

## Proyecto de rehabilitación de la estructura del edificio existente del nuevo estadio del Atlético de Madrid

### *Rehabilitation design of the existing building structure of the Atletico de Madrid new stadium*

#### **Ginés LADRÓN DE GUEVARA MÉNDEZ**

Ingeniero de Caminos  
MC2 Estudio de Ingeniería  
Director de Proyectos  
[gines@mc2.es](mailto:gines@mc2.es)

#### **Pietro BARTALOTTA**

Ingeniero Civil  
MC2 Estudio de Ingeniería  
Ingeniero  
[pietro@mc2.es](mailto:pietro@mc2.es)

#### **Jesús GÓMEZ HERMOSO**

Dr. Ingeniero de Caminos  
FCC Construcción  
Jefe de Departamento  
[JGomezH@fcc.es](mailto:JGomezH@fcc.es)

#### **David RODRÍGUEZ MUÑOZ**

Ingeniero de Caminos  
MC2 Estudio de Ingeniería  
Ingeniero  
[david@mc2.es](mailto:david@mc2.es)

#### **Luca CERIANI Marta**

Ingeniero Civil  
MC2 Estudio de Ingeniería  
Ingeniero  
[luca.ceriani@mc2.es](mailto:luca.ceriani@mc2.es)

### **RESUMEN**

El proyecto de rehabilitación del edificio existente del Estadio de Madrid, para su adecuación al nuevo estadio del Atlético de Madrid, contempla una serie de actuaciones de demolición, rehabilitación, apertura y cierre de huecos en forjados y muros. Asimismo, se incorporan una serie de nuevos forjados bajo el graderío existente empleando sistemas mixtos, y se lleva a cabo una actuación importante en el edificio dorsal mediante la disposición de nuevos forjados de hormigón armado. Dichas actuaciones requieren la disposición de nuevas cimentaciones y el refuerzo de las existentes mediante el empleo de micropilotes.

### **ABSTRACT**

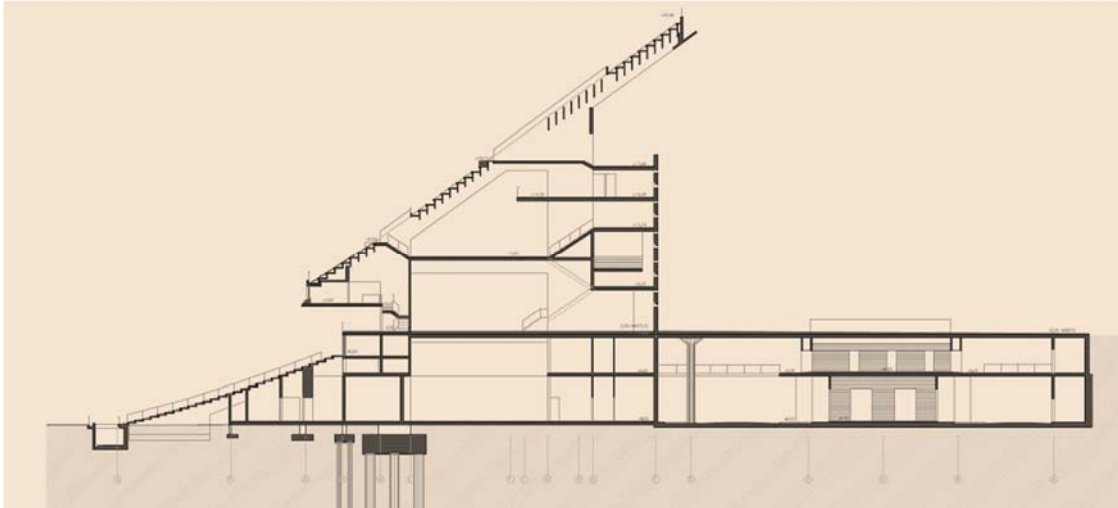
The rehabilitation design of the Madrid Stadium existing building consists on adapting its use to be part of the Atletico de Madrid football stadium. The design considers demolition and rehabilitation activities, and works for making and closing openings in slabs and walls. Additionally, a set of new slabs are included below the existing grandstand using composite structural systems, and the structure of the western area is modified by the arrangement of concrete slabs. These new elements require the incorporation of new foundations and the strengthening of some existing foundations, resolved in both cases by using micropiles.

**PALABRAS CLAVE:** rehabilitación, refuerzo de forjados, micropilotes, demoliciones.

**KEYWORDS:** rehabilitation, strengthening of slabs, micropiles, demolitions.

## 1. Descripción general de las actuaciones de rehabilitación

El Estadio de Madrid fue construido en el año 1994 y estaba inicialmente diseñado para la celebración de competiciones de atletismo. Estaba formado por dos graderíos situados únicamente en el lado oeste de la pista los cuales tenían una capacidad de hasta 19000 espectadores, y un edificio dorsal situado bajo la cota de acceso formado por dos sótanos, completando una superficie total construida de 58500 m<sup>2</sup>.



**Figura 1. Sección transversal del Estadio de Madrid (plano original)**

El proyecto de rehabilitación del edificio original del Estadio de Madrid, también conocido como estadio de La Peineta, consiste en la adecuación de su uso para formar parte del nuevo estadio de fútbol del Club Atlético de Madrid conjuntamente con el proyecto de ampliación del mismo. El diseño contempla el máximo aprovechamiento del edificio existente en el cual se ubican los usos más representativos del nuevo estadio, como el área de jugadores, Presidencia, área VIP, prensa, museo y zona comercial. El diseño del nuevo estadio y la dirección de las obras han sido liderados por el estudio sevillano Cruz y Ortiz Arquitectos con la colaboración en ambos trabajos de MC2 Estudio de Ingeniería desarrollando la ingeniería de estructuras, constituyendo el mismo equipo que llevó a cabo el diseño del estadio original.



**Figura 2. Imagen de los pórticos interiores y detalles de los muros exteriores del Estadio de Madrid**

La adecuación de la estructura del edificio se articula en una serie de actividades diferenciadas las cuales se resumen a continuación:

- Demolición del graderío bajo existente
- Refuerzo de cimentaciones existentes y ejecución de nuevas cimentaciones en ambos casos mediante el empleo de micropilotes

- Apertura y cierre de huecos de escaleras, ascensores e instalaciones en forjados y muros, e incorporación de nuevos forjados mixtos en el edificio situado bajo el graderío alto existente
- Modificaciones y disposición de nuevos forjados de hormigón en el edificio dorsal
- Ejecución del sistema de apoyo de la nueva cubierta en dos de los pórticos existentes

## 2. Demolición del graderío bajo existente

El graderío bajo correspondiente al edificio actual se concibió con una serie de criterios originados a partir del principio de provisionalidad previsto para esta parte del edificio. De este modo, la cimentación de los pórticos de sustentación de las piezas que conforman el citado graderío se llevó a cabo empleando zapatas directas apoyadas sobre el terreno de relleno, de baja capacidad portante, al contrario que en el resto de las estructuras del graderío alto existente, en las cuales las cimentaciones se llevaron a cabo empleando pilotes de gran longitud.

Para llevar a cabo la ampliación del estadio actual y su adecuación a estadio de fútbol se ha llevado a cabo previamente la demolición completa del citado graderío bajo existente. La estructura de dicho graderío bajo estaba formada por un conjunto de 44 pórticos apantallados de hormigón armado, ejecutados "in situ" y de 40 cm de espesor, cimentados sobre zapatas directas de 60 cm espesor.



**Figura 3. Trabajos de demolición del graderío bajo existente y vista con el graderío demolido**

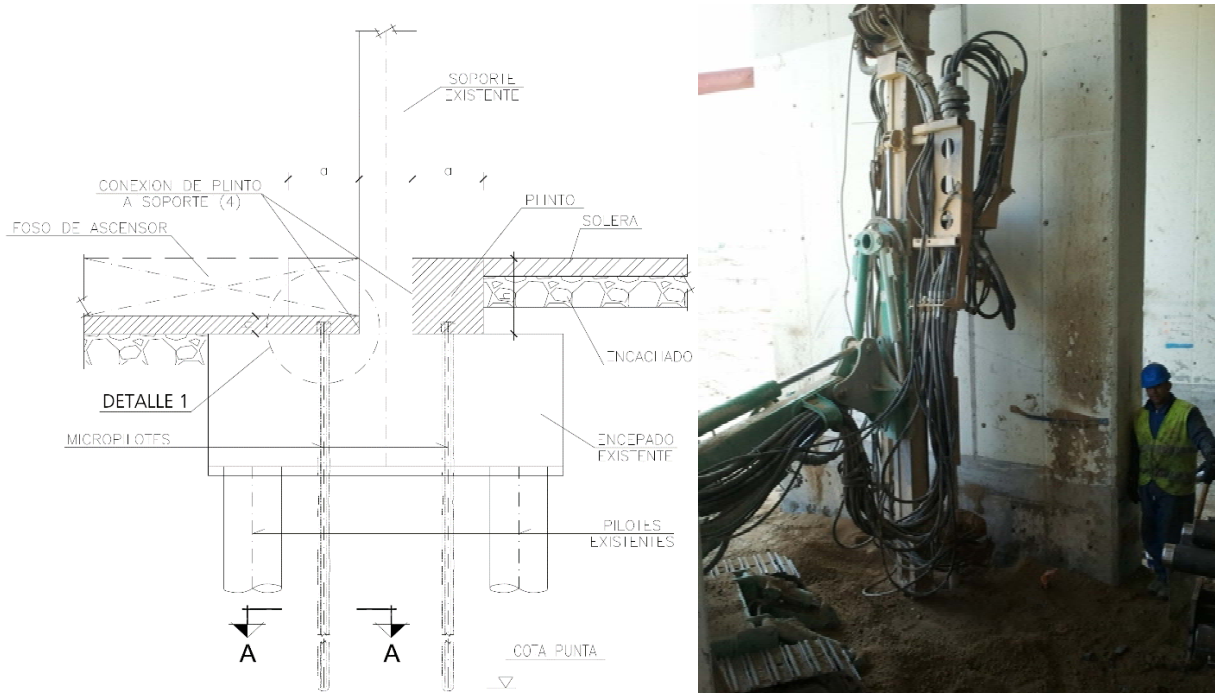
Las piezas prefabricadas de hormigón armado que conforman las gradas fueron retiradas previamente a la demolición de los citados pórticos. La demolición de las estructuras de hormigón situadas en una cota por encima de la pista de atletismo actual, se ha llevado a cabo por medios mecánicos empleando retroexcavadora especial de demolición en altura con brazo de largo alcance, equipada con demoledor y/o cizalla hidráulica. Los elementos de cimentación se han demolido empleando igualmente retroexcavadora especial de demolición equipada con martillo hidráulico.

Dentro del conjunto de demoliciones a efectuar en esta fase de la obra se incluye también parte de la estructura, losas y pilares, de las cotas 0.00 y -4.50, situadas entre los pórticos anteriormente mencionados y el borde interior de la tribuna principal.

## 3. Refuerzo de cimentaciones existentes y ejecución de nuevas cimentaciones

El tratamiento específico para la rehabilitación y adaptación a los nuevos requerimientos arquitectónicos y estructurales del edificio del estadio existente, requiere la incorporación de, por una parte, nuevas cimentaciones ubicadas en el área interior de dicho edificio y, por otra, el refuerzo de algunas cimentaciones ya existentes. Dichas cimentaciones, tanto las nuevas como las ya existentes que deben ser reforzadas, se resuelven mediante el empleo de micropilotes.

La elección de esta tipología responde a la necesidad de ejecutar las unidades de cimentación desde el interior del edificio, con las condiciones de espacio para la ubicación y circulación de la maquinaria que ello requiere.



**Figura 4. Refuerzo de cimentaciones existentes mediante micropilotes**

Con el objeto de abarcar el amplio abanico de acciones que solicitan las cimentaciones en esta zona del edificio se ha optado por emplear dos tipos de micropilotes con las siguientes características:

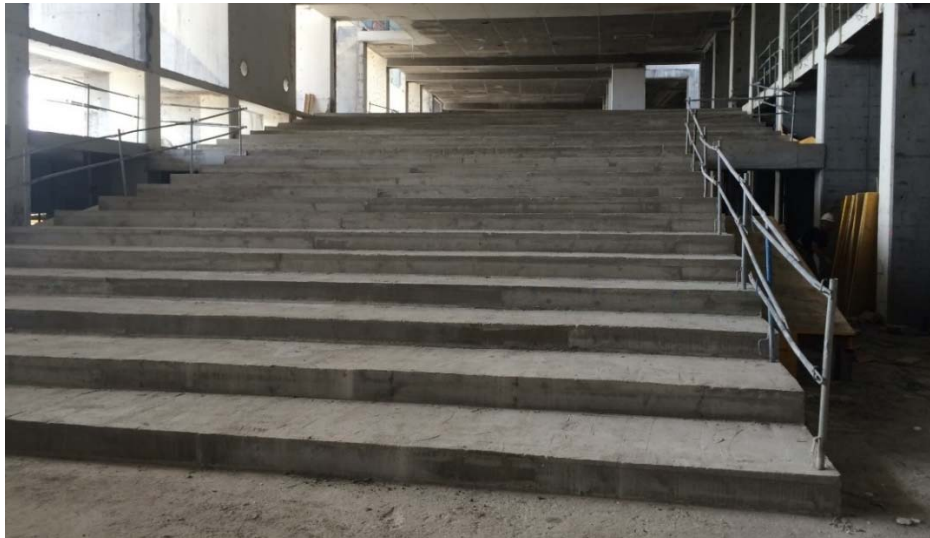
- Micropilotes de diámetro  $\phi 120$  mm y capacidad máxima en estado límite último de 360 kN
- Micropilotes de diámetro  $\phi 185$  mm y capacidad máxima en estado límite último de 874 kN

#### 4. Actuaciones bajo la tribuna existente

Las zonas inferiores situadas por debajo de la tribuna alta de la Peineta se han conservado íntegramente, siendo necesarias una serie de actuaciones de mayor o menor envergadura las cuales se detallan a continuación:

- Apertura de huecos para la disposición del paso de instalaciones, nuevos ascensores y escaleras
- Disposición de nuevas escaleras que mejoren la accesibilidad y las condiciones de evacuación requeridas por la normativa vigente
- Modificaciones en la solera
- Ubicación de un graderío interior en la nueva sala de prensa, formado por una losa de hormigón inclinada de 0.30 m de espesor apoyada sobre pilares y vigas descolgadas también de hormigón
- Cierre de un gran espacio situado en correspondencia con la losa del nivel N3 (-4.50) mediante la disposición de un forjado mixto formado por una losa maciza de 0.30 m de espesor y vigas metálicas con sección en doble T de 0.70 m de canto situadas por debajo de aquélla. Las vigas se apoyan en los pilares de los pórticos existentes correspondientes mediante una unión de tipo semi-articulada.

- Cierre de las juntas de dilatación existentes



**Figura 5. Forjado inclinado de la sala de prensa**

## **5. Actuaciones en el edificio dorsal**

Los nuevos usos del estadio de fútbol han requerido el desarrollo de una serie de actuaciones de adaptación de estructura del edificio dorsal las cuales se detallan a continuación.

### **5.1. Actuación para la disposición de la zona comercial en el borde Oeste del edificio dorsal**

Esta actuación ha consistido en el aprovechamiento de la franja del edificio dorsal, situada en correspondencia con el muro de la línea medianera Oeste, con objeto de realizar un área comercial dispuesta precisamente en el acceso principal al estadio. Para ello ha sido necesario llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Rebaje de la cota del terreno hasta la cota -4.5 m por debajo de la cota original (0.00)
- Refuerzo de las cimentaciones existentes en dicha franja dorsal
- Disposición de una nueva losa a la cota -4.5 eliminando, por tanto, la doble altura originalmente dispuesta
- Apeo provisional y demolición parcial de una franja de 1.5 m de anchura de la losa de la cota 0.00 para liberar su apoyo sobre el muro medianero
- Demolición parcial del muro medianero entre las cotas -4.5 y 0.0 dejando una serie de machones y tramos de muro para el nuevo apoyo de la losa superior (cota 0.0)
- Ejecución de la franja de 1.5 m de la losa superior conectada a los elementos remanentes del muro
- Asimismo, se llevan a cabo una serie de actuaciones menores para la apertura y cierre de huecos



**Figura 6. Demoliciones del muro dorsal y la losa de la cota 0.00**

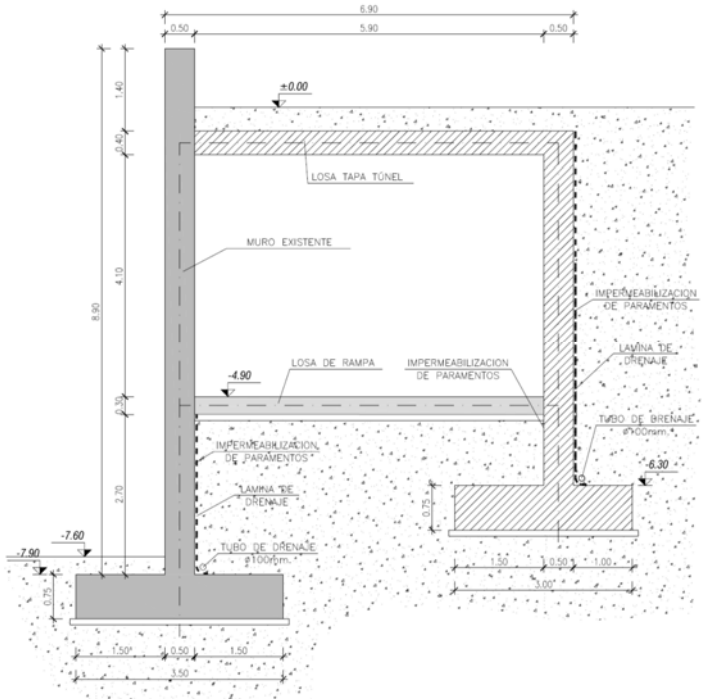
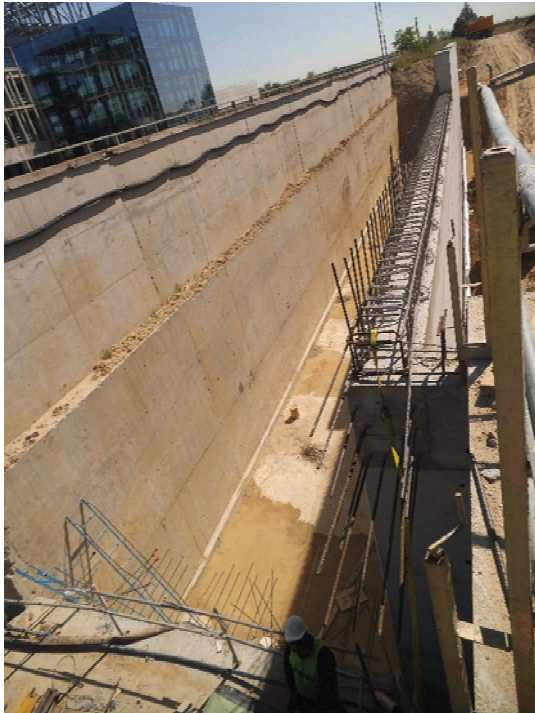
### **5.2. Estructura de acceso a la tienda y al museo**

Se trata de una estructura metálica ligera situada sobre la losa superior del edificio dorsal situada a cota de plataforma (0.00). Esta estructura está formada por perfiles metálicos laminados, en pilares y vigas, y por un forjado de chapa plegada colaborante y losa de hormigón armado de 0.10 m espesor. Los pilares y los muros interiores de este edificio se apoyan sobre la losa existente y sobre los muros y pilares que mueren en el citado nivel superior.

### **5.3. Rehabilitación del muro Norte de la urbanización**

En el muro de urbanización situado en la línea medianera Norte del edificio se ha llevado a cabo una actuación con objeto de transformar dicho elemento en un acceso al recinto desde la cota -7.6 hasta la cota 0.00 mediante un túnel en rampa. Esta actuación, que afecta a una longitud del muro existente de 90.35 m, considera los siguientes trabajos:

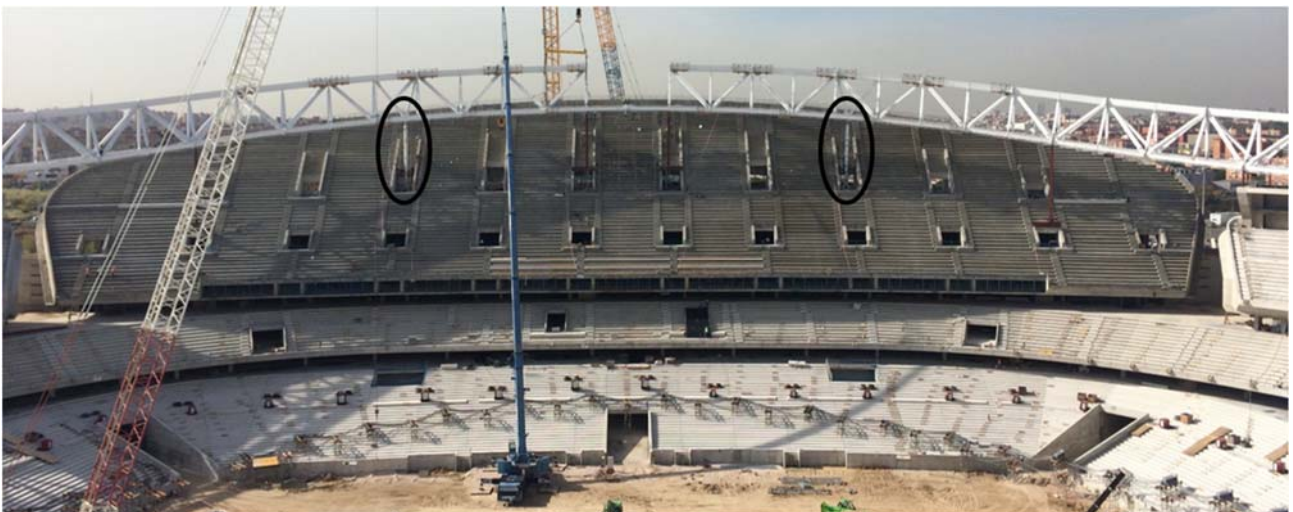
- Demolición del muro existente en un tramo de 40.5 m debido a las patologías y condiciones estructurales inadecuadas del mismo
- Ejecución en dicho primer tramo de 40.5 m del primer tramo del túnel en rampa
- Aprovechamiento del muro existente en los restantes 49.85 m completando el nuevo túnel en rampa hasta llegar a la cota de plataforma (0.00)
- Finalmente, a la cota intermedia -4.9, el nuevo túnel conecta con el túnel original del maratón, transversal a la línea medianera, el cual se aprovecha para disponer un acceso adicional del público al estadio.



**Figura 7. Rehabilitación y adaptación del muro Norte**

#### 5.4. Sistema de apoyo de la cubierta en la estructura existente

En el proyecto original de la estructura del estadio de Madrid se consideró la posibilidad de disponer, en dos parejas de pórticos principales de la tribuna, dos apoyos para una hipotética futura cubierta. El diseño de dicha posible cubierta no fue objeto del proyecto por lo que no se diseñaron piezas o elementos específicos de apoyo, pero sí se estimaron unas reacciones, tanto verticales como horizontales, sobre dichos pórticos, las cuales quedaron reflejadas en los cálculos de estas dos parejas de pórticos específicas.

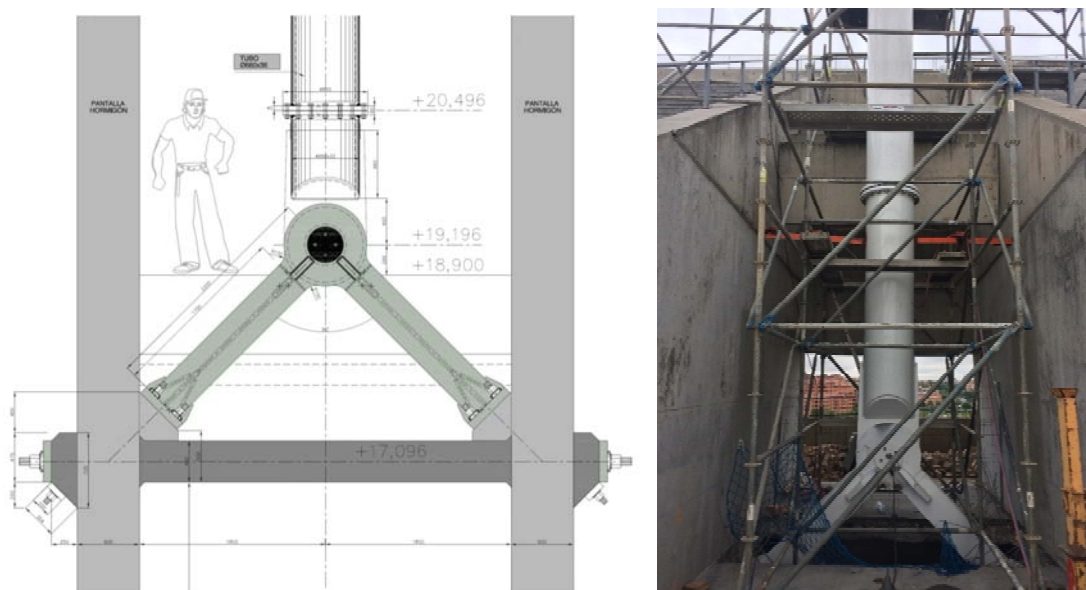


**Figura 8. Apoyos de la cubierta en los pórticos de la tribuna existente**

El diseño del nuevo estadio de fútbol contempla la disposición de una cubierta de membrana tesada la cual se apoya en dieciocho puntos sobre la estructura de hormigón del estadio; 16 de dichos apoyos se efectúan sobre la estructura correspondiente a la ampliación y 2 ellos en correspondencia con las dos parejas de pórticos mencionadas. De este modo, se limitaron las

reacciones de la cubierta en estos dos puntos de apoyo a los valores prefijados en los cálculos de dichos pórticos en el proyecto original.

En la Figura 8 se muestra la posición de los dos puntales de apoyo del anillo exterior de la cubierta sobre la estructura existente, los cuales determinan una luz en dicho anillo de aproximadamente 85 m. La posición del puntal de cubierta se corresponde con el eje del pórtico doble formado por dos pantallas paralelas y separadas una distancia de 3.6 entre caras interiores (ver Figura 9), de manera que resulta necesario disponer un elemento tipo cargadero que transfiera la carga del puntal de cubierta a las dos pantallas. En el proyecto se planteó una solución consistente en un cargadero de hormigón pretensado. Sin embargo, con objeto de aprovechar el vomitorio situado en correspondencia con la pareja de pórticos, se planteó una solución metálica descolgada por debajo de la losa de dicho vomitorio.



**Figura 9. Dispositivo de apoyo de la cubierta en los pórticos existentes**

### Participantes

*Arquitectura y dirección de la obra:* Cruz y Ortiz Arquitectos

*Dirección de ejecución:* Análisis de estructuras y edificación

*Ingeniería de estructuras:* MC2 Estudio de Ingeniería Grupo TYPESA

*Ingeniería de la estructura de cubierta:* SBP

*Ingeniería de instalaciones:* JG Ingenieros

*Control de calidad:* DCS Management

*Empresa constructora:* FCC

### Referencias

- [1] J. Martínez Calzón, Estructura del Estadio de Atletismo de la Comunidad de Madrid, Hormigón y Acero 196 (1995, trimestre 2) 91-95.
- [2] J. Martínez Calzón, M. Gómez Navarro, M. Schlaich, El proyecto de la estructura del Estadio Olímpico de Madrid: La adaptación y ampliación de una estructura existente a unos usos y condicionantes diferentes y flexibles. Año 156. Revista de Obras Públicas (2009) 45-62
- [3] J. Martínez-Calzón, J. Gómez-Hermoso, G. Ladrón de Guevara, D. Rodríguez-Muñoz, F.



Rodríguez-Ballesteros, L. Rubín-Fierro, Expansion of Madrid Stadium: Foundation and Grandstands. Structural Engineering International (February 2014), Volume 24, Number 1, 45-48