



FUNDACIÓN LOUIS VUITTON, HERMANAMIENTO ACERO-MADERA, DE FRANK GEHRY

Texto:

Alberto Serra María-Tomé, arquitecto técnico
y J. Enrique Peraza, arquitecto

Fotos: Alberto Serra María-Tomé

Descripción del edificio

El edificio, inaugurado en octubre de 2014, está enclavado en el entorno del *Bois de Boulogne* de París y desde lejos parece una nube de cristal, una crisálida o un iceberg impresionante, pues el sol se reflejaba en los paneles curvilíneos de vidrio que cubren su estructura, creando un interesante juego coloreado con las luces reflejadas. En realidad Frank Gehry (su autor) se inspiró en las velas de un barco porque el edificio se encuentra rodeado por agua a modo de navío varado.

La forma del edificio se caracteriza por sus formas curvas cóncavas y convexas en la línea formal de los edificios de Gehry. Así los materiales utilizados deben poder ser sometidos a esta contorsión geométrica. Es el caso del acero, el hormigón, la madera y el vidrio, que se pliegan o se curvan.

El proceso proyectual ha sido el que utiliza generalmente Gehry. Partiendo de una maqueta hecha a mano con madera y papel, interviene a continuación un programa informático propio del estudio que transforma esa idea inicial en parámetros formales y estructurales: los proyectos del arquitecto norteamericano-canadiense son irreproducibles en planos convencionales.

Esta tecnología, usada en la industria aeronáutica, unirá las distintas partes del proyecto. Se utiliza para ello una sola herramienta: Digital project, programa informático desarrollado por Gehry technologies a partir de la herramienta de aeronáutica Dassault.

La estructura

Por encima de la cimentación se forma una losa de hormigón pesado estanco (unos 11.000 m³) que resiste

a las presiones hidrostáticas a las que está sometida. Sobre esta losa de hormigón, se ancla una estructura metálica formando un grueso entramado cuya superficies forman los diferentes volúmenes del edificio (o icebergs). Esta malla estructural se cierra con hormigón armado que adopta formas curvas multifacetadas características del proyecto. Estos 12 volúmenes que dan cuerpo al proyecto están recubiertos por una envolvente aislante compleja, un forro de chapa metálica y 20.000 paneles de revestimiento de un hormigón especial blanco, todos de formas diferentes entre sí.

Los invernaderos

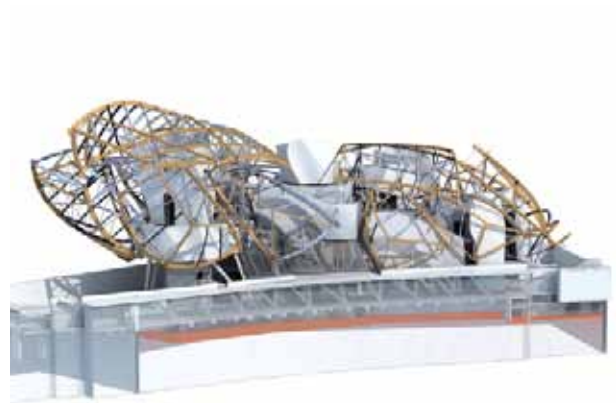
Esta estructura primaria metal-hormigón recibe los pilares de acero o de madera que soportan los 12 invernaderos tridimensionales que van creando espacios semi-abiertos



TRIPODES



PAROIS VITRES



STRUCTURES VERRIERES





arquitectura

que se extienden en una superficie de 13.500 m² y que alcanzan hasta una altura máxima de 46 m.

Estos invernaderos cubren diferentes terrazas desde donde se dispone de unas vistas panorámicas muy bonitas de París, además del Jardín de Aclimatación, antiguo zoológico y parque tropical fundado por Napoleón III.

Estos invernaderos, que dan esa transparencia a la obra, son elementos muy sofisticados y complejos.

En efecto deben en primer lugar ser estancos a fin de impedir las infiltraciones y conducir la escorrentía. Deben permitir y adaptarse a las dilataciones de la estructura de acero-hormigón que los soporta, asegurando siempre la transmisión de esfuerzos de peso propio y cargas climáticas sobre ésta.

Tres de los doce invernaderos hacen de paraguas de los otros.

Las superficies vidriadas de estos invernaderos oscilan entre 800 y 2.700 m².

Los invernaderos están soportados por pilares-trípodes. Estos trípodes vienen a "engancharse" a la estructura del Edificio y son tanto de madera laminada como de acero.

A partir de estos trípodes una osatura secundaria de madera y acero viene a añadirse para crear la carpintería de los invernaderos.

Sobre esta carpintería, se conecta una malla de aluminio.

Esta malla se cierra finalmente por cerca de 3.500 paneles vidriados a fin de constituir una piel estanca.

Las vigas de madera

La estructura de los invernaderos está formada por vigas principales de madera laminada de alerce (alrededor de 800 m³ de madera) limpia de albura (originaria de Austria) seleccionada según su altura de colocación a fin de asegurar una densidad precisa en obra. La densidad media exigida ha sido de 585 kg/m³. Estas vigas, siempre curvas, de inercia

constante, en bastantes casos son de doble curvatura.

Han sido fabricadas y mecanizadas por la empresa alemana HESS Timber GmbH. Con una humedad del 12%, y un ancho constante de 400 mm, su canto puede variar entre 600 y 1.200 mm (en las luces mayores). Su acabado consiste en múltiples capas de lasur.

Las uniones

El trabajo de las uniones en este proyecto ha sido realmente magnífico convirtiéndose cada una en una pequeña obra de arte por diseño y funcionalidad.

Estas vigas se unen entre sí con otras vigas y viguetas metálicas por medio de conectores metálicos. Conectores permiten también apoyar la estructura sobre los trípodes mencionados. Es reseñable que las secciones obtenidas en acero y madera han sido muy similares, lo que equipararía a ambos materiales, si bien desconocemos los pormenores del cálculo y si unos se han adaptado a otros por cuestiones estéticas.

Las secciones de vigas metálicas han sido generalmente tipo-cajón, es decir, la soldadura de los planchas laterales y horizontales previamente curvadas. En ocasiones aparecen perfiles compuestos a partir de IPN curvado.

Con el fin de facilitar el montaje, cada viga de madera vino de fábrica con los remates metálicos inoxidables ya instalados. Constan en todos los casos de dos placas longitudinales de 15 mm de espesor embebidas en la madera y soldadas sobre otra placa de testa de 40 mm de espesor. Estas placas se fijan por bulonado o empernado transversal, une las vigas a través de una rótula y asegura la transmisión de los esfuerzos de torsión.

Las fijaciones, al no atravesar más que una sola placa, optimizan el funcionamiento de la unión, repartiendo el ancho de las vigas con las propor-

ciones siguientes 1/4 1/2 1/4.

Las fijaciones se han montado sin holgura en la madera, mientras que en la rótula se han reducido a 0,5 mm. Un conjunto de conectores bulonados, dispuestos adecuadamente y atravesando de parte a parte la testa vienen a reemplazar ciertas uniones concretas a fin de asegurar el cierre del nudo.

Para reducir el tamaño de las dos filas de fijaciones se han añadido también espigas roscadas del tipo SFS WB, más delgadas, de 16 mm de diámetro.

Las espigas se disponen proporcionalmente al ancho de la madera, es decir, una fila en la parte exterior y dos en la parte central. Una fila está dispuesta en el extremo del nudo, y una segunda y una tercera fila equidistantes desde el extremo.

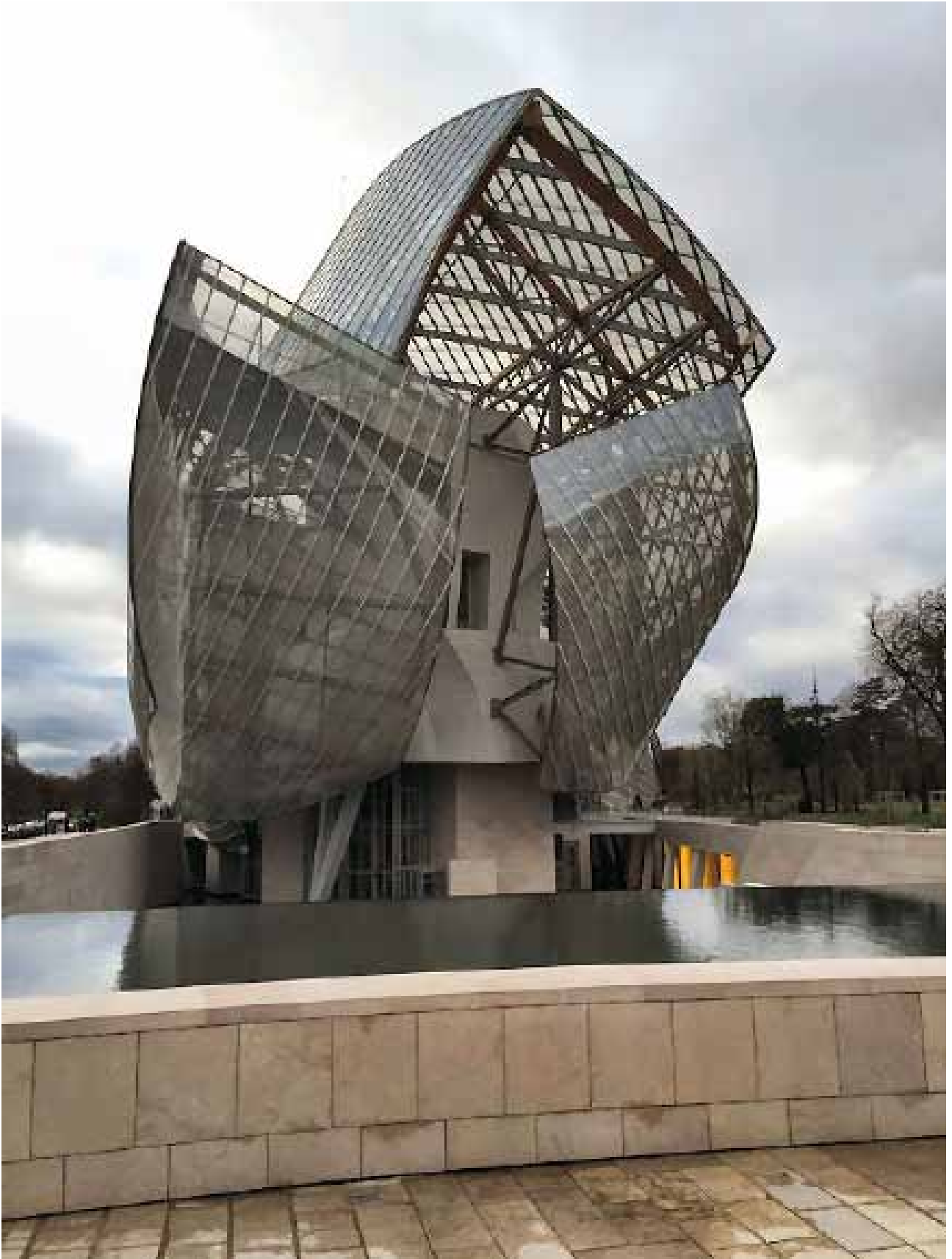
Las uniones metálicas de la estructura suponen 270 tn en peso.

Protección de la madera

Hay que hacer notar que las geometrías complejas de los invernaderos producen riesgos de exposición de las vigas de madera a la intemperie, inaceptables para la clase de uso 2 prevista en proyecto. Se ha llevado a cabo un estudio en profundidad sobre la exposición de los elementos de madera al exterior a fin de determinar la clase de uso de cada uno de los elementos. Se colocó una cubrición inoxidable a lo largo de las zonas expuestas a fin de reubicarlas en la clase de uso 2. Durante las fases de transporte y montaje las vigas de madera han estado protegidas por una lámina micro-respirante de una durabilidad estimada de hasta 12 meses. La caperuza metálica inoxidable con la que venían rematadas las vigas ha ayudado a proteger este punto sensible durante el montaje.

Montaje

Fueron necesarias más de 20.000 horas de estudio para la realización





arquitectura

del montaje.

Los estudios de montaje han sido una fase crucial para el éxito de las operaciones de instalación debido a la complejidad del edificio. Estos han consistido en lo siguiente:

Las limitaciones del lugar (icebergs, cubriciones vidriadas, pasarelas, etc...) dictaron las posibilidades de apoyos provisionales de invernaderos.

En razón del número de apoyos disponibles cabía la posibilidad de que la estructura secundaria estuviera solicitada a solicitaciones que no correspondían a su esquema definitivo. Por eso se hubo de poner a punto indicadores de verificación.

Fueron necesarios ensayos de prueba y error para hacer evolucionar la disposición de los apoyos de forma que no se sobrecargaran las conexiones.

Otro indicador utilizado fue la superposición de la envolvente con los revestimientos de servicio elegidos. A cada iteración, el modelo de cálculo debía modificarse, las conexiones verificadas y los diagramas examinados.

Los apoyos provisionales

Para el arriostramiento provisional de los apoyos se utilizaron igualmente estabilizadores reconduciendo tanto elementos internos como cualquier elemento del invernadero a la estructura primaria (en general a través de los anclajes articulados de los trípodes)

Los puntos de anclaje son generalmente solicitados diversas causas: la importante carga debida al invernadero, problemas de succión de viento o accesibilidad, encuentros con los acabados ...

El montaje de cada estructura secundaria de los invernaderos ha sido objeto de una licencia de montaje específica y de modos de eslingado diferente.

Con el fin de evitar toda manipulación peligrosa de las vigas de

madera en las fases de montaje, las vigas fueron colocadas directamente en su posición definitiva. Solo se realizó un reglaje final.

Los estudios de ejecución comenzaron en junio de 2009 y el final de los trabajos de montaje fue en septiembre de 2013.

Referencias

La Fondation Louis Vuitton pour la Création. Une structure bois d'exception à Paris. Emmanuel Decline. Eiffage Construction Métallique. Fondation Louis Vuitton. FR-Paris y Jean-François Bocquet ENSTIB Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois. Forum Holzbau, 2014

Fondation Louis Vuitton: dream come constructable. Tekla 2014

Ficha técnica

Propiedad

Fondation Louis Vuitton

Arquitecto

Gehry Partners, LLP

Madera laminada

Hess Timber. Hess Timber ha proporcionado asistencia técnica durante la concepción, planos CAD, fabricación y entrega de los elementos de madera laminada para los 12 techos independientes (velas).

Estructura metálica y vidriado

Eiffage Construction Métallique
La malla se realizó utilizando 2.000 tn de acero al carbono y 1.500 tn de acero inoxidable Duplex de alta resistencia.
5 km de correas y 10 km de pilares curvos.

Vidrios

3.600 paneles de vidrio diferentes y 13.500 m²
116.000 horas de trabajo para definir los elementos

Ingeniería de estructuras

Setec Bâtiment, bordas+peiro en subcontratación para la parte VISA y DET

Ingeniería de Fluidos

Setec Bâtiment

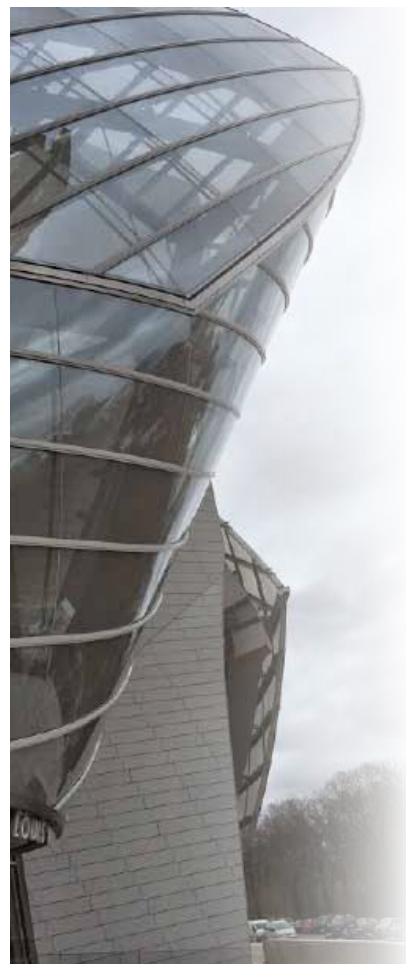
Ingeniería de fachadas

RFR y TESS

Estudio, diseño y supervisión in situ de los edificios opacos ("Iceberg") y de los invernaderos y sus estructuras de apoyo.

Arquitecto asociado local

Studios Architecture 







arquitectura

