

# Viviendas de entramado ligero en altura

## *COST E5: Nuevos planes europeos de investigación*

MIGUEL ANGEL RODRÍGUEZ-NEVADO  
ARQUITECTO  
KHITARIS

### 1 Trabajos de estructuras en Lund

El Departamento de Ingeniería Estructural de Lund es uno de los centros de investigación europeos más activos dentro del campo de la ingeniería de madera. Así, desde principio de los años 90, las principales aportaciones de estos investigadores, han estado centradas en torno a campos como la potencialidad de los tableros de yeso como arriostramiento frente al viento de entramados, el desarrollo de sistemas CAM para la industria de la madera, la variabilidad y predictibilidad de la capacidad de resistencia a flexión de la madera, aportaciones al diseño probabilístico de estructuras de madera, deformaciones inducidas por la evolución de la humedad o la teoría y medida de las tensiones de crecimiento. Dentro de la amplitud del campo abarcado, son de destacar los avances realizados desde mediados de los años 70 en el campo de las deformaciones remanentes, procesos de fluencia y efectos de mecano-sorción (en general, todos los temas relacionados con el comportamiento reológico del material), englobables dentro de líneas generales de trabajo desarrolladas en otros puntos de Escandinavia (particularmente en el entorno del VTT finlandés). En estos entornos, se han llegado a poner a punto recientemente métodos precisos para la determinación computerizada de la influencia previsible de los efectos reológicos en general, y de mecano-sorción (deformaciones recuperables y no recuperables como consecuencia de la evolución termohigrométrica del medio, sin variación de la carga del elemento estructural estudiado) en particular. De hecho, los resultados más relevantes de algunas de estas investigaciones, han sido incorporados más o menos directamente dentro de los métodos

semiprobabilísticos de comprobación de diseño estructural en madera (en nuestro ámbito, el Eurocódigo 5). Actualmente, esta línea de investigación, se está continuando, intensificando (parece claro que se estima como una de las prioridades de investigación a medio plazo, y de hecho en el Instituto se seguían varios proyectos a largo plazo relacionados), y ramificando: uno de los aspectos más novedosos de las investigaciones en curso, lo constituye el estudio de los efectos de mecano-sorción en direcciones perpendiculares a la fibra. Este tema, hasta la fecha muy poco estudiado, se revela como de apreciable utilidad en un futuro próximo, como herramienta de análisis en el diseño de juntas estructurales. Apunto algunas conclusiones de interés (T.Toratti y S. Svensson, 1997), al objeto de que el lector pueda valorar el potencial de información que el final de estos estudios podrá aportar, en orden a llegar a diseños estructurales más eficaces y precisos:

\* La carga perpendicular a la fibra da lugar a deformaciones mecano-sortivas (en

#### **Tercera reunión del Comité Director del Programa LUND (Suecia), 4 de marzo de 1997**

Como continuación a la reunión habida en Stuttgart en Octubre pasado (ya comentada en anteriores números del Boletín), ha tenido lugar un encuentro de miembros del citado comité en Lund, una de las ciudades de cuño universitario con más larga tradición cultural dentro del área escandinava. Los *anfitriones* locales fueron los miembros del Comité pertenecientes a su vez a la Sección de Ingeniería de Madera del Departamento de Ingeniería Estructural del Instituto de Tecnología de Lund. El programa consistió esquemáticamente en tres apartados:

1. Visita a las investigaciones en curso dentro del departamento.
2. Reunión de trabajo sobre necesidades de investigación en Europa en el campo de las estructuras de madera para viviendas en altura
3. Análisis somero de los resultados de la reunión de Stuttgart, y previsión de próximos encuentros.

ciclos de 200 horas y variaciones de humedad ambiental en el entorno del 60% -descendiendo al 45% y ascendiendo al 90%-) muy elevadas, de *hasta 5 veces* la deformación elástica, siendo aproximadamente un 30% mayor en tracción que en compresión.

\* La fluencia *normal*, es decir, la no mecano-sortiva, es de una magnitud despreciable frente a ésta.

\* Las deformaciones no recuperables son mayores en los ciclos de reducción de la humedad que en los de incremento de la misma.

La representante de Eslovenia, Jelena Sprcic, procedente del Instituto Nacional Esloveno de Construcción e Ingeniería Civil, nos puso al corriente de determinadas investigaciones conexas con el área citada, actualmente en desarrollo en Lubljana.

Otra línea de trabajo interesante es la de la modelización del comportamiento de uniones encoladas por el procedimiento de Elementos Finitos. Se trata de contrastar los sucesivos resultados obtenidos por ensayo de probetas con los obtenidos por modelización parametrizada, con el objeto de determinar los mejores criterios de aplicación del MEF (tipos de elementos apropiados, idoneidad de mallas...) de cara a la predicción del comportamiento de uniones encoladas (en función de tipos de adhesivos, especies, mecanizado...). La obtención de resultados será de utilidad en diversas áreas estructurales, especialmente dentro de la tendencia, muy acusada en los últimos 20 años, hacia el uso del material en forma de *composites*, cuya concepción y caracterización preliminares se verán muy apoyados por procedimientos de computación como los referidos. En general, este grupo de investigadores se ha destacado en los últimos años por las aportaciones realizadas en la implementación del MEF en el diseño estructural con madera, habiendo aportado resultados particularmente interesantes en campos como la predicción de la influencia de rebajos de asiento o perforaciones para instalaciones, en elementos flexionados.

INFORMACIONES MAS COMPLETAS SOBRE SUS ACTIVIDADES, ASI COMO ACCESO A SUS PUBLICACIONES, PUEDEN ENCONTRARSE EN [HTTP://LTHGT.TG.LTH.SE/-BK/TIMBER/LITT\\_T.HTML](http://LTHGT.TG.LTH.SE/-BK/TIMBER/LITT_T.HTML).

## 2 Planes de investigación para Europa

El *punto cardinal* de la reunión, era la mesa de trabajo en torno a las prioridades de investigación que, desde el punto de vista de los diversos países, se estimaban. Esquematizaré los puntos de vista a mi juicio mas significativos (por globalizadores y claros):

### \* Vahik Enjily British Research Establishment (Reino Unido).

Dividió las necesidades de investigación en varias orientaciones, de las que se podrían subrayar los siguientes puntos: Procesos.

Ingeniería de procesos  
Criterios de mantenimiento de edificios  
Procesos de reciclado de viviendas demolidas  
Procesos de erección  
Perfilado de diferencias frente al acero, hormigón o fábrica de ladrillo  
Comportamiento en servicio  
La rigidez lateral y torsional global. El análisis tridimensional del comportamiento en carga.

El colapso desproporcionado. Los movimientos diferenciales entre las estructuras de madera y sus envolventes. La modelización y ensayo del comportamiento de los envolventes de fábrica.

Técnicas de andamiaje  
Incendios. Comportamiento de escaleras y ascensores en incendio generalizado. Estudios de los procesos de evolución del humo para el diseño acertado de compartimentación. Desarrollo del incendio a través de envolventes combustibles. El papel de las cavidades y cámaras en el desarrollo del incendio.  
Técnicas de diseño de envolventes (tendientes a eliminar la necesidad de cámaras de aire). Sistemas de baja infiltración de aire (eficiencia térmica).  
Estabilidad, comportamiento sísmico.  
Acústica y problemas de carácter vibratorio.

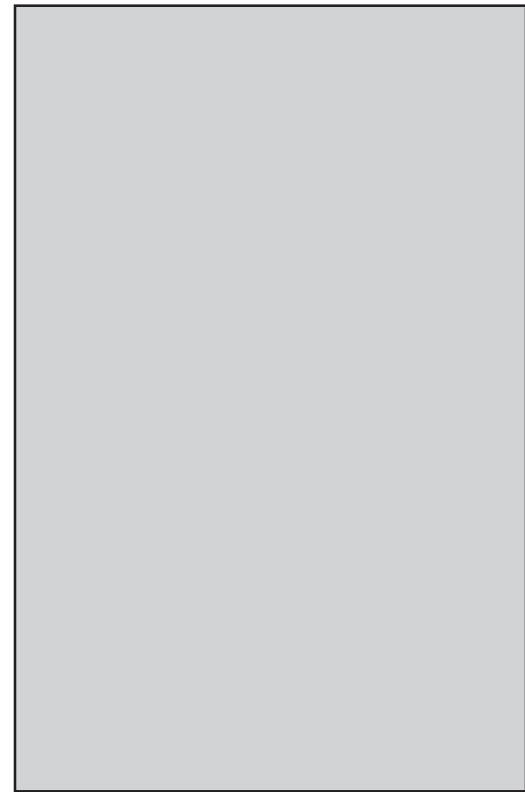
### Innovación

Mejora de métodos de eliminación de esfuerzos de distorsión.  
Uso estructural del vidrio.  
Sistemas innovadores de muros de ático de fábrica y nuevos sistemas de pisos

Sistemas innovadores de instalaciones

### Regulación

Armonización de las Regulaciones de Construcción en Europa.  
Desarrollo de "métodos estándar de me-



dida".

### Motivación

Documentos guía sobre los *productos*.  
Programas formativos para aparejadores, ingenieros, arquitectos, constructores etc.  
Acciones de difusión en el mercado.  
Análisis de costos.

### \* Alpo Ranta-Maunus VTT, Finlandia

Dividió su intervención en tres áreas:

Situación y problemática actuales  
La generalidad de la edificación de una o dos plantas se realiza en madera. Los edificios de madera no se permiten de mayor altura por razón de la normativa de incendios, pero esto cambiará probablemente a lo largo de 1997. Hay algunos proyectos experimentales de vivienda en altura que han despertado gran entusiasmo.

Puntos de discusión recientes han sido:  
- Seguridad ante incendio, sprinklers...  
- Comportamiento acústico, ruido de

## INVESTIGACIÓN

impacto, lavadoras...

- Costes de construcción

La *arquitectura*, de la que parece esperarse (¡incluso en Finlandia, para que vds. vean!) mayores aportaciones a la construcción con madera.

Líneas de investigación futuras señaladas por la industria

Una unificada y "razonable" regulación de incendios.

Líneas maestras de diseño para la estabilidad horizontal.

Adopción de sistemas estructurales estandarizados.

Acústica.

Competitividad a nivel de costos.

Arquitectura.

Evolución de la humedad a través de la

construcción.

Necesidades de investigación que se atenderán previsiblemente

Desarrollo

Pisos (coste, sonido, vibraciones, fuego)

Procesos de menor coste.

Sistemas abiertos estandarizados.

Arquitectura mas atractiva, imagen de alta calidad.

Normativa de incendios mas razonable.

Partes intrcambiables en la vida del edificio.

Investigación

Líneas maestras para el diseño económico de la estabilidad horizontal

Incendio: métodos, criterios, normativa homogeneizada.

Aislamiento acústico.

Durabilidad.

Costes. Estructuras mixtas.

Ecología: argumentación y comparación de materiales.

### \* **Gunnar Stone**

#### **Skanska Constructora de gran escala. Suecia**

De su intervención, esencialmente suscrita a su vez por el representante noruego, de otra empresa análoga, pero de menor escala, destacaría las siguientes observaciones:

Los problemas generados entre las diferentes regulaciones, debieran ser resueltos como prioridad de I+D a nivel europeo.

Debemos profundizar en los procesos de colapso de las estructuras.

Es necesario tender a una definición mas nítida, cara al cliente, de las *responsabilidades*.

A diferencia de los norteamericanos, en general, en Europa estamos construyendo con madera para formas ligadas a la construcción con hormigón. Es necesario tender a la modificación de los hábitos de diseño de arquitectos e ingenieros cuando se enfrentan al diseño estructural con madera.

Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de la atención al detalle, estimándose éste como una de las prioridades de investigación.

### \* **Hilmer Riberholt**

#### **COWI consultants. Dinamarca**

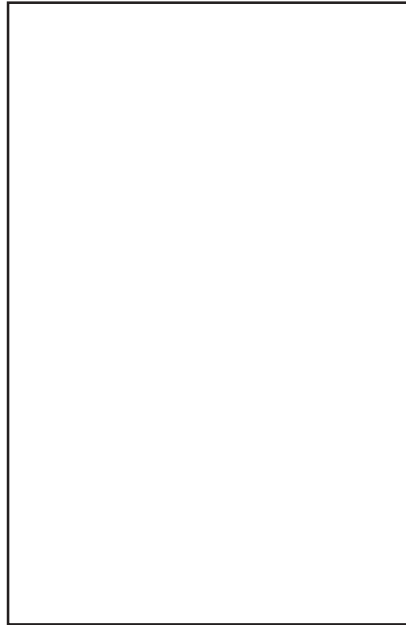
Continuó una línea argumental similar a la de los delegados Noruego y Sueco, pero no por pertenecer a similares entornos tecnológicos y geográficos, sino por el hecho de tratarse también de una persona próxima al mercado; me gustaría resaltar aquí el que uno de los aspectos mas positivos de estas reuniones, es la de la puesta en común de ideas entre agentes mas y menos próximos al usuario final. De su exposición:

Es necesario enfocar la planificación de las investigaciones desde el punto de vista del mercado.

El desarrollo de las regulaciones de incendio (se insiste en temas como la homogeneización de normativas europeas, o la "razonabilidad" de las mismas) es, probablemente, su mayor prioridad.

Otra prioridad que subrayó, fue la de un mayor y continuado diálogo con las autoridades, aprovechando los aspectos mas positivos de regulaciones y experiencias de países del entorno.

Asimismo, Riberholt consideró como una cuestión de entidad el desarrollo de sistemas de ingeniería mas eficientes.



**\* Simon Aicher**

**FMPA-Otto Graff Institut, Alemania**

Aicher fue, con *herr* Merk (directivo de una empresa bávara con interesantes experiencias recientes en el campo de las viviendas de varias plantas), el anfitrión de la anterior reunión, en Stuttgart, ya citada.

En Alemania, la expansión de las viviendas de varias plantas con estructura de madera, parece estar siendo mas bien lenta. Fundamentalmente, esto es debido a un diferencial de costes levemente al alza respecto a la construcción convencional. De hecho, una parte significativa de las iniciativas (por lo demás exitosas) en Bavaria, se han llevado a cabo merced a iniciativas apoyadas por la administración para alojar con rapidez grandes bolsas de inmigración procedentes de la unión reciente con la Alemania Oriental.

En este sentido, desde su punto de vista, el principal enfoque de la investigación futura debiera ir dirigido hacia la drástica reducción de los costes de construcción actuales.

Otro problema con que se encuentran tradicionalmente en Alemania, es el de los elevados costes con que algunas aseguradoras penalizan las estructuras de madera por razones de incendio. Al tratarse de un problema de carencia de información, parece necesario el realizar importantes acciones de difusión informativa.

Igualmente en la línea de las necesidades de difusión informativa, así como en la de los mayores requerimientos de calidad arquitectónica (vamos viendo ya temas recurrentes), apuntaba la conveniencia de mitigar la identificación que, dentro del campo de las viviendas de varias plantas, se está haciendo entre sistemas de madera y mercado barato.

En general, su participación estuvo orientada a enfatizar la necesidad de *acciones de marketing* intensas, al objeto de atajar las deficiencias de información que tiene el mercado (alemán, se entiende; lógicamente, ésta necesidad se multiplica por varios enteros en nuestro entorno).

**\* Wolfgang Winter  
University of Technology Viena.  
Austria**

Formado en la tradición centroeuropea, y heredero del saber hacer y sentido de la innovación de hombres como Julius Natterer (el gran *gurú* del diseño estructural con madera en el último tercio del siglo), antes de presentar sus propuestas de priorización para la investigación futura, hizo una presentación de la actividad del *Institute for Structural Design and Engineered Construction (ITI)*, del que es profesor, en la que me detendré pues pienso que es de elevado interés.

Nació a principios de los noventa como una iniciativa dentro de la Universidad Tecnológica de Viena, destinada a integrar los últimos cursos de arquitectos e ingenieros en el campo del diseño estructural y la construcción con madera. Precisamente en esta integración (que el representante inglés vió tan positiva como compleja), es donde residen los valores "exportables" de la experiencia. En los últimos años, el número de alumnos ha oscilado entre los 1500 y los 2500.

Sus principales actividades de investigación actuales son:

- Criterios de diseño para estructuras portantes.
- Métodos de comparación de materiales y tecnologías.
- Sistemas de diseño asistido por ordenador.
- Métodos de dimensionamiento aproximado.
- Aspectos económicos y ecológicos del uso de la madera en la construcción.
- Normativa
- Edificios de varias plantas.

- Prefabricación.
- La madera como material de revestimiento exterior.
- El enfoque probabilístico del dimensionamiento estructural.

PARA CURIOSAR: [HTTP://WWW.ITI.TUWIEN.AC.AT](http://www.iti.tuwien.ac.at)

Bien, Winter, una vez expuesta la actividad del ITI, resumió con loable concreción, sus puntos de vista sobre las principales necesidades de investigación a corto plazo en el campo de la construcción de viviendas en altura con entramados de madera:

Es fundamental prestar atención a los aspectos energéticos y ecológicos de la construcción.

Debemos encontrar nuevos sistemas de construcción, que den respuesta apropiada a la idiosincrasia europea (no tan miméticos con los desarrollos americanos). Deben buscarse variantes de sistemas de construcción mas ricos y capaces de matices de diseño.

Por último, puso sobre la mesa, (en un inglés tan seco y nítido, que hasta a mi, con mi torpe conocimiento del idioma, me sonaron a *verdad palmaria*) las tres necesidades de investigación que, desde su punto de vista personal y a un plazo inmediato debían ser priorizadas:

- \* Who's who?
- \* Who makes what?
- \* Who pays for what?

Esta terna de cuestiones, recibieron en general un claro acuerdo de la mesa. De hecho, muy especialmente desde entornos como el español, la problemática del acceso y la manipulación de la información en circulación en toda Europa sobre estos puntos, es una de las trabas al desarrollo de acciones eficaces de promoción de la construcción con madera en el territorio. Después de la reunión, pude cambiar impresiones con los delegados portugueses (Sr. Ammorim) e italiano (Sr. Togni), que coincidieron con la *sensación* expuesta.

Es de esperar que, tras la acogida especialmente favorable de las propuestas de Winter, haya un mayor esfuerzo generalizado por facilitar la difusión, por acceder sin costes de gestión

forestal característica del sur europeo. En este sentido, habrían de apuntarse tanto acciones de I+D básicas (tales como el Proyecto Europeo del Eucalipto, o las experiencias de ensayo de LVL de chopo realizadas en Florencia), como elaboración de prototipos basados en tales datos.

Como iniciativas mas inmediatas consecuencia de la reunión, se acordó el intentar dar pasos tendentes a la elaboración de una base de datos de entidades y trabajos significativos en toda Europa, de utilidad como punto de partida para la promoción de la construcción de edificios en altura con estructura de madera.

### 3 Resultados de la reunión de Stuttgart

En la reunión final, se recogieron los aspectos mas importantes del grupo de trabajo, ya referidas, y se pasó revista a algunos aspectos de trámite. Recogo los puntos de mayor interés:

*El programa COST y la madera.* Existen varias acciones COST (encaminadas a financiar intercambios internacionales de investigación, destinados a la coordinación de la misma) relacionadas con la madera. Las mas activas en este momento (existen algunas en revisión), son las destinadas a la Mecánica de la Madera, a la Cadena Completa del Material (los cauces desde el monte al consumidor), y a la Caracterización del Material desde el punto de vista de su utilidad al mercado, además de la COST Action E5 en que nos encontramos.

*El seminario sobre seguridad ante el incendio. Espoo, 2y3-jun-97.* En este enclave finlandés, se celebrará la próxima reunión de coordinación, que coincidirá con un seminario sobre diversos aspectos relativos a los problemas de incendio. Algunos puntos a tratar serán, previsiblemente:

- La aportación de la madera como material estructural al desarrollo del incendio.
- Visiones comparadas de las normativas europeas.
- Experiencias y estudios recientes en Japón en el campo de la seguridad ante incendio de los edificios con entramado de madera.
- Sistemas de evaluación de riesgo
- Exposición de experiencias
- Puntos de vista de la industria de la madera, la construcción, y las brigadas de bomberos.

desproporcionados al *quién es quién, quién hace qué y quién paga por qué*, en el campo de la investigación y desarrollo asociados al area de la construcción de viviendas en altura de varias plantas.

Por mi parte, indiqué a la mesa que, desde el punto de vista español, veía dos prioridades, a añadir a las que ya se habían expuesto:

La conveniencia de incrementar las acciones de difusión en general (y de demostración en particular) de los mas acertados logros del resto de Europa en el tema de que se trataba. Estimo que una de las barreras primarias con la que se encuentra la construcción con madera en España es tan simple como la falta de información sobre lo ya conocido, investigado y puesto en el mercado.

Esto desde el punto de vista de lo *conocido*. Desde el punto de vista de lo *por conocer*, expuse la necesidad que veo de desarrollar tipos de aplicación estructural para viviendas con la producción

*La reunión bianual de Institutos de Investigación sobre la Madera en los países de habla alemana. Graz (Austria), 3y4-nov-97.* Se trata de una reunión que periódicamente se realiza entre tales entidades de investigación. Coincidirá con la cuarta reunión del Comité del COST Action E5, y se plantea, en este sentido, como un acercamiento hacia el conocimiento de las líneas de trabajo que se están siguiendo en el área germanohablante.

*El edificio de ensayos de Cardington (Reino Unido).* Ya se ha hablado en anteriores números de esta iniciativa del BRE, consistente en la construcción de un edificio a escala real de varias plantas, realizado con estructura de madera (me confirmó el Sr. Vajily que preveen su finalización dentro de junio de este año), al objeto de proceder a su ensayo sistemático. La quinta reunión del Comité tendrá lugar allí, en junio de 1998. Por lo tanto, es previsible que se aporte, para entonces, información amplia sobre los resultados de los ensayos realizados.