



# El futuro de la construcción con entramados de madera

El pasado día 29 de septiembre de 2000 se celebró la 12ª reunión del Comité de Gestión de esta acción Cost E5. Era la última y con ellas se clausura la actividad de esta acción que se inició en 1996 y de la que se ha informado regularmente en este boletín. Tuvo lugar en el Instituto Nacional de Arquitectura de Venecia, y como suele ser habitual se celebró un doble seminario precediendo esta reunión, sobre los temas siguientes: El comportamiento sísmico de los entramados de madera y La construcción entramada de madera en el nuevo milenio. De estos seminarios se incluye un resumen en este número.

FRANCISCO ARRIAGA MARTITEGUI

Uno de los trabajos que se expusieron en esta reunión fue el del grupo de trabajo sobre "Seguridad frente al fuego", en el que se recogían de forma comparada las limitaciones y especificaciones de los países participantes en la acción Cost E5, relativas a las legislaciones nacionales en protección contra incendios de la edificación. Este estudio fue presentado dentro de los seminarios por lo que su contenido se resume al tratar del mismo.

El grupo de trabajo sobre "Estructuras semipesadas" anunciaba la inmediata publicación de un manual técnico sobre este tema dirigido principalmente a las soluciones mixtas de madera y hormigón.

Finalmente, se realizó una exposición de los temas posibles que se sugerían para una nueva Acción Cost. No se trata de una continuación del mismo, sino de otras acciones relacionadas con el mismo campo de actuación que han surgido como consecuencia de temas tratados parcialmente en esta acción. Los temas sugeridos fueron los siguientes:

- Seguridad frente al fuego en la construcción con madera, propuesto por Birgitt Ostman. Sus objetivos serían los de intercambiar experiencia en el diseño y seguridad frente al fuego en la edificación con



madera En Europa, incluyendo aspectos como la protección activa y pasiva y la evaluación del riesgo y de la fiabilidad.

Arrancaría con un simposio Europeo sobre el tema, se seleccionaría un pequeño grupo de expertos internacionales para formular un informe sobre el estado actual y las necesidades de investigación; se estudiarían trabajos en marcha de investigación en áreas similares como por ejemplo las estructuras de acero; y finalmente se solicitaría un proyecto Europeo de investigación

sobre un tema concreto.

Entre los resultados esperados se encuentran el incremento de la seguridad en la construcción con madera mediante la aplicación de técnicas modernas en seguridad contra incendios y la mejora de las normativas nacionales.

- "Sistemas constructivos en madera de tipo semi-pesado", propuesto por Ario Ceccotti y Vahik Enjili. Se trata del estudio de las estructuras mixtas de madera y hormigón analizando los problemas de la conexión, cálculo, fabricación,



comportamiento acústico, térmico y frente al fuego. Sus aplicaciones serían tanto en obra nueva como en el refuerzo de estructuras existentes. Aunque existe experiencia en países como Italia, Alemania, Suiza y Holanda, hay escasa información que pueda ser empleada como guía práctica para la industria. Es clara la necesidad de coordinación de la información existente y las nuevas áreas de investigación.

En el fondo se trata de progresar y profundizar en la filosofía del diseño estructural de piezas de gran luz (vigas, forjados, cubiertas) en la misma línea que ya es frecuente en las estructuras mixtas de acero y hormigón.

- "Utilización de la madera en la construcción", propuesto por Touy Toratti. Su objetivo principal es el incremento del uso de la madera en la construcción. Para ello se identificarían los factores críticos por los que la madera no se utiliza en algunos países (normativa y tradiciones); se intercambiaría información de proyectos de investigación y de experiencias prácticas de construcciones prototípicas de madera; además, se trataría de transferir el conocimiento de la construcción con madera y las estrategias de mercado a las regiones con tradición de construcción con fábrica de ladrillo y hormigón.

- "Sistemas constructivos de multicapa en madera", propuesto por Graf y correspondiente a un proyecto de investigación en marcha en Austria. Se trata del estudio de soluciones mixtas de madera y tableros (o en su caso hormigón) formando secciones en "T" o paneles de caras en tensión.

- "Evaluación estructural de estructuras de madera existentes", propuesto por Luca Uzielli. Su objetivo es el estudio de los métodos posibles para la determinación con fiabilidad de la capacidad mecánica de estructuras de madera existentes (incluyendo estructuras antiguas y recientes). En la actualidad la aplicación de las normas vigentes y de los criterios de proyecto de



estructuras dejarían fuera de norma la mayoría de las estructuras antiguas. En principio no es correcto utilizar un mismo criterio para dimensionar una estructura que todavía no existe, que para evaluar una que tiene una existencia larga y sus elementos son concretos y fijos. Alpo Ranta sugería como título de una nueva acción Cost el de Cons-

trucción con productos innovadores compuestos con madera, que podría reunir varios de los temas anteriores. Finalmente, se acordó que un grupo de tres miembros del comité de gestión se reunieran para elegir una de las opciones antes citadas, que será remitida al resto de los miembros del Comité.

## El comportamiento sísmico de las construcciones de madera

FRANCISCO ARRIAGA MARTINEGUI

Las estructuras de madera tienen una historia larga en relación con los efectos de los movimientos sísmicos. El objetivo de este seminario es ofrecer una panorámica de la experiencia en el pasado en países con efectos sísmicos del Centro y Sur de Europa, Japón y Norteamérica. Se describen las diferentes técnicas locales de los países con este problema y los proyectos de investigación que están actualmente en marcha.

### Introducción

ARIO CECCOTTI (UNIVERSITY OF VENICE, ITALY).

La resistencia a los movimientos sísmicos de la madera como material de construcción nunca ha sido considerada como un problema, al contrario de lo que ocurre con los

efectos del fuego y de los ataques bióticos. La utilización de elementos de madera para mejorar la resistencia sísmica de las construcciones de fábrica ha sido constante en todo el mundo: las construcciones



## CONSTRUCCION

mixtas de madera y piedra en las islas griegas constituyen el ejemplo más conocido en Europa. Por otro lado, también los ejemplos de China y Japón con pagodas de hasta 50 m de altura son algo familiar para todos. También el buen comportamiento de las construcciones de madera en Anchorage durante el terremoto de 1964 en Alaska ha sido un punto de referencia: la imagen de la torre de ascensores de un edificio de hormigón armado colapsado al lado de casas de madera intactas ha sido utilizada en conferencias de manera constante.

¿Cuál es entonces el problema? ¿Por qué tanto interés en estudiar la resistencia frente al sismo de las estructuras de madera? El problema es que la madera por sí misma no siempre es "resistente al sismo". El buen comportamiento sísmico de las estructuras de madera se ha atribuido a la elevada resistencia relativa del material. Sin embargo, la madera estructural con sus defectos naturales muestra un indiscutible carácter frágil bajo la acción de ciertas tensiones (flexión, cortante, tracción perpendicular a la fibra, etc).

La ductilidad y la disipación de la energía que puede conseguirse a través de la histéresis en las uniones madera-acero y el rozamiento, permite una plastificación local de tal forma que los efectos del sismo se reducen notablemente. La evaluación de este comportamiento se mide en cierto modo a través del "Factor de Reducción de las Acciones" o "Factor de Comportamiento",  $q$ .

### Comportamiento sísmico de las estructuras de madera en Japón.

MORO YASUMURA (SHIZUOKA UNIVERSITY, JAPAN).

Analiza el comportamiento sísmico de varios edificios antiguos en Japón y expone los tipos de mecanismos para su resistencia en estos edificios. Estos mecanismos son los siguientes: balanceo de pilares,



Terremoto de San Francisco en 1906

uniones semirrígidas, muros de cortante y ménsulas dobles.

### Comportamiento de los sistemas de entramado ligero en Norteamérica frente a los terremotos.

EROL KARACABEYLI (FORINTEK CC. VANCOUVER BC, CANADA)

Analiza los resultados del comportamiento de sistemas entramados ligeros en varios y recientes terremotos Alaska 1964, San Fernando, California 1989, Northridge, California 1994 y Kobe, Japón 1995. La mayoría de las construcciones con entramado de madera han sobrevivido a aceleraciones de 0,6g y superiores sin daños graves.

### La experiencia Griega.

PANOS TOULIATOS (NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY, ATHENS, GREECE).

El movimiento sísmico no es una sensación desagradable en campo abierto, si se compara con un incendio o con una inundación; el problema se encuentra al estar bajo techo. En la primera parte realiza una exposición de los mecanismos que se han utilizado en la antigüedad para sobrevivir al sismo en las construcciones. Su filosofía es resistir sin daños graves mediante dispositivos especiales, reparar los

daños puntuales y esperar el próximo sismo. En la segunda parte describe un sistema de unión con capacidad de disipación de energía utilizado en una obra de madera laminada encolada en Atenas.

### La experiencia Turca.

ZEYNEP AHUNBAY (TECHNICAL UNIVERSITY, ISTANBUL, TURKEY)

Turquía es un país con tradición en la construcción con adobe, y piedra con madera. Desde el terremoto de 1999 la sensibilidad hacia el tema del sismo ha aumentado. El tipo tradicional es mixto, con entramado de madera en las plantas superiores.

### La experiencia de la región de los Balcanes.

KIRIL GRAMATKOV (UNIVERSITY OF SKOPJE, REPUBLIC OF MACEDONIA)

Análisis de la experiencia del pasado en los tipos tradicionales de construcción, exposición de las investigaciones actuales y presentación de las necesidades de investigación en edificación con madera en la región de los Balcanes.

### La experiencia Rumana.

ADRIANA LUCHIAN (INIL BUCHAREST, ROMANIA)

Es un país con más tradición en ladrillo y hormigón, pero con intenciones desde la administración de apoyar la construcción con



## CONSTRUCCION

madera. Presenta el riesgo de sismicidad del país y los resultados de ensayos frente a sismo sobre prototipos en madera.

### La experiencia Eslovena.

JELENA SRPCIC (ZAG, LJUBLJANA, SLOVENIA).

Realiza una exposición de la construcción tradicional en Eslovenia y de los terremotos que se han producido y los grados de sismicidad del país. Incluye una descripción de ensayos de muros entramados de fachada.

### La experiencia de las repúblicas Checa y Eslovaca.

PETER KUKLIK (UNIVERSITY OF PRAGUE, CZECH REPUBLIC).

El riesgo sísmico en este país es bajo salvo en los Alpes, Cárpatos y en la vecindad con Viena. Realiza una exposición de los tipos tradicionales de construcción en la república Checa y Eslovaca.

### La experiencia portuguesa.

PEDRO PONTÍFICE DE SOUSA (LNEC, LISBOA, PORTUGAL).

Consideraciones sobre el diseño antisísmico de las construcciones y interesante exposición sobre el sistema de construcción "Pombalino" en Lisboa. Fue empleado después del terremoto de 1755 para la reconstrucción de barrios de Lisboa. Es una estructura tridimensional de madera con un entramado que era rellenado posteriormente con mampostería.

### La experiencia italiana. Técnicas antisísmicas en Italia: contribución de la madera.

FRANCO LANER (UNIVERSITY OF VENICE, ITALY). TÉCNICAS TRADICIONALES ANTISÍSMICAS EN LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA Y MAMPOSTERÍA EN ITALIA.

### Aplicación del Eurocódigo 5 y 8.

ELEFTHERIA TSAKANIKI (NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY, ATHENS, GREECE). CRÍTICA DE LOS EUROCÓDIGOS DE MADERA Y DE ACCIONES SÍSMICAS TRAS LA EXPERIENCIA EN SU UTILIZACIÓN EN GRECIA.

### Conclusiones y desarrollos en el futuro.

ARIO CECCOTTI (UNIVERSITY OF VENICE, ITALY)

La mayor parte de los comentarios



que se realizaban como conclusiones del seminario estaban orientados hacia la rehabilitación, quizás porque la mayoría de las comunicaciones presentaban las técnicas tradicionales frente al sismo. Uno de los inconvenientes que presenta la madera en países como Grecia es que no existen normas oficiales que permitan la justificación de una solución en madera, como podría ocurrir con otras soluciones en

hormigón, por ejemplo. Por este simple motivo, es más fácil recurrir a otro material aunque no sea la solución idónea.

Las estructuras antiguas no son directamente evaluables con los criterios actuales para el proyecto de una nueva estructura. El material ya es conocido y no tendría sentido emplear los percentiles del proyecto.

## La construcción en madera en el nuevo milenio

El contenido de esta parte del seminario se dedicaba a realizar una exposición de las conclusiones principales de la Acción Cost E5. En primer lugar se efectúa una explicación del estado actual de la madera en la construcción en Europa y de los temas más delicados como la seguridad al fuego, el comportamiento acústico y el desarrollo de los sistemas constructivos para forjados. principalmente los forjados mixtos de madera y hormigón.

Las comunicaciones presentadas fueron las siguientes:

**a incendios en las construcciones de**

**madera. Estado del arte en Europa.**

BIRGIT ÖSTMAN, TRATEK, STOCKHOLM, SWEDEN

Efectúa una introducción al tema del fuego y presenta la diversidad de las limitaciones para la construc-



## CONSTRUCCION

ción con madera en los países europeos. Hay resultados dispares como por ejemplo el número máximo de plantas permitido varía desde 2 en algunos países hasta 8 o más en otros. También incluye una relación de nuevas posibilidades de diseño para la estabilidad y resistencia al fuego.

### **Durabilidad y mantenimiento de edificaciones en madera.**

HILMER RIBERHOLT, COWI CONSULT, DENMARK.

Interesante comunicación sobre la durabilidad y las operaciones de mantenimiento en la construcción con madera basada en el proyecto Casa Nova para una edificación de varias plantas con entramado de madera en Dinamarca. Posteriormente se construirán más viviendas dentro del proyecto. Incluye los temas de estructura interior, cerramiento-revestimiento y ventilación.

### **Comportamiento acústico - un reto para la edificación con madera.**

SIGURD HIKEM, NORWEGIAN BUILDING RESEARCH INSTITUTE, NORWAY.

Esta comunicación se centra en el comportamiento acústico de las soluciones ligeras en madera y principalmente frente a su mayor enemigo como son las bajas frecuencias. El trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación de los países Nórdicos "Multi-storey timber frame buildings". Su conclusión esencial es que es absolutamente posible resolver satisfactoriamente los problemas del aislamiento acústico dentro de los sistemas de construcción ligeros.

### **Desarrollos en estructuras compuestas de madera y hormigón.**

SIMON AICHER, OTTO-GRAF INSTITUTE, UNIVERSITY OF STUTTGART, GERMANY.

Realizó una exposición de los diferentes sistemas para la unión entre madera y hormigón que existen en la actualidad. Entre estos se incluían los tirafondos especiales con doble cabeza dispuestos como conectores por axil; los conectores de tipo placa y tirafondo y el



sistema de Hilti de conector de tirafondo postensionado. Toda esta información será publicada en forma de libro o manual.

### **Modelos para el análisis de estructuras de forjados de madera y hormigón.**

MASSIMO FRAGIACOMO & JOERG SCHAENZLIN, UNIVERSITIES OF TRIESTE, ITALY AND STUTTGART, GERMANY.

Presenta todos los factores que influyen en la conexión entre madera y hormigón, como la fluencia, el efecto de mecanosorción, deformaciones anelásticas debidas a las variaciones ambientales y las propiedades de la madera respecto al contenido de humedad. Plantea dos modelos: uno mediante el método de los elementos finitos y el otro mediante una ecuación diferencial resulta por el método de las diferencias finitas.

### **Líneas actuales de la construcción con madera en Europa Central.**

WOLFGANG WINTER, TU VIENNA.

La construcción de edificios de varias plantas con madera está actualmente en una fase pionera. Durante los últimos 10 años en Alemania, Austria, Suiza y Francia se han construido cerca de 500 edificios de varias plantas con uso residencial, con unos 6.000 viviendas.. Esto representa tan sólo un 5

% de la producción anual. Sin embargo se aprecia claramente un creciente interés en estos sistemas de construcción seca y de recursos renovables. En Europa se utilizan tres soluciones estructurales principales para la edificación en media altura: Entramado de madera, Construcción con madera maciza y de esqueleto.

### **Desarrollos recientes en la construcción con madera en la Región Nórdica.**

GUNNAR STONE, SKANSKA AB.

### **Los resultados del proyecto Timber Frame 2000 en el Reino Unido.**

VAHIK ENJILY, BRE, GARSTON, UK.

### **Una interpretación desde un observador del Sur - creando el camino para el futuro.**

MIGUEL A. RODRÍGUEZ NEVADO, KITHARIS SL, SPAIN.

En primer lugar realiza una presentación de lo que puede ser una zonificación del grado de utilización de la madera en la construcción en Europa. A continuación expone el punto de vista de países como España en los que la construcción en madera no es el sistema tradicional actual y que presenta factores culturales y climáticos muy especiales.