

Nueva cubierta del Estadio de Riazor en A Coruña

New roof of the Riazor Stadium in A Coruña

Antonio GONZALEZ MEIJIDE^a, Arturo ANTON CASADO^a, Adrián PÉREZ CARBALLO^b

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos en TEMHA S.L. Profesor Asociado Universidade de A Coruña

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos en TEMHA S.L.

RESUMEN

La reforma de las cubiertas del Estadio Municipal de Riazor en A Coruña renueva unas estructuras severamente dañadas por la acción del tiempo y el ambiente marino agresivo al que han estado sometidas, buscando la integración formal de las cuatro cubiertas que componen el estadio. La actuación contempla la reparación de las cubiertas de los fondos, situadas sobre las gradas Maratón y Pabellón, la ejecución de dos nuevas cubiertas que sustituyen a las existentes sobre las gradas de Preferencia y Tribuna aumentando la zona cubierta por las mismas, así como la ejecución de un peto interior y una fachada exterior continuos para todo el conjunto.

ABSTRACT

The reform of the roof of Riazor municipal Stadium in A Coruña seeks to renew structures severely damaged by the action of time and the aggressive marine environment to which they have been subjected, as well as to achieve the formal integration of the four roofs of the stadium. The project considers the repair of two of the roofs, located over Maratón and Pabellón bleachers, the execution of two new roofs that replace the existing ones over the bleachers of Preferencia and Tribuna as well as the execution of an interior overhang and a continuous exterior facade that give formal integrity to the whole complex.

PALABRAS CLAVE: Cubiertas ligeras, edificación deportiva, acero

KEYWORDS: Light Roofs, Sport facilities, Steel construction

1. Introducción

La reforma de las cubiertas del Estadio Municipal de Riazor renueva unas estructuras severamente dañadas por la acción del tiempo y el ambiente marino agresivo al que han estado sometidas, buscando la integración formal de las cuatro cubiertas que componen el estadio y sus fachadas. La solución elegida crea un nuevo elemento visual de referencia en la ciudad y supone una solución eficaz en coste así como una mejora en la durabilidad y el mantenimiento de la estructura.

2. Descripción de las estructuras existentes

La estructura de cubierta del Estadio de Riazor se extiende a lo largo del perímetro del terreno de juego materializando la cubrición de todas las gradas del estadio. La cubierta se divide en cuatro estructuras independientes, que corresponden a las cuatro gradas del estadio denominadas Maratón y Pabellón las de los fondos y Tribuna y Preferencia la de los laterales. La tipología empleada en todo el estadio era la malla espacial, con apoyo en todo

el perímetro en los fondos, y mediante atirantamientos en las cubiertas de Tribuna y Preferencia. A pesar de la similitud del sistema estructural de malla espacial, las cubiertas existentes eran conceptualmente distintas ya que fueron ejecutadas en dos fases separadas en el tiempo.

La primera fase corresponde a la ejecución de las cubiertas sobre las gradas de Preferencia y Tribuna que se realizó en el año 1982 con motivo del Mundial de fútbol celebrado en España.

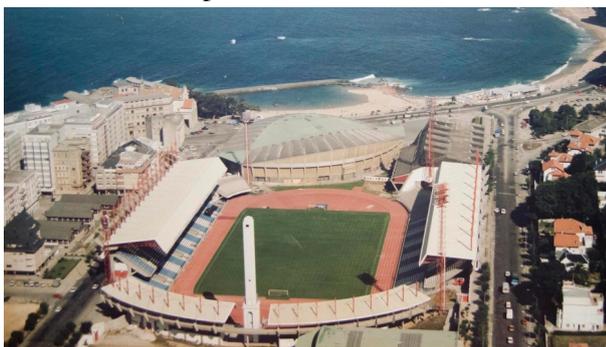


Figura 1. Estadio de Riazor en 1982

Las cubiertas de esta fase estaban formadas por una malla espacial de geometría plana en voladizo, cuya sección transversal se puede ver en las figuras adjuntas (Fig. 2 y 3). La cubierta estaba atirantada empleando barras de acero de alto límite elástico, con mástiles metálicos y retenida de hormigón que transferían las cargas a la estructura de las gradas.

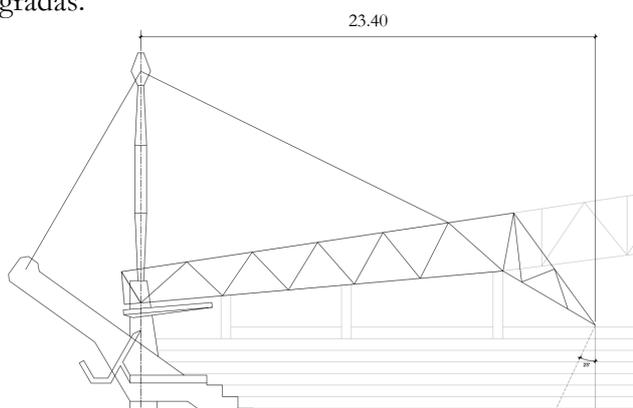


Figura 2. Sección tipo cubierta de Tribuna

La luz máxima era de 19.10m para la cubierta de Preferencia y 23.40m para la cubierta de Tribuna. Los nudos de la celosía espacial se configuraban en forma de campana

con chapa plegada que recibía las barras de la malla espacial.

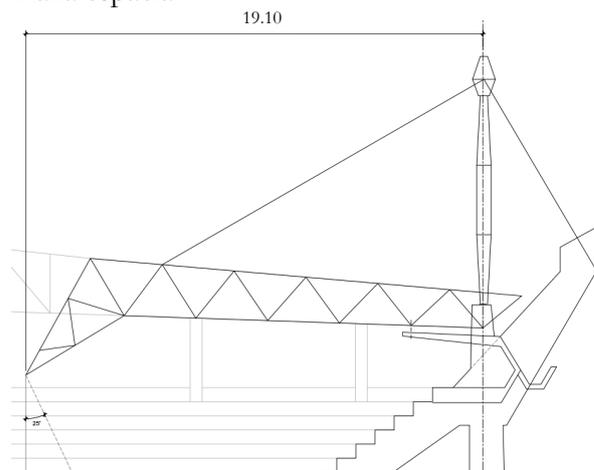


Figura 3. Sección tipo cubierta de Preferencia

La estructura, por su esquema atirantado requería un contrapeso de hormigón en el extremo del voladizo que permitiese que el atirantamiento funcionara correctamente frente a las cargas de succión de viento.



Figura 4. Geometría de nudos

Cabe destacar que a pesar de ser ejecutadas con muy poca diferencia temporal y tener una tipología idéntica, existen variaciones importantes en la configuración de las dos cubiertas en lo que respecta a la modulación de la malla espacial y al número de mástiles.

La cubierta situada sobre Tribuna que se ejecutó antes que la de Preferencia y constaba de un tamaño de malla de 1.75m de recuadro en planta y está soportada por 17 mástiles. La cubierta de Preferencia tenía un tamaño de malla de 3.50m de recuadro en planta y sólo ocho mástiles de atirantamiento. Las barras empleadas en la cubierta de Preferencia, al emplear una malla de mayores dimensiones requerían mayor diámetro y espesor que las de

la cubierta de Tribuna. Esto le confería una mejor configuración frente a los daños por corrosión, al tener menos superficie expuesta a la intemperie y representar las pérdidas de espesor menor reducción relativa de resistencia de los elementos.

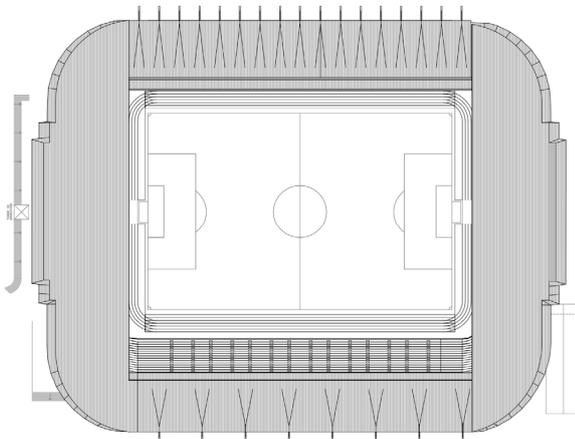


Figura 5. Planta del estadio previa a la actuación

La segunda fase de las cubiertas del estadio se terminó de ejecutar en el año 1998, y cubría las nuevas gradas que cerraban el estadio en los fondos. Las cubiertas de fondos, también de malla espacial, tenían geometría curva y se empotraban sobre los pilares del perímetro. El sistema de uniones, más moderno, empleaba nudos tipo esfera maciza a la que conectaban las barras de la malla.



Figura 6. Configuración del estadio anterior a la ejecución del Proyecto de reforma

El sistema de cerramiento para todo el estadio era una cubierta grecada translúcida de poliéster.

En esta actuación del año 1998, además de ejecutar las cubiertas de los fondos, se repararon completamente las cubiertas de Tribuna y Preferencia, muy afectadas por la corrosión, especialmente el sistema de correas.

Se chorrearon y pintaron, y se sustituyeron las correas por nuevas correas galvanizadas y pintadas. Se cambió también el sistema de cubierta y se emplearon fijaciones de acero inoxidable.

3. Situación previa a la actuación de las cubiertas

En el año 2016 la cubierta del Estadio de Riazor se encontraba muy deteriorada. El material de cubierta estaba deteriorado por las radiaciones ultravioletas con gran pérdida de resistencia y de color.

La pérdida de resistencia motivaba que con frecuencia los temporales de viento produjeran daños en el cerramiento cuya reparación implicaba grandes dificultades, ya que la cubierta no era transitable por la propia debilidad del material empleado. Para realizar las reparaciones debían emplearse grúas de grandes dimensiones que permitieran acceder al punto dañado desde el exterior del estadio.



Figura 7. Daños en el cerramiento por acción del viento

No se había realizado ninguna tarea de mantenimiento sobre la estructura desde la anterior renovación, encontrándose los elementos metálicos que conformaban la estructura muy deteriorados.

Las cubiertas de fondos presentaban corrosión generalizada y pérdida de pintura. Para comprobar el nivel de deterioro, se realizaron medidas de espesores de chapa en las barras que la componen, obteniendo que las pérdidas de espesor que se habían producido eran relativamente reducidas. Las estructuras de los fondos estaban galvanizadas y pintadas, por lo que la combinación de ambos métodos de protección proporcionaba una resistencia elevada frente a la corrosión.

Las más dañadas eran las cubiertas de Preferencia y Tribuna, especialmente esta última debido a lo reducido de los espesores de sus elementos y a su situación más expuesta frente al efecto agresivo del mar. Los nudos formados por campanas de chapa presentaban una mayor superficie expuesta a la intemperie. En la cubierta de Tribuna se encontraban campanas prácticamente desaparecidas, especialmente las de los apoyos más próximos a la calle Manuel Murguía, así como perforaciones e incluso barras seccionadas.



Figura 8. Estado de las barras de la cubierta de Tribuna

TEMHA realizó una campaña de inspección exhaustiva en la cubierta de Tribuna, identificando los elementos dañados. Se repararon los elementos más deteriorados y los

nudos de los apoyos. Se realizó un análisis del funcionamiento de la cubierta considerando una reducción en la capacidad resistente de la misma y se comprobó su seguridad frente a unas cargas reducidas para un viento de velocidad máxima limitada. De este modo, se propuso un régimen de uso que limitaba la utilización del estadio cuando se pronosticaban velocidades de viento superiores a las que se marcaban como admisibles en el estudio realizado.

Este informe permitió el uso de la instalación mientras se redactaban los documentos que permitieron comenzar la reparación del estadio. Una vez analizado el estado de deterioro de las cubiertas atirantadas de Tribuna y Preferencia, se planteó como solución más viable la de sustituirlas por una nueva estructura.

4. Anteproyecto

Con objeto licitar las obras de renovación de las cubiertas, el Concello de A Coruña planteó la redacción de un anteproyecto que serviría de base para la licitación de un concurso de Proyecto y Obra.

TEMHA redactó el “Anteproyecto previo para la contratación conjunta de la elaboración del proyecto y la ejecución de las obras del Estadio de Riazor” en mayo de 2017.

4.1. Objetivos

El objeto del anteproyecto era dar respuesta a las necesidades siguientes:

- La sustitución del sistema de cerramiento de todos los graderíos por otra alternativa a la actual que permita durante su vida en servicio unas mejores condiciones de inspección y mantenimiento.

- La sustitución del conjunto de las estructuras de las gradas de Tribuna y Preferencia por unas miméticas a las actuales, u otras alternativas de mayor robustez, en la que

la interrelación entre elementos no sea tan crítica, sobre todo considerando su exposición a un medio agresivo (urbano-marino) como el que corresponde a su ubicación; y que, en todo caso, permitan durante su vida en servicio unas mejores condiciones de inspección y mantenimiento que las actuales, y a la vez armonicen espacialmente con las estructuras de las cubiertas de las gradas de Pabellón y Maratón.

- El refuerzo y reparación del conjunto de las estructuras de las gradas de Pabellón y Maratón para enmendar los daños producidos por el tiempo.

- La unificación formal de todas las cubiertas del estadio, de cara a obtener una imagen armónica e integrada de todo el conjunto [1] [2].

4.2. Solución estructural

Las nuevas cubiertas de Tribuna y Preferencia se diseñan con unas celosías en ménsula empotradas sobre la estructura de gradas existente.

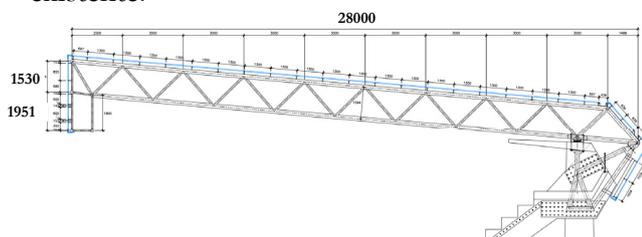


Figura 9. Propuesta de solución en celosía tubular

Su sección tipo está formada por cuatro tubos de acero, dos para el cordón inferior y dos para el superior. Esta solución mantiene la referencia estética a las cubiertas de los fondos de celosía espacial, pero con un menor número de elementos y más robustos lo que permite mejorar su durabilidad.

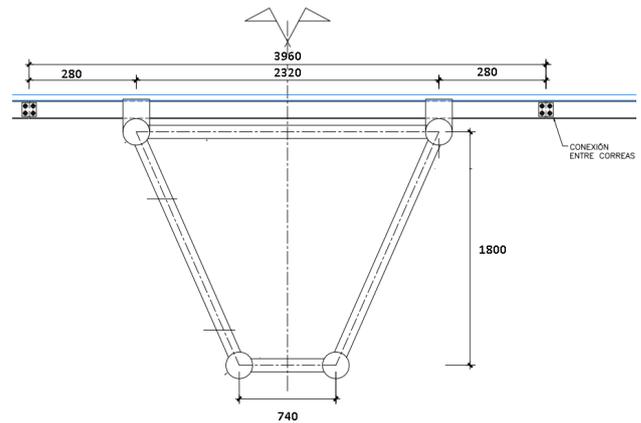


Figura 10. Sección tipo sección tubular

Adicionalmente esta configuración permite disponer una pasarela interior a la celosía que facilita las labores de mantenimiento. La integración formal de todas las cubiertas se logra a través de los siguientes elementos:

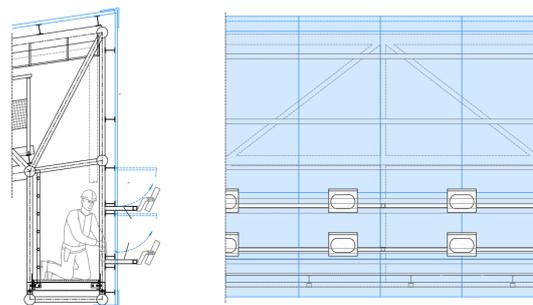


Figura 11. Detalle de pasarela en peto interior

- Se plantea un peto interior perimetral que da unidad formal a las cuatro cubiertas. Este peto está integrado en las nuevas cubiertas, y se adosa sobre las estructuras existentes de las gradas de fondos.

- Para conseguir la integridad formal exterior se plantea una fachada exterior que cubre los laterales de los fondos y que da prolongación al cerramiento lateral superior de las gradas de Preferencia y Tribuna.

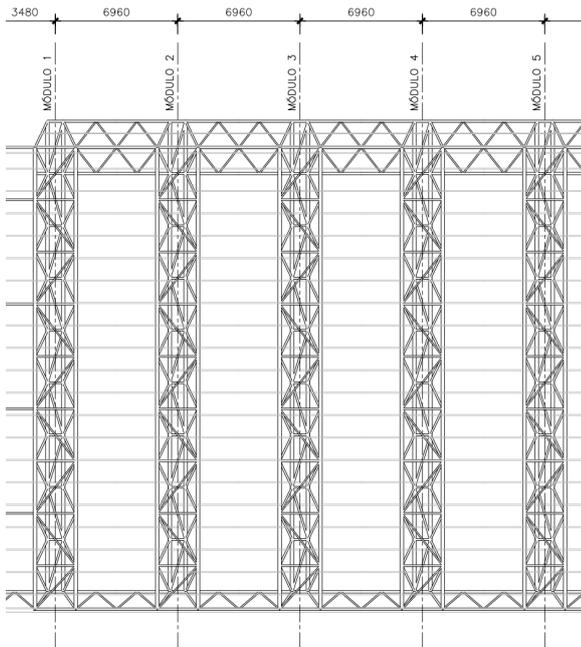


Figura 12. Planta de estructura de celosía

Con respecto a los cerramientos, se planteaba una solución mixta de chapa plegada y policarbonato translúcido. La chapa plegada permitía que la cubierta fuera accesible para mantenimiento, de modo que a través de la misma era posible reparar en caso necesario los elementos de policarbonato.

Sobre las cubiertas de fondos, se plantea la reparación de todas las barras dañadas y se aplicará un sistema de protección mediante pintura adecuado para el ambiente C5M.

4.3. Cargas

El Código Técnico de la Edificación [3] no contempla en sus fórmulas tipo esquemas adecuados para obtener las presiones del viento en estructuras tipo marquesina en las que se tenga en cuenta el efecto de ocultamiento que produce en una cubierta sobre la que se sitúa enfrente, por lo que las cargas obtenidas mediante las expresiones analíticas que proporciona son muy elevadas.

Las cargas de viento tienen una gran importancia, no solo para el diseño de las nuevas cubiertas sino también para justificarse la validez de las cubiertas de los fondos que se iban a mantener. Adicionalmente las nuevas

cubiertas apoyan sobre la estructura de hormigón existente con una capacidad estructural limitada.

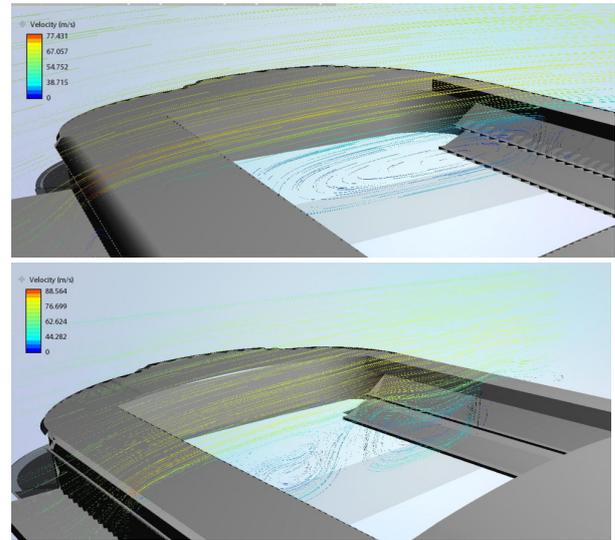


Figura 13. Análisis CFD y de circulación interiores con y sin cierre exterior de fachada

Por este motivo se consideró de gran importancia acotar las cargas de viento y realizar un dimensionamiento estructural

Adicionalmente se estudió la influencia de la fachada exterior sobre las cargas tanto de las cubiertas existentes como de las nuevas cubiertas, descartando efectos negativos sobre la misma y efectos locales.

Se consideraron ocho direcciones de viento. Para el diseño se emplearon dos cargas sintéticas sobre la cubierta de presión y succión, que suponen una envolvente de las presiones y succiones obtenidas para todas las direcciones. Para la obtención de la presión básica, se realizó un análisis estadístico de los valores de viento medidos en la estación del centro meteorológico zonal, situado en las inmediaciones del estadio.

4.4. Sistema de cerramiento

Para el sistema de cerramiento se propuso un sistema mixto de chapa plegada con policarbonato translúcido en dos colores blanco y azul. Las superficies de chapa plegada son transitables y permiten realizar el

mantenimiento a través de ellas de las zonas de policarbonato no transitables.

4.5. Análisis de alternativas

Se analizó la viabilidad de la cubierta completa de la grada de Preferencia inferior, que en el momento de redactar el anteproyecto era la única descubierta de todo el estadio. Se analizaron y valoraron económicamente dos opciones, siendo la primera ampliar el voladizo de la cubierta desde la longitud existente 19,10m a 25m, longitud de voladizo que no requería reforzar estructuralmente las gradas de hormigón y la segunda ampliarla hasta cubrir completamente la grada inferior, lo que requería una luz de aproximadamente 31m.

La opción con mayor luz, además del coste adicional en la cubierta metálica y cerramiento, requería reforzar los pórticos de hormigón sobre los que se apoyaba, incluso sus cimentaciones. La realización de estos refuerzos implicaba alterar la zona de palcos existentes en esta zona. El aumento de coste de esta segunda opción frente a la primera era cercano millón de euros superior en coste de ejecución material.

Tabla 1. Análisis preliminar de costes Preferencia

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Luz (m)	19	25	31
Estructura metálica	597,658.40 €	776,504.01 €	1,367,800.18 €
Refuerzos estructura hormigon	34,394.78 €	68,789.55 €	268,363.24 €
Cerramientos	189,551.85 €	227,234.85 €	264,917.85 €
Servicios afectados	52,125.00 €	89,565.75 €	217,525.50 €
Total	873,730.03 €	1,162,094.16 €	2,118,606.77 €

4.6. Proceso constructivo

El anteproyecto planteaba el proceso constructivo de las nuevas cubiertas desde el interior del campo durante el periodo estival, en el que la instalación no estaba en uso y ocupando el espacio del campo para la demolición de las cubiertas existentes e

instalación de las nuevas. Posteriormente se reponía el campo de juego y por último, y con el estadio en uso, se actuaba sobre las fachadas exteriores. El plazo total era de 13 meses.

4.7. Presupuesto

Se plantea un presupuesto base de licitación de 8.035.436,65 euros (IVA incluido).

5. Licitación

El Concello de A Coruña convocó un concurso de Proyecto y obra en base al anteproyecto redactado por TEMHA.

Se presentaron 6 propuestas formadas por distintos equipos redactor y constructora.

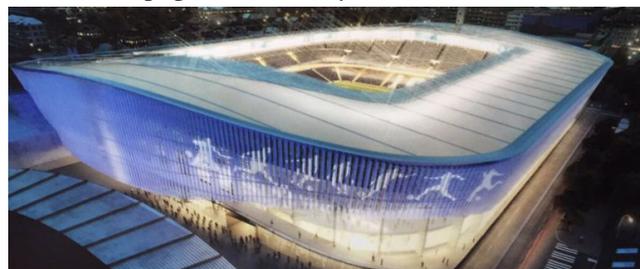


Figura 14. Propuesta conceptual

El concurso fue adjudicado a la constructora Arias Infraestructuras con Esteyco e Instra como equipo proyectista. El precio de adjudicación fue de 7.196.326,24 euros) (IVA incluido).

7. Proyecto

La propuesta ganadora del concurso contemplaba las siguientes modificaciones principales con respecto al anteproyecto:

- Cambio del sistema de cerramiento basado en policarbonato y chapa por un sistema de policarbonato celular translúcido de dos colores, azul y blanco.
- Modificación de la geometría de las fachadas exteriores, ampliando la zona de fachada a ejecutar en una segunda

fase y generando una geometría curva en los fondos

- Se plantaba la ejecución completa desde el exterior de la obra sin necesidad de afectar el campo.

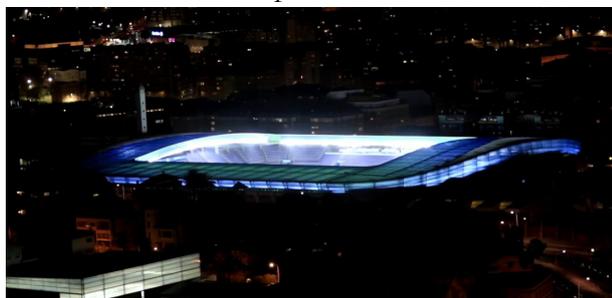


Figura 15. Vista nocturna

Adicionalmente, se realizó una gran reducción del plazo de ejecución de obra.

8. Ejecución

La obra comenzó el 29 de mayo de 2018, terminando el 14 de diciembre del mismo año. TEMHA realizó la Dirección de Obra.

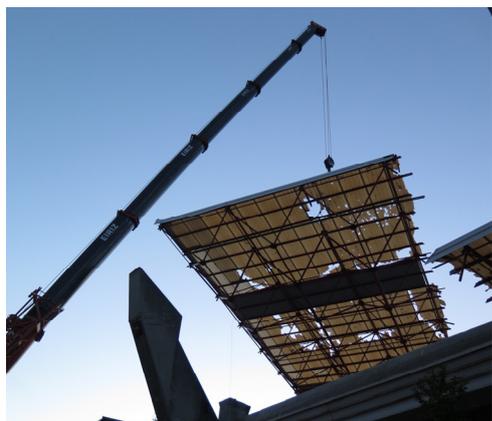


Figura 16. Retirada de cubierta

La obra comenzó con el corte parcial del tráfico en las calles paralela Manuel Murguía y Paseo de la Habana, paralelas a las cubiertas de Tribuna y Preferencia, que permitió comenzar con las tareas de retirada de la cubierta existente. Para ello, la estructura fue cortada en secciones e izada con grúas ubicadas en las calles indicadas.

El corte de las piezas se realizó para mantener la integridad estructural tanto de las piezas durante su retirada como de los módulos

que permanecían en la cubierta. Para ello se retiraron módulos completos entre mástiles.



Figura 17. Colocación de celosías

Se comprobó que partes importantes de la cubierta demolida se encontraban en un avanzado estado de deterioro, especialmente la estructura metálica que soportaba el contrapeso situado en el extremo del voladizo, formada por perfiles de muy poco espesor.

Posteriormente se cortaron los mástiles de retenida de hormigón con hilo de diamante, se prepararon los elementos de apoyo y se procedió al montaje de las celosías metálicas.

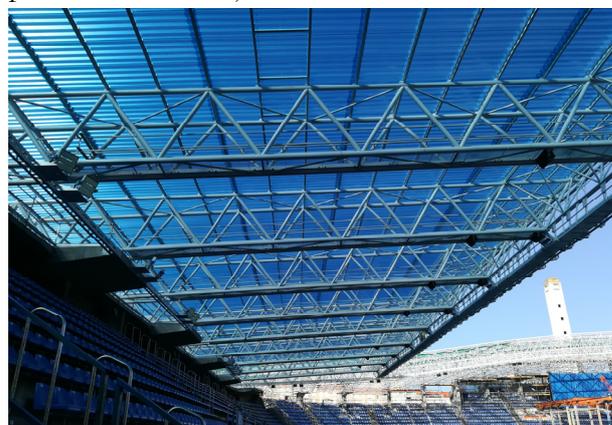


Figura 18. Celosías cubierta Preferencia

La colocación empezó en la grada de Preferencia, montando inicialmente las estructuras metálicas de retenida traseras, conectándolas mediante barras pretensadas a la estructura de hormigón existente. Posteriormente se apoyaban sobre las mismas las celosías principales. Después se colocaba la pasarela frontal del voladizo.

En las cubiertas de los fondos, se empleó un sistema de cimbra desplazable en transversal, apoyada sobre la gradas de

hormigón, que permitía ir actuando sobre la misma en tramos.



Figura 19. Sistema de cimbrado desplazable

Sobre cada tramo se realizaba una limpieza con chorro de agua y arena a presión para después aplicar un sistema de pintura en cuatro capas, de distintos colores para distinguir la correcta aplicación de las mismas. El sistema está certificado para ambiente C5M.



Figura 20. Sistema de cimbrado desplazable

Durante la obra se resolvieron geoméricamente los encuentros en esquinas interiores y exteriores.



Figura 21. Peto interior

El presupuesto final de la obra fue de 7,617,581.02 (IVA incluido), lo que supone un valor muy reducido en relación al tamaño de la instalación y el alcance de las actuaciones.

9. Obra terminada

A continuación se muestra una selección de fotografías de la obra terminada (Fig. 22 a 27).



Figura 22. Integración en la trama urbana



Figura 23. Vista cenital



Figura 24. Vista interior de las nuevas cubiertas



Figura 25. Vista desde las gradas



Figura 26. Vista interior de la cubierta



Figura 27. Vista desde las gradas

10. Conclusiones

La reforma de la cubierta del Estadio de Riazor resuelve los problemas estructurales, formales, estéticos y de durabilidad que implica la cubrición de las gradas del estadio, aumentando la superficie cubierta en las gradas de Preferencia y otorgando una nueva imagen al conjunto de la instalación deportiva. La nueva imagen integra las cubiertas existentes y las nuevas, dando una continuidad formal y estética tanto al interior y exterior del estadio.

Agradecimientos

Los autores del artículo quieren agradecer a todas las partes implicadas en la reforma de la cubierta: Alberto Vázquez Aguilar y Alberto

Blanco Boubeta del Concello de A Coruña, Raúl Rodríguez Escibano y Antonio Madueño Moraño de Intemac, Miguel Bañares Dorado y Ricardo Perlado de Esteyco, y Rubén Muñiz Fernández, Víctor Maceiras Ríos y Alberto Ramallal Vilar de Arias Infraestructuras.

Referencias

- [1] Alan Holgate, The Art of Structural Engineering. The work of Jörg Schlaich and his Team. Edition Axel Menges.
- [2] Nina Rappaport. Support and resist. Structural Engineers and design innovation. The Monacelli Press.
- [3] Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento.