

# Sistemas de refuerzo y consolidación en estructuras de madera

Francisco Arriaga Martitegui

*Universidad Politécnica de Madrid / ETSIM, Madrid, España*

Abstract:

La intervención en edificios con estructura de madera implica en muchos casos la necesidad de consolidar la estructura para alcanzar un nivel de seguridad aceptable por la normativa o cuando se produce un cambio de uso, se requiere el refuerzo de la estructura para asumir las nuevas cargas.

Actualmente se emplean diversas técnicas con esta finalidad que pueden resumirse en las siguientes:

## Sistemas de consolidación mediante refuerzos y formulaciones epoxi

Estos sistemas emplean formulaciones epoxi aprovechando sus propiedades de gran adherencia con casi todo tipo de materiales (madera, metales, materiales compuestos) y de prácticamente nula retracción, lo que las hace especialmente idóneas para el relleno de cavidades.

La aplicación más típica es la reconstrucción de las cabezas de vigas y otros elementos que apoyan sobre los muros mediante una prótesis de mortero epoxi conectada a la madera mediante barras de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio. Existen patentes de este procedimiento. Sin embargo, esta técnica permite otras aplicaciones diferentes, como las siguientes:

- Refuerzo y consolidación de piezas mediante el encolado de piezas adosadas utilizando la formulación epoxi como adhesivo y barras de conexión añadida.
- Consolidación de extremos de piezas parcialmente degradados, como arranque de pilares.
- Recuperación de la continuidad en roturas en el vano de las piezas, mediante el cosido con barras o la conexión con placas internas.

Estos sistemas han sido utilizados también con elementos metálicos de refuerzo en forma de barras y placas. En estos casos deberá cuidarse la protección del metal en caso de incendio con el grueso necesario de madera o material aislante.

## Sistemas de reconstrucción de piezas mediante el encolado de láminas de madera

Este procedimiento de consolidación consiste en la sustitución de la madera degradada por un laminado de madera nueva realizado in situ utilizando adhesivos capaces de conseguir uniones resistentes con bajas presiones y líneas gruesas o irregulares de cola, como es el caso de las formulaciones epoxi.

## Sistemas mixtos de madera y hormigón

Procedimiento para el refuerzo de forjados de viguetas de madera mediante la incorporación de una capa de hormigón armado con un mallazo para constituir una sección mixta de madera y hormigón. El punto clave se encuentra en el diseño y cálculo de la conexión. Su finalidad es el aumento de la capacidad portante del forjado, reduciendo la flecha de forma muy notable. Sin embargo, no suelen resolver los posibles problemas de deterioro en los apoyos.

## Sustitución por madera y empleo de productos derivados de la madera

Una práctica que tal vez debe ser la primera en plantearse en muchas situaciones, es la utilización de madera nueva para la sustitución de piezas que estén degradadas o que no sean válidas desde el punto de vista estructural. En estos casos se puede utilizar madera maciza de la misma especie procurando que el contenido de humedad sea similar. Lógicamente, la madera será clasificada estructuralmente previamente.

También es posible recurrir a otros materiales derivados de la madera como los siguientes:

- Madera maciza encolada (dúos y tríos): permite secciones y largos difíciles de encontrar como madera maciza.
- Madera laminada encolada: iguales ventajas al caso anterior, pero con escuadrías y luces muy superiores.
- Madera microlaminada: permite perfiles rectangulares de poca anchura que en muchas situaciones son de gran utilidad para el refuerzo de la estructura existente.

En esta comunicación se realiza una presentación de las técnicas anteriores a través de la exposición de las situaciones más frecuentes que se encuentran en la obra de rehabilitación. Para cada caso se muestran ejemplos de aplicación.

- Apoyo de vigas: son lugares donde es frecuente encontrar daños de pudrición que inutilizan la zona de apoyo de las piezas. Generalmente la consolidación consiste en una prótesis de otro material o también de madera conectada a la parte sana de la pieza.
- Piezas a flexión: entramados horizontales que tienen problemas de deformaciones excesivas o capacidad de carga insuficiente y requieren un refuerzo.

- Pies derechos: en este tipo de elementos constructivos el problema está ligado a la zona de apoyo en su base, sobre todo cuando se trata de lugares cercanos al suelo. Presentan daños parecidos a los apoyos de las vigas.
- Armaduras de cubierta: en estos elementos los daños se concentran en los encuentros entre las barras, que constituyen lugares de fácil retención del agua en caso de falta de mantenimiento.

## Bibliografía

Anon, (1982). The age of resin. The Architects Journal, feb. Pags 56-58.

Arriaga, F. (2000). Estructura mixta de madera y hormigón (Sistema HBS). AITIM nº 206. Madrid, jul.-ag. Pags. 83-84.

Arriaga, F., Peraza, F., Esteban, M., Bobadilla, I. y García, F. (2002). Intervención en estructuras de madera. Editorial AITIM. (476 págs.).

Avent, R., Emkin y Howard&Chapman. (1976). Epoxy repaired bolted timber connections. Journal of the Structural Division, april. ST4. Pags. 821-838.

Ávila Jalvo, J.M. (2003). Refuerzo de forjados antiguos. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid, 36 pp.

Bottinelli, G. (2000). Habitat System Beton: ragioni, certificazione, risultati sperimentali. Adrastea, número 16 - 2000.

Cecchi, A. (1989). Rinforzo di solai in legno mediante soletta collaborante in calcestruzzo armato con collegamenti di tipo elastico. Il restauro del legno, volume secondo. Nardini Editore, Florencia. Pags. 207-213..

Ceccotti, A. (1995). Timber-concrete composite structures. Timber Engineering. STEP 2, E13. Editado por Centrum Hout, Holanda.

Cigni, G. y otros. (1981). Nuove tecniche di consolidamento di travi in legno. Edizione Kappa. Roma.

Fernández-Lavandera, J., Fernández Cabo, J.L., Ávila Jalvo, J.M., Díez Barra, R., Ávila Nieto, M. y Ávila Nieto, J. (2008). Estructuras de madera: la viga mixta con conexión flexible (II). Cuadernos del Insituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Fernández-Lavandera, J., Fernández Cabo, J.L., Ávila Jalvo, J.M., Díez Barra, R., Ávila Nieto, M. y Ávila Nieto, J. (2008). Estructuras de madera: la viga mixta con conexión flexible (III). Cuadernos del Insituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Gramegna, F. y Marampon, F. (1996). Dal rilievo del degrado per incendio alle scelte di consolidamento. Adrastea 7/96. Pags. 40-47.

Kreuzinger, H. (1995). Mechanically jointed beams and columns. Timber Engineering. STEP 1, B11. Editado por Centrum Hout, Holanda.

Landa Esparza, M. (1997). Comportamiento de las uniones encoladas para la reparación de elementos estructurales de madera que trabajan a flexión. Tesis doctoral dirigida por Enrique Nuere Matauco y Rufino Hernández Minguillón. Fue defendida en abril de 1997 en el Departamento de Edificación de la E.T.S. de Arquitectura de la Universidad de Navarra.

Landa Esparza, M. (1999). Nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera. Elementos flexionados. Aporte de madera - Unión encolada I. Metodología de puesta en obra. Revista de Edificación nº 28, Pamplona, 1.999. Pags. 32-38.

Landa Esparza, M. (1999). Nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera. Elementos flexionados. Aporte de madera - Unión encolada II. Metodología de puesta en obra. Revista de Edificación nº 29, Pamplona mayo de 1.999. Pags. 30-36.

Landa Esparza, M. (2000). Nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera. Elementos flexionados. Aporte de madera - Unión encolada. AITIM, nº 204. Madrid, mar.-abr. de 2.000. Pags. 34-38.

Lambillon, J. (1995). Le plancher "Bois-Béton V" de Claude Blouet. L'Industriel sur Bois, janvier 1.995. Pags. 34-35.

Marradi, P. , Messina, C. Y Paolini, L. (1989). Recupero di strutture in legno mediante armature parzialmente presollecitate. Il restauro del legno, Vol. I. Nardini Editore, Firenze Italia. Págs. 241-247.

Méndez Baliela, M. (1993-1994). Rehabilitación de estructuras antiguas de madera en edificios. Trabajo tutorado por el profesor Giambattista de Tommasi del Politécnico de Bari (Italia) para el Master Europeo de Ingeniería de la Construcción 1993-1994, Universidad de Cantabria. 90 págs.

Messina, C., Paolini, L. y Sestini, V. (1989). Il recupero statico delle strutture in legno nel Teatro Niccolini di San Casciano di Pesa. Il restauro del legno, Vol. I. Nardini Editore, Firenze Italia. Págs. 201-208.

Mettem, C.J., Page, A.V. y Robinson, G.C. (1993). Repair of structural timbers. Part 1 Test on experimental beam repairs. TRADA, Reino Unido.

Mettem, C.J., Page, A.V. y Robinson, G.C. (1993). Repair of structural timbers. Part 2 Fire resistant repairs. TRADA, Reino Unido.

Monfort, J. y Pardo, J.L. (1996). Reparaciones de forjados mediante hormigón. Seminario de "La conservación de la madera en los edificios antiguos". Patología de elementos lineales de madera, inspección y diagnóstico. Universidad Politécnica de Valencia. E.U. de Arquitectura Técnica. Valencia 22 de marzo de 1.996.

Monfort, J. y Pardo, J.L. (1998). Reparaciones de forjados mediante hormigón. Seminario "La conservación de la madera en los edificios antiguos". Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Págs.139-168.

Navarrete, A. (1998). Deterioro del material y su protección. Seminario "La conservación de la madera en los edificios antiguos". Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Págs. 23-56.

Sika. Prontuario. (1999). Especialidades químicas para la construcción.

Sistema Beta. (1982). Manual técnico del sistema Beta de la empresa PROMAX, Protección de Maderas, S.A.

Sistema LPR. Documentación técnica de la empresa Peter Cox Interventi Speciali S.r.l.

Sistema Sika Carbodur (1999). Documentación técnica de la empresa Sika S.A.

Stumes, P. (1979). "The W.E.R. system manual. Structural rehabilitation of deteriorated timber. Association for Preservation Technology. Ottawa, Canada.

Tampone, G. (1989). Restauro strutturale con lamine metalliche dei solai lignei della sede del Genio Civile di Firenze. Il restauro del legno, volume primo. Nardini Editore, Florencia. Pags. 263-281.

Tampone, G., Franci, F. y Campa, L. (1989). Rinforzo di puntoni e consolidamento di una capriata del teatro di Sateano mediante centine metalliche. Il restauro del legno, Vol. I. Nardini Editore, Firenze Italia. Págs. 299-305.

Tampone, G. (1989). Problematiche operative nel cantiere di consolidamento di un solaio ligneo nella sede del genio civile di Firenze. Legno e restauro. Editrice Dialogo, Florencia. Pags. 207-208.

Tampone, G. (1998). Tipologías estructurales y su respectiva degradación. Seminario "La conservación de la madera en los edificios antiguos". Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Págs. 59-81.