

Entrevista a los arquitectos José Cruz Ovalle y Germán del Sol.

¿Qué soporte industrial tiene la madera laminada en Chile?

Existen en Chile 6 fábricas de madera laminada, 4 en Santiago y 2 en la ciudad de Concepción.

En el Pabellón de Chile intervinieron tres empresas de laminación TRADEMA, TECNOLAM y LAMITEC, que fabricaron todas las piezas laminadas que componen el edificio.

La empresa TRADEMA además desplazó personal a Sevilla para trabajar en el taller de montaje que se formó como apoyo a la construcción misma, que estuvo a cargo de la empresa SABINCO.

¿Cuáles es el origen de su arquitectura en madera?

La arquitectura en madera no llegó a Chile por los españoles si bien cuando éstos llegaron, comenzaron a utilizar el recurso maderero existente, en principio en las estructuras portantes de los muros de adobe, estructuras de cubierta y pilarizaciones, apareciendo así una adaptación de la arquitectura extremeña y andaluza; a partir de la independencia, la arquitectura republicana incorpora la madera a elementos vistos (cornisas, dinteles, perfiles de ventanas, barandillas, ménsulas, etc...)

A partir de 1850 aparece con la inmigración europea, fundamentalmente alemana (que llegó al Sur de Chile) la construcción integral de madera, aprovechando los grandes bosques de maderas nativas, estables e impecables, excelentes para construir. De este modo se extendió esta tendencia a construir en madera de todo Chile.

Actualmente en Chile cualquier persona de escasos recursos, cuando quiere construir algo, lo hace con madera y con no albañilería como sucede en España. Existe un conocimiento popular para realizar cualquier construcción en madera; por ello disponemos de un enorme potencial para carpintería de obra, no para ebanistería como existe

más bien hoy en Europa. Debido a razones económicas y ecológicas, se ha tendido a trabajar con maderas como el pino insigne, que no es una madera nativa, y para suplir sus limitaciones es por lo que se han utilizado técnicas como la preservación industrial con métodos de vacío y presión, la laminación, etc.

No conocemos bien lo que sucede en los países vecinos, pero parece no ser algo relevante.

¿Cómo está estructurada la formación universitaria de la tecnología de la madera en Chile?

Existen varias carreras universitarias en las cuales está considerada como asignatura la tecnología de la madera. Estas son: Ingeniería Civil en Industrias de Madera, Ingeniería Química, Arquitectura, Ingeniería de Ejecución de Industrias de la Madera y además en escuelas industriales para técnicos de grado medio.

Así mismo existen cátedras que van desde el secado de la madera, su anatomía o química, hasta su industrialización, así como la fabricación de contrachapados, tableros de fibras, de partículas, pasando por cátedras sobre ingeniería y cálculo de maderas.

¿Cómo es la relación entre Administración, industriales y técnicos?

Hay buenos nexos a través de agrupaciones gremiales industriales de la madera y los colegios profesionales y las instituciones del Estado, como son el Ministerio de la Vivienda, la Corporación Nacional Forestal, que depende del Ministerio de Agricultura, la Corporación de Fomento al cual pertenece el Instituto Forestal y el Instituto Nacional de Normalización

Cada uno de ellos posee una función específica, por ejemplo la CONAF tiene la tuición sobre el patrimonio forestal del país, el Instituto Forestal, sobre la investigación y el desarrollo de la investigación.

La arquitectura en madera no llegó a Chile por los españoles, si bien cuando éstos llegaron comenzaron a utilizar el recurso maderero existente. En principio, en las estructuras portantes de los muros de adobe, estructuras de cubierta y pilarizaciones, apareciendo así una adaptación de la arquitectura extremeña y andaluza; a partir de la independencia, la arquitectura republicana incorpora la madera a elementos vistos, cornisas, dinteles, perfiles de ventanas, barandillas, ménsulas...

A partir de 1850 aparece con la inmigración europea, fundamentalmente alemana (que llegó al Sur de Chile) la construcción integral de madera, aprovechando los grandes bosques de maderas nativas, estables e impecables, excelentes para construir. De este modo se extendió la tendencia a construir en madera de todo Chile.

Actualmente en Chile cualquier persona de escasos recursos, cuando quiere construir algo, lo hace con madera y con no albañilería como sucede en España.

Existen también instituciones semiprivadas como la Fundación Chile que en lo que se refiere a la madera trabaja en investigación y desarrollo de proyectos de madera, poseyendo también laboratorio de ensayos.

Es normal que las universidades organicen ciclos en los cuales participan profesionales de los diversos institutos, universidades e industrias, con invitados extranjeros de reconocido prestigio mundial.

¿Existe preocupación por los problemas de secado y preservación?

En Chile son bastante habituales los tratamientos de secado artificial en cámaras controladas, gran parte de ellas posee vaporización y secado a alta temperatura. (150°C- 160°C).

Así mismo es corriente la impregnación para la preservación de la madera en autoclave con vacío y presión. Hay en el país más de 50 plantas de impregnación para tratamiento de preservación.

El preservante utilizado en su gran mayoría, son sales complejas hidrosolubles del tipo CCA cobre, cromo, arsénico; no obstante se utilizan también sales CCB cobre, cromo, boro, TIMBOR borax ácido bórico, creosota.

Para la totalidad de la madera del Pabellón de Chile en la EXPO '92, se aplicó el secado artificial y la impregnación en autoclave con vacío y presión con Arsenito y Tetraborato, a fin de no alterar el color natural de la madera. La tecnología para el desarrollo de esta sal existe en Chile desde hace bastante tiempo.

También se impregnó la madera de poco espesor, con retardante de llama, a base de sales de amonio y borax

WPA tipo c según normas AWWA norteamericanas.

El INSTITUTO FORESTAL suscribió un contrato de Asesoría Técnica con la Comisión Nacional Chilena para la Exposición Universal Sevilla 1992, cuyo objetivo fue el de realizar funciones especificadas a continuación, las que a la fecha han sido cumplidas en su totalidad.

1.- Selección de la madera.

Inspección y control de calidad de la madera de *Pinus radiata* D. Don elegido como la única madera para construir el Pabellón, y seleccionada para la fabricación de piezas, de acuerdo a las Normas chilenas y a las especificaciones técnicas redactadas por los facultativos.

2.- Preservación y protección de la madera.

2.1 Estudio de los procesos necesarios para el tratamiento de preservación y protección de la madera contra la acción de los agentes biológicos y físicos que la atacan y deterioran.

2.2 Inspección y control de los tratamientos durante el proceso.

2.3 Control de calidad mediante los correspondientes ensayos de laboratorio, normalizados por Normas chilenas y norteamericanas.

3.- Laminación.

3.1 Inspección y control del proceso de laminación de acuerdo a las Normas chilenas y a las especificaciones técnicas redactadas por los facultativos.

3.2 Control de calidad de los elementos laminados, mediante los correspondientes ensayos de laboratorio.

62

¿Se ha sometido la construcción del Pabellón a algún control de calidad?

- Inalterabilidad de la adherencia en el encolado, tanto en uniones finger-joint como entre láminas.

- Colaboración en el grado de resistencia al fuego. (El tetraborato de zinc utilizado contiene zinc y boro, dos de los elementos más frecuentes en las formulaciones de retardante de llama).

La impregnación con estas sales cuenta con las correspondientes pruebas de laboratorio:

- Permanencia de las sales: ensayo de lixiviación.
- Toxicidad frente a hongos *Polyporus versicolor* y *Lenzites* trabea.
- Ensayo de encolado con resorcinol formaldehído, adhesividad, resistencia a la intemperie e incompatibilidades de diverso tipo.

En el proceso de impregnación se utilizó el método Bethell con vacío inicial de 15 minutos y presión de 200 libras hasta alcanzar la absorción y vacío final para dejar la madera limpia y sin acumulación de sales en su superficie.

Protección de la madera contra agentes atmosféricos.

a) Acción del sol: (en especial las radiaciones ultravioletas).

Aplicación de un compuesto de óxido de titanio y ácidos grasos para actuar como filtro solar.

b) Acción del agua: aplicación de un compuesto hidrorrepelente y preservante de fabricación Norteamericana (*Life Wood*).

7.2 Inspección y control de la impregnación durante el proceso.

- Comparación del grado de humedad de la madera a impregnar (no superior a 30%).

- Toma de muestras de la solución a fin de comprobar en una muestra por carga de autoclave la penetración de la sal y el análisis de retención de sus elementos por espectrofotometría. (De acuerdo a Normas chilenas y Norteamericanas AWWA).

7.3 Control de calidad.

- Prueba de laboratorio; análisis de retención y penetración de la impregnación.

8.- Laminación.

El encolado de la laminación se realizó con resorcinol/formaldehído por cumplir con los siguientes requerimientos:

- Resistencia a la intemperie;

- Termoestabilidad; protección contra el flujo de la estructura por efecto de aumentos de temperatura (altas temperaturas en Sevilla, protección contra un eventual incendio, etc).

- Fraguado en frío. (No hay otro adhesivo de fraguado frío que sea resistente a la intemperie).

Colaboran como retardantes de llama en la madera.

a)

Encolado de todos los elementos laminados - exteriores e interiores, con resorcinol/formaldehído, termoestable.

b) Sobredimensión de todos los elementos estructurales.

c) Impregnación con retardantes de llama de todos los elementos de pequeña sección. Para esto se utilizó la formulación tipo C dada por las Normas Norteamericanas AWWA.

d) Aplicación de retardante in situ, en todos los elementos estructurales secundarios no laminados (arriostramientos y correas) y algunas superficies que se consideran puedan presentar algún grado de riesgo por su situación.

4.- Protección contra el fuego.

4.1 Estudios para comprobación de secciones en todos los elementos estructurales: sobredimensiones.

4.2 Tratamientos de impregnación mediante vacío-presión con retardantes de llamas.

4.3 Inspección y control de calidad.

5.- Emisión de Informes. Certificados y Controles de carga para embarques.

5.1 Redacción de los Informes Técnicos relativos a los puntos anteriores a lo largo de todo el proceso, y envío de los mismos a los facultativos.

5.2 Colocación de timbre del Instituto Forestal en cada plaza que cumplió el control de calidad efectuado.

5.3 Control de Certificación de la carga de los contenedores embarcados.

6.- Descripción de los tratamientos y de su control de calidad.

6.1 Selección de la madera.

De acuerdo a las normas chilenas y demás certificaciones técnicas, se aplicaron los diversos tratamientos a la madera y el correspondiente control de calidad a toda la madera seleccionada para la fabricación de piezas laminadas y la elaboración de piezas no laminadas, previamente a la impregnación y de acuerdo a los siguientes parámetros:

a) Verificación de la especie maderera.

b) Inspección de la madera de acuerdo a las especificaciones de las Normas Chilenas Nch 1970/1 y Nch 992, en todo aquello que se refiere a las características que la clasifican en el grado estructural requerido. (Nudos, médula, madera de reacción, grano inclinado, etc).

c) Control del contenido de humedad de la madera, según Norma chilena Nch, previo a los procesos de impregnación y encolado para laminación y elaboración.

7.- Preservación y Protección de la madera.

7.1 Para la preservación de la madera, después de un estudio de las características de diseño del edificio, uso y destino, y ubicación geográfica, se determinó un tratamiento de impregnación de toda la madera en autoclave mediante vacío y presión con una solución de sal doble compuesta de arsenito y tetraborato de zinc a fin de cumplir los siguientes requisitos:

- Resistencia frente al ataque de hongos (putridión).

- Resistencia frente al ataque de termitas (tanto aéreas como subterráneas, si bien estas últimas no son el caso de este edificio).

¿Qué publicaciones existen en Chile dedicadas a la madera?

Las publicaciones que existen en Chile sobre la madera son:

Bosques; de la Universidad Austral

Ciencia y Tecnología; de la Universidad de Chile

Lignum; de la Fundación Chile

Investigación y Tecnología Forestal; del Instituto Forestal.

Revista de CORMA; de la Corporación de la madera

ONDAC; Revista de la Cámara de la Construcción.

e) Eliminación del uso de barnices o productos de terminación que depositen sustancias inflamables en la madera.

8.1 Inspección del proceso de laminación.

- Comprobación de la "calidad" del adhesivo. (Tiempo y grado de fraguado).

- Longitud mínima de láminas según normas y especificaciones.

- Comprobación espesor de láminas, según normas y especificaciones.

- Verificación de la esbeltez de las secciones. (relación límite 1/13-1/10).

8.2 Control de calidad de los elementos laminados mediante ensayos de laboratorio:

- Medición del adhesivo esparcido: 600 g en las dos caras de adherendos, según instrucciones de los fabricantes.

- Resistencia de la unión encolada mediante ensayo de cizalle por compresión a través del adhesivo, según Norma Ch 2148. Se efectuó una determinación por línea de cola lo que significó más de 5000 ensayos.

Resistencia mínima 68 kg/cm².

- Ciclo de deslaminación (envejecimiento acelerado mediante impregnación a vacío-presión en agua y posterior secado a 60 grados Celsius).

Deslaminación máxima admitida: 5% de las líneas visibles.

9.- Protección contra el fuego.

Para la protección contra el fuego del edificio, se realizó lo siguiente:

a) Impregnación de toda la madera con sales que contienen tetraborato de zinc y aunque en baja concentración.

9.1 Sobredimensiones de los elementos estructurales.

En el análisis de las secciones de cada uno de los elementos estructurales principales laminados, se pudo comprobar, a la vista de las secciones necesarias por cálculo estructural, que estas presentaban sobredimensiones que oscilaban en un 30% y un 120% (se comprobó así mismo que la sobredimensión de las secciones no sólo originaba en la esbeltez de la sección sino también en el aumento del espesor de éstas).

Las sobredimensiones diseñadas contribuyen a que la estructura presente favorables condiciones, ya que es difícil la ignición y propagación de llama en maderas gruesas y la resistencia residual es suficiente para asegurar la estabilidad de la estructura.

Desde el punto de vista técnico, se ha determinado que la combustión de esta madera tiene una velocidad de 1 mm por minuto, pero esta no constituye una relación lineal, ya que tiende a ser asintótica. La capa de carbón formada provoca un paulatino retardo de la combustión, de modo que se produce una estabilización en el avance. En términos prácticos, espesores mayores de 40 mm pueden resistir fuegos por más de 60 minutos sin que la estructura sufra un colapso.

Tres son las razones de sobredimensionar:

a) Las secciones de los elementos estructurales fueron dimensionadas por los arquitectos teniendo en cuenta aspectos de diseños a fin de lograr grandes espesores en las envolventes del edificio y no el hacer aparecer una estructura ligera.

b) La sobredimensión en el espesor de algunos elementos se debió a la necesidad de hacerlo coincidir con el espesor de otra pieza de mayor dimensión, a fin de poder realizar las uniones (viga central, recta y curva del pórtico).

c) En los elementos laminados con secciones de gran esbeltez como sucede en gran parte de la estructura se da el caso de que el espesor del cálculo es muy inferior al espesor necesario por fabricación a fin de garantizar la estabilidad de la pieza. (placas de unión entre pilar y vigas recta y curvas: espesor cálculo = 6 cm, espesor fabricación = 10 cm).

9.2 Tratamientos de impregnación con retardante de llama.

Tratamiento aplicado a la madera de poco espesor como es el caso de los revestimientos machiembreados.

Se realizó impregnación en autoclave a vacío y presión con "Stop Fire" cuya formulación corresponde a retardante tipo C, descritos en la norma de la American Wood Preserver's Association, AWP. Se utilizó el método Bethell como fue ya descrito.

9.3 Inspección y control de calidad.

Se extrajeron 3 muestras por cada carga, analizándolas químicamente de acuerdo a las Normas AWP. Los resultados permitieron comprobar que las retenciones estuvieron sobre los 20 kg por metro cúbico, lo que garantiza un importante grado de retardo de llama para la madera tratada.

9.4 Aplicación de retardante de llama *in situ*.

Para los elementos estructurales secundarios no laminados (arriostamientos y correas), así como de ciertas superficies que puedan presentar algún riesgo, se aplica en obra el producto PYROPLAST-HW, visado por el comité de la seguridad de la EXPO SEVILLA '92.

¿Qué colas se han empleado?

Las colas de unión utilizadas son el 100% de los casos Resorcinol Formaldehído y Resorcinol Fenol Formaldehído.

Estos adhesivos tienen las siguientes características:

- son de fraguado en frío con catalizador.
- son termoestables
- son los únicos que resisten en frío las condiciones de intemperie, así mismo la temperatura y el agua.

