



CAJA MÁGICA DE MADRID

OBRA DE MAESTROS

La Caja Mágica constituye una de las obras más destacadas de la arquitectura mundial. El diseño vanguardista, la construcción, el montaje y las soluciones energéticas representan una labor propia de Maestros como el arquitecto francés Dominique Perrault y la constructora española FCC. Una ovación especial merecen los techos móviles.

CONSTANZA MOMBIELA G.
PERIODISTA REVISTA BIT





GENTILEZA JAVIER GUTIÉRREZ MARCOS

FICHA TÉCNICA

Arquitecto proyectista: Dominique Perrault

Empresa constructora: FCC Construcción, entre otras

Presupuesto: 160 millones de euros

Superficie total: 17 Hectáreas

Superficie edificio principal: 109.000 m².

Planta 30.000 m²

30 pistas de tenis en total: 16 aire libre,

11 cubiertas y 3 en el edificio principal

Lago (Superficie): 32.000 m²

Capacidad: 20.000 espectadores

Cubiertas móviles: 3

Hormigón: 150.000 m³

Acero estructural: 8.500.000 k

Acero corrugado: 12.500.000 k

Movimiento de tierras: 950.000 m³

Malla de acero inoxidable (Finsa): 23.787 m²

TIPOLOGÍA DE ESTRUCTURA DE LAS CUBIERTAS MÓVILES

CUBIERTAS EN POSICIÓN TRASLADADA



CUBIERTAS EN POSICIÓN BASCULADA



- 1. CUBIERTA 1**
Basculante y móvil
103 x 73 m
- 2. CUBIERTA 2**
Móvil
44 x 62 m
- 3. CUBIERTA 3**
Móvil
62 x 44 m

- 1. CUBIERTA 1**
Basculante y móvil
103 x 73 m
- 2. CUBIERTA 2**
Basculante
44 x 62 m
- 3. CUBIERTA 3**
Basculante
62 x 44 m

GENTILEZA MADRID ESPACIOS Y CONGRESOS



HAY QUE SEGUIR ESPERANDO. Los Juegos Olímpicos 2016 serán en Río de Janeiro. Madrid y sus últimas inversiones en grandes complejos deportivos deberán aguardar una nueva oportunidad para lucir su esplendor ante el mundo. Mientras tanto, nos detenemos en una de sus más preciadas joyas: la Caja Mágica. Emplazada a orillas del río Manzanares, en la zona sur de la ciudad, se encuentra este complejo deportivo, cultural y comercial. Su objetivo principal consiste en dotar a España de una gran infraestructura para el tenis, desarrollar eventos deportivos tanto *indoor* como *outdoor* y generar un equilibrio entre la zona sur y norte de la capital, dividida por un antiguo vertedero.

El diseño estuvo a cargo del afamado arquitecto francés Dominique Perrault, autor de grandes proyectos como la Biblioteca Nacional de Francia, el Velódromo y las Piscinas Olímpicas de Berlín, y la Universidad Femenina Ewha en Seúl. El desafío de una parte de la edificación correspondió al Grupo FCC Construcción. El complejo polide-

portivo se compone de un gran parque, cruzado de norte a sur por el río Manzanares. Este último se utilizó para crear un lago artificial, sobre el cual se ubican tres islas: la Caja Mágica, el Tenis Garden con 16 canchas de tenis y el Media Garden dispuesto como estacionamiento para personal del edificio y acceso a las unidades móviles de los medios de comunicación. Las islas se conectan mediante pasarelas metálicas a un gran edificio longitudinal de 600 metros denominado Tenis Indoor, que posee 11 canchas de tenis cubiertas, zona de oficinas administrativas, centro de alto rendimiento para jóvenes deportistas y central energética para generar agua caliente y climatización, entre otros (ver Plano de la totalidad del complejo deportivo). Un complejo impresionante, pero nos detenemos en la Caja Mágica.

Caja Mágica

La Caja Mágica de Madrid cuenta con una superficie de 109.000 m² y se compone de tres estadios, cuya principal cualidad se concentra en sus cubiertas móviles. Inaugurado oficialmente el 30 de abril de

GENTILEZA JAVIER GUTIÉRREZ MARCOS



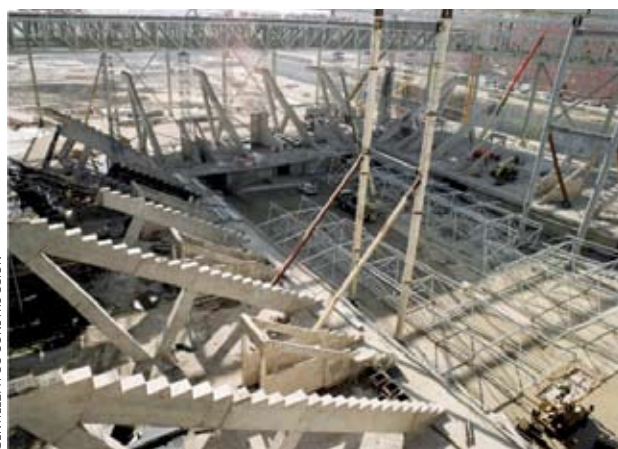
Los cerramientos metálicos de panel tipo sándwich permiten que el edificio filtre la luz del sol.

2009, la construcción total alberga a más de 20.000 espectadores con el siguiente detalle: Central (12.000 asistentes), Ópera (3.500 ampliable a 5.000) y Circo (2.500 ampliable a 3.000). Su función principal consiste en la celebración de torneos internacionales de tenis y espectáculos extradeporativos, debido a su carácter de multifuncional. El recinto es de acero, aluminio, vidrio y hormigón. Se divide en dos niveles: el -2 y el 0. El primero se emplaza a 8 m debajo de la superficie y contiene los espacios reservados para jugadores, vestuarios, oficinas, prensa, salones VIP, servicios de entretenimiento e instalaciones técnicas. Y en el nivel 0 se encuentran las calles y los espacios públicos. La Caja Mágica posee una planta de 165 m x 165 m y 35 m de altura, con una estructura vanguardista y acorde a las propuestas que siempre ha presentado Perrault en sus diseños: sostenibilidad, versatilidad y funcionalidad.

El concepto de "Caja Mágica" se explica por el diseño envolvente que consiste en un tejido de acero inoxidable que cambia según las condiciones de luz exterior: reflectante y opaco de día para protegerse del sol, y resplandeciente de noche. Claro, el otro elemento que llama poderosamente la atención se encuentra en los tres techos móviles y basculantes que se trasladan horizontalmente y giran, modificando las condiciones de soleamiento de los edificios. En ellos se pueden realizar 27 configuraciones diferentes. Pero no nos anticipemos, hay mucha magia por descubrir.



GENTILEZA MADRID ESPACIOS Y CONGRESOS



GENTILEZA FCC CONSTRUCCIÓN

Los pórticos de 12 m de altura fueron construidos a base de hormigón in situ, sistema que redujo los plazos de montaje y desmontaje de la obra.

La fachada

El proyecto a base de mallas metálicas es uno de los signos distintivos e inéditos de esta gran obra del arquitecto Dominique Perrault, siendo el aprovechamiento de la luz una de las principales razones para crear este concepto. Para la realización de la fachada se utilizaron cerramientos metálicos de chapa simple horizontal de la marca Europrefil. Éstas son cubiertas de panel tipo sándwich, de las que se emplearon 50.000 m² de perfil Euromodul 44 en aluminio natural y 18.000 m² de Eurobase 106 perforado para conseguir grandes distancias entre apoyos. Los paneles tienen una altura de 25 m y 7,20 m de ancho, estableciendo con estas dimensiones un récord para un edificio. Estas mallas metálicas permiten que la estructura exterior de la Caja Mágica refleje o filtre la luz, formando una fachada tanto luminosa como opaca según las condiciones climáticas. Además, durante la noche la luz emitida desde el interior del complejo se expande al exterior.

Estructura de hormigón

La estructura de hormigón da forma a la Caja Mágica. En los pisos -1 y 0 se utilizaron losas postensadas de 40 cm de espesor, las que se apoyan en una retícula de pilares cada 14,40 m de sección cuadrada de 1,50 m de lado, y con una única junta de dilatación que la divide en dos cuerpos de aproximadamente 170 x 100 m y 170 x 70 metros. La modulación de los soportes y la realización de vigas perimetrales de 1,50 m de canto vistas, representaron los requisitos formales de la arquitectura.

En el estadio Central, los graderíos se diseñaron mediante gradas prefabricadas, apoyadas sobre grandes pórticos situados cada 14,40 metros. Los pórticos de 12 m de altura tienen una inclinación de casi 30° formando parte de las estructuras vistas. No obstante, el diseño de estos elementos planteó distintos desafíos:

- Las piezas prefabricadas de grandes dimensiones provocan complejos montajes.
- La estructura del techo fijo ya estaba ejecutada, imposibilitando las maniobras



Las graderías en forma de L cuentan con perforaciones que alojan difusores de climatización. Éstos generan un microclima de hasta 20°.



GENTILEZA JAVIER GUTIERREZ MARCOS

del montaje.

■ La falta de resolución en la unión entre los pórticos y la losa pretensada de la que nacen.

Finalmente la Constructora FCC optó por construir los pórticos de la siguiente manera: Rellenar moldes metálicos de hormigón in situ. Es decir, no se empleó un elemento prefabricado, sino que se realizó la mezcla en el mismo lugar de las obras. Primero se amasó,

luego se volcó en moldes, se esperó el fragüe y se instaló. Este sistema redujo los plazos de montaje y desmontaje de encofrados, se obtuvieron acabados de hormigón visto de alta calidad y la posibilidad de incorporar protecciones colectivas de forma permanente. En cuanto a los pórticos de esquina, estos se pretensan a través de dos tensores. Para los estadios Ópera y Circo, las dimensiones de los pórticos se redujeron, empleando muros de apoyo a las piezas de gradas y escaleras de acceso.

Las gradas prefabricadas de hormigón son en forma de L. Cada una de ellas tiene incorporadas perforaciones para alojar difusores de climatización y carriles continuos. Estos últimos sirven para la fijación de los asientos, elaborados de copoliéster transparente con

veladura de color rojo que se apoyan en un bastidor de tubo de acero galvanizado. El Central es el único de los estadios que posee gradas móviles.

Cubierta fija

La cubierta es el toque distintivo y más destacable de esta gran obra de ingeniería. Consta de tres techos basculantes que despejan totalmente el cielo de cada uno de los estadios. Pero vamos por parte. Las estructuras de hormigón que constituyen los recintos se unen en una cubierta fija común, sostenida por soportes metálicos, con formación de cubierta y falso techo de acero. Una de las características de esta cubierta es la simpleza estructural. Se divide en dos partes: una corresponde al estadio Central y la otra a los estadios Ópera y Circo. La estructura de ambas está constituida por un emparrillado ortogonal de celosías con grandes cerchas principales, unidas mediante cerchas secundarias. Se emplearon más de 4 millones de kilogramos de acero en total. Para aprove-

Los líderes en construcción confían en **Andamios Layher.**

► Claro Vicuña Valenzuela S.A.

Layher. 
Siempre más. El sistema de andamios.

"Claro Vicuña Valenzuela S.A. se enmarca bajo la máxima del resguardo de la integridad de sus trabajadores y los de sus empresas colaboradoras, por lo que el trabajar con Layher, nos ha permitido mantener los más altos estándares de seguridad, calidad y productividad en este trascendental proyecto".

Patricio Gómez Briones
Jefe General De Terreno C.V.V. S.A



Obra Destacada:
**Centro Cultural
Metropolitano
Gabriela Mistral**



250 toneladas de equipos Layher

- Sistema Blitz
- Sistema Allround

Soluciones aplicadas:

- Andamios de fachadas
- Torres Móviles
- Plataformas de trabajo
- Torres de escalas



Equipo de profesionales del proyecto:
Linares superior (Ing. a. Civil)
Miguelo Fernández, I. Civil; Roberto Adasqui, I. Civil;
Patricio Gómez, I. Civil; Cristian Luna, I. Civil;
Linares inferior (Ing. a. Civil)
Andrés Benavente, I. Civil;
Jaime Espinoza, Ingeniero

Mandante:
Ministerio de Obras Públicas

Construye:
Claro Vicuña Valenzuela S.A.

Inicio:
Enero 2009

Término:
Febrero 2010

Infraestructura general:
41.000 m²

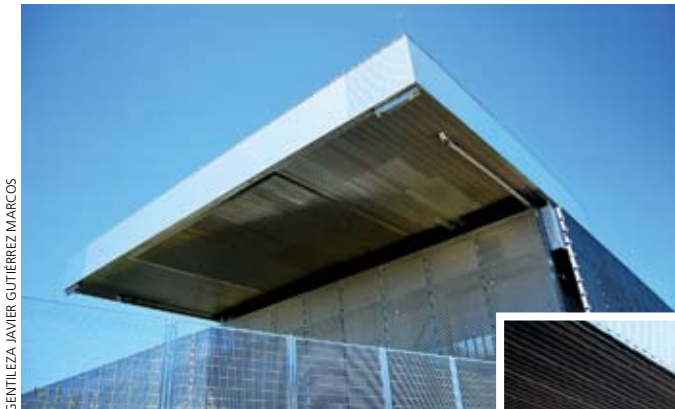
Layher del Pacífico S.A.

Av. Volcán Láscar 791, Parque Industrial Lo Boza, Pudahuel, Santiago. Mesa Central: (56-2) 979 5700.

Antofagasta: Camino La Chimba s/n Manzana 25 Sitio 5. Tel: (56-55) 555 500. Concepción: Camino a Coronel 5580, San Pedro de la Paz. Tel: (56-41) 245 4186.

Sistema Allround

EL ORIGINAL



GENTILEZA JAVIER GUTIÉRREZ MARCOS

Los bogies dobles sobre carriles facilitan el desplazamiento de las cubiertas móviles.

char de mejor manera el material, la empresa constructora FCC usó perfiles laminados en casos de celosías de cargas reducidas, mientras que para las celosías más solicitadas, se utilizaron perfiles armados. El acero estructural empleado es de tipo S355 J2 G3 en perfiles laminados, S460N para cerchas, S355 J2 H para perfiles tubulares de espesor mayor o igual a 6 mm y S275 J0 H para los de espesores menores a 6 mm. Las almas de los perfiles se colocaron horizontalmente para simplificar las uniones y los cruces de celosías.

Cubiertas móviles

Los techos móviles aportan un toque mágico a la Caja. No es para menos. El polideportivo se observa en 27 posiciones diferentes, convirtiéndola en la construcción más vanguardista del último tiempo. La cubierta basculante principal de aproximadamente 103 x 73 metros y 1.200 toneladas de peso, se estructura a base de celosías convencionales



GENTILEZA FCC CONSTRUCCIÓN

Solución energética

Una de las condiciones esenciales para la Caja Mágica era su armónica adaptación al entorno natural. Hay aportes concretos en esta línea. Para empezar, se debe considerar el ahorro de un 20% en comparación con otros estadios de esta magnitud.

mensiones. Cada planta mide 44 x 62 metros y está compuesta por celosías tradicionales. Pueden girar 25° y su desplazamiento horizontal alcanza los 50 metros. Su giro/elevación se genera a través de cilindros hidráulicos que se unen directamente a la estructura móvil, apoyándose en bogies dobles sobre vigas carriles que facilitan el desplazamiento (ver recuadro Tipologías de estructura de cubiertas móviles).

Esto se debe principalmente a su fachada permeable, en el que las cubiertas móviles y las mallas metálicas resguardan y protegen al edificio del sol, la lluvia y el viento, y favorece su ventilación.

Además, se instalaron sobre la cubierta de la central energética 300 m² de paneles solares, que con una potencia de 290 kWh cubren el 70% de las necesidades para la producción de agua caliente sanitaria del edificio Tennis Indoor.

En el caso de la climatización, se emplea el sistema de atemperamiento interior. Éste consiste en que la climatización parte de la central de generación de frío-calor ubicada en el extremo sur del Tennis Indoor. Desde este lugar, mediante una galería subterránea, se conduce el agua caliente y fría hasta los equipos de ventilación. Estos dispositivos se dividen en dos áreas, los que abastecen a los niveles inferiores situados bajo el nivel -2 y el que se dis-

completada por una estructura espacial tridimensional. Realiza un giro de 12° con un tiempo de apertura de 15 minutos y su velocidad de traslación es de 5 metros/minuto, desplazándose horizontalmente casi 60 metros. Para obtener el giro/elevación se recurrió a un esquema de triángulo, con un lado que disminuye de longitud situado en la alineación de unos bogies de rodadura. Así queda un triángulo formado por dos patas estructurales de longitud fija que descansan en unos bogies que ruedan sobre raíles y un cilindro hidráulico que une los bogies de rodadura. Con esto se logra que las partes móviles estén en la alineación del camino de rodadura y no en la cubierta. Este mecanismo de elevación y apertura de cubiertas se desarrolló especialmente para la Caja Mágica en Alemania, Holanda y Portugal.

El sistema de movimiento de las restantes dos cubiertas es similar pero en menores di-



GENTILEZA JAVIER GUTIÉRREZ MARCOS

PUENTE RÍO MANZANARES

Para facilitar el acceso a la Caja Mágica, desde la zona de los estacionamientos se creó un puente que atraviesa el río Manzanares, incorporándolo como un gran balcón al aire libre que luego se cierra al llegar al recinto principal. La construcción inicial del puente consistía en colocar una estructura de hormigón armado de espesor variable (0,20 m y 0,25 m), cinco vanos de luces con 12,80 m y dos vigas laterales postensadas de 1,00 m de ancho por 1,30 m de alto. Sin embargo la dificultad en la ejecución de las vigas postensadas que implicaba la colocación de cimbra en el cauce del río, hizo que FCC Construcción cambiara el procedimiento constructivo sustituyendo las vigas de hormigón por metálicas.

El Lago Ecológico utiliza sólo agua reciclada y las plantas acuáticas que lo pueblan actúan como purificadores naturales.



tribuye para las graderías de los estadios.

Además, para climatizar las gradas se emplean difusores de aire a 20° localizados bajo los asientos, creando un microclima placentero para los espectadores.

Otro de los puntos a destacar es el entorno. Un antiguo vertedero, en la actualidad se trasformó en una zona ecológica de grandes parques que abarcan 7 hectáreas. Para ello, se utilizaron más de 12 mil árboles y plantas autóctonas como fresnos, abedules y sauces. El Lago Ecológico de 32.000 m² cumple un papel protagonista por su carácter sostenible, ya que sólo utiliza agua reciclada. Y aunque es artificial, funciona como si fuera natural, porque no interfiere en el curso normal del



GENTILEZA JAVIER GUTIÉRREZ MARCOS

río Manzanares. Además, las plantas acuáticas que lo pueblan sirven estratégicamente para limpiar el agua y rebajar el contenido de materia orgánica, sin la necesidad de utilizar químicos.

Por lo visto, no hay detalle que haya quedado librado al azar. Una gran obra, una obra de Maestros. ■

www.madridcajamagica.com

ARTÍCULOS RELACIONADOS

-“Estadios Olímpicos, Beijing. El equilibrio de la innovación”. Revista BIT N° 64, Enero 2009, pág. 60.

-“Mundial de estadios techados”. Revista BIT N° 59, Marzo 2008, pág. 98.

EN SÍNTESIS

La Caja Mágica es una de las construcciones más preponderantes del último tiempo. Sus instalaciones innovadoras y vanguardistas, conjugan sostenibilidad, entretenimiento y tecnología. Todo en un mismo lugar. Sus techos oscilo/basculantes, el lago ecológico y los tres estadios, son su principal carta de presentación.

Para obras viales, soluciones integrales en las que puede confiar.

Mesh-Track, Sistema BITUFOR, Refuerzo con Malla de Acero para la Rehabilitación de Pavimentos.



Este sistema consiste en el refuerzo de los pavimentos en mal estado, con una malla de alambre de acero con cables de refuerzo, que se adhiere al camino con slurry seal y luego, se cubre con una nueva carpeta de rodado de asfalto.



Con su preferencia, estamos presentes.

