

ESTADIO DE FÚTBOL PARA EL CLUB  
"LAS CHIVAS" DE GUADALAJARA, MÉXICO

# Templo mayor

Por LUIS BOZZO  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El **estadio** Chivas, también conocido como 'Templo Mayor', es un campo de fútbol en construcción que se encuentra en la ciudad mejicana de Guadalajara y que será la **sede** del Club Deportivo Chivas de la Primera División de este país. Estará terminado para finales de 2009 y se tiene pensado utilizar este recinto para las ceremonias de inauguración y clausura de los Juegos Panamericanos de 2011. Este estadio tiene en su **estructura de hormigón** diversas innovaciones que le permiten plantas diáfnas de más de **22 m de luz** sin pilares.

Su diseño supera todos los estándares y requerimientos oficiales de la FIFA (Federación Internacional de Fútbol Asociación), su planteamiento alberga las normas más altas nacionales e internacionales en términos de seguridad, es único en su tipo y está preparado para mejorar la experiencia del espectador ante cualquier tipo de espectáculo masivo.

El estadio Chivas es actualmente uno de los más importantes estadios de fútbol en construcción con un diseño arquitectónico conceptualmente fuerte. Su forma corresponde a la de un volcán con una "nube" o cubierta principal de planta elíptica en todo su contorno y de 60 m de ancho. La berma exterior define las laderas del volcán y la cubierta apoyada en el mínimo número de pilares (16 en este caso) define la nube. De esta forma se logra una agradable área verde alrededor del estadio resolviendo el complicado aspecto arquitectónico formal que representa cualquier fachada de magnitud tan grande en cualquier estadio. El campo se enmarca dentro de un proyecto global mucho más complejo



denominado Centro de Cultura, Convenciones y Negocios JVC, en el que han participado los más destacados arquitectos del mundo.

El estadio se ubica en un terreno de 147.000 m<sup>2</sup> con 125.000 m<sup>2</sup> de construcción, 5.000 plazas de estacionamiento dentro de las instalaciones y 70.000 m<sup>2</sup> de áreas verdes a su alrededor. Dispone de 330 palcos privados para 9, 11, 12 y 13 personas con 45.000 asientos de visibilidad plena junto con 208 lugares para personas con capacidades diferentes y un acompañante, superando los estándares oficiales de la FIFA. Su coste final ha sido superior a los 100 millones de dólares.

La obra está ligada a la construcción de un nodo viario que permite la evacuación del estadio en sólo 15-18 minutos. El acceso al

**Vista exterior berma exterior (arriba) y espacio interior berma de gran volumen y belleza estructural que permite incluso observar el campo de fútbol (debajo).**

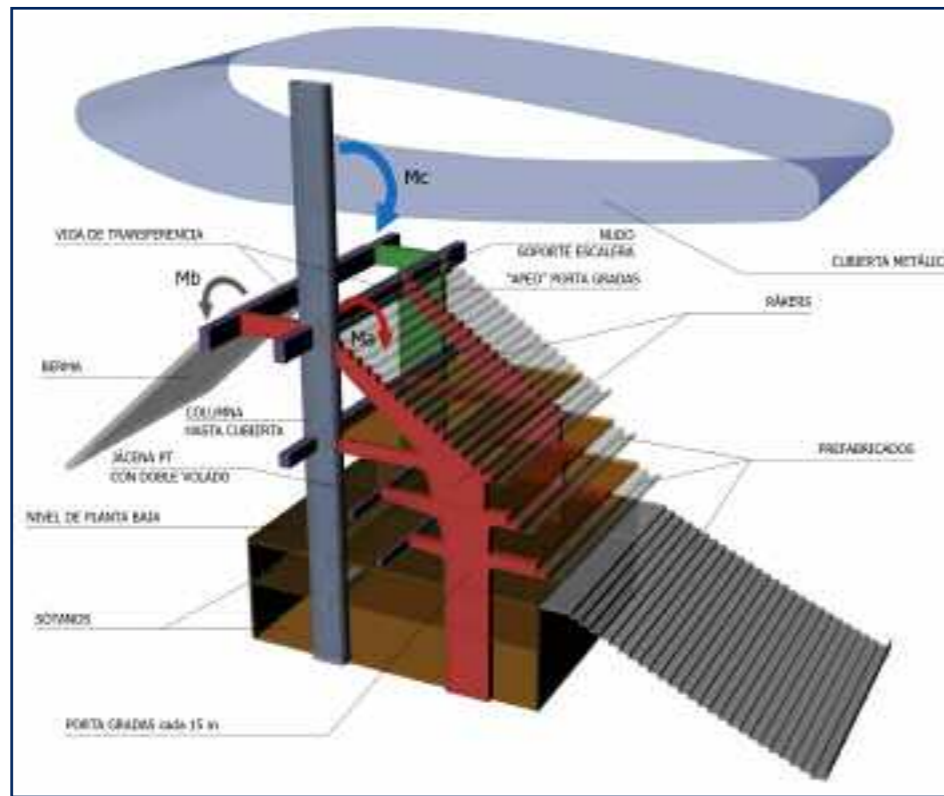
llegó a construir por su elevado costo, superior a 200 millones de dólares. Nuestra contribución inicial al proyecto del estadio consistió en modificar dicha propuesta y, en particular, propusimos cuatro cambios muy significativos, los cuales definen el proyecto final construido y redujeron su costo al 50%. Estos aspectos son:

- La berma, o laderas del volcán, era de tierra con muros de contención verticales altos. Nuestra propuesta, finalmente adoptada, consistió en utilizar la berma interior eliminando la tierra contenida y haciendo, por tanto, una "berma hueca" con un gran espacio interior libre. Este espacio es, en mi opinión, de gran belleza y redujo el coste significativo originado



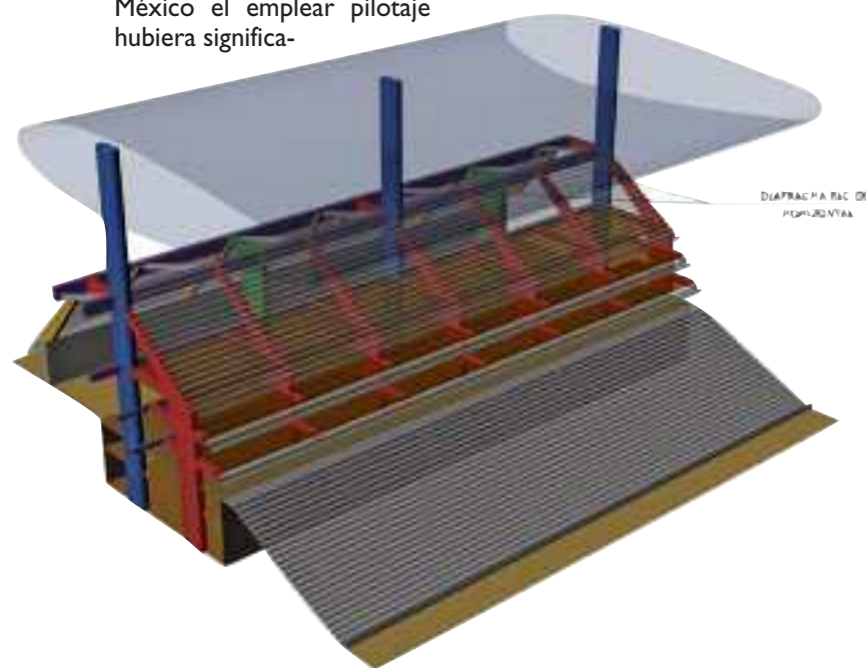
por el movimiento de tierra y del propio muro inicial de más de 25 m de altura de contención de tierras innecesario.

- Las macro columnas de soporte de la cubierta metálica eran independiente a la propia estructura de hormigón del estadio. Esto es habitual por el diferente perfil de los calculistas entre ambos materiales y por su diferente magnitud. Nosotros incorporamos las macro-columnas a la transmisión de cargas de la berma hueca y de los elementos porta gradas proporcionando una estructura diáfana con muy pocos soportes. Esta estructuración tuvo grandes ventajas, no solo al permitir el espacio interior mostrado, sino permitió balancear el propio momento flector de la macro-columna originado por la gran cubierta en voladizo, aliviando su valor en la base, tal como muestra el esquema.
- La cubierta estaba planteada como una malla espacial con una piel exterior a fabricar en Estados Unidos mediante miles de barras numeradas que definirían la geometría. En nuestro proyecto esta solución se cambió a macro cerchas de perfiles metálicos de toda la altura de la "nube" o cubierta, aunque en la solución constructiva final las barras se redujeron mediante elementos de mayor longitud simplificando su ejecución.
- La cimentación estaba planteada mediante pilotes y la modificamos a zapatas aisladas y/o combinadas superficiales. La solución de pilotes es habitual en México DF pero en Guadalajara el terreno de mayor capacidad permite, mediante una mejora del mismo, obtener tensiones superiores a los 6-10 kg/cm<sup>2</sup> de trabajo. Dada la elevada solicitación sísmica de México el emplear pilotaje hubiera significa-



Arriba, esquema de transmisión de carga y equilibrio de momentos con macro-columna. Debajo, vista global de elementos resistentes y diafragma rígido horizontal.

### LA CUBIERTA METÁLICA SE APOYA SÓLO EN 16 MACRO PILARES



do emplearlo en todo su conjunto de elementos, lo cual era un costo muy significativo e innecesario por la mencionada calidad del terreno.

### ASPECTOS SINGULARES

Este proyecto tiene distintos aspectos singulares tanto en su estructura como en su futuro funcionamiento. Desde el punto de vista de su uso final será el primer estadio que incorpore césped artificial de sexta generación. El pasto de origen belga se compone de una mezcla de fibras, arena sílica y arena de goma, producto de la reutilización de zapatos deportivos. Estos materiales aseguran una superficie estable, resistente, uniforme y más suave en los momentos de más impacto. Entre sus ventajas es que tiene unos costos bajos de mantenimiento y es resistente a la radiación ultravioleta y los ataques bacterianos. El césped artificial ha sido reconocido oficialmente por la FIFA y se prevé un mayor empleo en el futuro.

Otra particularidad de este recinto es que dado que, en general, cualquier estadio tiene pocos días del año en los cuales está lleno, éste se ha construido con una capacidad media que asegure un mayor rendimiento del espacio. Además se están edificando alrededor de las instalaciones y debajo de la berma distintas tiendas comerciales que estarán abiertas al público incluso durante los entrenamientos del día a día del equipo.

Desde el punto de vista estructural tiene distintos aspectos singulares como son su configuración estructural y mecanismos de transmisión de cargas que permitió una planta diáfana y muy eficiente frente a sismos severos, combinando distintas técnicas como elementos postensados, elementos prefabricados, macro pilares mixtos y macro cubierta metálica. Se trata, además, de una estructura de grandes dimensiones sin juntas de dilata-



Pie de foto.

ción (el perímetro del anillo que definen los macro-pilares mide más de 680 m de longitud) dado que éstas disminuirían sensiblemente su resistencia frente a sismos al perder su forma actual de anillo rígido. Las gradas se diseñaron como isostáticas pero con continuidad para sobrecargas o cargas de uso, lo cual permite evitar filtraciones de agua y disminuir vibraciones.

### TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

La cimentación tal como se ha indicado se ha realizado mediante zapatas aisladas y combinadas mediante la mejora del terreno existente. Este proceso de mejora del terreno consiste en el vaciado del mismo para luego mezclándolo con cemento volver a ubicarlo compactado. Esta técnica permite regenerar la capacidad portante en las zonas donde es necesario y no en elementos poco solicitados como muros o pilares con poca carga. De esta forma la cota de desplante del hormigón está en valores similares, lo cual tiene ventajas para solicitaciones sísmicas minimizando elementos que, por una involuntaria excesiva rigidez relativa, pudieran estar solicitados por un mayor esfuerzo de corte.

Las gradas del estadio están apoyadas en un total de 48 elementos "portagradas". El estadio tiene una planta aproximadamente elíptica con una distancia entre las macro columnas que soportan la cubierta principal de 42 m. El perímetro en el eje de estas macro-columnas es de 680 m por lo que la distancia media entre portagradas es de aproximadamente 14,2 m (esta distancia disminuye hacia el interior del campo). Los 48 elementos portagradas no se apoyan todos directamente en pilares y más bien 32 de ellos se sustentan en

**EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO SE HAN EMPLEADO DISTINTAS TÉCNICAS ESTRUCTURALES TALES COMO POSTENSADO, PREFABRICADO EN OBRA, HORMIGÓN ARMADO, ESTRUCTURAS MIXTAS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS**

vigas de transferencia que cargan en los mencionados macropilares. De esta forma la luz entre portagradas es de más de 22 m, aumentando la sensación de estructura diáfana pero robusta que emana de todo el estadio. En este sentido, se puede observar que incluso desde la berma se puede ver perfectamente el campo de fútbol.

Los 48 elementos portagradas de 75 cm de espesor y ancho variable disponen de vigas de sección variable postensadas. Apoyados en estos componentes se disponen de piezas semi-prefabricadas continuas.

Este estadio tiene en su estructura de hormigón diversas innovaciones que le permiten plantas diáfnas de más de 22 m de luz sin pilares, mediante gradas prefabricadas postensadas y con continuidad.

Otro aspecto muy interesante de esta configuración estructural corresponde al equilibrio del momento flector de las macro-columnas y su "neutralización" en altura. En su extremo superior estos macro-pilares soportan un momento flector muy elevado producto del voladizo de 35 m de la cubierta principal. Aunque la carga de la cubierta sea ligera, su voladizo y la separación entre macro-pilares de 42 m el momento flector principal es muy significativo. Sin embargo a medida que bajamos en altura los portagradas y principalmente toda la berma exterior del estadio se apoyan en estos elementos y la berma equilibra el momento flector. De esta forma en la base de la zapata se obtiene básicamente una sollicitación de axil mucho más favorable a la que se hubiera obtenido dejando libre el macro-pilar, en cuyo caso el momento flector hubiera sido constante en toda su altura, con un orden de magnitud mayor de flexibilidad de la cubierta frente a acciones de viento (acción

dominante para toda cubierta ligera con un gran voladizo).

Por otra parte aunque la cubierta sea metálica por sus claras ventajas resistentes y de peso propio sus apoyos se proyectaron como macro-pilares de hormigón armado. Inicialmente se consideró la posibilidad de pilares mixtos mediante una chapa metálica rellanada de hormigón con espacio para el paso de personas e instalaciones aunque finalmente por motivos de coste y simplicidad estos fueron de hormigón aligerados en su interior. Los pilares de hormigón permiten una gran inercia con un coste más bajo que sus similares metálicos por lo que se ha utilizado esta solución mixta.

Las gradas tienen luces libres de más de 14 m por lo que debían ser pretensadas, y esto es difícil de realizar en taller. Por ello se plantearon inicialmente como elementos postensados con 4 ó 6 anclajes de 0,6". Sin embargo, durante la construcción se prefirió modificar el postensado y fabricar moldes a pie de obra para su prefabricación. Otro aspecto innovador del estadio, en comparación con la práctica habitual, es el que se refiere a la continuidad de estas piezas que se han dispuesto con

## FICHA TÉCNICA

### Nombre de la obra

ESTADIO DE FÚTBOL PARA EL CLUB "CHIVAS" DE GUADALAJARA, MÉXICO

### Promotor

EDUARDO VERGARA

### Autor del Proyecto Estructural

LUIS M. BOZZO, MSC., PHD.

### Autor del Proyecto Arquitectónico

MASSAUD-PAUSET Y HOK-MÉXICO

### Perito local

ROBERTO DÁVALOS

### Empresa constructora

ICA

### Director de Obra

MARIO VELÁZQUEZ ZARAGOZA

### Jefe de Obra

JOAQUÍN RINCÓN

### Control de calidad

ICA (responsable Arq. MARTHA DE LA ROSA GUDIÑO)

### Presupuesto

100 millones de dólares

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Superficie construida .....	125.000 m <sup>2</sup>
Cubierta metálica (apoyada sólo en 16 macro-pilotes) .....	40.000 m <sup>2</sup>
Voladizo de la cubierta .....	35 m
Perímetro de estructura (sin juntas) .....	680 m
Acero cubierta .....	65 x/m <sup>2</sup>
Elementos prefabricados .....	85.000 m <sup>2</sup>

continuidad mínima en sus extremos para minimizar filtraciones de agua futuras, comunes en muchos estadios prefabricados del mundo. Mediante la técnica realizada se elaboran los elementos y se montan sin apoyos provisionales. Una vez cogida la deformada por su propio peso se les da continuidad en los elementos portagradas, reduciendo posibles filtraciones y vibraciones.

Tal como se ha visto, un aspecto interesante del estadio es el empleo de distintas técnicas tales como hormigón postensado, hormigón pretensado "in situ", hormigón armado, pilares y ménsulas mixtas y finalmente la cubierta metálica. Sin embargo, y en mi opinión, el aspecto más singular y destacado del estadio es su óptima configuración estructural con mecanismos de transmisión de carga definidos a simple vista.

La mejora del terreno para el desplante de las macro-columnas y elementos portagradas principales se inició en el año 2006, aunque la

construcción propiamente dicha del estadio se fija en el año 2007. El 2 de septiembre del 2009 se completó el esqueleto metálico de la cubierta y se prevé que esté terminado íntegramente en diciembre del 2009. Por tanto, el período de construcción para sus 125.000 m<sup>2</sup> se fija en 3 años. A 30 de julio de este año 1.200 obreros habían realizado 200.000 horas de trabajo sin accidentes laborales serios, lo cual indica la gran seguridad obtenida. ▲

Pie de foto.

