I Jornadas LIGNOMAD

Red para el impulso de la madera y otros materiales lignocelulósicos en el sector de la construcción

Barcelona 20 y 21 de junio de 2016

I Jornadas Lignomad

Libro de resúmenes

LIGNOMAD

Red para el impulso de la madera y otros materiales lignocelulósicos en el sector de la construcción

Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona EPSEB
Universitat Politècnica de Catalunya UPC

Barcelona
20 y 21 de junio de 2016

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona

Gicited

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Red financiada por el inisterio de Economía y Competitividad de España en el marco del programa Acciones de dinamización "Redes de Excelencia"

Libro de resúmenes de las I Jornadas Lignomad

Organizadores: Grupo GICITED
Grupo Interdisciplinar de Ciencia y Tecnología en Edificación
Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona EPSEB
Universitat Politècnica de Catalunya UPC

Ana María Lacasta
Responsable de la red LIGNOMAD

Edición: María Pilar Giraldo Forero

Vida en servicio en función de la durabilidad de la madera contralaminada

Jorge Galván[a], Ignacio Oteiza[a], Enrique Martínez[b], Juan I. Fernández-Golfín[c] Jose J. Anaya[d]
[a] CSIC-IETcc, Spain, C/ Serrano Galvache 4, E28033 Madrid;
[b] ETSA-UPM, Spain, Avda. Juan de Herrera, 4, E28040 Madrid;
[c] INIA-CIFOR, Spain, Ctra de la Coruna km 7.5, E28040 Madrid;
[d] CSIC-ITEFI, Spain, C/ Serrano 144, E28006 Madrid;
j.galvan@csic.es

Palabras clave: construcción, madera, sostenibilidad, eficiencia, durabilidad

En la actualidad, teniendo en cuenta las circunstancias del sector de la construcción, mayormente centrado en la rehabilitacion, y las políticas de sostenibilidad procedentes de Europa basadas en la eficiencia energética y el análisis de ciclo de vida, la madera parece postularse como un material idóneo para la construcción. Debido a los avances en la tecnología del material, hoy día se dispone de productos de construcción derivados de la madera, como el CLT (Cross Laminated Timber), con una capacidad técnica, que hacen que puedan competir con otros materiales de construcción como el acero y el hormigón, y con unas excepcionales credenciales medioambientales debido a la materia prima de la que están compuestos.

De acuerdo con la normativa vigente, el CLT es adecuado para el uso en clase de servicio 1 y 2, pero no en clase de servicio 3. Además, cabe mencionar que este tipo de productos, llamados productos innovadores (DPC), y en particular el CLT, que obtuvo el marcado CE mediante procedimiento CUAP, tienen el problema de la falta de ensayos específicos, al no existir norma armonizada de producto.

Para evaluar la vida en servicio, en relación a la durabilidad del CLT, es necesario el desarrollo de una metodología que se ajuste a las características de este producto. La metodología propuesta tiene como objetivo avanzar en el conocimiento del rendimiento funcional y la durabilidad del CLT, en condiciones de uso exterior (clase de servicio 3) sin contacto con el suelo (fachadas, muros, puentes, etc.). Se pretende analizar la durabilidad del CLT relacionando el "clima del material" (temperatura y contenido de humedad de la madera), con la degradación acumulativa inherente del CLT en cada clima o condiciones específicas de uso.

En principio cualquier tipo de madera es susceptible de convertirse en CLT, debido a su origen centroeuropeo, la facilidad de trabajo y la abundancia en el medio, las coníferas son las principales especies con que se fabrica este producto. Para este estudio se selecciona el abeto (*Picea abies*), por su adecuación al proceso de encolado, y el pino silvestre (*Pinus sylvestris*), por ser la especies más común y comercial, y adecuada para las condiciones de uso exterior, debido a su facilidad para el tratamiento preventivo.

Para estudiar la durabilidad estructural de este material, y con el fin de ver su aplicabilidad en clase de servicio 3, se proponen diferentes tipos de envejecimiento y ensayo, con el fin de realizar un estudio exhaustivo para evaluar su idoneidad al uso. El envejecimiento en la madera, implica la introducción de un gradiente de humedad para crear tensiones internas, esto da como resultado esfuerzos de tracción perpendiculares a las líneas de cola. Este gradiente de humedad se puede conseguir mediante la exposición al exterior (envejecimiento natural) o mediante la aportación de agua en laboratorio (envejecimiento artificial).

Tras los envejecimientos producidos se evaluará la adhesión adecuada de las líneas de cola, mediante la evaluación de la resistencia a tracción perpendicular a las fibras de las muestras, tanto las envejecidas en laboratorio como las envejecidas al exterior.

Con los resultados de los ensayos de tracción, y los obtenidos de la monitorización de las probetas expuestas al exterior, se obtendán patrones de envejecimiento del CLT, y se estudirá su durabilidad y su aplicabilidad en clase de servicio 3.

Referencias

Bourbonnais, R.; Paice, M. G. Oxidation of non-phenolic substrates. An expanded role for laccase in lignin biodegradation. FEBS Lett. 1990, 267, 99.
Bornemann T., Brischke C., Lück JM. Comparative studies on the moisture performance and durability of wooden farcades. IRGWP 2012, 43rd Annual Meeting. Kuala Lumpur. Malaysia.
Van den Bulcke J., Van Acker J., De Smet J. An experimental set-up for real-time continuous moisture measurements of plywood exposed to outdoor climate. Building and Environment, 2009, 44: 2368–2377
Galván J., Oteiza I., Fernández-Golfín J.I., Martínez E. Building with wood, evolution of sustainability in building materials. The case of the CLT. IETcc International Conferences. Madrid, Spain, 2014. Proceedings 114.
McClung R., Ge H., Straube J., Wang J. Hygrothermal performance of cross-laminated timber wall assemblies with built-in moisture: field measurements and simulations. Building and Environment, 71, 2014, 95-110.
Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC OJ L 88 of 4 April 2011
Aparicio S., et al. Performance of a tree routing topology for wireless sensor networks using different platforms. Chapter 4 in Horizons in Computer Science Research, Nova Science Publishers, 2014, Vol 9.
Dyken T., Kepp H. Monitoring the Moisture Content of Timber Bridges. International Conference on Timber Bridges (ITCB 2010).
Galván J., eta al. Methodological approach to the evaluation of the CLT for use in service class 3. Technical Workshop: Designing with bio-based building materials - Challenges and opportunities. Madrid, 2016.

Necesidades para la evaluación e intervención en edificios con estructura de madera afectados por organismos xilófagos

Teresa de Troya[a], Jorge Galván[b], Carlos Villagrá[b]
[a]Dpto. Productos Forestales, CIFOR-INIA, Ctra. Coruña km. 7, 28040-Madrid; [b]Instituto de Ciencias de la Construcción E. Torroja-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), C/ Serrano Galvache 4, 28033-Madrid
troya@inia.es

Palabras clave: protección, madera, xilófagos, termitas subterráneas, casco urbano.

Tradicionalmente en España la construcción se ha centrado en la obra nueva. Sin embargo, las nuevas políticas nacionales van encaminadas a la promoción de la restauración y rehabilitación urbana, debido a la crisis actual del sector inmobiliario, con la intención de seguir las directrices normativas europeas en materia de eficiencia. En este sentido cabe destacar que, al existir cada vez mayor inquietud por conservar nuestro Patrimonio Histórico y utilizar materiales renovables, el mundo de la construcción ha vuelto a tomar contacto con la madera como elemento estructural. No obstante, no hay que olvidar que si la especie de madera elegida no posee una cierta durabilidad natural, es susceptible de ser degradada por organismos xilófagos.

La utilización de madera en obra nueva está resuelta con la normativa específica recogida en el Documento Básico SE-M Estructuras de Madera y el Código Técnico de la Edificación. Por otro lado, la Ley 8/2013, de 26 de junio, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas (1), que trata de analizar el estado en el que se encuentran las edificaciones antiguas, la mayoría con estructura de madera, ha modificado la aplicación de la Inspección Técnica de Edificios (ITE), por el Informe de Evaluación de Edificios (IEE), donde se incluye por primera vez el análisis del estado en el que se encuentra el maderamen de las construcciones en materia de xilófagos, ratificando así los mínimos exigidos en el Real Decreto 233/2013, y consiguiendo parte de la homogeneización necesaria en este ámbito a nivel nacional. Sin embargo, cuando los técnicos van a aplicar tanto las ITE como los IEE, solo cuentan con unas directrices generales de cómo llevar a cabo estas evaluaciones, pero en ningún caso siguen protocolos de actuación específicos para reconocer cada tipo de alteración, que son necesarios en muchos tipos de evaluación (3, 4). Un ejemplo, es el caso de patologías en los materiales de construcción causadas por organismos vivos (5). Por otro lado, si bien en esta ley se establece la obligatoriedad y los plazos referentes al Informe de Evaluación de Edificios, y se unifican los criterios de realización del informe, sigue dejando abiertos ciertos aspectos para su desarrollo por las comunidades autónomas y municipios, así como deja también para el desarrollo de una legislación posterior, la definición de “técnicos competentes” para la realización de los mencionados informes (6).
Por otro lado, es un hecho el desconocimiento de este tipo de daños por parte de los ciudadanos, las autoridades, y los técnicos encargados de llevar a cabo los actuales IEE,

así como la falta de implicación de las administraciones públicas que no son conscientes de la envergadura del mismo. Un ejemplo claro son las termitas que producen uno de los mayores daños en las edificaciones, y que no están consideradas como plaga urbana de obligado tratamiento en temas de salud pública (5). Por ello, se está realizando un protocolo de actuación en cascos urbanos frente al ataque de termitas subterráneas, que permita abordar este problema concreto y que sirva como documento base para el tratamiento de todos los agentes xilófagos. El plan de actuación se divide en cuatro fases consistentes en conocer la situación actual de la plaga, controlarla y establecer las medidas de vigilancia y mantenimiento necesarias para poder detectar apariciones futuras, así como asegurarse los daños en la estructura y seguridad del edificio de las viviendas afectadas.

Los resultados de esta investigación permitirán incidir en tres aspectos fundamentales; la clarificación del IEE, la mejora en la formación de técnicos y el desarrollo de un protocolo de actuación en cascos urbanos para evitar y controlar el desarrollo de organismos xilófagos.

Referencias

(1) BOE. Rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Ley 8/2013 (BOE 153, 27/06/2013), 2013.
(2) BOE. Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. Real Decreto 233/2013 (BOE 86, 10/04/2013), 2013.
(3) Díaz, C. Las lesiones aparentes y la apariencia del riesgo en la inspección de edificios". Actas del 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios. PATORREB 2012 PATOLOGÍA. 5. Inspección Técnica de Edificios (ITE), Santiago de Compostela, Abril 2012.
[4] Monjo, J., Maldonado, L. Manual de inspección técnica de edificios, Munilla Lería Ed., España, 2005.
(5) Gaju, M.; Notario, M.J.; Mora, R.; Alcaide, M.E.; Moreno, T.; Molero, R; Bach, M.C. Termite damage to buildings in the province of Córdoba, Spain. Sociobiology 2002, 40, 1.
[6] Galván, J., Troya, T., Gaju, M., Lorenzo, D, Villagrá, C. Revisión crítica del Informe de Evaluación de Edificios (IEE) en materia de degradación de elementos de madera por organismos xilófagos. Jornadas Internacionales de Investigación en la Construcción, Madrid, Noviembre 2013.

Estudios recientes sobre la evaluación de estructuras existentes de madera realizada por el Grupo de Investigación de Construcción con Madera de la UPM

Francisco Arriaga[a], Miguel Esteban[a], Guillermo Íñiguez-González[a], Ignacio Bobadilla[a] Daniel F. Llana[a]
[a]Universidad Politécnica de Madrid, ETS Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid
francisco.arriaga@upm.es

Palabras clave: estructuras existentes, madera de gran escuadría, peritación, técnicas no destructivas.

Esta comunicación tiene por objeto la exposición de los trabajos de investigación que ha realizado el Grupo de Investigación de Construcción con Madera de la Universidad Politécnica de Madrid en los últimos 10 años en el campo de la evaluación de estructuras existentes de madera.

En este periodo se han terminado, o se están llevando a cabo, los siguientes proyectos de investigación:

- Influencia de algunos defectos en las propiedades mecánicas de la madera de gran escuadría para uso estructural: fendas de secado y defectos de aserrado (BIA 2006 – 14272);
- Técnicas no destructivas para la clasificación estructural de la madera en obra nueva y rehabilitación (BIA2010-18858);
- Influencia de factores físicos y geométricos en la evaluación de estructuras existentes de madera mediante técnicas no destructivas (BIA2014-55089-P), actualmente en desarrollo.

Estos trabajos tenían como origen otras investigaciones anteriores también orientadas a la evaluación de estructuras existentes y en las que se analizaron y aplicaron las técnicas no destructivas para la estimación de las propiedades mecánicas de la madera.

En el primer proyecto se analizaron las particularidades de la madera en gran escuadría como son las fendas de secado y los defectos ligados al proceso de aserrado como son las fendas. Estos defectos están presentes en grado elevado en las piezas de madera de las estructuras antiguas.

En el segundo proyecto se continuó con el estudio de las técnicas no destructivas pero con un enfoque integrador. Se establecía un protocolo para la unificación de los resultados de la aplicación de diversas técnicas no destructivas, con condiciones

diferentes y en especies también variadas. Su objetivo era poder aprovechar los resultados de diferentes trabajos de investigación mediante la unificación a unos parámetros comunes o normalizados. Para ello se consiguió una importante colaboración de otros grupos de investigación en España. En este trabajo se obtuvieron los factores de ajuste por factores como el contenido de humedad, el tamaño de la pieza, o la posición de los sensores en la medición de los tiempos de vuelo de ondas.

Finalmente, el proyecto que actualmente está en desarrollo, tiene por objetivo final la elaboración de un protocolo o guía para la estimación de las propiedades mecánicas de estructuras de madera existentes. Previamente, se analizan algunos temas que todavía no estaban resueltos, o que se pretende mejorar, como pueden ser las estimaciones de la densidad de la madera puesta en obra, los ajustes por contenido de humedad en mediciones de ámbito global (velocidad de ondas) o local (pruebas en superficie) y las correcciones en función de la longitud de medida de los tiempos de vuelo de ondas.

En las etapas futuras del trabajo se redactará la guía de evaluación y se aplicará a unas muestras de madera procedente de derribos para su valoración y crítica. Finalmente, se aplicará la guía de evaluación a varios casos reales de obras existentes.

La bibliografía que se adjunta corresponde a algunos de las publicaciones recientes del Grupo que están directamente relacionadas con esta línea de investigación. Por ese motivo no son citadas en el texto, se encuentran sin numeración y están ordenadas por fecha.

Referencias

Llana, D.F.; Sanabria, S.J.; Íñiguez-González, G.; Arriaga, F.; Niemz, P. (2013). Experimental and numerical investigation of effect of sawn timber dimensions in ultrasonic velocity measurements of Spanish softwoods. 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin, EEUU. Actas del 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-226. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 808 p.

Llana, D.F.; Íñiguez-González, G.; Arriaga, F.; Niemz, P. (2013). Influence of temperature and moisture content in non-destructive values of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin, EEUU. Publicado: Pp. 451 - 458. Actas del 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-226. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 808 p.

Íñiguez-González, G.; Llana, D.F.; Montero, M.J.; Hermoso, E.; Esteban, M.; García de Ceca, J.L.; Bobadilla, I.; Mateo, R.; Arriaga, F. (2013). Preliminary results of a structural timber grading procedure in Spain based on nondestructive techniques. 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin, EEUU. Publicado: Pp. 386 - 395. Actas del 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-226. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 808 p.

Arriaga, F., Montón, J., Segues., E. and Iñiguez-Gonzalez, G. (2014). Determination of the mechanical properties of Radiata pine timber by means of longitudinal and transverse vibration methods. Holzforschung. Vol. 68-3, 299-305.

Llana, D.F., Íñiguez-González, G., Arriaga, F. and Niemz, P. (2014). Influence of temperature and moisture content on non-destructive measurements in scots pine wood. Wood Research, 59(5):2014, 769-780.

Íñiguez-González, G., Montón, J., Arriaga, F., Segués, E. (2015). In-situ assessment of structural timber density using non-destructive and semi-destructive testing. BioResources 10(2), 2256-2265.

Íñiguez-González, G.; Arriaga, F.; Esteban, M.; Llana, D.F. (2015). Reference conditions and modification factors for the standardization of nondestructive variables used in the evaluation of existing timber structures. Construction and Building Materials; Vol.: 101; Pág.: 1166 – 1171.

Arriaga, F.; Llana, D.F.; Martínez, R.; Esteban, M.; Íñiguez-González, G. (2015). The influence of sensor placement on in-situ ultrasound wave velocity measurement. 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Rio de Janeiro, Brasil.

Llana, D.F., Íñiguez-González, G., Arriaga, F., Wang, X. (2016) Time-of-flight adjustment procedure on for acoustic measurements in structural timber. BioResources 11(2), 3303-3317. DOI: 10.15376/biores.11.2.3303-3317.

Evaluación de la madera juvenil en las masas de coníferas españolas y los factores selvícolas que influyen en su formación y en la calidad de la madera.

Eva Hermoso[a], José Manuel Grau[b], Eduardo Rodriguez[a], Antonio Ruano[a], Ricardo Ruíz-Peinado[b], Gregorio Montero[b], Marta Conde[c], Rafael Navarro[c]
[a]Laboratorio de Productos de Madera para la Construcción. CIFOR-INIA, Ctra. La Coruña km. 7,5 28040 Madrid.
[b]Departamento de Selvicultura. CIFOR-INIA, Ctra. La Coruña km. 7,5 28040 Madrid.
[c]Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería Forestal. Córdoba.
hermoso@inia.es

Palabras clave: caracterización, madera juvenil

Es conocido que la trascendencia de la madera juvenil en la calidad de la madera es considerable (1, 2, 3). La densidad y propiedades elastomecánicas son inferiores a la madera adulta y las deformaciones mayores (4), condicionando las posibilidades de su destino y la rentabilidad económica que obtiene el sector industrial (5, 6). La formación y cuantificación de esta madera depende de la especie, siendo patente su desconocimiento en las coníferas españolas.

El proyecto está orientado al estudio de la cuantificación y generación de madera juvenil intra-anillo e intra-pared celular en las masas forestales de coníferas de España (pino radiata, nigra, pinaster y silvestre) y la influencia de las prácticas selvícolas en su formación y en la calidad del producto final.

Al mismo tiempo profundiza en la transición entre madera juvenil y adulta y en el establecimiento de una metodología para su determinación. Este objetivo se justifica por los beneficios generados del conocimiento de la proporción disponible de madera de mejor calidad (7) y aportará a la selvicultura criterios para fijar los mejores turnos de corta de especies de crecimiento rápido.

Adicionalmente se valoran las actuaciones selvícolas que pueden incidir en la formación de madera juvenil, como claras y/o podas, procesos de apertura de masa que generan incrementos en el crecimiento (8, 9).

Finalmente se contempla el estudio de la actividad cambial propia de la especie, como responsable de la generación de la madera juvenil (10).

Para el trabajo se está contando con la información y material disponible de la Red de parcelas del INIA que son necesarios complementar con nuevos muestreos. El análisis se realiza fundamentalmente por microdensitometría de rayos X y microscopía, incorporando observaciones mediante infrarrojo cercano recientemente adquirido en el centro, así como otras metodologías de análisis de imágenes y no destructivas.

Referencias

(1) Alteyrac J.; Cloutier A.;, Ung C-H.; Zhang S.Y. Mechanical properties in relation to selected wood characteristics of black spruce. Wood Fiber Sci 38, 2006, 229–237.
(2) Fernández-Golfín Seco, J.I.; Díez Barra, M.R. Influencia de la anchura del anillo de crecimiento en la densidad y otras propiedades físico-mecánicas de la madera estructural. Revista Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 3(2), 1994, 211-219.
(3) Fernández-Golfín Seco, J.I.; Díez Barra, M.R. Growth rate as a predictor of density and mechanical quality of sawn timber from fast growing species. Holz als Roh-und Werkstoff 54, 1996, 171-174. DOI: 10.1007/s001070050161.
(4) Díez Barra, M.R.; Fernández-Golfín Seco, J.I.; Prieto Hermoso, E. Causas de las deformaciones en madera estructural de Pinus nigra. Rev. de Investigación Agraria 10 (2), 2001, 245-252.
(5) Bendtsen, B.A.; Senft, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. Wood and Fiber Science. 18(1), 1986, 23–38.
(6) Cown D.J.; Walford B.; Kimberley M.O. Cross-grain effect on tensile strength and bending stiffness of Pinus radiata structural lumber. NZ J For Sci 25(2), 1996, 256–262.
(7) Ilic J. Effect of juvenile core on softwood processing: results from recent resource and Wood quality studies. Wood quality 2004—practical tools and new technologies to improve segregation of logs and lumber for processing. Albury, 5–6 August 2004.
(8) Alazard P. Stand density and spacing of Pinus pinaster: consequences for growth and tree quality. Afocel Armef No 2, 1994, 129-144.
(9) Guller, B. The effects of thinning treatments on density, MOE, MOR and maximum crushing strength of Pinus brutia Ten. Wood. Ann. For. Sci. 64, 2007, 467–475.
(10) Rodriguez E.; Ortega M. Tendencias radiales de la densidad y sus components en Pinus nigra Arn. de la Península Ibérica. Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales 15(1), 2006, 120-133.

Caracterización de la madera nueva y antigua

Joaquín Montón[a], Edgar Segues[a], Joan Ramón Rosell[a], Emilio Hormias[a], Marc Tous[a]
[a]Departament de Construccions Arquitectòniques II, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Dr. Marañón 44-50, 08028 Barcelona, España
joaquin.monton@upc.edu

Palabras clave: estructuras existentes, madera antigua, madera nueva, diagnosis, técnicas no destructivas.

Con esta comunicación se pretende explicar los trabajos de investigación que desarrollan, en el campo de la madera usada en estructuras, algunos miembros del grupo GICITED.

El trabajo está orientado a determinar las propiedades mecánicas de la madera estructural mediante técnicas no destructivas que permitan su aplicación posterior en los trabajos de diagnosis de edificios existente. Se trabaja con vigas obtenidas de edificios antiguos y en algunos casos con vigas de madera nueva.

El proceso se organiza de la siguiente manera: en primer lugar se realiza la clasificación visual de la madera de acuerdo a la normativa vigente. A continuación se realiza una serie de ensayos no destructivos como pruebas acústicas; ondas de impacto, ultrasonidos, análisis de vibraciones, ensayos para la determinación indirecta de la densidad de la madera, etc. Por último se realiza el ensayo de flexión hasta la rotura de las vigas, obteniéndose el módulo de elasticidad, la tensión de rotura y la densidad.
Estos valores se comparan con los valores de la norma de clasificación visual pudiendo ver si para una determinada especie se adaptan o no a la misma.

Así mismo estos valores se relacionan con los valores obtenidos de las pruebas no destructivas. Esta última parte es la que realmente interesa más para los trabajos de diagnosis en edificios existentes. Cuanto mayor sea el número de piezas ensayadas mayor será su fiabilidad. Por ese motivo se comparte con otros grupos los resultados obtenidos. Cuanto mayor sea el número de vigas ensayadas, de especies estudiadas, de pruebas no destructivas realizadas y, mayor será la fiabilidad de las predicciones.

Referencias

Montón, J. (2012). Clasificación estructural de la madera de Pinus radiata D. Don procedente de Cataluña mediante métodos no destructivos y su aplicabilidad en la diagnosis estructural. Tesis Doctoral. Universitat Politécnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior D'Arquitectura de Barcelona, Barcelona, España.

Arriaga, F., Montón, J., Segues., E. and Iñiguez-Gonzalez, G. (2014). Determination of the mechanical properties of Radiata pine timber by means of longitudinal and transverse vibration methods. Holzforschung. Vol. 68-3, 299-305.
Íñiguez-González, G., Montón, J., Arriaga, F., Segués, E. (2015). In-situ assessment of structural timber density using non-destructive and semi-destructive testing. BioResources 10(2), 2256-2265.

Estrategias para el modelado de uniones estructurales mecánicas de madera

José Manuel Cabrero[a], Borja Iraola[a], Beatriz Gil[b]
[a]Cátedra Madera, Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras, Universidad de Navarra, 31009 Pamplona (Navarra); [b]Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras, Universidad de Navarra, 31009 Pamplona (Navarra)
jcabrero@unav.es

Palabras clave: uniones estructurales de madera, modelos de elementos finitos

El modelado de estructuras mediante elementos finitos es una técnica muy extendida en el ámbito científico y en la práctica profesional. Permite acometer y simular el comportamiento de estructuras complejas de un modo relativamente sencillo. En esta aportación se describirá la estrategia adoptada por el equipo investigador para el modelado de uniones estructurales de madera. En su estado actual, se incide en el modelado del comportamiento elástico y post-elástico de la madera (1), y en la adecuada simulación del contacto entre los materiales (2). En un futuro se espera poder mejorar los modelos empleados, así como desarrollar un modo de incorporar la variabilidad natural de la madera.

La madera es un material muy complejo desde el punto de vista mecánico. Tiene una marcada direccionalidad, y mecanismos de rotura muy distintos y con órdenes de magnitud muy variables. Precisamente por ello, los programas de elementos finitos comerciales no han desarrollado todavía modelos tridimensionales de material que simulen de modo adecuado su comportamiento. Al igual que nuestro equipo (1), otros investigadores han desarrollado sus propios modelos de material (entre otros, 3, 4). El modelo desarrollado, mediante el empleo de subrutinas, ajusta el comportamiento elástico de la madera, y simula la rotura del material, reproduciendo los dos mecanismos típicos de rotura, frágil (tracción) y dúctil (compresión). Para la determinación de la rotura se emplea el criterio de rotura tridimensional de Hill, que se modifica secuencialmente. Empleado en conjunción con elementos cohesivos, el modelo reproduce la rotura de la unión, y no sólo la rigidez elástica y la carga de rotura, como se muestra en la Figura 1.

Como indican otros autores (3,4), habitualmente, los modelos de elementos finitos sobreestiman la rigidez elástica experimental (3). Este error se debe principalmente al modelado del contacto entre los materiales. Como está ampliamente documentado (5), existe una diferencia de varios órdenes de magnitud entre el área de contacto nominal y la real. Las causas principales son la rugosidad de las superficies reales y la dureza de los materiales. La investigación desarrollada ha permitido verificar la

adecuación del empleo de un modelo de contacto "suavizado", en el que se ajusta una relación entre la presión y la penetración de los materiales en contacto (2).

La estrategia de modelado descrita ha sido validada con diversos ensayos experimentales de uniones estructurales de madera a doble cortante, con chapa interior y pasadores (de 3 a 5, a distintas separaciones) de acero sometida a tracción. Como se muestra en la Figura 1, el modelo de elementos finitos se ajusta no sólo al comportamiento elástico, sino que reproduce también con una aceptable precisión el comportamiento experimental de rotura.

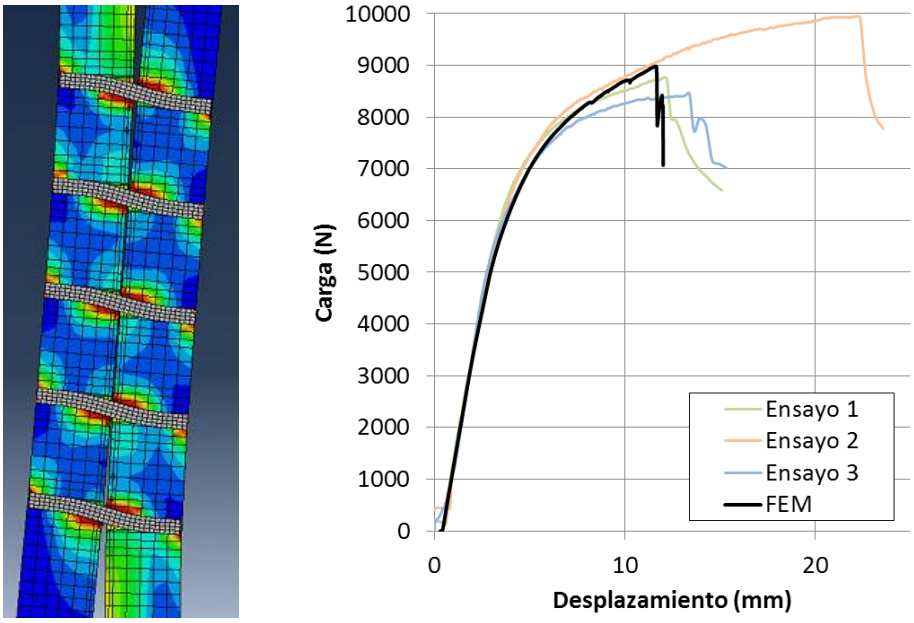


Figura 1. Modelo de elementos finitos (izquierda) y validación del mismo con resultados experimentales (derecha).

Referencias

(1) Iraola, B.; Cabrero, J. M. An algorithm to model wood accounting for different tension and compression elastic and failure behaviors. Engineering Structures **2016**, *117*, 332-343

(2) Iraola, B.; Cabrero, J.M.; Gil, B. Pressure-overclosure law for the simulation of contact in spruce joints. World Conference in Timber Engineering WCTE **2016**, 22-26 agosto 2016. Viena, Austria.

(3) Dorn, M. *Investigations on the Serviceability Limit State of Dowel-Type Timber Connections*. PhD thesis. 2012. Technische Universität Wien (Austria)

(4) Sandhaas, C. *Mechanical behaviour of timber joints with slotted-in steel plates*. PhD thesis. **2012** Technische Universiteit Delft (Países Bajos)

(5) Zhai, C.; Gan, Y.; Hanaor, D.; Proust, G.; Retraint, D. The Role of Surface Structure in Normal Contact Stiffness. Experimental Mechanics 2016, 56, 359-368.

Impregnación de madera maciza con diferentes retardantes de llama

L. Haurie[a*], J. Monton[a], J. García-Zumaquero[a], J. Formosa[b], J.M. Chimenos[b]
[a]Departament de Construccions Arquitectòniques II, Universitat Politècnica de Catalunya, Av.Dr. Marañón 44-50, 08028 Barcelona, Spain.
[b]Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona, Spain
laia.haurie@upc.edu

Palabras clave: retardantes de llama, reacción al fuego, degradación térmica, impregnación

La creciente preocupación por el impacto ambiental de los materiales utilizados en el sector de la construcción, junto con el desarrollo de numerosos productos derivados de la madera son algunos de los factores que han contribuido al aumento del uso de madera en el sector de la edificación. Sin embargo aspectos como el comportamiento al fuego de la madera pueden limitar su uso en algunas aplicaciones. Una de las estrategias para aumentar el comportamiento de la madera en caso de incendio es la incorporación de retardantes de llama mediante impregnación. Las sales de boro y los compuestos de fosfato son algunos de los retardantes de llama más usados para madera y otros materiales lignocelulósicos [1,2]. Los retardantes de llama actúan mediante diferentes mecanismos según su naturaleza química [3], las sales de boro sometidas a temperatura forman una capa vítrea que protege la madera y dificulta el acceso del oxígeno y la salida de gases inflamables. Los retardantes basados en fósforo o combinaciones de compuestos nitrogenados y fosforados actúan promoviendo la carbonización de la madera, y en algunos casos inhibiendo las reacciones radicalarias que tienen lugar en la fase gaseosa.

La dificultad en el uso de estos productos en madera estriba en que en muchos casos presentan solubilidades limitadas en agua y eso dificulta su incorporación a la madera mediante impregnación con vacío de soluciones acuosas. La sal de epsomita, un sulfato de magnesio heptahidratado, presenta una elevada solubilidad en agua (700g/l) y descompone endotérmicamente (1400 J/g) entre 50 y 300 ºC. Creemos que es interesante investigar el potencial de la epsomita como retardante de llama de tipo endotérmico. En este trabajo se presenta la caracterización del comportamiento al fuego de muestras de pino silvestre (PS) y pino laricio (PL) impregnadas utilizando vacío con tres productos retardantes de llama: octaborato disódico tetrahidratado de nombre comercial Solubor® suministrado por Riotinto Minerals, una dispersión acuosa de polifosfato de amonio suministrada por Budenheim con referencia FR CROS 134® y un grado técnico de epsomita. Los equipos utilizados para esta caracterización se muestran en la figura 1.

Figura 1. Equipos utilizados para la caracterización del comportamiento al fuego. De derecha a izquierda: ensayo bunsen, ensayo de goteo, LOI.

La tabla 1 muestra un resumen de los resultados obtenidos con el ensayo de goteo y el LOI. Se puede observar que los tiempos a los que se produce la primera aparición de las llamas ($t_{ignición}$) aumentan con la incorporación de retardantes de llama. De igual forma el valor de LOI también aumenta, lo cual implica una mejora del comportamiento al fuego, al añadir retardantes. El mejor comportamiento en estos dos ensayos caso lo presentan las muestras tratadas con polifosfato de amonio que no llegan a presentar combustión durante los cinco minutos que dura el ensayo y que obtienen un aumento de hasta 60% del LOI.

Tabla 1. Resultados del ensayo de goteo y del LOI

Muestra	% retardante llama	Ensayo de goteo			LOI (%)
		$t_{ignición}$ (s)	Nº igniciones	Duración media llama (s)	
PS	0	21	3	86	20
PS Epsomita	21	26	16	16	32
PS Solubor	27	37	30	5	32
PS FR Cros	33	-	-	-	62
PL	0	28	8	31	20
PL Epsomita	20	37	18	12	29
PL Solubor	22	57	27	5	26
PL FR Cros	30	-	-	-	59

Referencias

(1) D.C.O. Marney, L.J. Russel. lCombined Fire Retardant and Wood Preservative Treatments for Outdoor Wood Applications - A Review of the Literature. Fire Technology 44 (2008) 1–14.

(2) J. Jiang, J. Li, J. Hu, D. Fan, Effect of nitrogen phosphorus flame retardants on thermal degradation of wood. Construction and Building Materials 24 (2010) 2633–2637.

(3) Lowden L.A., Hull R. 2013. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. Fire Science Reviews, 2:4, 1-19

WOODSONICS: un sistema eficiente en coste para la clasificación resistente automatizada de la madera aserrada

Jordi Gené Sera[a], Eduard Correal Mòdol[a], Marcel Vilches Casals[a],
[a]Centre Tecnològic Forestal de Catalunya – Institut Català de la Fusta, Carretera de Sant Llorenç km 2, Solsona.
eduard.correal@incafust.cat

Palabras clave: madera serrada, clasificación resistente, rodillo transductor sónico, ultrasonidos, aserradero

La industria de los aserraderos de la UE-27 se compone de alrededor de 35.000 aserraderos, sin embargo, se utilizan en la actualidad menos de 300 unidades de maquinaria de clasificación resistente debido al alto costo de los sistemas de clasificación automatizada que los hace asequibles sólo a los grandes aserraderos.

El uso de la madera estructural en la construcción es omnipresente especialmente en el norte y centro de Europa. La madera es un material valorado por su resistencia, sostenibilidad y cualidades estéticas. Sin embargo, las mismas propiedades que hacen que el material a base de madera tan atractivo también hacen que sea muy difícil de procesar. Los factores ambientales, las pudriciones, los daños por insectos, las fendas y los nudos pueden afectar negativamente a la calidad y la resistencia de la madera.

La normativa de caracterización resistente junto a la enorme cantidad de madera que gestiona un aserradero y la gran variedad de singularidades existentes en la madera, hace necesario la incorporación de maquinaria de clasificación resistente que tenga un coste adaptado a las necesidades de las pequeñas y medianas empresas. Las ventajas serian diversas:

1. Mayor rapidez y precisión de clasificación de la madera.
2. Posibilidad de localizar y sanear las singularidades de la madera de forma automatizada para poder comercializar la madera a un mayor precio.
3. Separar automáticamente la madera según su calidad: alto valor estético, usos estructurales, carpintería de calidad, embalaje y rechazo destinado a trituración o bioenergía.
4. Introducir nuevas especies en sus líneas de producción.

WOODSONICS desarrolló una máquina de clasificación en línea equipada con un transductor ultrasónico montado en un rodillo. El objetivo era detectar, identificar y localizar singularidades específicas a lo largo de la longitud de la tarjeta de la madera aserrada. La mayor novedad del equipo es la toma de datos transversal y no en sentido longitudinal como en el resto de tecnologías existentes. WOODSONICS fue diseñado para ser instalado en línea para no interrumpir el proceso productivo. El proyecto se validó utilizando picea común (*Picea abies*) y roble albar (*Quercus petraea*).

WOODSONICS fue un proyecto financiado por el Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea (FP7) en el programa "Investigación en beneficio de las PYME". El proyecto tenía una duración prevista de 24 meses, se inició en enero de 2013 y finalizó marzo de 2015 dos meses más tarde de lo previsto debido a la complejidad del desarrollo tecnológico. El presupuesto asignado por Bruselas fue de 1,1 millones de euros y fue repartido entre ocho integrantes del consorcio WOODSONICS.

- **ATEKNEA SOLUTIONS - Coordinador del Proyecto - www.ateknea.com:** Ateknea Soluciones (España) reúne a cuatro empresas de investigación e innovación que operan a nivel europeo por más de 15 años. Ateknea tiene como objetivo ayudar a las PYME europeas en la transformación de sus ideas innovadoras en productos comerciales y servicios reales que son cruciales para su éxito.
- **BSW TIMBER GROUP – www.bsw.co.uk:** BSW Timber es el mayor grupo de aserraderos en el Reino unido con seis factorías en las Islas Britànicas y uno en Letonia.
- **MiCROTEC S.R.L. – www.microtec.eu:** Fundada en Italia en 1980, Microtec es una empresa de alta tecnología especializada en la caracterización biométrica de la madera y su clasificación según su calidad.
- **ALBA ULTRASOUND LIMITED – www.albaultrasound.co.uk:** Fundada en 2001 en Escocia está especializada en la fabricación de transductores ultrasónicos a medida. Actualmente Alba emplea a 45 personas y su principal mercado está en los sonares para submarino y la evaluación no destructiva por ultrasonidos y control de procesos.
- **MANIPULACIONS DE FUSTA S.L. – www.manipulacionsdefusta.com:** Fundada en 1996 en España es un aserradero especializado en la producción de envases, estructuras de madera y carpintería utilizando especies de madera mediterráneas.
- **INSTITUT CATALÀ DE LA FUSTA – www.incafust.org:** Fundado en 2006 (España), INCAFUST es un centro de investigación especializado en la tecnología de la madera. Su objetivo es la promoción y reconocimiento del material, especialmente para su uso en la construcción.
- **UNIVERSITY OF STRATHCLYDE – www.strath.ac.uk/eee/research/cue:** El Centro de Ingeniería ultrasónico (CUE) de la Universidad escocesa de Strathclyde está especializado en la evaluación no destructiva, sonares subacuáticos, ultrasonidos para procesos industriales e imágenes biomédicas. CUE es especialista en bioacústica, robótica, automatización, diseño 2D, ultrasonidos acoplados por aire, transductores de banda ancha, procesamiento avanzado de señales, visualización 3D, monitorización y mapeao de ultrasonidos y diseño de reactores de alta potencia.
- **TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN – www.tum.de:** Esta universidad alemana es una de las mejores universidades de Europa destacando por su excelencia y nivel de sus investigaciones. La universidad también tiene fuertes vínculos con empresas e instituciones científicas de todo el mundo.

Referencias

(1) AENOR. UNE-EN 14081-1:2006+A1:2011. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales. 2011
(2) AENOR. UNE-EN 14081-2:2010+A1:2013. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 2: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para el ensayo inicial de tipo. 2013
(3) Microtec. Innovating Wood. http://microtec.eu/
(4) Woodsonics. FP7-SME-2012-315351. http://www.woodsonics.eu/

Primeras conclusiones del proyecto BIA2013-42434R sobre degradación de la madera al exterior fuera de contacto con el suelo: Efecto del clima y de la especie

Fernández-Golfin Seco, J.I.[a], Conde Garcia, M.[a], Diez Barra, MR.[a], Conde Garcia, M.[b], Acuña Rello, L.[c]
[a]INIA-CIFOR; Ctra de la Coruña km 7,5 28040 Madrid, [b]Universidad de Córdoba; Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes Campus de Rabanales, Ctra. N. IV, km 396, 14080 Córdoba, [c]Universidad de Valladolid (Campus Palencia); E.T.S. de Ingenierías Agrarias Av. de Madrid, 57, 34004 Palencia
golfin@inia.es

Palabras clave: durabilidad paramétrica, clima de madera

Como parte de la ejecución del Proyecto del Plan estatal BIA-42434R sobre *Evaluación del comportamiento funcional de la madera en condiciones de uso exterior fuera del contacto con el suelo* siete dispositivos experimentales conteniendo siete piezas de madera aserrada de dimensiones 750x100x20 mm^3 pertenecientes a siete especies distintas (pinos silvestre, radiata y laricio; castaño europeo, eucalipto, pino radiata termotratado y picea) fueron expuestos a condiciones de exterior sin protección en siete localidades distintas (Llames, Palencia, Valencia, Madrid, Cordoba, Huelva, Vitoria). La evolucion de la temperatura y contenido de humedad de la madera fueron monitorizados cada hora haciendo uso de dispositivos Thermofox+Gigamodule de Scanntronik. Como sensores se emplearon tornillos de acero inoxidable introducidos desde la cara inferior hasta el centro de las piezas (10 mm) si bien recubiertos en sus 7 primeros mm de teflón para evitar la medida de la humedad superficial.

Hasta el momento el dispositivo más longevo (Madrid) acumula datos de "*clima de madera*" (T y MC) correspondientes a 18 meses y el menos longevo (Huelva) a 13 meses. El posicionamiento de las distintas probetas de madera y el procedimiento de medida del MC y la temperatura (Figura 1) fueron los mismos que los propuestos por la acción COST Action FP 1303. Todas las piezas de madera presentaban un tipo de corte próximo al tangencial siendo dispuestas en los dispositivos con la medula hacia arriba para redcir el efecto de las fendas.

Los resultados de las medidas efectuadas en los distintos dispositivos durante el primer año fueron comparadas entre sí, poniendo de manifiesto un claro efecto del tipo de aserrado en la velocidad de ganancia y pérdida de humedad. Se observó una clara diferencia en el comportamiento de las muestras de los pinos radiata y silvestre en dos localidades (Llames y Vitoria), que sólo pueden ser atribuidas al diferente tipo de corte (próximo al radial, con anillos a 45º respecto de la cara superior) que las muestras de pino radiata presentaban en dichas localidades.

Fig 1. Dispositivo experimental con detalle del sistema de monitorización

Los resultados obtenidos también ponen claramente de manifiesto no sólo la influencia de la especie de madera sino, también, de la presencia de fendas. La aparición de las fendas, efecto muy dependiente de las variables especie y clima, implica un cambio importante en el comportamiento de la madera en lo que hace referencia a la velocidad de incremento o disminución de MC por acción del agua de lluvia. Los resultados ponen de manifiesto que las especies más fendables presentan una evolución muy distinta con y sin fendas, lo que hace que una misma especie se comporte como dos materiales distintos frente al agua en función de esta variable. Otro tanto ocurre con la madera de pino radiata termotratada (PRMMT) que presenta un comportamiento muy variable siendo perfecto en las estaciones del norte (Llames y Vitoria) pero con fuertes agrietamientos en el centro y sur (Palencia, Madrid, Cordoba y Huelva).

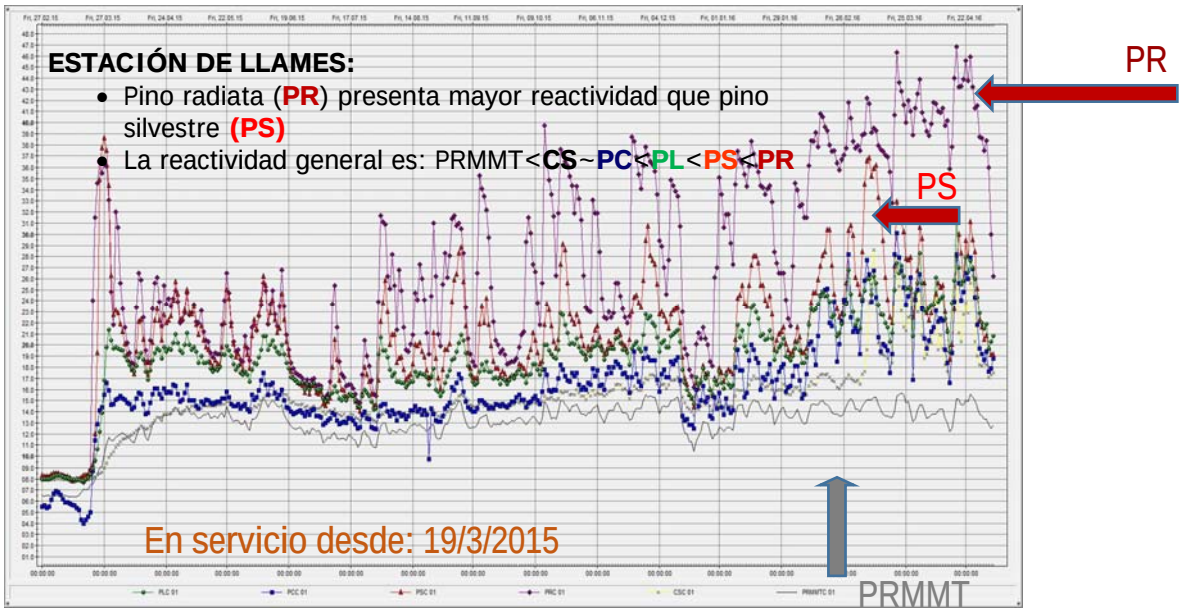


Figura 2. Ejemplo de evolución de MC en estación de Llames (Asturias)

Desarrollo de un material para aislamiento térmico en base a cáscaras de cacahuete

J.M. Carranco[a] , M. Palumbo[a], A.M. Lacasta[a]A. Faus[b],
[a]Escola Politècnica Superior de l'Edificació de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
[b] Asociación Fundación Laafi España, Barcelona

Este trabajo de investigación nace de un proyecto de cooperación entre la UPC y la ONG Laafi España para la mejora de las condiciones de habitabilidad de viviendas en Burkina Faso. Burkina Faso se localiza en el corazón del contiente africano. Sus condiciones climáticas son bastante adversas, considerando que es un país sin salida al mar, y donde la temperatura promedio en la época seca, es de aproximadamente 40°C. El 75% de la población del país se ubica en zonas rurales, pero existe un gran flujo migratorio del campo a la Ciudad, generando un gran proceso de crecimiento urbano. La construcción de las nuevas viviendas urbanas se realiza mayoritariamente con paredes de bloques de cemento y cubiertas de chapa metálica [1-2]. Consecuencia de este tipo de construcción, las viviendas carecen de condiciones adecuadas de confort térmico, y por ende, de habitabilidad.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un material aislante térmico local y de bajo impacto ambiental, que pueda contribuir a la mejora de las condiciones habitacionales en estos sectores poco atendidos de Burkina Faso, elaborado a partir de los recursos locales disponibles. En particular, hemos utilizado cascara de cacahuete, por ser un material abundante y del cual ya existen investigaciones previas en cuanto a su uso en edificación [3-4]. Se ha trabajado en el desarrollo y selección inicial de formulaciones con el objetivo de obtener un panel rígido y ligero a base de cascara de cacahuete. Para ellos ser realizaron varias probetas de 8 x 8 x 2 cm, modificando el tamaño de partícula, el tipo de aglutinante (cola de pez, cola de huesos, cal o tierra) y la proporción entre la cascara de cacahuete y el aglutinante.

Después de probar con diversas dosificaciones de material en seco y de aglutinante, se procede a medir la conductividad térmica y analizar la cohesión de las mismas. Los resultados para las probetas realizadas con una proporción 70/30, (cascara de cacahuete/aglutinante, peso seco) tienen buena cohesión y la conductividad térmica (λ) inferior, con valores entre 0.064 W/(K·m) y 0.070 W/(K·m). Estos valores se aproximan a los presentados en productos aislantes térmicos que se pueden encontrar en el mercado.

El proceso de investigación continúa. Por un lado, se estudiará el comportamiento térmico dinámico de los materiales sometidos a condiciones variables de humedad de temperatura ambientes [5]. Por otro lado, en base a los resultados obtenidos, se analizará la posible mejora de las condiciones de habitabilidad, mediante simulación energética de un edificio tipo.

Bibliografía

[1] B. Kéré. “Architecture Et Cultures Constructives Du Burkina Faso”. Grenoble, Francia, 1991.

[2]Bourdier, Jean Paul. Houses of Upper Volta. In Mimar 4: Architecture in Development, edited by Hasan-Uddin Khan. Singapore: Concept Media Ltd., 1982.

[3] L. Batalla, A. J. Nuñez, N. E. Marcovich., “Particleboards from Peanut-Shell Flour”. Mar del Plata, Argentina, 2004

[4] M. Gatani, R. Argüello, S. Sesín, “Effect of chemical treatments on the mechanical properties of peanutshell and cement blends”. Córdoba, Argentina, 2008.

[5] Palumbo M., Tesis Doctoral: “Contribution to the development of new bio-based thermal insulation materials made from vegetal pith and natural binders: hygrothermal performance, fire reaction and mould growth resistance”. Barcelona, España, 2015.

Diseño y caracterización de vigas dúo reforzadas

Basterra L.A[a], Acuña L.[b], Balmori J°., López G.[a], Díez R.[c], Hermoso E.[c], Ramón G.[a], Casado M.[a]
[a]Escuela de Arquitectura. Universidad de Valladolid, Avda. Salamanca s/n.47014 Valladolid;
[b]Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Avd. Madrid 44. 34071 Palencia.
[c] Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, Crta. La Coruña 7,5 Km 28040 Madrid
milac@iaf.uva.es

Palabras clave: estructuras de madera, vigas dúo, vigas trío, fibras, vigas reforzadas

Se presentan los resultados más destacables de un proyecto de investigación sobre el desarrollo de un método para la fabricación de vigas de madera reforzadas, y la caracterización de estas vigas de madera reforzada.

El nuevo diseño de los elementos estructurales se basa en la técnica ya conocida de las vigas DÚO y TRÍO, pero añadiendo entre las piezas que las forman una o dos láminas de refuerzo que podrán ser de diversos materiales: metálicos, plásticos, sintéticos, fibras de diverso tipo, etc. La citada lámina de refuerzo puede tener el mismo canto que la viga o ser menor.

El método de fabricación es sencillo y puede ser implementado fácilmente en los procesos de producción usuales, aportando incrementos notables en el módulo de elasticidad, mejorando la ductilidad, y alejando la posibilidad de una rotura con cargas menores que las teóricamente previstas, causada por un nudo u otra anomalía local en las vigas. Esto último tiene un efecto directo en la dispersión de resultados, incrementando el valor característico del módulo de rotura. Además, al estar la lámina de refuerzo encolada entre las piezas a unir, se señalan dos notables ventajas: el refuerzo queda protegido de la elevación de temperatura en caso de incendio accidental; y la apariencia estética de la madera permanece sin alterar.

La invención es compatible con la práctica totalidad de uniones y medios de unión existentes en el mercado.

Referencias

(1) Acuña, L.; Basterra, L. A.; Casado, Ma M.; et al.(2011). Application of resistograph to obtain the density and to differentiate wood species. Materiales de Construcción Volume: 61 Issue: 303 Pages: 451-464
(2) Ahvenainen, J.; García Barbero, M. Uso estructural de vigas DÚO y TRÍO. Vigas de madera compuestas por dos o tres piezas: una alternativa ideal para estructuras ligeras de alta exigencia estética. Informes de la Construcción, Vol. 59, Nº 506 (2007). ISSN: 0020-0883. pp. 117-121.
(3) Baonza, M.V., Gutiérrez, A. (2001) Yield and quality of several poplar clones veneer at different stem heights. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 11 (2), 2002

(4) Brancheriau, L., Bailleres, H. (2006) Use of the partial least squares method with acoustic vibration spectra as a new grading technique for structural timber. Holzforschung 57(6), 644-652.
(5) Brancheriau, L. (2006) Influence of cross section dimensions on Timoshenko´ shear factor. Application to wooden beams in free flexural vibration. Ann. Forest Sci. 63, 319-321. DOI: 10.1051/forest:2006011
(6) Bucur, V. (1984) Relationship between grain angle of wood specimens and ultrasonic velocity. CAS Journal, 41:30-35.
(7) Casado, M., Acuña, L., Vecilla, D., Basterra, A., Relea, E., Lopez, G., Ramón, G. (2009) Técnicas vibratorias aplicadas a madera estructural de Populus x euramericana. Actas del V Congreso Forestal Español. Ávila. ISBN. 987-84-936854-6-1. Ref.: 5CFE01-608. 14.
(8) Casado, Milagros; Acuña, Luis; Basterra, Luis-Alfonso; et al (2012). Grading of structural timber of Populus x euramericana clone I-214. Holzforschung Volume: 66 Issue: 5 Pages: 633-638
(9) Castro, G., Paganini, F. (2003) Mixed glued laminated timber of poplar and Eucaliptus grandis clones. Holz Roh Werkst. 61: n. 4:291-298.
(10) Casado, M.; Acuña, L.; Vecilla, D.: Relea, E.; Basterra, L.A.; López, G. Ramón-Cueto, G. The influence of size in predicting the elastic modulus of Populus x euramerinaca timber using vibration techniques. Structures and Architecture Procedings of the 1st Internacional Conference on Structures and Architecture. ISCA 2010- (Ed) Taylor & Francis Group, London. ISBN: 978-0-415-49249-2. (CL) pp: 2086- 2093.
(11) Castro, G., Zanuttini, R. (2004) Multilaminar wood: Manufacturing process and main physical-mechanical properties. Forest Prod. J. 54 (2):61-67.
(12) Castro, G., Fragnelli, G. (2008) New technologies and alternative uses for poplar wood. Bol. Inf. CIDEU, 2:27-36.
(13) Conde, M.; Fernández Golfín, J.I., Prieto, E. (2007) Mejora de la predicción de la resistencia y rigidez de la madera estructural con el método de ultrasonidos combinado con parámetros de clasificación visual. Mater. Construcc. (57) 288:49-59.
(14) Divos, F., Tanaka, T. (2000) Effect of creep on modulus of elasticity determination of wood. J. Vib. Acoust. 122 (1):89-92.
(15) Dyk, H. van and Rice, R. W. (2005) An assessment of the feasibility of ultrasound as a defect detector in lumber. Holzforschung 59(2005)441-445.
(16) EN 338 (2009) Structural timber. Strength classes.
(17) EN 384 (2004) Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.
(18) EN 408 (2004) Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties.
(19) Hernández, R.E., Koubaa, A., Beaudoin, M., Fortin, Y. (1998) Selected mechanical properties of Fast-growing poplar hybrid clones. Wood and Fiber Science 30 (2):138-147.
(20) Karsulovic, J.T., León, L.A., Gaete, L. (2000) Ultrasonic detection of knots and annual ring orientation in Pinus radiata lumber. Wood Fiber Science, 32 (3):278-286.
(21) Knuffel, W.E., (1988) Acoustic Emission as Strength Predictor in Structural Timber. Holzforschung 42(1988)195-198
(22) Lebedys A., Kollert W. (2010) Recursos y Mercados de Álamo desde la perspectiva Europea. Primer encuentro de populicultores de Europa. Valladolid, España.
(23) M.A.P.A (2008) Statistics from the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Governmen of Spain.
http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/chopo/cortas.htmhttp://www.mapa.es/es/agricultura/pags/chopo/cortas.htm.

La totora como material de aislamiento térmico: propiedades y potencialidades.

L. Aza[a], M. Palumbo[b], AM. Lacasta[b], J. Avellaneda[a]
[a]Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallés, Universidad Politécnica de Catalunya, España, c/ Pere Serra 1-15 08173 Sant Cugat del Vallès.
[b]Escuela Politécnica de Edificación, Universidad Politécnica de Catalunya, España. Av. Doctor Marañón 44 08028 Barcelona.
Email: leyda_aza@yahoo.com

Palabras clave: aislamiento térmico, materiales naturales, confort térmico, conductividad térmica, resistencia a flexión, recursos naturales, totora, SchoenoplectusTatora.

Una parte importante del impacto ambiental generado por las actividades humanas se debe a la extracción y uso de materiales para la construcción [1]; frente a este problema existe la necesidad de desarrollar nuevas alternativas y se experimenta un cambio hacia la construcción sostenible; el empleo de materiales de origen natural es una oportunidad para reducir significativamente los efectos negativos de la fabricación de los materiales, en particular de los productos derivados del petróleo, como son las emisiones de efecto invernadero (Co_2), el consumo de energía, y la liberación de tóxicos al medio, entre otros [2].

Mediante el presente proyecto se busca desarrollar un nuevo aislante térmico de origen vegetal a partir de la totora (Schoenoplectustatora), planta acuática con presencia en el Lago Titicaca. Para ello se ha analizado su comportamiento térmico y se han hecho diversos ensayos que han permitido conocer sus características y las potencialidades de su uso en edificación.

Se han elaborado paneles con dos procesos distintos, usando las cañas enteras y la fibra de las cañas trituradas, los valores obtenidos de las pruebas de conductividad térmica han sido entre (λ): 0,046 a 0,058 W/mK) lo que pone en evidencia su potencial aislante. Además, el material presenta otras ventajas: la materia prima usada es de fácil renovación y los medios necesarios para su fabricación son de origen natural. Todo ello indica que este aislante puede ser una alternativa eficaz y de bajo impacto ambiental que podría ser usado para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas en la zona alto andina del Perú, donde las variaciones de temperatura son extremas.

Fig. 1:
Schoenoplectustatora.

Fig. 2:
Panel de cañas enteras.

Fig. 3:
Prueba de conductividad térmica.

Referencias:

[1] Ad- hoc Industrial Advisory Group. The Energy-efficient Buildings - E2B PPP, 2009.
[2] CCEIM Centro Complutense de Estudios e Información Ambiental de la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid. Cambio Global España 2020/50. Sector Edificación: La imprescindible reconversión del sector frente al reto de la sostenibilidad, 2010.

Caracterización del comportamiento al fuego de siete especies de maderas tropicales Mexicanas

M. Pilar Giraldo[a*], Laia Haurie[b], Javier Sotomayor[c], Ana. M. Lacasta[b], Joaquín Montón[b], Mariana Palumbo[b], Antonia Navarro[b]
[a]INCAFUST Institut Català de la Fusta, CTFC Centre Tecnològic Forestal de Cataluña.
Crta. Sant Llorenç de Morunys, km 2, 25280 Solsona, Lleida.
[b]Departament de física, Escola Politècnica Superior de Edificación de Barcelona EPSEB, Universitat Politècnica de Catalunya, Av.Dr. Marañón 44-50, 08028 Barcelona, Spain.
[c]Facultad de Ingeniería en tecnología de la madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Gral. Francisco J. Mujica S/N, Ciudad Universitaria, 58030 Morelia, Mich., México.
Pilar.giraldo@incafust.cat

Palabras clave: especies de madera tropical, comportamiento al fuego, morfología de la madera, contenido de minerales

Es bien conocido que la madera es un material combustible e inflamable. Sin embargo, no todas las maderas queman de la misma forma, su comportamiento al fuego puede variar significativamente dependiendo del tipo de especie. Por lo general, las maderas de frondosas presentan un mejor comportamiento frente al fuego respecto a las maderas de coníferas; esto se debe a su estructura física (morfología), su densidad y dureza y también a su contenido de humedad. Sin embargo, en algunos casos la causa principal puede ser su composición química. Algunas maderas tropicales, con una relativa baja densidad, presentan un mejor comportamiento al fuego que otras con alta densidad. Esto indica que aspectos tales como el contenido de extractos, exudados (aceites, ceras, mucílagos, taninos, etc.) y minerales pueden influir significativamente en su reacción al fuego [1-2]. Las maderas tropicales son especialmente complejas en su anatomía y ricas en su composición [3], por ello estos aspectos requieren una evaluación amplia.

En este estudio se han caracterizado siete especies de madera tropical, con el fin de evaluar su comportamiento al fuego. Se ha llevado a cabo una amplia serie de ensayos de laboratorio. Los resultados muestran un comportamiento diferente en todas las especies de madera estudiadas, en algunos casos, las diferencias son muy importantes. Se ha podido observar que aunque hay cierta correlación entre el buen comportamiento al fuego y la alta densidad y dureza de las especies, estos factores no son siempre determinantes. En algunas especies, otros factores como la anatomía y la composición de la madera son más relevantes para alcanzar una mejor reacción al fuego.

Hasta el momento se ha realizado una primera fase experimental que ha comprendido ensayos para evaluar la inflamabilidad, determinación del índice de oxígeno límite (LOI), observación mediante microscopio electrónico (SEM) y análisis termo gravimétrico (TG). Los resultados de inflamabilidad y LOI muestran un buen comportamiento en las especies más densas CA y TC. Sin embargo, la especie LA cuya densidad es muy inferior a la de éstas dos, es la que presenta el mejor comportamiento con diferencias significativas. En general, se han podido apreciar variaciones importantes en la morfología de las especies y en su composición de minerales, lo cual puede ayudar a entender parcialmente las diferencias en el comportamiento al fuego de las especies estudiadas. No obstante, con el fin de realizar una caracterización más amplia se llevará a cabo una segunda pase de la investigación en la que se obtendrán y analizarán extractivos y exudados.

Tabla 1. Características de las siete especies estudiadas

Código	Nombre científico	Superficie	Densidad Kg/m^3				
				SH	*Swietenia humilis*		655
TD	*Tabebuiadonnell -smithii*		448	LA	*Lysiloma acapulcensis*		685
EC	*Enterolobium cyclocarpum*		504	CA	*Cordia elaeagnoides*		1130
TR	*Tabebuia rosea*		604	TC	*Tabebuia chrysantha*		1234

Tabla 2. Resumen de resultados de los ensayos de inflamabilidad y LOI

Código	Ignición inicial (s)	Número de igniciones	Prom. Persistencia de la llama (s)	LOI (%)
TD	17	8	29	21,1
EC	17	12	16	24
TR	24	8	29	21,5
SH	28	14	16	23,1
LA	31	16	9	26,5
CA	37	9	26	25,1
TC	49	13	20	24

Referencias

(1) Aseeva et al.: Fire Behavior and Fire Protection in Timber Buildings: Elsevier Series in Wood Sciences. 2014.
(2) Stanley, r.g.: Extractives of wood, bark, and needles of the southern pines. Forest Products Journal. vol 19 (11). pp 50-56. 1969.
(3) Stelzer, R.; Holste, R.; Groth, M.; Schmidt, A.: Xraymicroanalytical studies on mineral concentrations in vacuoles of needle tissues from *Larix decidua* (L.) Mill. Botanica Acta.106 (4):325-330. 1993.

Razón de ser de madera MEG. Rotura de una jácena de madera de 100 años por defectos interiores.

Jorge Blasco Miguel[a], Joaquín Montón Lecumberri[b]
[a]Arquitecto. Profesor ETSAB-UPC. Miembro comisión rehabilitación ACE (Asociación de Consultores de Estructuras); Avda. Madrid, nº 103-105 – entlo 2ª – 08028 Barcelona
[b]Arquitecto Técnico. Profesor EPSEB-UPC.. Laboratori Materials UPC; Av. Dr. Marañón, 44-50, 08028 Barcelona
jorge.blasco-miguel@upc.edu; jorge.blasco@m103.es

Palabras clave: madera, MEG, patología, madera reacción.

Los autores de la comunicación fueron requeridos para realizar el peritaje y posterior estudio de solidez de una cubierta inclinada a un agua, en la que una jácena de 155x295 mm de 100 años de antigüedad aproximada, colapsó sin aviso previo aparente, arrastrando en el mismo parte de la cubierta. Se presenta el estudio anatómico y estructural del elemento.

La viga siniestrada, se encontraba en buen estado de conservación: la viga no presentaba ataques xilófagos, ni ataques de hongos, ni humedades. Las hendiduras superficiales entraban dentro de la normalidad y no afectaban al comportamiento estructural.

La clasificación de la viga es buena: con una inspección externa de la viga antes de la rotura se hubiera clasificado con madera de alta calidad. Según la normativa española, actualmente se clasificaría como madera ME1 (por dimensiones MEG).

La viga estaba bien dimensionada: con los cálculos estructurales del comportamiento de la viga se puede garantizar que las tensiones de la viga son aceptables. Concretamente, en el punto de rotura de la viga, las tensiones son inferiores a las máximas de la viga, que son inferiores a su vez a las indicadas en el CTE.

Hubo dos motivos que ocasionaron la rotura de la viga: en primer lugar la existencia de nudos internos muy cercanos, y en segundo lugar el tipo de madera considerada como madera de reacción, en este caso de compresión, que hace disminuir su resistencia.

Es imposible detectar esta patología externamente para la clasificación de la madera para construcción.

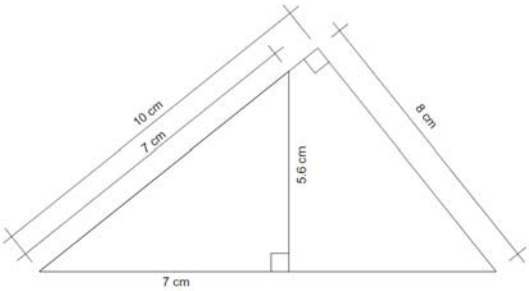
Estereotomía de la madera en la arquitectura tradicional japonesa

Makoto Isawa [a]
[a]Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona de UPC
soymakoto@gmail.com

Palabras clave: estereotomía, Arquitectura tradicional japonesa, Ensambles, Shihokorobi.

La manera de los cálculos de los carpinteros japoneses

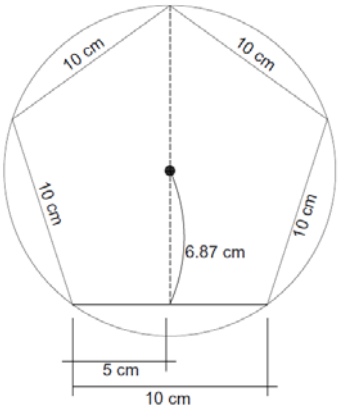
Los carpinteros japoneses calculan sumes, restas, multiplicaciones, divisiones y proporciones con metro japonés llamado "Sashigane". La manera de cálculo es mediante la aplicación del teorema pitagórico, aunque los carpinteros no tienen conciencia que están usándolo.



Ejemplo de división (56÷7=8)

Dibujar polígonos

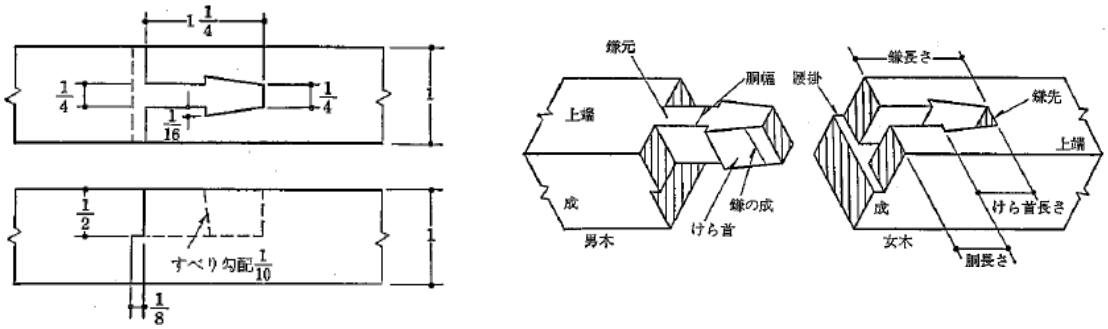
Los carpinteros japoneses no usan el transportador para dibujar polígonos, ellos tienen una tabla de los números necesarios para dibujarlos. Y aplican estos númerosa las líneas de guías de corteza de los ensambles.



Dibujo de pentágono

Los módulos de ensambles

En la construcción de madera tradicional japonesa usan varios ensambles para juntar las maderas. Aplican los tipos de ensambles dependiendo del esfuerzo que cargan y los forman usando el estereotomía.



Koshikake kama tsugi (Koshikake = Silla, Kama = hoz, Tsugi = Juntura)

Shiho korobi (Rodeado con 4 columnas inclinados)

En el segundo o tercer año de su carrera de carpintero, empiezan a practicar las técnicas con Shiho korobi. Generalmente lo aplican con el lavamano o el campanario que necesitan espacio libre dentro. En el lavamano se ocupa el pozo por el dentro y en el campanario se necesita espacio amplio para sonar la campana. 4 columnas se inclinan hacia dentro del edificio y se apoyan entre ellos por vigas y soleras. Las vigas se unen dentro de la columna de esquina y necesitan de ensambles complejos. Para los carpinteros jóvenes, es buen ejercicio.

Campanario

Lavamanos

Referencias

(1) Prácticas de Sashigane; Tadamasa Honma, 2005

Projecte "futur sector fusta"

Salvador Ordóñez
Coordinador General
GREMI FUSTA I MOBLE
salvador@gremifustaimoble.cat
www.gremifusters.com

Paraules clau: Innovació, adaptaci, aostenibilitat, territori, cooperació, coordinació, integració, complicitat, rojectes, qualitat, sector, gremi, clúster, productivitat, ocupació, sistema, integració, tecnologia, canvi

LA SOCIETAT ESTÀ GIRANT LA MIRADA CAP ALS PRODUCTES Km 0. LA FUSTA NO ÉS UNA EXCEPCIÓ.

Malgrat la dilatada historia del sector de la fusta i de la seva extensa oferta de serveis actual a la societat, la complexa situació econòmica i social d'avui dia aconsellen de fer una redefinició exhaustiva i creativa del plantejament general del sector.

A més, l'acceleració del canvi socioeconòmic aconsella de revisar a fons l'actual model professional per adaptar-les a la realitat, inventant el futur desitjat amb la complicitat de tots els agents implicats .

Aquesta missió està esdevenint un gran repte col·lectiu que hem volgut abordar sota uns paràmetres d'actuació sensiblement diferents als plantejaments que s'havien seguit fins ara: **"cooper-acció"**

Des de la fusta d'origen a la seva aplicació constructiva, passant per tot el procés de disseny, càlcul, transport, muntatge i acabats. Conscients que cal adaptar el model sectorial a la societat i al moment d'avui, orientant-lo a futur, actualitzant les bones pràctiques empresarials i professionals, connectant els agents i cooperant amb els seus projectes, volem respondre als valors i interessos d'una societat en canvi constant i a les necessitats d'una economia en profunda transformació.

Volem posar en valor la fusta i les seves professions!

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

INIA
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Gicited
Grup Interdisciplinar de Ciència i Tecnologia a l'Edificació

CÁTEDRA MADERA

Universidad de Navarra

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

CENTRE FORESTAL TECNOLÒGIC DE CATALUNYA

CONSTRUCCION CON MADERA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

UVa

catalan institute of wood
incafust
institut català de la fusta

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
UNIDADE XESTIÓN FORESTAL SOSTIBLE

PEMADE
PLATAFORMA DE ENXEÑERIA DA MADEIRA ESTRUTURAL

INSTITUTO EDUARDO TORROJA

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS