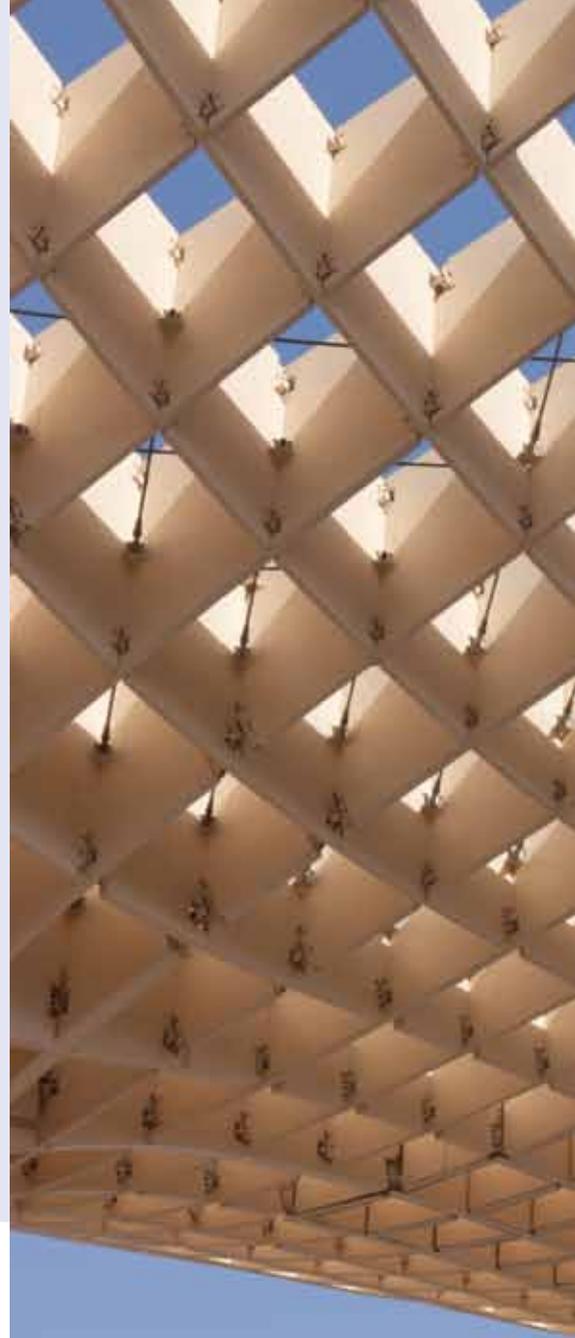


■ Pasado y futuro se entrecruzan en la capital de Andalucía, España. Más de tres mil elementos de diferente altura y ancho dan forma a una construcción que pretende cambiar el rostro del casco histórico de la ciudad. Una megaestructura de 12.670 metros cuadrados que revaloriza el uso de la madera. ■ El resultado de la coordinación integral entre la arquitectura y la ingeniería. Un hito de la construcción española, una encarnación en madera.

ALEJANDRO PAVEZ V.  
PERIODISTA REVISTA BIT

## **METROPOL PARASOL, SEVILLA**

# ENCARNACIÓN EN MADERA





© FABIO BERNARDI | DREAMSTIME.COM

## FICHA TÉCNICA

### METROPOL PARASOL

**UBICACIÓN:** Plaza de la Encarnación, Sevilla, España

**MANDANTE:** Ayuntamiento de Sevilla

**ARQUITECTO:** Jürgen Mayer H.

**CONSTRUCTORA:** Sacyr

**INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, INSTALACIONES Y**

**ESTRATEGIAS CONTRA INCENDIOS:** Arup

**CONTRATISTA DE MADERA:** Finnforest-Merk

**ÁREA TOTAL:** 12.670 m<sup>2</sup>

**PRESUPUESTO:** 90 millones de Euros (US\$ 120 M.)

**AÑO CONSTRUCCIÓN:** 2005 - 2011

**E**N LOS TERRENOS de un antiguo convento medieval, en pleno casco histórico de la ciudad de Sevilla en España, se erige una de las estructuras más emblemáticas de la península ibérica. Se trata del Metrosol Parasol, una construcción que abarca un total de 12.670 metros cuadrados. Una catedral moderna que revaloriza el uso de la madera, renovando el rostro de la capital andaluza. Diseñado por el arquitecto alemán Jürgen Mayer, este edificio quiere ser el nuevo símbolo de Sevilla y catapultar a la ciudad como uno de los destinos culturales más importantes de la región. Un lugar donde pasado y futuro se fusionan en una relación ecléctica que dibuja la nueva imagen de la comarca. Situación que va mucho más allá de la conjugación arquitectónica que allí se produce. Claro, y es que bajo la estructura, en el subsuelo, yacen restos correspondientes a los periodos romano y andalusí de la ciudad. Hallazgo que detuvo los trabajos y que hoy representa un importante tesoro arqueológico.

Construido por Sacyr para la autoridad sevillana, y con una inversión de 90 millones de euros (un poco más de US\$ 120 millones), Metropol Parasol ofrece el potencial de convertir a la antigua Plaza de la Encarnación (donde se ubica la construcción) en un nuevo centro urbano contemporáneo. "Este espacio ubicado en el centro de la densa estructura del casco histórico de Sevilla ofrece una gran variedad de opciones, desde la presentación de la historia de la ciudad hasta actividades comerciales y de ocio. Su lograda infraestructura convierte a la plaza en un espacio viviente y el destino elegido por turistas y vecinos", explica a Revista BIT Jan-Peter Koppitz coordinador de proyecto de Arup, empresa encargada de la ingeniería de estructuras, instalaciones y estrategias contra incendios de la megaestructura. El Metropol Parasol, pasado y futuro reflejados en esta encarnación en madera.



FOTOS GENTILEZA ARUP

## CONCEPTO

Con el fin de buscar una reactivación de la Plaza de la Encarnación, en los terrenos baldíos del ex convento medieval (donde hasta los años '70 funcionó el mercado municipal) es que la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla, en el año 2003, abrió un concurso público para renovar el sector. A su juicio, éste se encontraba desestructurado e ilegible a pesar de estar en el centro del casco histórico de Sevilla. Así, un año después, Jürgen Mayer se adjudica el concurso y en el año 2005 lo comienza a construir, para ser recién inaugurado en el mes de marzo de 2011. La falta de un avance tecnológico en general para la proyección de la obra retrasó el proyecto. La materialidad también puso en jaque la construcción, puesto que la estructura estaba pensada en metal, pero el intenso calor de la capital andaluza obligó a cambiarlo por madera. Los estudios, tardaron varios meses.

En términos prácticos, los parasoles son el elemento arquitectónico principal de esta construcción y "surgen de una referencia local y natural: los grandes árboles de la Plaza de Cristo de Burgos, cercana a la Plaza de la Encarnación", dice la memoria del proyecto.

**La estructura fue montada sobre dos columnas de hormigón. Cada una de las piezas de madera micro-laminada fabricadas en Alemania. En total son cerca de 3.400 piezas.**

Árboles que forman una estructura de techumbre y que proporcionan sombra, un clima agradable y expresión. El parasol es, en este plano, la estructura icónica que confiere a la nueva Plaza de la Encarnación "su carácter contemporáneo con referencias directas, a la vez, a la iconografía natural y típica de la ciudad: las bóvedas de la catedral, las pérgolas emparradas en los jardines, las rejas de las ventanas andaluzas, etc.". Más allá de ser un hito visual, el parasol unifica los diferentes niveles del espacio y el programa de uso de la plaza. Eso era lo trascendental. Ya explicaremos cómo estas estructuras responden en relación a las sombras, climatización y el confort del sector.

La estructura está hecha en madera y mide cerca de 150 m de largo, 75 m de ancho y 28 m de alto. Para poder concretar la construcción real del diseño, los arquitectos solicitaron los servicios de la ingeniería de Arup. "Se estudiaron diversas geometrías estructurales complejas para comprobar la viabilidad de dicha estructura en materiales como acero, hormigón o plástico. Todas las investigaciones fracasaron no sólo en cuanto al presupuesto estimado, sino también respecto a la posibilidad de su verificación estructural", comenta Koppitz. La estructura, finalmente, fue desarrollada en madera micro-laminada protegida de la intemperie por recubrimiento de poliuretano impermeable.

El diseño, se compone de cuatro niveles permeables y entrelazados de forma continua. El subsuelo posee una plataforma que

La estructura ortogonal está arriostrada por barras diagonales que se ubican por debajo de las pasarelas. El montaje de cada pieza requirió una logística compleja con diversos tipos de grúas.



mira los restos arqueológicos encontrados. Luego, el primer nivel, contiene una plaza peatonal cubierta y un mercado de 2.155 m<sup>2</sup> de superficie con capacidad para varios puestos de venta. En el segundo nivel se ubica una plaza de 3.000 m<sup>2</sup> elevada a cinco metros sobre el mercado destinada a un foro urbano para actuaciones y espectáculos. En el tercer nivel se encuentra un restaurante con capacidad para 300 personas y finalmente en el cuarto nivel, un balcón panorámico de libre acceso a través de una pasarela que serpentea encima de los parasoles con vistas a todo el casco antiguo de Sevilla. “Los parasoles en forma fúngica y con una trama que se asemeja a los píxeles, enmarcan toda una estructura que no está tipológicamente definida, generando un continuo juego de sombras cambiantes a lo largo del día”, comentan en Arup.

### ESTRUCTURA

La estructura del Metropol Parasol está montada sobre dos columnas de hormigón. En conjunto, se trata de seis parasoles conformados por elementos de madera micro-laminado Kerto-Q, dispuestos en una retícula ortogonal de 1,50 m a 1,50 m. El canto de los elementos de madera depende del funcionamiento estructural, explica el coordinador del proyecto. “Así, en la zona perimetral con menos cargas es de 30 cm y en la transición a los troncos es de unos 300 centímetros

aproximadamente. El espesor variable de la estructura de madera, resultado de un cálculo en 3D, se sitúa entre los 7 cm y 22 cm, dependiendo de las necesidades estructurales de cada elemento”, complementa. La estructura ortogonal de madera está arriostrada por barras diagonales que se ubican por debajo de las pasarelas. La estructura de madera de Metropol Parasol tiene, por lo tanto, el comportamiento de un entramado laminar bidireccional. Las cerca de 3.400 diferentes piezas de madera que componen

BIT 82 ENERO 2012 ■ 75

# ¿Soldadura Fuerte para redes de GAS domiciliario?

DECRETO 66 (ART. 45 PUNTO 45.2.6) - SEC

 **ARGENTA**  
TECNOLOGIA EN SOLDADURA

Casa Matriz: Santa Corina 0198, La Cisterna / Tel. (56-2) 522 2222  
Sucursal Zona Sur: H. Salas 419 / Tel. (56-41) 223 6230

Evite aleaciones de Soldadura Fuerte de procedencia y composición desconocida.

Con aleaciones certificadas de ARGENTA asegura el resultado de calidad esperado

Distribución en todo Chile y el mundo / Proceso Certificado ISO 9001:2008.

[www.argenta.cl](http://www.argenta.cl)

**Crucial para el desarrollo de esta mega estructura han sido las más de 3 mil uniones en las intersecciones de la madera.**



esta obra se han fabricado en la ciudad alemana de Aichach, cerca de Múnich, y representan, en total, un volumen de 2.500 m<sup>3</sup> de madera microlaminada.

Crucial para el desarrollo de esta megaestructura han sido las más de 3.000 uniones en las intersecciones de la madera. Para solucionarlas, los ingenieros de Arup y Finnforest Merk (proveedores del material) desarrollaron una innovadora conexión a través de barras de acero encoladas, de fácil optimización para un rápido montaje en obra. Un análisis térmico que realizó el equipo de ingenieros de Arup reveló que el clima cálido del sur de España sería un reto especial para las uniones (tal como confirmaron los resultados de la simulación térmica y los ensayos hechos por el Instituto Fraunhofer). Estos resultados obligaron a los especialistas de Arup y Finnforest Merk a desarrollar un nuevo proceso de encolado capaz de soportar las altas temperaturas de Sevilla. Este método especial, comenta Koppitz, "fue desarrollado con la ayuda de los especialistas de WEVO-Chemie y el experto de pegamentos Borimir Radovic. Finalmente, los ensayos llevados a cabo por la Universidad de Augsburgo y la Universidad de Stuttgart en Alemania confirmaron el diseño propuesto".

Las formas curvadas de la madera, extraí-

das de placas rectangulares y compuestas por finas láminas, fueron cortadas por un robot controlado electrónicamente y programado para optimizar el proceso de corte y minimizar la pérdida de material. Los ajustes de los detalles y el pre-montaje de los elementos de unión para su conexión en obra se realizaron en Aichach, Alemania y las más de 3.000 piezas obtenidas fueron posteriormente trasladadas por camión hasta el sur de España. Como la estructura de madera no tiene cubierta y debe ser protegida de la intemperie, los arquitectos desarrollaron un sistema capaz de conservarla. Se trata de un revestimiento de poliuretano de 2 a 3 mm impermeable, pero permeable al vapor. Junto con un acabado final de pintura, "este revestimiento constituye una alternativa completamente inédita y desconocida para este tipo de superficies", destaca el ingeniero.

### **SOMBRA**

Una de los principales valores de Metropol Parasol es que permite palear el intenso calor de Andalucía. El sombreado abarca tanto la plaza pública como el techo del mercado. Como sabemos, los parasoles fueron diseñados para cubrir una superficie que abarca aproximadamente 150 x 70 metros. El sitio web Sevilla21, que da cuenta de los diversos

cambios que vive la ciudad, indica que "el diseño de esta gran estructura ha priorizado la generación de sombras en la plaza y para ello tuvo en cuenta el estudio de las sombras de la plaza en los meses de marzo, junio y diciembre en cuatro horarios diferentes (9, 12, 15 y 18 horas) de incidencia solar". A su vez, la forma de los parasoles permite la filtración de la luz hacia la plaza y evita un efecto de pantalla, permitiendo que se escape el aire caliente generado en la plaza (o por el equipamiento de aire acondicionado del mercado). "De esta forma, los parasoles no sólo contribuyen a rebajar la temperatura en los meses calurosos gracias al sombreado, si no que permiten aprovechar la luz natural, pero sin generar sobrecalentamiento, ya que el aire se filtra a través de la estructura permeable", explican en la web. La altura de los parasoles también fue un tema a considerar. Había que evitar el efecto pantalla de los edificios circundantes de la plaza y también se debía calcular su coordinación con el gra-



**Coordinación multidisciplinaria:** El equipo de diseño se integró por arquitectos, ingenieros de estructuras e ingenieros de instalaciones, junto con especialistas en seguridad contra incendios y el contratista de la madera.



do de inclinación del sol para generar los sombreados. El cálculo para las vistas panorámicas fue trascendental para que Metropol Parasol no sobresalga del paisaje de la ciudad de Sevilla.

### **CÁLCULO**

La estructura andaluza requirió de un análisis estructural en 3D de alta complejidad. Una labor realizada por los arquitectos quienes construyeron un modelo de geometría en 3D con la altura y la forma de los elementos de madera y su posición en el espacio. “Con esta información, generamos un modelo de cálculo que permitió determinar de forma

iterativa el espesor y, por lo tanto, el peso de los elementos de madera en cada conexión y también en cada unión”, explica Jan-Peter Koppitz.

Las dimensiones de la estructura obedecían a la distribución de esfuerzos en cualquier elemento dentro de ella. Pero estos esfuerzos dependían, a su vez, del peso y el espesor de los elementos de madera (es decir, de las dimensiones de la estructura). El problema era, entonces, que dichas variables sólo representaban los datos de partida de cálculo estructural. En definitiva, comenta el ingeniero de Arup, “toda la estructura sólo podía calcularse de manera iterativa, es decir,

a través de un cálculo por etapas. Así, para cada paso de cálculo, se debía leer nuevamente los datos de partida de los resultados obtenidos en el paso de cálculo anterior y los resultados de este nuevo paso de cálculo proporcionarían los valores para el paso siguiente. Con el tiempo, se llevaron a cabo tantos pasos iterativos como fueran necesarios hasta lograr que el cálculo converja; el equilibrio en la estructura se cumpliera y en ninguna unión los esfuerzos superaran su capacidad”.

Los ingenieros de Arup desarrollaron específicamente para esta tarea un programa iterativo automático que fue capaz de desglo-



Las formas curvas de la madera, extraídas de grandes placas rectangulares y compuestas por finas láminas, fueron cortadas por un robot controlado electrónicamente y programado para optimizar el proceso de corte y minimizar la pérdida de material.



sar en cada unión el espesor y el peso de los elementos de madera y el peso de cada una de las uniones. El espesor y, por lo tanto, el peso de los elementos de madera, se definieron nuevamente en cada etapa en función de los requerimientos de la madera. También se tuvo que volver a calcular el peso de la unión en cada paso. Este peso, que también dependía de los esfuerzos en la unión, está calculado sobre los datos aportados por la empresa proveedora del material. “Una vez terminado el cálculo iterativo, se entregaron los resultados al contratista de la madera y al arquitecto. Allí, éstos se procesaron para su posterior producción y para el cálculo y diseño definitivo de los detalles. Tras completar el diseño detallado, el peso real se contrastó con los datos utilizados en el último modelo para realizar así una revisión final”, complementa Koppitz.

**Conexión a través de barras de acero encoladas, de fácil optimización y montaje en obra. La principal innovación.**



## COORDINACIÓN

El éxito de este proyecto, comentan en Arup, sólo fue posible gracias a un equipo de diseño integrado por arquitectos, ingenieros de estructuras, ingenieros de instalaciones y especialistas en seguridad contra incendios que

## ESPACIOS COMUNES

**ANTIQUARIUM (MUSEO ARQUEOLÓGICO):** Está ubicado en el subsuelo de la estructura, bajo el mercado. Es un mundo subterráneo bien iluminado que refleja la evolución urbana de Sevilla. El pasaje público partiendo del lado este de la plaza forma un paseo suspendido encima de los hallazgos arqueológicos en la profundidad constante de 4,50 metros bajo rasante. Los dos pasajes se unen en la zona norte y sur del sitio arqueológico formando dos zonas comerciales en los que se ubican puestos de información y educación, librerías y una cafetería.

**MERCADO:** Adicional al eje principal norte sur, la disposición del mercado permite abrir otros accesos este-oeste. Así se puede atravesar tanto de día como de noche. En el borde de la mesa del mercado, estos ejes forman puentes como accesos principales. El terreno, de 4000 m<sup>2</sup>, se divide en 76 módulos de 22,5 m<sup>2</sup> para los servicios comerciales.

**LA PLAZA ELEVADA:** Está conectada con el nivel de calle con amplias escaleras que funcionarían como activadores de la vida en la calle. Durante el día, la plaza se presenta como un lugar de recreación, conversación y contemplación. La plataforma posee aperturas que conectan visualmente con el mercado y con el museo. La arquitectura propuesta duplica el terreno inicial y crea un espacio adicional de 4.500 m<sup>2</sup> de alta calidad. Fuentes de agua y vegetación acentúan el microclima y ofrecen lugares atractivos para sentarse y reposar. De noche, por medio de un juego de luces y sonidos, Metropol Parasol se convierte en un verdadero cielo artificial.

trabajaron coordinadamente junto al contratista de madera. "Un requisito previo para alcanzar con éxito la planificación fue el intercambio de información entre todos los agentes implicados durante la fase de diseño, incluyendo al contratista general, tanto en Alemania como España. Gracias a este

intercambio, los datos del diseño del arquitecto pudieron integrarse directamente en los programas de cálculo de los ingenieros estructurales y el contratista de madera, para luego procesarse electrónicamente", sintetiza Koppitz. En definitiva se trató de una coordinación integral de proyecto que dio

### EN SÍNTESIS

→ Una obra diseñada por el arquitecto alemán Jürgen Meyer pretende dibujar el nuevo rostro de la ciudad de Sevilla.

→ **Ubicado en la Plaza de la Encarnación, Metropol Parasol mezcla pasado y futuro con un museo arqueológico en su subsuelo.**

→ Se requirieron más de 3.400 elementos de madera para dar forma a la estructura.

→ **El material está revestido por una capa de poliuretano para enfrentar el ambiente.**

→ El diseño y el cálculo estructural se realizó sobre la base de un software desarrollado por la ingeniería.

forma al Metropol Parasol, otro hito arquitectónico para la ciudad Sevilla. Una nueva imagen que integra pasado y futuro en una encarnación en madera. ■

[www.arup.com](http://www.arup.com); [www.sevilla21.com](http://www.sevilla21.com);  
[www.espacio-metropol.com](http://www.espacio-metropol.com)

BIT 82 ENERO 2012 ■ 79

**TECHOPOL EPS PARA VIVIENDAS**

TechoPol EPS es ideal para dar soluciones habitacionales en la cubierta de viviendas. El producto es de alta calidad, ya que es fabricado con la mejor tecnología y otorga excelentes terminaciones arquitectónicas. Techopol EPS posee núcleo aislante de poliestireno expandido, que proporciona mayor economía energética y mejor calidad de vida.

**ldiem** Certificación Fuego F15 • F30

**Dānica**<sup>®</sup>  
Chile

56 2 7846400 | [ventas@danica.cl](mailto:ventas@danica.cl) | [www.danicacorporation.com](http://www.danicacorporation.com)