

Proyecto de la nueva estructura para la ampliación del nuevo estadio del Atlético de Madrid

Design of the new structure for the Atletico de Madrid new stadium expansion

Ginés LADRÓN DE GUEVARA MÉNDEZ

Ingeniero de Caminos
MC2 Estudio de Ingeniería
Director de Proyectos
gines@mc2.es

Belén BALLESTEROS MOLPERECES

Ingeniero de Caminos
MC2 Estudio de Ingeniería
Ingeniero
belen.ballesteros@mc2.es

Jesús GÓMEZ HERMOSO

Dr. Ingeniero de Caminos
FCC Construcción
Jefe de Departamento
JGomezH@fcc.es

David RODRÍGUEZ MUÑOZ

Ingeniero de Caminos
MC2 Estudio de Ingeniería
Ingeniero
david@mc2.es

Marta PALACIOS LLORET

Ingeniero de Caminos
MC2 Estudio de Ingeniería
Ingeniero
marta@mc2.es

RESUMEN

La estructura de la ampliación del nuevo estadio de fútbol del Atlético de Madrid se ha planteado empleando el hormigón armado y pretensado como material predominante. La estructura fundamental está formada por un conjunto de grandes pórticos radiales y losas de hormigón armado y pretensado que completan, con el graderío existente, un estadio completamente cerrado. Uno de los aspectos fundamentales de la actuación es la ausencia de juntas de dilatación en el nuevo edificio. La cimentación del edificio se ha llevado a cabo empleando pilotes perforados de gran diámetro y longitudes en el entorno de los 40 m.

ABSTRACT

The structure of the Atletico de Madrid new stadium expansion has been defined using reinforced and post-tensioned concrete as main material. The main structure consists of a set of large radial reinforced concrete frames that complete, with the existing grandstand, a fully surrounded stadium. A key aspect in the design development is the lack of expansion joints in the entire expanded building. The foundation of the building has been carried out using large diameter drilled piles with 40 m average length.

PALABRAS CLAVE: hormigón armado y pretensado, vigas prefabricadas, cimentación pilotada.

KEYWORDS: reinforced and pre-stressed concrete, precast beams, pile foundation.

1. Descripción general de la ampliación del estadio

El nuevo estadio del Atlético de Madrid tiene prevista su inauguración en el verano del año 2017, después de un periodo de obras iniciado en septiembre de 2011, de manera que esté plenamente operativo para la temporada de primera división 2017/2018 sustituyendo al actual estadio Vicente

Calderón. 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.



Figura 1. Vista general exterior del Estadio de Madrid

El edificio del nuevo estadio de fútbol consiste en la rehabilitación y ampliación del Estadio de Madrid, más conocido como Estadio de la Peineta, cuya construcción se finalizó en el año 1994 y estaba destinado principalmente a la práctica del atletismo. El proyecto de la Peineta fue también desarrollado por el equipo Cruz y Ortiz - MC2, y estaba constituido por un único graderío de grandes dimensiones ubicado en el lado Oeste del estadio, con una capacidad aproximada de 19000 espectadores.



Figura 2. Imagen del graderío del Estadio de Madrid

El Estadio de Madrid, se ubica dentro del área de Canillejas del Término Municipal de San Blas situado al Este del área metropolitana, en los terrenos destinados originalmente para la ciudad deportiva de la Comunidad de Madrid. El área queda delimitada al Este, por la M-40, al Sur, por la Avenida de Arcentales, al Oeste, por las cocheras de Metro y al Norte, por la N-II.

En el año 2004, el Ayuntamiento de Madrid promueve el proyecto de ampliación de la Peineta para su transformación en Estadio Olímpico con la esperanza de celebrar los Juegos de los años

2012, 2016 o 2020. El proyecto consideraba además la transformación del estadio olímpico en estadio de fútbol con la idea de garantizar un aprovechamiento futuro de la inversión. Finalmente, con las obras ya iniciadas y tras la decisión de COI de no conceder la celebración del evento a Madrid, se decide continuar con la ampliación del estadio con una configuración únicamente destinada a la práctica del fútbol, con una capacidad máxima de 70000 espectadores y con el Club Atlético de Madrid como propietario.

La ampliación del estadio existente se plantea a partir de una serie de condicionantes muy específicos en cuanto a requerimientos técnicos, tales como, las recomendaciones de UEFA y FIFA, condiciones de seguridad en caso de evacuación, condiciones de óptima visibilidad, y necesidades derivadas del espectáculo que genera la celebración de partidos de fútbol, donde el espectador desea buena visibilidad y cercanía con el campo y los jugadores, así como los necesarios aprovechamientos comerciales: palcos VIP, tiendas, restauración, museo, etc.



Figura 3. Maqueta desarrollada durante el proyecto de ampliación del estadio

La estructura de la ampliación del estadio está formada por un conjunto de grandes pórticos radiales de hormigón armado que completan, conjuntamente con el graderío existente, un estadio completamente cerrado con tres graderíos diferenciados. Sobre dichos pórticos radiales se disponen las vigas isostáticas de hormigón prefabricado que conforman las piezas de grada. El edificio se completa con forjados de hormigón armado y/o post-tesado, los cuales formalizan las diferentes plantas y sótanos del mismo, y con la incorporación de muros perimetrales que envuelven el edificio.

La ampliación supone un incremento de superficie construida de 83100 m² completando, con los 58500 m² del edificio existente, una superficie total de 141600 m².

Finalmente, la ejecución del estadio finaliza con una cubierta de tipo membrana tesada, diseñada por la ingeniería Schlaich Bergermann und Partner (SBP), capaz de cubrir el 90% del aforo.

2. Cimentación de la ampliación del estadio

La totalidad de las cimentaciones de los sistemas estructurales utilizados en la nueva estructura del estadio se han resuelto mediante soluciones profundas consistentes en el empleo de pilotes

perforados de hormigón, aislados o en grupo y conectados mediante apropiados encepados de tipo rígido que reciben directamente sobre los mismos las piezas de la superestructura portante.

Es importante señalar que la parcela en la que se ubica el estadio pertenecía a una explotación minera para la extracción de sepiolita. De este modo, estos terrenos habían sido previamente excavados hasta profundidades en el entorno de los 40 m y posteriormente rellenados, presumiblemente, sin un control adecuado. La unidad de terreno natural sano, no alterado por la actividad minera, lo forman alternancias de arenas, limos arenosos y limos arcillosos.



Figura 4. Vista general de las cimentaciones de la ampliación

Los tipos de pilotes empleados para resolver la cimentación profunda son:

- Pilotes de 0.85 m de diámetro con longitudes de empotramiento en el terreno natural variables entre un mínimo de 2.3 m y un máximo de 9.0 m
- Pilotes de 1.50 m de diámetro con longitudes de empotramiento variables entre un mínimo de 5.8 m y un máximo de 10.0 m

Las longitudes totales de los pilotes oscilan en el entorno de los 30 a 47 m. La ejecución de los pilotes se ha llevado a cabo empleando hélice continua, lodos tixotrópicos y entubación con camisa recuperable en los 3 primeros metros.

3. Estructura de la ampliación del estadio

La estructura del estadio se divide en cuatro zonas perfectamente diferenciadas, la cuales se señalan en las Figuras 5 y 6:

- Graderío alto de la Peineta existente
- Edificio dorsal existente situado detrás del graderío alto de la Peineta
- Graderío alto de la ampliación totalmente separado del graderío alto de la Peineta
- Graderío medio de la ampliación, situado un nivel por debajo de los dos graderíos altos anteriores completando un anillo cerrado y homogéneo
- Graderío bajo de nueva ejecución, situado a un nivel inferior respecto a dos grupos anteriores y que, a su vez, completa el anillo en dicho nivel inferior

Esta diferenciación se refleja en la totalidad del proyecto de la estructura desde las diferentes perspectivas: geométrica, constructiva y analítica. La tipología estructural de los nuevos elementos

que se incorporan en la ampliación del estadio es básicamente semejante a la empleada en la parte construida existente, dándose por tanto una total homogeneidad y armonía del conjunto.

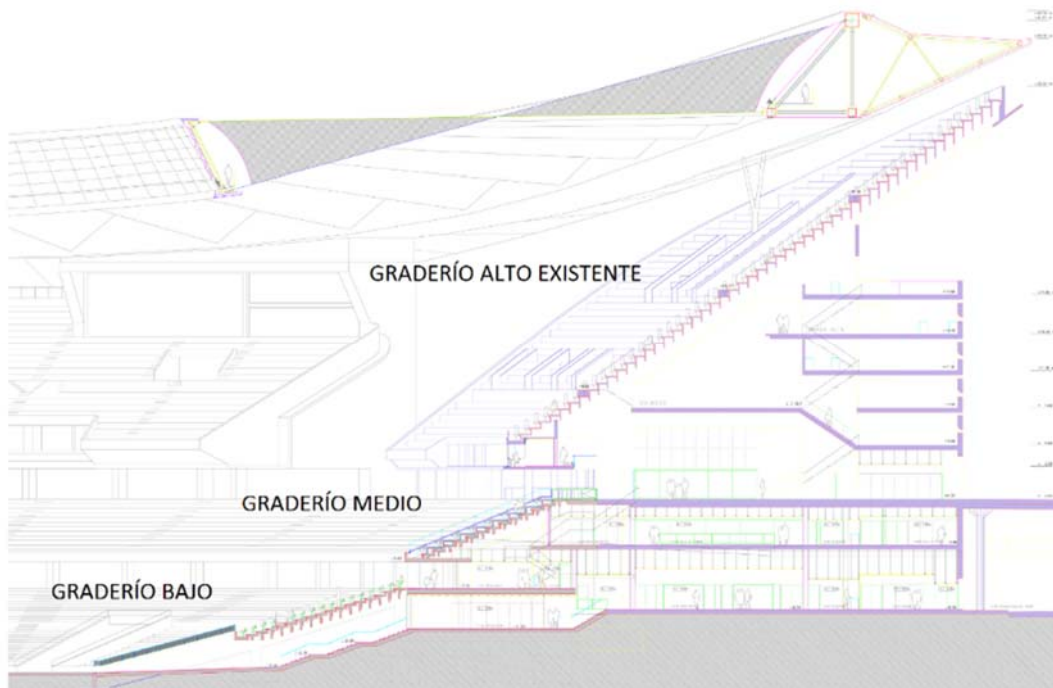


Figura 5. Sección arquitectónica por graderío existente



Figura 6. Vista general del graderío existente y la ampliación

Un aspecto fundamental en el desarrollo de la actuación es la ausencia de juntas de dilatación en la totalidad de la ampliación y la eliminación de algunas de las juntas del edificio existente. Para ello se ha llevado a cabo un complejo estudio analítico para evaluar los efectos de la citada ausencia de juntas en los sistemas estructurales del estadio.

A continuación se lleva a cabo la descripción de los diferentes elementos que configuran la estructura de la ampliación del estadio.

3.1. Pórticos de los graderíos alto y medio

Los graderíos altos y medios que completan la ampliación de los dos anillos superiores del recinto deportivo, albergando la mayor parte de las instalaciones y servicios principales del edificio, está integrado por grandes pórticos de hormigón armado y que, manteniendo la misma tipología estructural de los pórticos del graderío alto del edificio existente, se conforman mediante los siguientes elementos (ver Figura 7):

- Pilares de sección rectangular de dimensiones variables entre 1.00 m y 1.60 m en la dirección radial y 0.60 m en la dirección circunferencial, manteniéndose esta dimensión invariablemente en el resto de los elementos que conforman estos pórticos
- Vigas situadas bajo los forjados de las plantas N4, N5 y N6, descolgadas 0.75 m desde la cota inferior de la losa correspondiente. El comportamiento estructural de estas vigas, en el trabajo general del pórtico en su plano, cuenta con la colaboración un ancho eficaz determinado de la losa, conformándose una sección de hormigón en "T" que confiere una gran rigidez global al pórtico y posibilita luces del orden de 16.0 m.
- Vigas portagradas inclinadas, las cuales reciben el apoyo de las piezas prefabricadas de las gradas. Estos elementos tienen un canto estructural variable de 1.00 m a 1.30 m y un ancho también de 0.60 m, en total continuidad con los pilares y vigas descolgadas horizontales del resto del pórtico. De la misma manera que las vigas descolgadas, los elementos portagradas inclinados colaboran en el comportamiento global de los pórticos.
- Cartabones en los nudos de intersección de los pilares dorsales con las vigas portagradas del graderío alto. Dichos elementos tienen la función de rigidizar los citados nudos y, por tanto, confieren a los pórticos una rigidez adicional global en su plano.

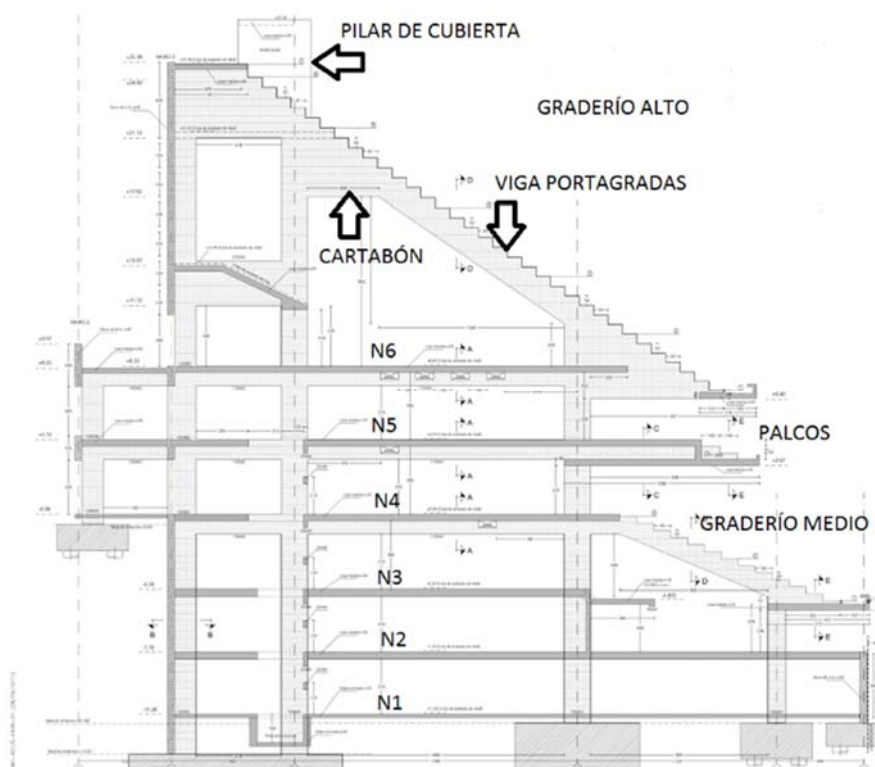


Figura 7. Sección de pórticos y muros del graderío alto zona Este

- Zona de palcos situada entre el extremo inferior del graderío alto y el nivel N5. Estas zonas de extremo tienen la doble dificultad de conjugar las grandes luces en voladizo que se generan debido a la necesidad de incrementar los aforos en el graderío superior y en el propio palco, y la limitación del gálibo disponible para albergar los espacios en las zonas inferiores. De este modo, se requieren piezas con cantos muy ajustados, pero que exigen una rigidez y capacidad relativamente alta.



Figura 8. Pórticos de los tres graderíos en zona Este

3.2. Pórticos del graderío bajo

La configuración de los pórticos del graderío bajo es de tipo convencional, debido a que su única función es recibir el apoyo de las piezas prefabricadas de las gradas. Cada uno de los citados pórticos tipo está formado por una viga portagrada continua de dos vanos apoyada, por tanto, en tres puntos. Dichas vigas tienen un canto variable entre 1.0 y 1.3 m y una anchura constante de 0.6 m. En el caso en el que los pórticos bajos coinciden con los túneles de salida a la pista y en las áreas de ubicación de los aljibes, éstos se transforman en muros continuos manteniendo la configuración del peldaño superior para el apoyo de las gradas.



Figura 9. Pórticos del graderío bajo

3.3. Muros perimetrales exteriores

El cierre perimetral exterior del estadio en la zona de la ampliación se formaliza mediante la disposición de tres grupos de muros perimetrales situados en correspondencia con los ejes de referencia exteriores. La configuración estructural y visual de estos muros conserva, en esencia, los mismos criterios que predominan en la obra del edificio existente, manteniéndose una total continuidad de imagen con el mismo (comparar Figuras 1 y 10). La geometría de estos muros es curva en planta en la totalidad de su desarrollo y, por tanto, las condiciones de ejecución se han adecuado a esta condición.



Figura 10. Muros perimetrales de la ampliación

El comportamiento estructural de estos muros resulta claramente heterogéneo debido a la multiplicidad de las acciones que los solicitan, y al trabajo obligadamente combinado con los sistemas de pórticos radiales, generándose una total interacción entre éstos y aquéllos en el funcionamiento global del edificio.

3.4. Apoyos de la cubierta en la estructura ampliada

La nueva cubierta del estadio se apoya en la estructura del estadio en 18 puntos, 2 de ellos situados sobre dos pórticos del edificio existente y 16 dispuestos sobre la estructura de la ampliación. Una de las funciones fundamentales del muro perimetral principal, más interior (ver Figura 10), es la recepción de los apoyos de la nueva cubierta tesada del estadio. Los apoyos de la cubierta resultan en todo momento coincidentes con los ejes de 16 pórticos radiales y, por tanto, las acciones verticales procedentes de aquélla se transfieren directamente a los pilares de los pórticos, a través de unos recrecidos o machones de forma circular o rectangular, dispuestos en la cota superior de dichos pórticos.

Las acciones horizontales circunferenciales procedentes de la cubierta se transmiten al propio muro mediante la disposición de piezas horizontales de hormigón fuertemente armadas, capaces de introducir dichas acciones circunferenciales en ambos sentidos, produciendo en estos elementos esfuerzos axiales de compresión o tracción alternos según la combinación de acciones predominante.

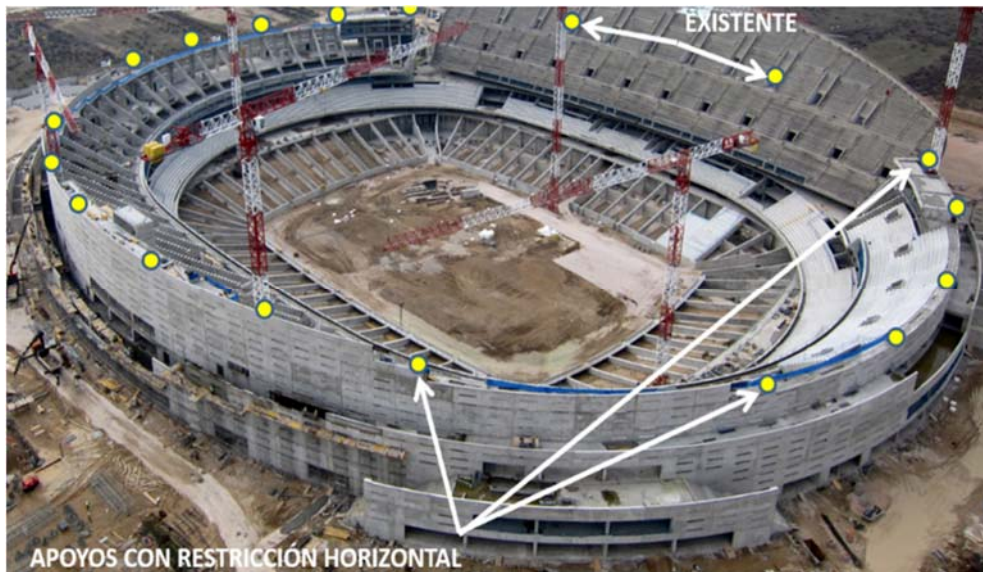


Figura 11. Distribución de apoyos de la cubierta

3.5. Forjados de la ampliación

Los forjados de los diferentes niveles del Estadio, tanto en la zona de Ampliación como en la zona nueva correspondiente al graderío medio de la Peineta, están constituidos por losas macizas de hormigón armado con espesores de 0.3 y 0.35 m en los niveles N3 a N7, y de hormigón post-tensado de espesor 0.40 m en los niveles N2, N3 y en la losa de los palcos del nivel N5. Todos los sistemas pretensados previstos en las losas de los forjados pos-tensados se han diseñado con tendones de 4 cordones en vaina plana.

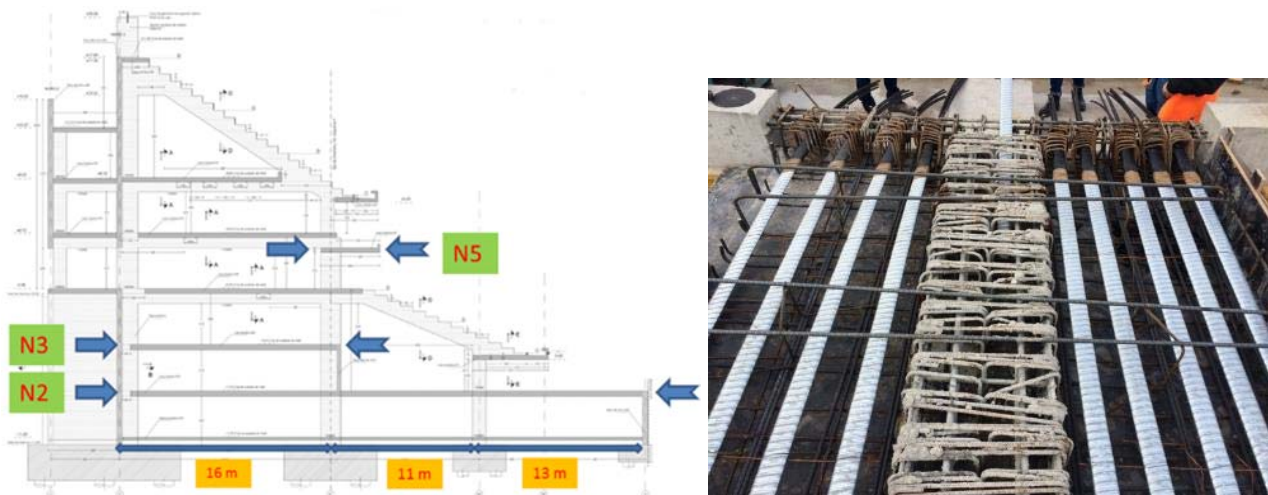


Figura 12. Forjados post-tensados de la ampliación

3.6. Vigas prefabricadas de grada

Las piezas de las gradas que conforman el soporte para las localidades, son vigas prefabricadas rectas de hormigón armado, con una amplia gama de luces de valor máximo 12.5 m. Las vigas de gradas se apoyan isostáticamente en los pórticos radiales siguiendo una configuración estructural similar en la totalidad de las diferentes de zonas de los graderíos del Estadio.

