

Estructura de la prensa tradicional de uva de la comarca del Cerrato (Palencia)

Structure of the traditional grape press in the region of Cerrato (Palencia)

Jose Ramón Aira Zunzunegui^{ID} Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España. joseramon.aira@upm.es

Laura Gonzalo Calderón^{ID} Departamento de Estructuras y Física de la Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España. la.gonzalo@upm.es

Beatriz del Río Calleja^{ID} Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España. beatriz.delriocalleja@upm.es

David Sanz Arauz^{ID} Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España. david.sanz@upm.es

Autor de contacto: joseramon.aira@upm.es

RESUMEN

El Barrio de Bodegas de Baltanás, ubicado en la comarca del Cerrato (Palencia), está declarado Bien de Interés Cultural en la categoría de Conjunto Etnológico. Cuenta con trescientas setenta y cuatro bodegas en cuyo interior es habitual encontrar un lagar con prensa de madera. Con el objetivo de ampliar el conocimiento de cara a la conservación de las bodegas, en este trabajo se analizó la construcción y el funcionamiento de la prensa, y se tomaron muestras para identificar las especies de madera y conocer sus propiedades. Se encontraron especies poco habituales en estructuras como el olmo, el jerbo y el enebro, destacando el jerbo por tener una mayor densidad, rigidez, resistencia a la penetración, dureza superficial y resistencia que el resto. Finalmente, se asignó una clase resistente D30 a la madera de olmo de la viga y se calculó la estructura destacando que los niveles de agotamiento eran adecuados.

Palabras clave: prensa de madera; arquitectura industrial; lagar; vino; patrimonio arquitectónico.

ABSTRACT

The Winery District of Baltanás, located in the region of Cerrato (Palencia), has been declared an Asset of Cultural Interest in the category of Ethnological Ensemble. It has three hundred and seventy-four cellars inside which it is common to find a wooden wine press. With the aim of increasing knowledge for the conservation of the cellars, this work analysed the construction and operation of the press, and samples were taken to identify the wood species and find out their properties. Unusual species were found in structures such as elm, sorb and juniper, with sorb standing out as having a higher density, stiffness, penetration resistance, surface hardness and strength than the rest. Finally, the elm wood of the beam was assigned a strength class of D30 and the structure was calculated, highlighting that the beam strength was adequate.

Keywords: wooden press; industrial architecture; winery; wine; architectural heritage.

Cómo citar este artículo/Citation: Jose Ramón Aira Zunzunegui, Laura Gonzalo Calderón, Beatriz del Río Calleja, David Sanz Arauz (2025). Estructura de la prensa tradicional de uva de la comarca del Cerrato (Palencia). Informes de la Construcción, 77 (580): 7224. <https://doi.org/10.3989/ic.7224>

Copyright: © 2025 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Recibido/Received: 05/02/2025

Aceptado/Accepted: 12/09/2025

Publicado on-line/Published on-line: 20/01/2026

1. INTRODUCCIÓN

El barrio de bodegas de Baltanás (Palencia) está declarado Bien de Interés Cultural en la categoría de Conjunto Etnológico porque representa un modelo de patrimonio arquitectónico construido en torno a la cultura del vino.

Las bodegas excavadas en el terreno constituyen un ejemplo del conocimiento transmitido de generación en generación sobre el comportamiento mecánico del subsuelo y de los sistemas productivos asociados al vino. El barrio cuenta con trescientas setenta y cuatro bodegas dedicadas al ocio y alguna de ellas, adicionalmente, a la producción de vino para consumo propio [1]. Las bodegas se encuentran en general en buen estado de conservación, especialmente aquellas que tienen un uso continuado por parte de sus propietarios.

Por otra parte, desde hace décadas la despoblación de las zonas rurales es un problema creciente cuya solución es compleja y multifactorial. Una de las líneas de actuación más aceptada se centra en potenciar el turismo de interior como medida para la generación de nuevos puestos de trabajo y la revitalización de la actividad económica local, para lo cual, resulta de gran utilidad difundir y publicitar el valor patrimonial que tienen las propias bodegas.

Para potenciar el valor patrimonial de las bodegas es necesario conservarlas. En esta línea, la conservación preventiva es una estrategia basada en un método de trabajo sistemático para identificar, evaluar, detectar y controlar los riesgos de deterioro de los bienes culturales. Esta estrategia de conservación elimina o minimiza los riesgos, actúa sobre el origen de los problemas, evita el deterioro y, con ello, la necesidad de costosas actuaciones. Para su desarrollo es necesario partir de un conocimiento amplio del conjunto, el cual se obtiene mediante los estudios previos, que incluirán un levantamiento, estudios históricos y análisis constructivos [2].

La investigación realizada en este trabajo pretende contribuir a ampliar el conocimiento de las bodegas focalizando su atención en el comportamiento mecánico de la prensa y en las especies de madera utilizadas para su construcción.

La literatura científica sobre prensas tradicionales de vino es relativamente escasa. En muchas ocasiones estas estructuras se comparan con las de producción de aceite y el interés de la mayoría de los trabajos es de carácter arqueológico, fundamentalmente centrados en el ámbito romano y de oriente próximo [3]. El libro más exhaustivo y relevante sobre este tema [4] estudia desde el punto de vista etnográfico los diferentes sistemas de prensa empleados en la producción tradicional de vino de los que quedan vestigios, en especial en Francia. De este mismo país, existe bibliografía referida a las prensas preindustriales en la región de Borgoña [5] en la que se desarrolla un estudio tipológico a lo largo de la historia. Algunas de estas prensas guardan relación con las del Cerrato, con diferencias, entre otros aspectos en los sistemas de contrapeso, aunque en ningún caso se trata de sistemas localizados en construcciones subterráneas.

En el ámbito español puede citarse el trabajo titulado “Vino, lagares y bodegas” [6], que describe los sistemas productivos, sin entrar en detalles ni de estructura ni de construcción; y un estudio general sobre lagares rupestres, enfocado sobre todo a las huellas arqueológicas en el territorio peninsular [7]. Sobre bodegas subterráneas Scadura y Cera (2022) [8] presentan un levantamiento tridimensional de una bodega enterrada en la zona de Rueda, en el que se muestran esquemas de lagares y prensas propias de los barrios de bodegas del centro de España; las prensas dibujadas en esta comunicación son muy similares a las de la comarca del Cerrato. Por otra parte, Jové y Sáinz Guerra (2016) [9] describen de forma pormenorizada el Barrio de Bodegas de Baltanás, pero no profundizan en la morfología, ni en los materiales y estructura de las prensas.

1.1. Elementos de la prensa

Uno de los elementos principales de las bodegas es la prensa. El tipo de prensa característico en el valle del Cerrato es la prensa de “viga y huso”, un ingenio mecánico que procede de la época romana. Se trata de una prensa continua e indirecta. Tiene la ventaja de poder elaborar pequeñas o grandes cantidades, según el tamaño de la viga. Además, el prensado continuo permite extraer el mosto de manera más lenta y constante, para un mejor aprovechamiento de los taninos y pigmentos del fruto.

La estructura de la prensa está formada por elementos de madera y su funcionamiento mecánico se asemeja al de una palanca de segundo grado, figuras 1-5. Uno de los extremos, el apoyo, descansa en la pared, mientras que, en el otro extremo, la potencia, es donde se aplica la fuerza. Esta consiste en una gran piedra unida a la viga a través de una pieza de madera que recibe el nombre de huso o

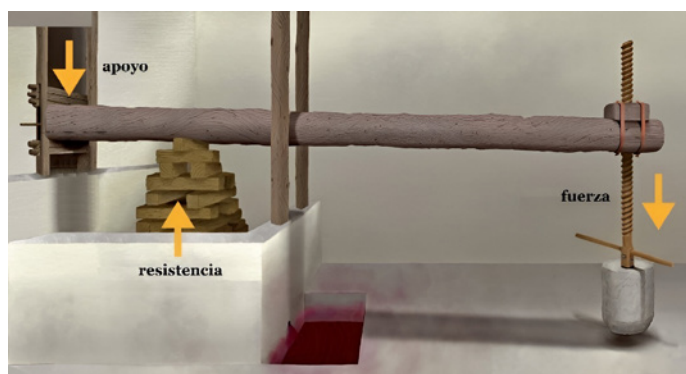


Figura 1. Palanca de segundo grado.



Figura 2. Vista general de la prensa del lagar communal.

husillo (que caracteriza a este tipo de prensa). Entre ambos extremos se encuentra la resistencia, o pie, donde se ubica la uva a exprimir y sobre la que se construye un armazón de madera, o castillo, que consiste en un conjunto de tablas superpuestas que disminuyen su dimensión a medida que aumenta su altura para repartir homogéneamente la presión sobre el pie.



Figura 3. Detalle del apoyo (prensa del lagar comunal).



Figura 4. Detalle de la resistencia (prensa del lagar comunal).



Figura 5. Detalle de la fuerza (prensa del lagar comunal).

El extremo de la viga que hace de punto de apoyo (Figura 1) no está empotrado rígidamente en la pared para permitir diferentes posiciones verticales de acuerdo con la cantidad de uva a prensar. De este modo, el extremo de la viga se coloca entre dos pies derechos, uno por cada lado, entre los cuales asoma un madero llamado lobo, que a su vez atraviesa la viga, que actúa a modo de llave impidiendo desplazamientos verticales. La regulación en altura se consigue mediante el apoyo formado por una pila de maderos colocados horizontalmente que se llaman vaineros. Hacia el tercio central de la prensa, se disponen las riostras (otros dos pies derechos) que contribuyen a que la viga se mantenga en su posición, restringiendo su movimiento horizontal para que no se desmonte la estructura (Figura 6).

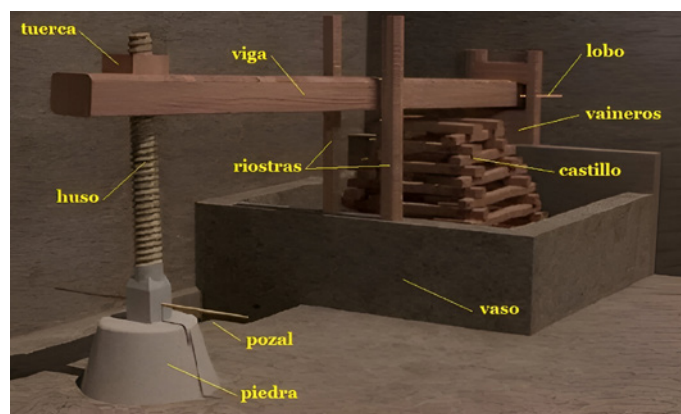


Figura 6. Elementos de una prensa.

El huso o husillo es una pieza de sección cuadrada en la base y de sección cilíndrica en el resto, con el exterior tallado siguiendo una hélice, que funciona como un tornillo, y que permite colgar la piedra de la viga y de esta forma ejercer de fuerza de la palanca. El huso atraviesa la viga por un agujero (sin rosca) y tiene una tuerca de retención, al otro lado de la viga, donde se ha mecanizado la rosca (Figura 7). Al girar el huso, la piedra asciende o desciende, roscando o desenroscando, respectivamente, contra la tuerca. El mecanizado de la rosca para alojar el huso se hace en la tuerca, y no en la viga, porque al tratarse de una pieza que sufre mucho desgaste es más sencillo reemplazarla por su reducido tamaño.



Figura 7. Encuentro del huso con la tuerca.

La piedra tiene forma cilíndrica o troncocónica con un diámetro de aproximadamente 0.8 m y una altura de 1.1 m. Para unirla al huso se hace un cajeado en la parte superior con sección de cola de milano (Figura 8). En la base del cajeado se coloca una placa metálica que queda atravesada en el centro por una barra metálica que, a su vez, se fija a la parte inferior del huso. Debido a que esta placa tiene mayor longitud que la boca de la cola de milano, se introduce inclinada y luego se gira para posicionarla en horizontal. La sujeción de la piedra al huso se ejecuta mediante la colocación de dos cuñas de madera sobre la placa metálica y, entre las cuñas, otra pieza de madera atravesada por la barra metálica que comprime las cuñas contra la pared de la piedra. Finalmente, la fijación de la barra al huso se realiza mediante dos pasadores metálicos.

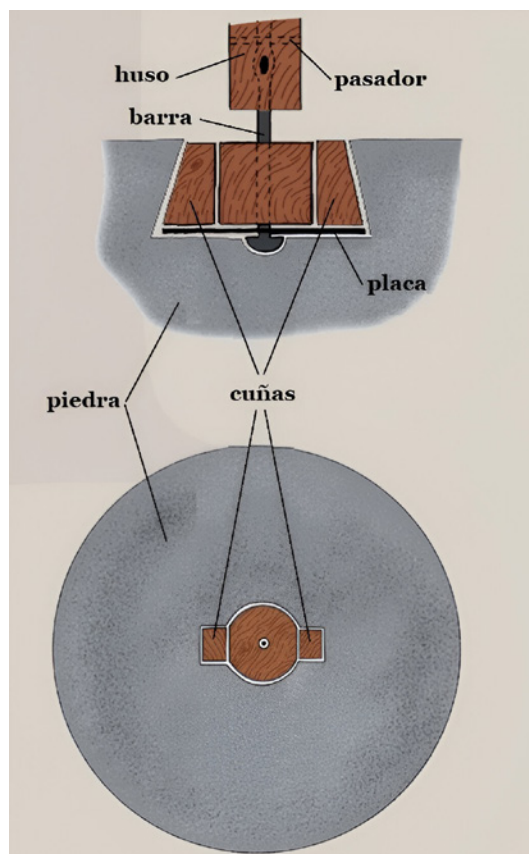


Figura 8. Encuentro del huso con la piedra.

1.2. Funcionamiento de la prensa

La uva llega al lagar a través de un elemento construido sobre la superficie denominado descargadero, y se deposita en el vaso o pila. Se prensa y el mosto que sale cae al pozal o lagareta, situado en un nivel inferior, con capacidad suficiente para recoger todo el mosto de una prensada. El mosto tradicionalmente se sacaba del pozal manualmente mediante cántaros. Si el prensado se había realizado en el lagar comunal, el mosto se transportaba a las bodegas particulares mediante odres o pellizas. El reparto de mosto se hacía proporcionalmente a la uva que cada cual había aportado, a razón de cinco cántaros por carga de uva.

Cuando la prensa está en reposo, la piedra apoya en el suelo y la viga no ejerce presión sobre el castillo. Para poner la prensa en funcionamiento se rosca el huso contra la tuerca, de modo que primero desciende ligeramente la viga, porque la uva ejerce poca resistencia, y luego comienza a levantarse la piedra del suelo cuando la resistencia aumenta (Figura 9). Así, la fuerza aplicada en el extremo de la viga por peso propio de la piedra provoca que se presione el castillo y que éste, a su vez, preme las uvas depositadas anteriormente en el vaso o pila. Este proceso se realiza varias veces hasta extraer todo el mosto de la carga de uva que va cayendo al pozal.

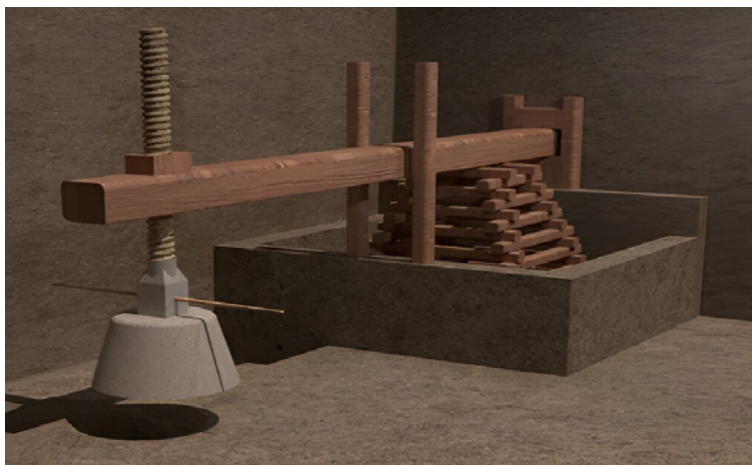


Figura 9. Prensa en funcionamiento (piedra levantada).

En este trabajo se estudia la prensa del lagar comunal adoptada como geometría tipo por ser similar a muchas otras presentes en el Cerrato. La viga del lagar comunal tiene una longitud de 11.5 m, con una sección en el extremo apoyado de 70x70 cm y en el otro extremo de 50x50 cm, y la piedra un peso de 1500 kg.

1.3. Especies de madera

La arquitectura vernácula utiliza maderas de cercanía apropiadas para usos concretos ya que los procesos de corta y labra son sobradamente conocidos y progresivamente mejorados con los años. En las bodegas de Baltanás las maderas utilizadas estaban bien identificadas por los habitantes de la zona, aunque se procedió a su identificación en laboratorio mediante microscopía para incrementar la información existente.

Normalmente, la madera utilizada en las vigas era de olmo o, en su lugar, de enebro. El olmo era la especie preferida en la zona para elementos estructurales por su gran escuadría, densidad y resistencia. El enebro tiene buenas características mecánicas con la peculiaridad de que su tronco es muy revirado, lo que dificulta la obtención de piezas adecuadas de grandes dimensiones. Es precisamente este motivo por el cual tradicionalmente se ha limitado su uso a carpintería o a elementos menores de estructuras secundarias como viguetas o correas [10] y, en el caso particular de Baltanás, a las puertas de acceso a las bodegas.

Para labrar el huso y la tuerca, que son piezas que deben soportar la talla de un roscado industrial, la madera solía ser de jerbo, denominación local para una madera de frondosa de grano fino, alta densidad y elevada resistencia al aplastamiento, que podría corresponderse a diversas especies, de utilidad para la elaboración local de herramientas, útiles o mecanismos de reducida dimensión. Para este cometido es adecuada también la madera de nogal, aunque en la zona se utilizaba la de jerbo, madera procedente de árboles de crecimiento lento y bajo porte que no alcanzaban escuadrías suficientes como para ser usados en estructuras.

En un orden inferior de responsabilidad estructural se encontraban las piezas del castillo o los vaineros que estaban formadas habitualmente por madera de pino, olmo, roble o enebro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material

El material de estudio consistió en la recogida de tres muestras de madera. Concretamente, una muestra de olmo de la viga que se utilizó para fabricar la prensa del lagar comunal, otra de jerbo de un huso utilizado para fabricar una de las prensas del Cerrato, y otra de enebro de una viga utilizada para fabricar otra de las prensas del Cerrato. Pese a que cada una de las muestras pertenece a una

prensa distinta, para los requerimientos del estudio se consideró que las propiedades obtenidas de las muestras serían lo suficientemente parecidas a otras muestras de la misma especie, ya que las prensas se construían con madera procedente de las masas forestales cercanas.

Las muestras se cortaron con su mayor dimensión siguiendo la dirección de la fibra por lo que dejaban ver claramente las tres secciones de ortotropía de la madera: transversal, radial y tangencial. La muestra de olmo tenía unas dimensiones de 70x80x577 mm, la de jerbo de 45x95x454 mm, y la de enebro 62x105x306mm.

2.2. Métodos

2.2.1. Identificación de maderas

El procedimiento de identificación de la especie forestal se inició con la talla de un cubo de 10 mm de lado de cada muestra con la ayuda de un cincel de corte y un martillo. Posteriormente, los cubos fueron hidratados con agua durante una semana para que se reblandeciesen y se pudiesen cortar adecuadamente con el microtomo. De cada uno de los cubos se realizaron preparaciones en lámina delgada de las tres secciones de ortotropía de la madera, de un espesor de entre aproximadamente 15 y 25 micras. Se realizó la tinción de la lignina con safranina para resaltar sus aspectos anatómicos característicos. Después de varios lavados con disoluciones crecientes de alcohol (50°-75°-96°) se preparó para su montaje mediante el lavado con disolvente histológico (Histoclear) y el montaje con Eukitt. Una vez que las preparaciones estuvieron terminadas se observaron en un microscopio óptico de luz transmitida.

Cada tipo de corte realizado proporciona información clave sobre las características anatómicas de la madera. Esta información fue utilizada para identificar la especie por comparación con muestras y descripciones recogidas en la bibliografía de referencia [11] y [12].

2.2.2. Ensayos en laboratorio

En el laboratorio se llevaron a cabo tres tipos de pruebas: ensayos no destructivos con varios dispositivos portátiles, ensayos hídricos con estufa y balanza hidrostática, y ensayos destructivos con máquina universal electromecánica.

Inicialmente se realizaron los ensayos no destructivos sobre las tres muestras de tamaño estructural. Para ello se emplearon métodos acústicos, concretamente el MST (Microsecond Timer de Fakopp) que emite ondas sónicas generadas por el impacto con un martillo, y el TICO (de Proceq) que emite ondas ultrasónicas generadas de forma automática con transductores de 54 kHz (Figura 10). Así, se obtuvo el tiempo de paso de la onda sónica (de impacto) y ultrasónica por transmisión directa (testa-testa). Se realizaron cinco lecturas y se calculó la media aritmética. Seguidamente se midió la penetración con el Pilodyn (penetrómetro específico para madera) en las secciones de ortotropía realizando tres lecturas en cada sección y en diferentes posiciones (Figura 11).

Posteriormente, de cada muestra de tamaño estructural se cortaron tres probetas de dimensiones 20x20x60 mm. Sobre una de ellas se midió la dureza Shore en las tres secciones realizando cinco lecturas en cada una de ellas y en diferentes posiciones (Figura 12). Con las otras dos probetas se realizaron ensayos hídricos.

Los ensayos hídricos se iniciaron midiendo y pesando las dos probetas de cada especie para obtener el volumen natural (Vnat) y la masa natural (Mnat). Tras finalizar las medidas anteriores se procedió a sumergir todas las probetas en un recipiente con agua a temperatura ambiente hasta sobrepasar la humedad de saturación (tiempo estimado en 24 horas). Se realizaron las mismas medidas con las piezas saturadas para obtener el volumen saturado (Vsat) y la masa saturada (Msat). Finalmente, se secaron todas las probetas en una estufa para obtener el volumen seco (Vsec) y la masa seca (Msec) siguiendo el procedimiento de la norma UNE-EN 13183-1 [13]. Debido a que se utilizaron dos probetas de cada especie, los resultados se obtuvieron como la media aritmética de ambas probetas.

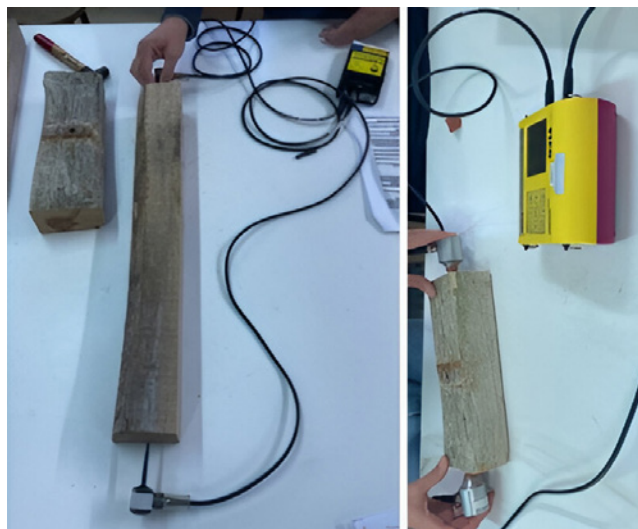


Figura 10. Ensayo de velocidad de ondas sónicas con MST (izda.) y con TICO (dcha.).



Figura 11. Ensayo de penetración con Pilodyn.



Figura 12. Ensayo de dureza superficial con durómetro Shore.

Con los datos obtenidos se calculó la densidad de la madera (ρ_{MC}) según la ecuación (1) y acorde a la norma UNE-EN 408 [14], el módulo de elasticidad dinámico (E_{din}) según la ecuación (2) introduciendo la velocidad de la onda acústica (v), el contenido de humedad (MC) por el método de secado en estufa según la ecuación (3) y acorde a la norma UNE-EN 13183-1 [13], y la contracción volumétrica total ($CVol$) según la ecuación (4) y acorde a la norma UNE 56533 [15]. Para conocer la densidad a la humedad de referencia del 12% (ρ_{12}) se aplicó una corrección por humedad según la ecuación (5) recogida en la norma UNE-EN 384 [16].

$$(1) \quad \rho_{MC} = \frac{m_{nat}}{V_{nat}}$$

$$(2) \quad E_{din} = \rho \cdot v^2$$

$$(3) \quad MC(\%) = \frac{m_{nat} - m_{sec}}{m_{sec}} \cdot 100$$

$$(4) \quad C_{vol}(\%) = \frac{V_{sat} - V_{sec}}{V_{sec}} \cdot 100$$

$$(5) \quad \rho_{12} = \rho_{MC} \cdot [1 - 0.005(MC - 12)]$$

Finalmente, para la realización de los ensayos destructivos, de cada muestra de tamaño estructural se extrajeron tres probetas pequeñas libres de defectos de dimensiones 20x20x300 mm para el ensayo de flexión a tres puntos llevado a cabo según la norma UNE 56537 [17], obteniendo la resistencia a flexión (f_m) (Figura 13). Se cortaron también tres probetas de dimensiones 20x20x60 mm para el ensayo de compresión paralela a la fibra acorde a la norma UNE 56535 [18] obteniendo la resistencia a compresión paralela ($f_{c,0}$) (Figura 14). De esta forma, se realizaron nueve ensayos de flexión (tres de cada especie) y nueve ensayos de compresión paralela (tres de cada especie). Al igual que en los ensayos hídricos, los resultados se obtuvieron calculando la media aritmética de todas las probetas.



Figura 13. Ensayo de flexión a tres puntos.



Figura 14. Ensayo de compresión paralela a la fibra.

2.2.3. Clasificación estructural

Interesaba conocer la clase resistente de la madera de olmo de la viga con el objeto de verificar que estaba trabajando adecuadamente, es decir, bajo niveles de tensión inferiores a su resistencia.

Para ello, el procedimiento habitual consiste en obtener los parámetros clasificadores (valores característicos) descritos en la norma UNE-EN 338 [19], esto es, densidad (ρ_k), módulo de elasticidad medio a flexión (E_m) y resistencia a flexión ($f_{m,k}$). Una vez conocidos estos tres parámetros sus valores se comparan con los valores que recoge la misma norma para cada clase resistente. Cada parámetro sugiere una clase resistente, por lo que una madera podría tener dos clases diferentes dependiendo del parámetro que se considere. Cuando se da esta circunstancia se procede asignando la clase resistente más limitante.

Debido a que el número de probetas era reducido y el resultado carecería de significancia estadística, se decidió utilizar el valor medio de la densidad en lugar del valor característico, es decir, ρ_m .

Por otra parte, los valores de E_m y $f_{m,k}$ se obtienen habitualmente a partir del E_{din} medido con técnicas no destructivas y aplicando posteriormente relaciones experimentales procedentes de investigaciones previas o de la bibliografía científica. Sin embargo, en este caso no se encontraron ecuaciones para la madera de olmo de procedencia española por tratarse de una especie poco utilizada en estructuras. En su lugar, y aceptando que puede haber una pequeña desviación en los resultados, se consideró viable utilizar las relaciones existentes para la madera de castaño de procedencia española, porque también es una frondosa y tiene una densidad parecida al olmo: 610 kg/m³ del castaño frente a los 639 kg/m³ del olmo [20].

Siguiendo este razonamiento, se encontró únicamente una relación estadísticamente aceptable ($r^2 = 0.56$) para conocer el E_m del castaño a partir del E_{din} obtenido con el MST, la ecuación (6) [21-23]. Por el contrario, no se encontró ninguna ecuación fiable para la obtención del $f_{m,k}$ por lo que, finalmente, la clasificación estructural del olmo se hizo atendiendo exclusivamente a los parámetros ρ_m y E_m .

$$(6) \quad E_m = 3988 + 0.5670 \cdot E_{din}$$

Antes de aplicar la ecuación (6) se ajustó la velocidad de la onda de paso obtenida con el MST a la humedad de referencia del 12% (v_{12}) según la ecuación (7) [21 y 23], donde v_{MC} es la velocidad de onda en m/s medida al contenido de humedad MC, y k_{MC} es un factor de ajuste adimensional que para la madera de castaño toma el valor de 0.012.

$$(7) \quad v_{12} = \frac{v_{MC}}{\left[1 - k_{MC} \cdot (MC - 12)\right]}$$

Una vez asignada la clase resistente de la madera de la viga se comprobó su resistencia trabajando a flexión y a cortante mediante el Método de los Estados Límites descrito en el Código Técnico de la Edificación [24]. Para calcular las leyes de esfuerzos se utilizó el software Dlubal RFEM v. 5.31 que calcula por el método de los elementos finitos, aplicado en este caso particular a elementos unidimensionales de tipo barra.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de maderas

En los cortes realizados se estudiaron los elementos anatómicos que permitían identificar los taxones hasta el mayor rango taxonómico posible.

Entre los múltiples elementos de la anatomía de la madera que fueron considerados, fueron observados, en el plano transversal, los anillos de crecimiento, las células de parénquima o la disposición y tamaño de los canales resiníferos (en coníferas) y de los vasos (en frondosas). En el plano radial, el tamaño de los elementos longitudinales, los tipos de punteaduras o los campos de cruce, entre otros. Y en el plano tangencial, la forma y altura de los radios leñosos.

Se determinó que la primera especie pertenece al género *Ulmus* L. (probablemente *Ulmus minor* Mill.). Las características anatómicas que permitieron su identificación se pueden observar en las Figuras 15, 16 y 17. Así, se aprecia una distribución de vasos en anillo poroso con los vasos de la madera tardía en su típica disposición tangencial (sección transversal), engrosamientos espiralados en los vasos caracterizados, además, por sus perforaciones simples (sección radial), y radios leñosos que tienen alrededor de cinco células de anchura (sección tangencial).

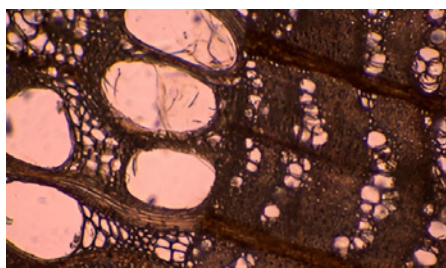


Figura 15. Identificación al microscopio del olmo (sección transversal).

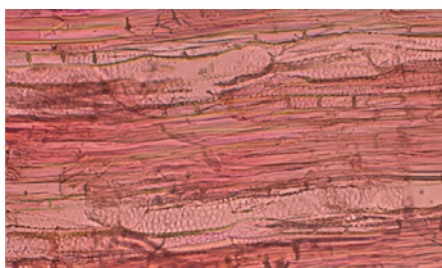


Figura 16. Identificación al microscopio del olmo (sección radial).



Figura 17. Identificación al microscopio del olmo (sección tangencial).

El denominado coloquialmente como jerbo debe corresponder a la especie *Sorbus domestica* L. Las características anatómicas mostradas en las Figuras 18, 19 y 20 son compatibles con la madera de las especies leñosas de la subfamilia Maloideae. Así, se observa que los vasos se presentan en poro difuso repartidos a lo ancho del anillo de crecimiento (sección transversal), radios leñosos típicamente biseriados y homogéneos (sección tangencial), con perforaciones simples (sección radial).

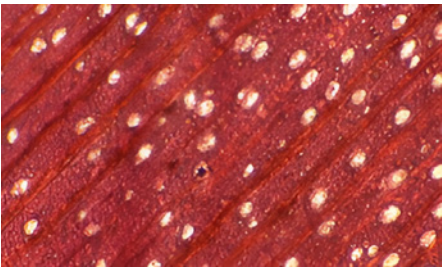


Figura 18. Identificación al microscopio del jerbo (sección transversal).

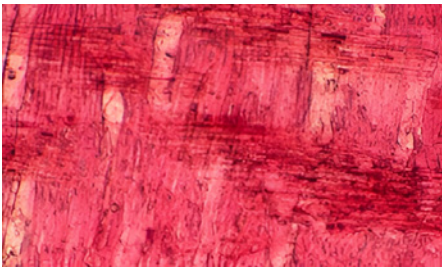


Figura 19. Identificación al microscopio del jerbo (sección radial).

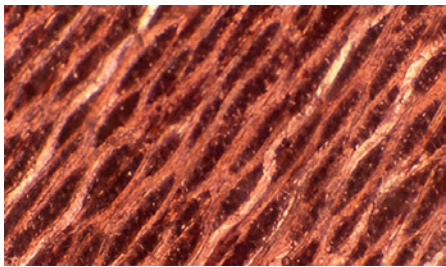


Figura 20. Identificación al microscopio del jerbo (sección tangencial).

Finalmente, la madera de conífera se corresponde con el taxon Cupressaceae, en la que las diferentes especies son particularmente difíciles de diferenciar unas de otras. Las características anatómicas que permitieron su identificación se observan en las Figuras 21, 22 y 23. Así, se identifican células de parénquima apotraqueal y traqueidas de sección redondeada con presencia ocasional de meatos intertraqueidales (sección transversal), traqueidas con punteaduras areoladas (sección radial), y radios homogéneos y uniseriados de hasta unas cinco células de alto (sección tangencial). Adicionalmente, presenta punteaduras de los campos de cruce de tipo cupresóide, con paredes transversales del parénquima axial nodulares (sección radial). Estas características anatómicas son compatibles con la especie *Juniperus thurifera* L.

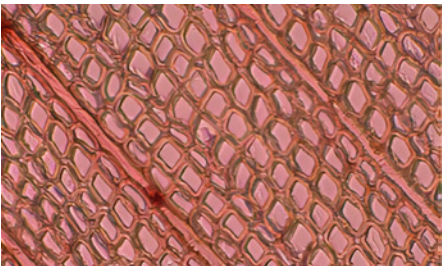


Figura 21. Identificación al microscopio del enebro (sección transversal).

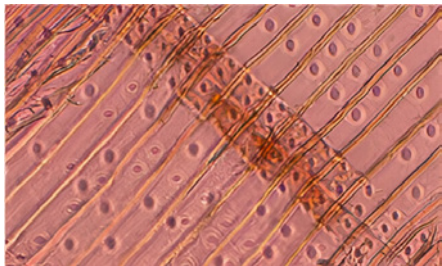


Figura 22. Identificación al microscopio del enebro (sección radial).

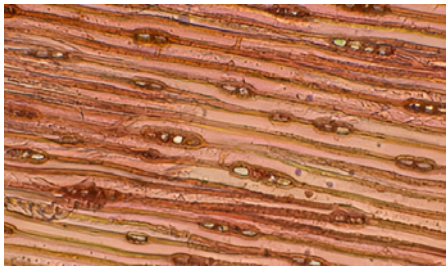


Figura 23. Identificación al microscopio del enebro (sección tangencial).

3.2. Ensayos en laboratorio

Tras la realización de los ensayos hídricos se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 1. La madera más densa se corresponde con el jerbo que, a su vez, es la que sufre una mayor contracción volumétrica. Lo contrario sucede con el enebro que es la menos densa y la que menor contracción volumétrica sufre. Se destaca también que todas las muestras de madera recibidas se encontraban bastante secas, con valores de humedad inferiores al 12%.

Los resultados de los ensayos llevados a cabo con dispositivos no destructivos se muestran en la Tabla 2. La madera con mayor módulo de elasticidad dinámico es el jerbo lo que sugiere que es la de mayor rigidez. Además, la madera de jerbo es la que menor penetración permite, concordando con su mayor densidad, y la de mayor dureza superficial.

Del mismo modo, en la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos destructivos en probetas pequeñas libres de defectos. La madera que tiene una mayor resistencia es la de jerbo, tanto en los ensayos de flexión como de compresión paralela. En segundo lugar, se encuentra la madera de olmo y finalmente la de enebro.

Tabla 1. Ensayos hídricos.

Madera	ρ_{MC} (kg/m ³)	MC (%)	ρ_{12} (kg/m ³)	C _{Vol} (%)
Olmo				
probeta 1	666	9.7	674	11.4
probeta 2	747	9.5	756	11.3
media	706	9.6	715	11.3
Jerbo				
probeta 1	924	9.6	935	14.6
probeta 2	849	9.1	861	18.6
media	886	9.3	898	16.6
Enebro				
probeta 1	615	10.3	620	8.8
probeta 2	611	10.3	616	9.8
media	613	10.3	618	9.3

Tabla 2. Ensayos no destructivos.

Madera	E_{din}^{MST} (MPa)	E_{din}^{TICO} (MPa)		Pilodyn (mm)	Shore
Olmo	14346	15331	trans.	8.3	61.4
			rad.	7.7	56.0
			tang.	5.7	49.6
Jerbo	15092	16109	trans.	3.3	65.2
			rad.	2.7	67.8
			tang.	3.8	67.0
Enebro	7549	8399	trans.	8.5	57.4
			rad.	7.3	58.0
			tang.	7.3	55.4

Tabla 3. Ensayos destructivos en probeta pequeña libre de defectos

Madera	f_m (MPa)	$f_{c,o}$ (MPa)
Olmo		
probeta 1	96.98	48.87
probeta 2	94.55	46.37
probeta 3	80.33	57.64
media	90.62	50.96
Jerbo		
probeta 1	114.30	71.30
probeta 2	117.50	69.15
probeta 3	157.73	69.44
media	129.84	69.96
Enebro		
probeta 1	65.39	46.87
probeta 2	84.29	53.58
probeta 3	47.97	50.84
media	65.88	50.43

Es importante señalar que no es correcto estimar las propiedades mecánicas de piezas de tamaño estructural a partir de ensayos destructivos en probetas pequeñas libres de defectos, como así lo demuestran investigaciones llevadas a cabo anteriormente [25-27]. Esto es debido a que el efecto de las singularidades que determinan la rigidez y, especialmente, la resistencia en piezas de tamaño estructural (como puede ser el diámetro de los nudos) depende en gran medida de las dimensiones de la pieza, especialmente de la relación entre la magnitud de las singularidades y la pieza estructural.

3.3. Clasificación estructural

En la Tabla 4 se muestra la asignación de clase resistente realizada para la madera de olmo. Considerando el parámetro densidad sería una clase resistente D45. Sin embargo, según el parámetro rigidez se corresponde con una D30, estableciéndose esta clase resistente como la definitiva por ser la más restrictiva. Cabe señalar que según la norma de clasificación visual española UNE 56546 [28] esta clase resistente se corresponde también con la del castaño, cuyas ecuaciones experimentales se han utilizado en este trabajo para conocer la rigidez del olmo.

Aplicando la ecuación (7) se obtuvo v_{12} con un valor de 4312 m/s, E_{din} vino dado por la ecuación (2) tomado el valor de 12786 MPa, mientras que E_m se obtuvo mediante la ecuación (6) resultando 11238 MPa.

Tabla 4. Asignación de clase resistente de la madera de olmo.

ρ_m (kg/m ³)	clase resistente correspondiente	E_m (MPa)	clase resistente correspondiente
715	D45	11238	D30

3.4. Cálculo de la estructura

3.4.1. Leyes de esfuerzos y deformada

Una vez asignada la clase resistente a la madera de olmo se procedió a comprobar la sección resistente de la viga.

La estructura se modelizó como una viga continua biapoyada con un extremo en voladizo (Figura 24). El apoyo del extremo es articulado porque la viga no se puede despegar de la pared, al estar retenida por el lobo, aunque sí puede girar. El apoyo intermedio se ubicaba a una distancia de

2.5 m del apoyo del extremo y es deslizante porque las piezas del castillo permiten el giro y además cierto movimiento lineal al no estar unidas mecánicamente entre sí, ni tampoco con la viga. La distancia entre el apoyo intermedio y el otro extremo de la viga donde se aplicaba la carga (posición del huso) era de 8.5 metros, dejando un cogote de 0.5 m hasta el final de la viga. Todas las dimensiones eran reales y se tomaron, según se ha comentado previamente, de la prensa de la bodega comunal.

Se aplicó una carga puntual de 15 kN (correspondiente con el peso propio de la piedra) en el punto de encuentro de la viga con el huso. También se introdujo el peso propio de la viga considerando una carga trapezoidal que simulaba la reducción progresiva de sección que tenía la viga (desde 70x70 cm en el apoyo inicial hasta 50x50 cm en el extremo del voladizo), y una densidad media de 706 kg/m³ (densidad del olmo obtenida experimentalmente). Con estas consideraciones se calculó de la estructura para conocer las reacciones en los apoyos y las leyes de esfuerzos.

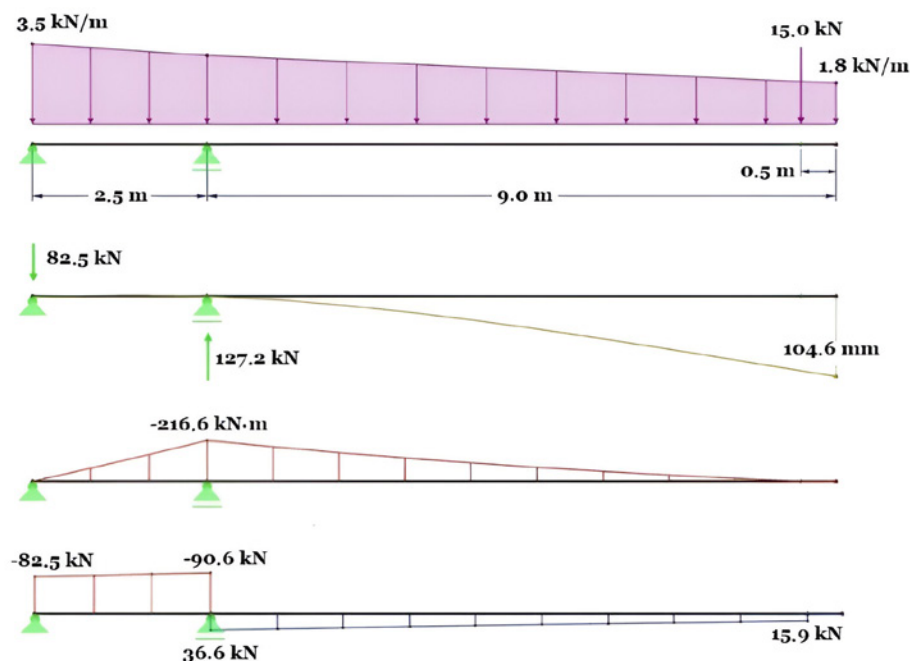


Figura 24. Leyes de esfuerzos de la prensa (de arriba abajo: acciones, deformada y reacciones en los apoyos, flectores y cortantes).

En la forma deformada se aprecia como el voladizo desciende mucho en la zona donde recibe la carga, mientras que ese descenso provoca una combadura ligeramente convexa en el vano inicial de la viga. El momento máximo en la viga es negativo con un valor de - 216.6 kN·m, y se alcanza justo en el apoyo intermedio. El cortante máximo en la viga se produce en el vano que no está en voladizo, con un valor de -90.6 kN. La reacción en el apoyo intermedio de la viga es de 127.2 kN ascendente, mientras que en apoyo extremo es de 82.5 kN descendente.

3.4.2. Comprobación de la viga de olmo

La viga estaba trabajando tanto a flexión como a cortante por lo que era necesario comprobar su resistencia a flexión frente a un momento (M) de 216.6 kN·m, y su resistencia a cortante frente a una carga (Q) de 90.6 kN (Figura 24).

En la zona de máximo momento y de máximo cortante la viga tenía una sección de 65x65 cm. Para una clase resistente D30, correspondiente a la madera de olmo, la resistencia característica a flexión ($f_{m,k}$) es 30 MPa y a cortante ($f_{v,k}$) de 3.9 MPa [19]. Se consideró una duración de la carga corta (menos de una semana) y una clase de servicio 2 (presencia habitual de humedad en el interior de la bodega) con lo que el k_{mod} correspondiente es de 0.9 [28]. Del lado de la seguridad se tomó un coeficiente de 1.5 para la mayoración de todas las cargas, tanto permanentes (peso propio de la viga) como variables (peso propio de la piedra). El coeficiente de seguridad del material (γ_m) era 1.3 correspondiente a madera aserrada.

En la comprobación a flexión la tensión normal de cálculo ($\sigma_{m,d}$) viene dada por la ecuación (8), la resistencia de cálculo a flexión ($f_{m,d}$) se obtiene por la ecuación (9), y el índice de agotamiento a flexión (i_m) por la ecuación (10). Se observa que la viga de olmo estaba agotada un 34 % por flexión.

$$(8) \quad \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{M_d}{b \cdot h^2 / 6} = \frac{1.5 \cdot 216600000}{650 \cdot 650^2 / 6} = 7.10 \text{ MPa}$$

$$(9) \quad f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0.9 \frac{30}{1.3} = 20.77 \text{ MPa}$$

$$(10) \quad i_m = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{7.10}{20.77} = 0.34 = 34\%$$

En la comprobación a cortante, la tensión tangencial de cálculo ($\tau_{v,d}$) viene dada por la ecuación (11), la resistencia de cálculo a cortante ($f_{v,d}$) se obtiene por la ecuación (12), y el índice de agotamiento a cortante (i_v) por la ecuación (13). Se observa que la viga de olmo estaba agotada solamente un 18 % por cortante.

$$(11) \quad \tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_d}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1.5 \cdot 90600}{650 \cdot 650} = 0.48 \text{ MPa}$$

$$(12) \quad f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0.9 \frac{3.9}{1.3} = 2.70 \text{ MPa}$$

$$(13) \quad i_v = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.48}{2.70} = 0.18 = 18\%$$

4. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se ha estudiado la estructura y el funcionamiento de la prensa tradicional de uva de la comarca del Cerrato palentino. Se comenzó identificando con microscopía las especies de madera colocadas en los elementos principales de la estructura. Así, se constató que la madera obtenida de la viga de olmo era *Ulmus minor* Mill., de la viga de enebro, *Juniperus thurifera* L., y del huso de jerbo, *Sorbus domestica* L.

Una vez conocidas las especies se realizaron una serie de ensayos no destructivos donde se averiguaron propiedades físicas como el módulo de elasticidad dinámico, la penetración o la dureza Shore; ensayos hídricos para conocer la humedad, la densidad y la contracción volumétrica y, finalmente, ensayos destructivos para obtener la resistencia a flexión y la resistencia a compresión paralela. De los resultados experimentales destaca la madera de jerbo por tener mayor densidad, rigidez, resistencia a la penetración, dureza superficial, resistencia a flexión y resistencia a compresión paralela que el olmo y el enebro. Al tratarse de especies cuyas propiedades no están muy estudiadas los resultados de estos ensayos pueden ser de gran utilidad para posteriores investigaciones y comparación con otras maderas.

Finalmente se procedió a comprobar la resistencia de la viga de la prensa. Para ello, previamente se asignó una clase resistente D30 para la madera de olmo. Se realizaron las comprobaciones de flexión y de cortante en la viga constatando que trabajaba adecuadamente con un agotamiento a flexión del 34 % y a cortante del 18 %. Ante estos niveles de agotamiento se puede concluir que la estructura de la prensa, tal y como está concebida empleando las maderas y secciones tradicionales, es perfectamente funcional para el cometido que se había diseñado. Por tanto, es posible restaurar estos artilugios industriales con todas las garantías simplemente siguiendo las directrices tradicionales sin necesidad de añadir refuerzos o modificaciones estructurales.

La asignación de una clase resistente a partir de ensayos no destructivos es un método conocido por su publicación en numerosos artículos de los últimos años, algunos de los cuales están incluidos en las referencias de este documento. En este trabajo simplemente se utiliza esta metodología para caracterizar especies de madera poco habituales.

Adicionalmente, cabe señalar que algunas de estas prensas tradicionales no fallaban únicamente por el agotamiento mecánico de la viga, encontrándose también otros fallos documentados como la rotura de los vaineros o de los pies derechos del apoyo, el vuelco de la prensa por desarme de las rios-tras, o los descuadres y roturas de las uniones entre elementos. Por otra parte, el número de muestras utilizado en este trabajo es reducido por lo que en posteriores investigaciones se pretende profundizar en el análisis estructural de estos artilugios mediante el estudio de varias prensas y la toma de un mayor número de muestras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran mostrar su agradecimiento a la Asociación Barrio de Bodegas de Baltanás, especialmente a Ángel Fombellida Villafruela por compartir generosamente su conocimiento y su buen hacer, al Laboratorio de Materiales de Construcción de la ETSAM-UPM y a la empresa Dlubal Software GmbH.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Trabajo realizado en el marco del Proyecto APS 23.0310, “Conservación preventiva de los elementos patrimoniales de madera en el Barrio de Bodegas de Baltanás (Palencia)”, financiado por la Universidad Politécnica de Madrid.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Jose Ramón Aira Zunzunegui: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

Laura Gonzalo Calderón: Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

Beatriz del Río Calleja: Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Redacción – borrador original.

David Sanz Arauz: Conceptualización, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Redacción – borrador original.

REFERENCIAS

- [1] B. Del Río Calleja, D. Sanz-Arauz, M. Rodríguez-Escalante, and A. Muñoz-Cosme, “El Barrio de Bodegas de Baltanás, Palencia: Un ejemplo de cambio de modelo en la conservación del patrimonio cultural,” *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism*, no. 5, pp. 404–421, 2024, doi: 10.51303/jtbau.vi5.773.
- [2] A. Muñoz-Cosme, *La intervención en el patrimonio arquitectónico en España. 1975-2015*. Murcia, España: Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia, 2020.
- [3] M. Harutyunyan and M. Malfeito-Ferreira, “Historical and heritage sustainability for the revival of ancient wine-making techniques and wine styles,” *Beverages*, vol. 8, no. 1, p. 10, 2022, doi: 10.3390/beverages8010010.
- [4] Humbel, X.; Le Page, J. 1976. Vieux pressoirs sans frontières. Librairie Guenegaud.
- [5] B. Lauvergeon, “Les grands pressoirs bourguignons pré-industriels: essai de chrono-typologie,” *In Situ. Revue des patrimoines*, no. 5, 2004, doi: 10.4000/insitu.2447.
- [6] C. Duque Herrero, *Vino, lagares y bodegas*. Valladolid, España: Ediciones Castilla, 2006.
- [7] Y. Peña Cervantes, “Los lagares rupestres de la Península Ibérica: sistemas de estrujado y problemática cronológica,” *ArkeoGazte: Revista de arqueología-Arkelogia aldizkaria*, vol. 9, pp. 83–99, 2019. [Online]. Available: <https://arkeogazte.org/monografico-arqueologia-y-trabajo>.
- [8] S. Scandurra and V. Cera, “Gli spazi della conservazione del vino: studio e rilievo delle bodegas españolas,” *Disegno-open access*, pp. 1067–1082, 2022, doi: 10.3280/oa-832-c72.
- [9] F. Jové Sandoval and J. L. Sáinz Guerra, *Arquitectura excavada. Las bodegas de Baltanás Bien de Interés Cultural*. Valladolid, España: Junta de Castilla y León. Cátedra Juan de Villanueva, 2016, pp. 1–60. [Online]. Available: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/24133>.
- [10] J. R. Ruiz Checa, “Sabina albar (*Juniperus thurifera*) en la arquitectura vernácula: los chozones ganaderos (Guadalajara-España),” presented at the 6º Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Valencia, España, Oct. 21–24, 2009. Madrid: Instituto Juan de Herrera. [Online]. Available: http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNH6_%20%28120%29.pdf.
- [11] L. García and A. Guindeo, *Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas*. Madrid, España: AITIM, 1988.
- [12] F. Schweingruber, *Anatomy of European woods*. Stuttgart, Germany: Paul Haupt Berne & Stuttgart Publishers, 1990.
- [13] *UNE-EN 13183-1:2002: Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa*. Madrid, España: AENOR, 2002.
- [14] *UNE-EN 408:2011+A1: Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas*. Madrid, España: AENOR, 2011.
- [15] *UNE 56533:1977: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica*. Madrid, España: AENOR, 1977.
- [16] *UNE-EN 384:2016+A1: Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad*. Madrid, España: AENOR, 2016.
- [17] *UNE 56537:1979: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática*. Madrid, España: AENOR, 1979.
- [18] *UNE 56535:1977: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial*. Madrid, España: AENOR, 1977.
- [19] *UNE-EN 338:2016: Madera estructural. Clases resistentes*. Madrid, España: AENOR, 2016.
- [20] S. Vignote, *Principales maderas de frondosas de España. Características, tecnología y aplicaciones*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- [21] A. Vega, “Caracterización mecánica de la madera estructural de Castanea sativa Mill. clasificación visual y evaluación mediante métodos no destructivos (Mechanical characterization of Castanea sativa Mill. structural sawn timber: visual grading and non-destructive testing evaluation),” Ph.D. dissertation, USC, Lugo, España, 2013. [Online]. Available: <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/9345>.
- [22] A. Vega, F. Arriaga, M. Guaita, and V. Baño, “Proposal for visual grading criteria of structural timber of sweet chestnut from Spain,” *European Journal of Wood Products*, vol. 71, pp. 529–532, 2013, doi: 10.1007/s00107-013-0705-4.
- [23] D. F. Llana, G. Íñiguez-González, M. R. Díez, and F. Arriaga, “Nondestructive testing used on timber in Spain: A literature review,” *Maderas Ciencia y Tecnología*, vol. 22, no. 2, pp. 133–156, 2020, doi: 10.4067/S0718-221X2020005000201.
- [24] CTE DB SE-M, *Código Técnico de la Edificación, Documento Básico, Seguridad Estructural*. Madera. Madrid, España: Ministerio de Fomento, 2019.
- [25] A. M. Jamil, J. M. Zamin, and M. K. M. Omar, “Relationship between mechanical properties of structural size and small clear specimens of timber,” *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 25, no. 1, pp. 12–21, 2013. [Online]. Available: <https://jtf.s.frim.gov.my/jtfs/article/view/313>
- [26] M. A. Butler, J. Dahlen, F. Antony, M. Kane, T. L. Eberhardt, H. Jin, K. Love-Myers, and J. P. McTague, “Relationships between loblolly pine small clear specimens and dimension lumber tested in static bending,” *Wood and Fiber Science*, vol. 48, no. 2, pp. 81–95, 2016.
- [27] L. Krajnc, N. Farrelly, and A. M. Harte, “Relationships between wood properties of small clear specimens and structural-sized boards in three softwood species,” *Holzforschung*, 2019, doi: 10.1515/hf-2019-0039.
- [28] *UNE 56546:2022: Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de frondosas*. Madrid, España: AENOR, 2022.