

PROYECTO DE CUBIERTA EN FORMA DE CUPULA CON ESTRUCTURA MIXTA DE MADERA Y TABLERO AGLOMERADO

Por: Juan José Martínez García.
Ingeniero de Montes

El presente proyecto ha obtenido la 1ª Mención honorífica en el «Concurso Nacional de Soluciones constructivas en base a tablero aglomerado en la construcción» convocado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Tablero Aglomerado

Introducción

LA Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros Aglomerados (ANFTA), convocó en noviembre de 1987 un concurso nacional de «Soluciones Técnicas» en los apartados siguientes:

1. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN BASE A TABLERO AGLOMERADO EN LA CONSTRUCCION.
2. SOLUCIONES CON TABLERO AGLOMERADO EN EL DISEÑO DEL MUEBLE.

En el apartado primero se debía exponer mediante proyecto la resolución técnica y original de al menos una de las distintas aplicaciones del tablero aglomerado de madera en la construcción, tales como: cubiertas, soporte de suelos, tabiques, encofrados, prefabricación ligera en general, etc., siendo condición indispensable que pudiera resolverse en la práctica, la solución técnica adoptada.

El tema era de libre elección, encontrándose entre los materiales el tablero aglomerado de madera, en un porcentaje elevado, haciendo constar todas aquellas aportaciones innovadoras, estéticas y económicas que pudieran contribuir a elevar el nivel de calidad del material.

Podrían tomar parte en este concurso todos los profesionales del sector e interesados en la construcción industrializada, así como alumnos de 5º y 6º curso de cualquier ETS de Arquitectura de España.

Descripción de la solución estructural

La forma adoptada como solución estructural es la de una cúpula tronco-cónica, formada por 24 vigas rectas en disposición radial, cuya unión se realiza a un anillo de acero que actúa como clave de bóveda.

El diámetro en la base es de 47.70 m, y la altura desde la base a la clave es de 8.82 m.

Las vigas que componen la estructura resultan de una solución mixta, madera aserrada y tablero aglomerado, denominadas vigas cajón, cuyas almas están formadas por tablero aglomerado y las cabezas por madera aserrada de *Pinus silvestris*, según se indica en las secciones representadas en las figuras 1 y 2. Las cabezas resisten, principalmente, los esfuerzos axiales y momentos flectores, mientras que los tableros del alma deben soportar, fundamentalmente, el esfuerzo cortante.

Con objeto de evitar el pandeo de los tableros del alma, y al mismo tiempo repartir las cargas concentradas fuertes, se colocan, distribuidas a lo largo de la viga, rigidizadores de madera, de sección rectangular, como se indica en las figuras 3 y 4.

Por tanto, los tableros del alma se han proyectado de manera que las tensiones tangenciales bajo las cargas de servicio no excedan de las admisibles.

Dada la mayor influencia del esfuerzo cortante en la proximidad de los apoyos de las vigas, se ha proyectado en dicha zona (de 6'12 m de longitud), una acción como la de la figura 1, es decir, con una alma de tres tableros, mientras que el tramo restante de cada viga tiene una sección como la de la figura 2.

Además, la línea de encolado que enlaza los tableros a las cabezas de madera, debe absorber las tensiones tangenciales que se desarrollan en toda su superficie.

Como la longitud de los listones de madera que forman las cabezas de las vigas de cajón no es suficiente para abarcar las dimensiones de las mismas, estas han de unirse longitudinalmente, mediante un ensamble del tipo finger-joints (unión dentada múltiple), debiendo intercalarse dichos ensambles para que no coincidan dos o más en una misma sección.

Además, como la longitud comercial de los tableros, no es suficiente para la fabricación de estas vigas, se efectúan uniones que deben garantizar la continuidad de los esfuerzos. Dichas uniones se han hecho coincidir en los rigidizadores que se disponen a lo largo del alma de

las vigas, y se han intercalado de manera que no coincidan en una misma sección dos o más de estas uniones.

El arriostramiento de la estructura se realiza mediante correas de madera aserrada de *Pinus silvestris*, que a su vez sirven de sustentación y anclaje del tablero aglomerado que constituye el falso techo y del tablero aglomerado de cubierta que sustenta las tejas asfálticas que cubren la estructura.

Con objeto de que la luz solar pueda penetrar en el interior del espacio cubierto por la estructura, se ha proyectado exteriormente, en la zona de clave, una linterna cubierta con placas onduladas translúcidas.

El proceso seguido para el cálculo de estructuras es el siguiente:

1. Establecimiento de la separación más adecuada entre las correas y del espesor de los tableros de la cubierta.
2. Dimensionado y comprobación de la sección necesaria en las correas.
3. Cálculo del desplazamiento de los nudos y de los esfuerzos en los extremos de cada barra de la cúpula, para distintas hipótesis de carga y sus combinaciones, mediante ordenador.
4. Comprobación de la sección de las vigas.
5. Comprobación de la deformación de las vigas.
6. Cálculo de los rigidizadores del alma de las vigas de cajón.
7. Cálculo de las cubrejuntas de los tableros del alma.
8. Cálculo de los pernos de anclaje.
9. Cálculo de los apoyos de neopreno.

Para abordar el cálculo de los esfuerzos a que está sometida la estructura, esta se ha concebido como estructura espacial, obteniéndose dichos esfuerzos mediante un programa de cálculo por ordenador para estructuras espaciales.

A efectos de cálculo, cada una de las 24 vigas se ha dividido en cuatro partes, con objeto de obtener los esfuerzos y desplazamientos en tres secciones diferentes a lo largo de las vigas, además de en sus extremos.

Materiales empleados

Se ha elegido madera aserrada de *Pinus silvestris* de 2ª clase para las cabezas de las vigas de cajón y para las correas de cubierta.

Los tableros aglomerados que constituyen las almas de las vigas de cajón son ignífugos, de clase M-1 (no inflamables) y de espesor 40 mm.

Los tableros del falso techo son también ignífugos de clase M-1 y de 19 mm, de espesor.

El material aislante está constituido por espumas de poliestireno extruido:

Se ha elegido como material de cubierta las tejas asfálticas (shingles). Para cubrir la linterna, se colocan placas onduladas translúcidas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio.

El acero empleado en el anillo de clave, articulaciones y cartelas es de calidad A-37 b.

Algunos datos relativos a los materiales empleados en la estructura y presupuesto estimado.

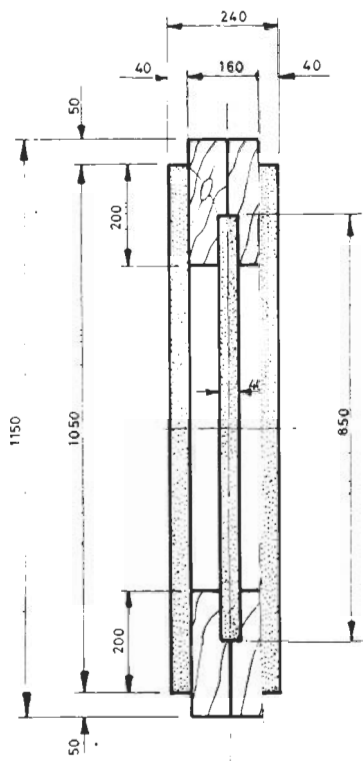
La cúpula consta de las siguientes cantidades de materiales:

- 61 m³ de madera aserrada de *Pinus silvestris* para las cabezas de las vigas de cajón.
- 44 m³ de madera aserrada de *Pinus silvestris* para las correas de cubierta.
- 1.359 m² de tablero aglomerado ignífugo de 40 mm de espesor para el alma de las vigas de cajón.
- 1.886 m² de panel de cubierta compuesto por:
 - Tablero aglomerado ignífugo de 19 mm de espesor para el falso techo.
 - Lámina de oxiasfalto bituminoso y plástico para barrera de vapor.
 - Plancha de poliestireno extruido de 100 mm de espesor.
 - Tablero hidrófugo de 30 mm de espesor para soporte de las tejas asfálticas de cubierta.

Los presupuestos más significativos del proyecto son:

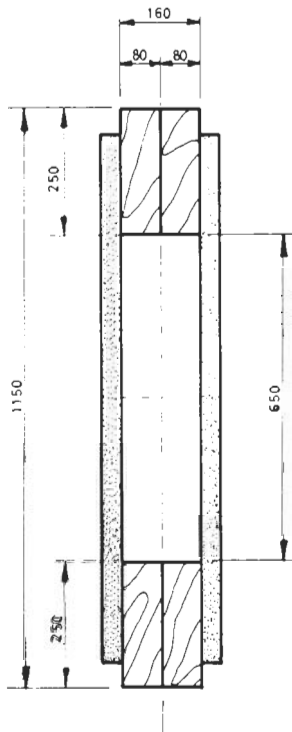
- presupuesto de ejecución de material: 22.424.000 pts.
- presupuesto de contrata: 30.639.000 pts.
- honorarios facultativos: 503.000 pts.
- importe total de la obra: 31.142.000 pts.

Nota: Un ejemplar de este proyecto se encuentra en la biblioteca de AITIM, y otros dos en las cátedras de Cálculo de Estructuras y de Tecnología de la Madera de la ETS de Ingenieros de Montes.



SECCION POR I-I

1 : 10



SECCION POR II-II

1 : 10

