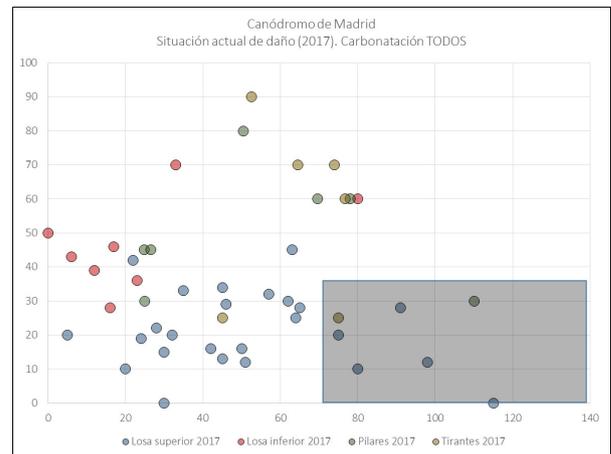
La definición de esta categoría se ha extendido hasta un valor de recubrimiento de 80mm, al ser la penetración típicamente garantizada por los fabricantes de productos inhibidores de corrosión de aplicación superficial, que, como se indica más adelante, son los que se prescribieron para este caso cara a la reparación de la estructura.



**Figura 16. Elementos que requerirían intervención frente a la corrosión durante los próximos años**

Por último, en el tercer grupo se engloban los elementos no incluidos en los grupos anteriores.

Serían aquellos elementos que presentan unos recubrimientos tan altos que, aunque progrese la carbonatación con el paso del tiempo, no es previsible que se alcance el estado límite de despasivación de la armadura.



**Figura 17. Elementos que previsiblemente no requerirían intervención frente a la corrosión durante los próximos años**

## 5. Propuestas para la reparación

A la vista de las patologías observadas en los elementos de la cubierta y de los resultados experimentales de los ensayos efectuados que, en algunos casos, corroboraban la existencia de determinados mecanismos de deterioro en la cubierta, se plantearon una serie de actuaciones para su reparación.

La estrategia diseñada para la rehabilitación de la estructura va encaminada tanto a garantizar el correcto funcionamiento estructural de la cubierta como a prolongar la vida útil de la misma.

Para la ejecución de los trabajos de reparación se propuso la disposición de una cimbra cuajada por debajo de la cubierta que permitiese garantizar la seguridad ante cualquier incidencia que se pudiera producir durante el desarrollo de los trabajos.

**Tabla 1. Definición de la estrategia de reparación propuesta para la rehabilitación de la estructura**

| <b>Elemento</b>   | <b>Patología</b>  | <b>Actividades de reparación</b>                             |
|---|---|--|
| Cara superior de la cubierta  | Fisuras en nervios con corrosión de armaduras   | Saneado del hormigón   |
|   |   | Tratamiento de la superficie                                 |
|   |   | Limpieza de las armaduras                                    |
|   |   | Reposición de las armaduras, en su caso                      |
|   | Fisuras en nervios sin corrosión  | Reconstrucción de la sección                                 |
|   |   | Saneado del hormigón   |
|   | Nidos de grava y coqueras   | Tratamiento de la superficie                                 |
|   | Drenajes obturados  | Recuperación superficial de textura                          |
|   |   | Comprobación del funcionamiento de todos los drenajes        |
|   |   | Reparación de drenajes que no funcionen                      |
| Reposición de desagües  |   |  |
| Armaduras vistas sin recubrimiento  | Comprobación de que las operaciones de reparación no impiden el drenaje superficial hacia los desagües  |  |
|   | Preparación de superficie   |  |
| Impermeabilización de la cubierta   | Recrido con mortero   |  |
|   | Protección específica contra la corrosión (en toda la cubierta), mediante aplicación de inhibidor de corrosión migratorio de aplicación superficial |  |
|   | Protección superficial (en toda la cubierta) anticarbonatación, a base de resinas acrílicas   |  |
| Cara inferior de la cubierta<br>Tirantes<br>Pilares   | Preparación de la superficie  | Limpieza de la cubierta                                      |
|   |   | Aplicación de la impermeabilización                          |
|   | Fisuras con corrosión de armaduras  | Eliminación de pintura superficial, mediante chorro de arena |
|   |   | Saneado del hormigón   |
|   |   | Tratamiento de la superficie                                 |
|   |   | Limpieza de las armaduras                                    |
|   | Fisuras alineadas con la menor dimensión de la cubierta   | Reposición de las armaduras, en su caso                      |
|   |   | Reconstrucción de la sección                                 |
|   | Fisuras en mapa y defectos superficiales  | Sellado de fisuras, en su caso                               |
|   | Eflorescencias  | Inyección de fisuras, en su caso                             |
| Si los defectos superficiales son muy profundos, mismo tratamiento que los nidos de grava de la cara superior                                       |   |  |
| Protección específica contra la corrosión (en toda la cubierta), mediante aplicación de inhibidor de corrosión migratorio de aplicación superficial | No necesitan tratamiento específico   |  |
|   | Protección superficial (en toda la cubierta) anticarbonatación, a base de resina acrílicas  |  |

## 8. Conclusiones

A la hora de plantear cualquier estrategia para la rehabilitación de una estructura existente, es necesario contar con un diagnóstico preciso que contemple el análisis tanto de las prestaciones estructurales de la construcción como de su vida útil residual, máxime en el caso de una estructura de gran valor patrimonial y con una tipología tan singular como la que se ha presentado en el artículo. En este caso, el análisis de la vida útil residual se ha llevado a cabo mediante la estimación de la probabilidad asociada al estado límite de despasivación de la armadura con el paso del tiempo.

Se ha presentado en este artículo la metodología seguida por FHECOR para la inspección, diagnóstico y rehabilitación de estructuras singulares, a través del ejemplo concreto de la cubierta del antiguo canódromo de Madrid.

## 8. Referencias

- [1] Informes de la Construcción Vol. 14 nº 138, Canódromo madrileño, Madrid, marzo de 1962.
- [2] Monumenta Madrid, ortofotos (sitio web): [http://www.monumentamadrid.es/AM\\_Monumentos5/AM\\_Monumentos5\\_WEB/index.htm#map.webM](http://www.monumentamadrid.es/AM_Monumentos5/AM_Monumentos5_WEB/index.htm#map.webM) (última consulta realizada: 11/11/2019), Ayuntamiento de Madrid, Área de Gobierno de Las Artes, Dirección General de Infraestructuras Culturales.
- [3] Ficha del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, COAM, ref. 3858/60 (sitio web): <http://212.145.146.10/biblioteca/fondos/ingra2014/#inm.F3.431> (última consulta realizada: 11/11/2019), Fundación COAM, Madrid, febrero de 2014.
- [4] Código Técnico de la Edificación CTE, Ministerio de Fomento, Madrid, 2006.
- [5] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [6] Subcomisión Permanente de Normas Sismorresistentes, Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-2), Ministerio de Fomento, Madrid, 2002.
- [7] *fib* Bulletin 34, Model Code for Service Life Design, *fédération internationale du béton (fib)*, 2006.
- [8] BRITE-EURAM PROJECT BE 95-1347, Duracrete – Probabilistic Performance Based Durability Design of Concrete Structures: Statistical Quantification of the Variables in the Limit State Functions, pp. 62-63, 2000.
- [9] P.B. Bamforth, Technical Report TR-61: Enhancing reinforced concrete durability, Concrete Society, 2004.