

Proyecto MEND-ME:

Innovación para clasificar y rehabilitar madera estructural

Coordinador del proyecto y contacto: Miguel Ángel Abián
mabian@aidimme.es

Newsletter # 1-2018/19

Difusión de proyectos

En este proyecto de I+D en cooperación con empresas valencianas se investiga la evaluación no destructiva de madera estructural, así como nuevas soluciones y productos de refuerzo y consolidación para rehabilitar sistemas constructivos de madera

La financiación de la segunda anualidad del proyecto de I+D en cooperación con empresas **MEND-ME** (Desarrollo de una metodología para la evaluación no destructiva de madera estructural y aplicación innovadora a rehabilitación) ha sido recientemente aprobada por el **IVACE** (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial). El proyecto está también cofinanciado por el Programa Operativo **FEDER** de la Comunidad Valenciana 2014-2020. La primera anualidad del proyecto (enero 2017-mayo 2018) fue financiada también por el IVACE y por fondos FEDER. Los resultados del proyecto se dirigen al sector de la madera, la arquitectura y la rehabilitación.

1. Objetivo del proyecto

El objetivo general de MEND-ME radica, en primer lugar, en **desarrollar una metodología de evaluación no destructiva específica para madera estructural y después aplicarla los elementos estructurales de madera antigua presente en construcción y rehabilitación para caracterizarlos mecánicamente y clasificarlos según el CTE**, prestando especial atención a las especies de madera que se usaron en construcción en la Comunidad Valenciana.

La metodología que se está desarrollando podrá aplicarse *in situ* y será específica para la madera antigua, objetivo de los trabajos de rehabilitación, porque tendrá en cuenta las características intrínsecas de ese tipo de madera, así como la presencia de sus defectos y patologías, que ocasionan que los resultados de las tecnologías no destructivas sean muy diferente a los que se obtienen en madera nueva (que tiene menos duramen, menos defectos como nudos, menos patologías o ninguna, etc.).

En segundo lugar, el objetivo general del proyecto radica en proponer e implantar **productos y soluciones innovadores más efectivas que las actuales para reforzar y consolidar estructuras**, tanto de madera antigua o patrimonial como de madera actual. Estos productos y soluciones beneficiarán al **patrimonio histórico valenciano**, en el cual abundan las estructuras y elementos de madera.

2. Necesidad y justificación del proyecto

Existe un desconocimiento generalizado sobre las propiedades mecánicas de la madera antigua presente en los edificios, lo que limita mucho o directamente imposibilita la rehabilitación de edificios y estructuras con madera de hace más de 40 años. Según datos de AIDIMME, **el 70% de la madera antigua/patrimonial** que se sustituye en España, principalmente por desconocimiento de su estado o porque superficialmente presenta deterioros, podría bien conservarse o bien rehabilitarse con refuerzos o reparaciones muy localizadas. La madera antigua y patrimonial suele presentar deterioros o degradaciones, de origen biótico o abiótico. Muchas degradaciones son superficiales y no afectan a la resistencia mecánica.

La madera antigua tampoco tiene una clasificación según el **Código Técnico de la Edificación (CTE)**, que entró en vigor en 2006. Para ese tipo de madera, la realización de ensayos estructurales en laboratorio no es posible, pues el apeo y transporte del elemento resulta imposible (en el caso de la madera patrimonial) o no es viable técnica o económicamente y, además, el elemento no podría volver a usarse, pues estos ensayos son destructivos.

Para mantener y rehabilitar adecuadamente esa madera se necesita, por tanto, una metodología específica de diagnóstico y evaluación no destructiva y una caracterización de sus propiedades según el CTE mediante técnicas no destructivas (TND). Es necesario establecer una metodología específica, pues la madera antigua tiene propiedades (alto porcentaje de duramen, densidades muy altas) y/o defectos (ataques de termitas, de carcoma fina y gruesa, de hongos; nudos grandes, gemas, desviaciones de la fibra) que no tienen las maderas nuevas utilizadas hoy día en construcción, que sí están aceptadas y clasificadas por el CTE.



Imagen 1. Elementos apeados de la estructura de un edificio histórico en Denia para su análisis en el proyecto. El deterioro que presentan es meramente superficial y no afecta a su resistencia mecánica.

Además, debe considerarse que existen también grandes partidas de madera procedentes de demoliciones (110.000-120.000 m³ en España) que no se utilizan en construcción porque esa madera, al ser antigua, no está caracterizada según el CTE (es obligatorio ahora en la UE que toda la madera estructural esté caracterizada y tenga esa información en su marcado CE). Con la metodología desarrollada, toda esta madera podrá clasificarse y luego comercializarse con marcado CE para ser reutilizada. Las directrices de la UE sobre construcción priman el uso de materiales renovables y reciclables como la madera, así como la reutilización de los materiales de construcción.

Por otra parte, en el proyecto se probará e implantará la metodología desarrollada en sistemas constructivos de madera antigua (cerchas, forjados, etc.). Los sistemas constructivos se evaluarán, para posteriormente ser reforzados/consolidados mediante la innovación en nuevas soluciones y productos de refuerzo y consolidación, más efectivos que los actuales.



Fotografía 2. Solución constructiva de forjado típica en las casas de principio de siglo XX en Massanassa (las vigas son de mobila y por ello se han conservado muy bien).

Con esas soluciones y productos se conseguirá reforzar in situ los elementos de madera que presentan degradaciones o daños, de una forma rápida, segura y económica, aumentando significativamente la resistencia de la madera y su durabilidad futura. Por tanto, dichas soluciones y productos permitirán realizar las rehabilitaciones de estructuras de madera, cada vez más frecuentes y amplias, con las premisas de sostenibilidad, competitividad y fiabilidad arriba indicadas.

Para conseguir los objetivos propuestos y obtener el mayor impacto empresarial posible, se cuenta con la colaboración en tareas concretas del proyecto de empresas valencianas relacionadas con la madera y la construcción en madera.

3. Novedad del proyecto

Hasta el momento no existe una caracterización y clasificación de la madera estructural antigua; por lo tanto, existe un desconocimiento generalizado sobre su uso y rehabilitación, así como dudas sobre su seguridad. Los proyectos experimentales de caracterización mecánica y clasificación de madera antigua que actualmente se realizan aún no han conseguido obtener la fiabilidad que se demanda para poderla equiparar a la madera nueva incluida en el CTE.

Por otro lado, no se dispone actualmente de una metodología de evaluación no destructiva de la madera estructural adaptada a cualquier tipo de elemento; es decir, de cualquier tamaño, sección y geometría. El sector de la madera y productos derivados evalúa la calidad de la madera seleccionando algunas muestras y sometiéndolas a ensayos destructivos, que se realizan en laboratorios con máquinas universales de ensayo de grandes dimensiones, y por tanto no pueden llevarse a cabo *in situ* y resultan en la destrucción de la muestra de ensayo.



Fotografía 3. Rotura de una viga de madera en un ensayo a flexión según la norma UNE-EN 408, mediante máquina universal de ensayos. Muy raramente pueden realizarse estos ensayos destructivos en madera antigua y patrimonial; y para madera nueva tienen un coste muy elevado y se desaprovecha material.

En consecuencia, la **novedad** de los objetivos del proyecto radica en varios aspectos:

- El desarrollo y validación de una metodología de evaluación no destructiva específica para madera estructural antigua, aplicable a cualquier tipo de elemento, independientemente de su sección y forma geométrica. Esta metodología evitará a las empresas realizar ensayos destructivos y podrá usarse *in situ*.
- La caracterización mecánica y la clasificación según el CTE de las especies de madera antigua mayormente usadas en el pasado. Esta caracterización se traducirá en una base de datos de propiedades mecánicas para uso de arquitectos e ingenieros.
- La innovación en soluciones y productos de refuerzo y consolidación utilizados en la rehabilitación de sistemas constructivos y su aplicación

práctica, lo que beneficiará al **patrimonio histórico valenciano**, en el cual abundan las estructuras y elementos de madera.

- El modelado matemático-computacional de estructuras de madera antigua con sus peculiaridades (nudos, degradaciones por xilófagos, refuerzos puntuales, secciones y formas variantes, etc.) es totalmente novedoso para el sector de la arquitectura.



Fotografía 4. Ensayo in situ mediante la técnica no destructiva de resistografía para detectar deterioros en el elemento y determinar su sección efectiva.



Fotografía 5. Injerto de madera nueva para reforzar la cabeza de una viga de castaño.
Fuente: AEstudio Arquitectura y Urbanismo



Fotografía 6. Ejemplo de vigas con las cabezas reforzadas con injertos de madera nueva y placas metálicas atornilladas. Fuente: JLB

La base de datos de propiedades mecánicas de la madera antigua (densidad, resistencia a flexión, resistencia a cortante, resistencia a compresión, módulo de elasticidad, etc.), inexistente hasta la fecha, permitirá a ingenieros y arquitectos realizar con fiabilidad cálculos estructurales por elementos finitos en elementos de madera de las especies de interés. Según Miguel Ángel Abián, coordinador y director técnico del proyecto y responsable de la línea de I+D Madera en Construcción, “la madera nueva está clasificada según el CTE y en Europa es obligatorio el marcado CE de toda madera destinada a la construcción, pero la madera antigua no está por el momento clasificada, y eso limita considerablemente su uso y hace que se desconfíe de ella como material de construcción válido”.

4. Resultados esperados en la segunda anualidad del proyecto

Los principales resultados técnicos obtenidos en la primera anualidad del proyecto fueron los siguientes:

- Especies de madera utilizadas en construcción en España y sus características:
 - a) *Pinus halepensis* (pino de Alepo o pino carrasco)
 - b) *Pinus taeda* (pino amarillo del Sur, pino melis o pino mobila)
 - c) *Pinus nigra* (pino negro)
 - d) *Pinus sylvestris* (pino silvestre)
 - e) *Pinus pinaster* (pino rodeno, pino marítimo, pino rubial o pino negral)
 - f) *Pinus radiata* (pino insigne, pino de Monterrey o pino de California)
 - g) *Picea abies* (abeto rojo)
 - h) *Populus nigra* (chopo negro)
- Especies de madera y durabilidad natural frente a hongos e insectos xilófagos.
- Uso de la madera en construcción y rehabilitación.

- Análisis y comparación de las técnicas de evaluación no destructiva de la madera:
 - a) Georradar
 - b) Microondas
 - c) Resistografía
 - d) Radiación de rayos X
 - e) Ultrasonidos
 - f) Vibraciones inducidas/ondas de presión
 - g) Penetrometría
 - h) Extracción de tornillos
 - i) Termografía

Para la segunda anualidad del proyecto, los resultados esperados son los siguientes:

- Una metodología de evaluación no destructiva específica para madera de uso estructural, aplicable a madera antigua y nueva, sea cual sea su estado, longitud, sección y forma.
- Una guía de buenas prácticas en evaluación no destructiva de la madera antigua.
- Una base de datos de propiedades mecánicas de las especies de interés en rehabilitación (densidad, resistencia a flexión, módulo de elasticidad, resistencia a cortante, etc.). Estas propiedades se obtendrán aplicando la metodología anterior a las especies de madera antigua y se vincularán con la clasificación del CTE (clases resistentes).
- La difusión de forma efectiva del proyecto y sus resultados, escogiendo los canales más adecuados para que obtener el mayor impacto posible.
- La transferencia y promoción de los resultados a empresas de la Comunidad Valenciana con el fin de mejorar su competitividad y de introducir las en nuevos mercados con actividades de alto valor añadido.

Actualmente se está terminando de desarrollar una metodología específica, basada en una combinación de criterios visuales y ensayos no destructivos, para clasificar mecánicamente la madera estructural de acuerdo con el CTE.

Esta metodología permitirá determinar las propiedades mecánicas de la madera, tanto antigua como nueva, y clasificarla madera según el sistema de clases resistentes del CTE (en el caso de coníferas, C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50; en el caso de frondosas, D18, D24, D30, D35, D40, D50, D60 y D70).

En Europa, toda la madera para construcción debe caracterizarse según ese sistema de clases resistentes, que se utiliza para el mercado CE, también obligatorio.

Los criterios visuales que se emplean para la metodología tienen en cuenta, entre otros parámetros, la proporción de duramen de la madera, así como la cantidad de nudos y su superficie en relación a la superficie total del elemento. Los ensayos no destructivos inicialmente incluidos en la metodología corresponden a resistografías, vibraciones inducidas/ondas de presión y emisión/recepción de ultrasonidos.

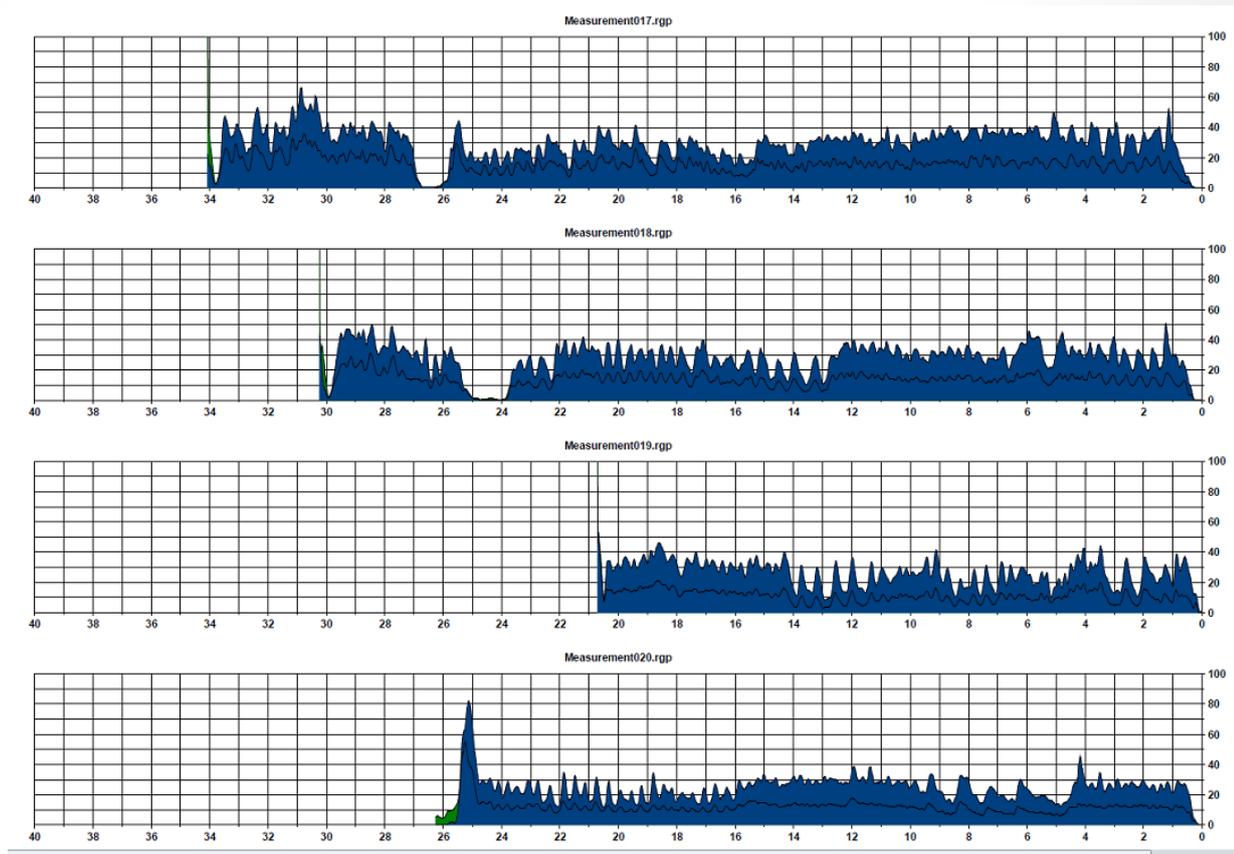


Imagen 7. Resultados de ensayos de resistografía, técnica que forma parte de la metodología de evaluación no destructiva que se está acabando de desarrollar. En las dos imágenes de arriba se aprecian pequeñas degradaciones o huecos (de 1 cm, aproximadamente) en la parte superior de las vigas.

En el proyecto están colaborando empresas y entidades valencianas, que aportan conocimiento, muestras y materiales al proyecto, y que reciben información técnica del proyecto en el marco de la transferencia tecnológica y promoción de los resultados a empresas y profesionales de los sectores de interés. Se celebran reuniones periódicas con ellas.

Los principales resultados de MEND-ME obtenidos hasta el momento están disponibles de forma abierta, pública y gratuita en la página electrónica de AIDIMME.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

**TOTS
A UNA
veu**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

 **UNIÓN EUROPEA**
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

"Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER,
dentro del Programa Operativo FEDER
de la Comunitat Valenciana 2014 - 2020"