EL NUEVO ENFOQUE EN LOS ENSAYOS MECÁNICOS DE LA MADERA ASERRADA PARA USO ESTRUCTURAL EN LA NORMATIVA EUROPEA

Íñigo Ariza López

Con el fin de homogeneizar la diversidad de normas existentes referentes al mercado de la madera surge una nueva normativa europea que, además de unificar la de todos los países comunitarios, introduce cambios sustanciales, con importantes consecuencias en el ámbito de las importaciones, entre otros.

Europa es una consumidora importante de madera a nivel mundial. De forma aproximada, se puede decir que el Viejo Continente importa un total de 33,5 millones de m^3 frente a los 22 que suponen el mercado en su interior (y, de este mercado interior, el 90% procede de los países escandinavos, lo que da idea de su déficit). Aunque la producción maderera del cono sur de América resulta ser poco importante en este total de la madera que consume Europa. Este destino, sin embargo, supone una fracción casi mayoritaria de las importaciones sudamericanas.

En este contexto de intercambio de materias primas a nivel mundial, nos encontramos con una gran diversidad en la normativa técnica referente a la madera, lo que resulta poco conveniente para el mercado. Sin perjuicio de lo dicho, el espíritu de estas normativas técnicas en los distintos países suele ser muy similar. Es usual que las normas de algunos países tengan un referente claro en las normas más antiguas de países con experiencia reconocida en dicho campo. En este contexto podemos citar como ejemplos las normas de los EE.UU, ANSI; o las normas COPANT en Sudamérica, que son un interesante ejemplo de unificación en esta materia de varios países. En Europa existía una atomización completa de la normativa, país por país.

Pero la nueva normativa de ensayos europea que vamos a presentar posee un interés y una novedad doble:

Por un lado, todo entendido estará atento a los cambios que se producen a su alrededor, más cuando se trata de una normativa que unificará la de todos los países de la Unión Europea, con consecuencias importantes para las importaciones. Ello surge de la directiva comunitaria 89/106/CEE, que obliga a la unificación normativa dentro de la Comunidad. Por ello todas las normativas nacionales se hallan en proceso de sustitución. En el caso de la madera para uso estructural, los cambios son importantes, y afectan a la denominación, a la forma de obtención de los valores mecánicos, a la clasificación del producto de cara al consumo, etc. Por tanto tiene un interés evidente para los exportadores, añadido a la simplificación que supone tratar con una normativa única.

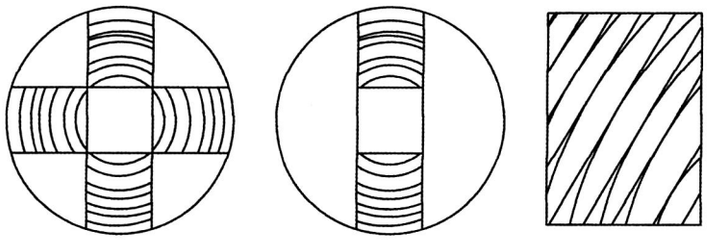
Además, en el caso de la madera, son frecuentes las exportaciones desde países productores: Canadá, EE.UU, Chile, Rusia y países del Norte de Europa. Así es usual que la normalización o los distintivos de calidad (de forma genérica) se basen en el prestigio del país productor, o incluso en el sistema propio de cada aserradero.

Las normas existentes en la Europa comunitaria hasta ahora eran bastante parecidas en lo que respecta a los ensayos, sobre todo en la forma de entender la madera como material resistente. Pertenecían al llamado *"enfoque de las tensiones básicas"*. Según esta forma de trabajar, para obtener los esfuerzos mecánicos se ensayaban probetas de tamaño pequeño, y, en general, libres de defectos, ya que estos tamaños imposibilitan la inclusión de defectos relevantes y usuales en piezas, como pueden ser nudos y fendas o incluso una desviación generalizada de la fibra, pues al ser tan reducidas, esto impide trabajar la probeta. Era usual con este enfoque rechazar probetas con defectos, por ejemplo, en las normas UNE se desecha el corazón o zona central.

Otras normas, como las COPANT en América, aplicaban un enfoque similar. En este caso las dimensiones de las probetas eran algo mayores. En cualquier caso nos movemos con dimensiones que pueden oscilar entre los 20 a 50 mm de lado por 700 a 750 mm de longitud, según la norma y el tipo de ensayo.

El origen de esta forma de entender los ensayos puede ser variado. En un enfoque estadístico simple, se pretende realizar ensayos sobre probetas de un tamaño que sería representativo en otros materiales con mayor homogeneidad en su constitución. La madera es quizá el material con mayores diferencias en el comportamiento de los que se usan en la construcción. Se trata del tejido de un ser vivo, que se ha ido adaptado a situaciones muy diversas, hay incluso diferencias importantes dentro de un mismo individuo. Casi no hay mejora genética, existiendo gran diversidad y entrecruzamiento. Como consecuencia, entre especies afines es muy posible que obtengamos más diferencias entre los distintos individuos que las debidas a cualquier otro parámetro.

Precisamente esa dificultad de obtener una pieza para probeta con las características perfectamente homogéneas ha llevado a tamaños tan reducidos de probetas en los que las cualidades son homogéneas. También es posible que ello provenga de una época en la que se podía disponer de piezas muy buenas de madera aserrada, con pocos defectos[1].



Con estos ensayos se obtenían las llamadas *tensiones básicas* para cada especie. No se obtendrían tensiones características como en el resto de los materiales, la falta de confianza llevaba al concepto de las tensiones básicas, y se establecía una diferencia entre la madera y cualquier otro material de construcción. Al obtenerse dichas tensiones básicas, distintas de las tensiones de cálculo, se tienen que aplicar minoraciones mediante una serie numerosa de tablas de uso pesado, en las que se recogen los defectos más usuales, o bien, cada cual utiliza su experiencia.

Por tanto, observamos en esta forma de tratar el material dos aspectos llamativos: un sentido estadístico pobre e inadecuado, si tenemos en cuenta la naturaleza heterogénea de la madera, muy distinta a la de otros materiales; y el uso poco claro de esta "traducción" de los resultados de los ensayos a la realidad del uso de la madera.

El segundo punto de interés de la normativa nueva radica en el enfoque novedoso que se emplea para la madera de uso estructural, y sobre el que nos extenderemos más adelante. Diremos que se trata de ensayos sobre piezas de madera aserrada con las dimensiones comerciales de cada procedencia o aserradero, es decir, en general, vigas (tablones). Se tienen en cuenta por tanto las posibilidades de aserrado que permite la madera. Se ensaya una cantidad importante de piezas en número y volumen total, con los defectos usuales de éstas tras el aserrado y secado, una vez clasificadas en calidades estructurales. Con lo cual, incorporaremos a los resultados mecánicos la incertidumbre que supone la inclusión de los defectos normales en elementos grandes, tal y como salen del aserrado. Obtendremos los valores de *resistencias características* y no de *tensiones básicas* como ocurría antes, para así unificar su utilización con la de cualquier otro material resistente, y lo que es más importante, un mayor nivel de confianza en estos ensayos. Recordemos que se entiende por valores característicos aquéllos que tienen una probabilidad del 95% de ser superados. Para el calculo los valores característicos se ponderan (reducen) con los coeficientes para cada material.

LA NUEVA NORMATIVA EN SU CONJUNTO

Antes de entrar de lleno en los ensayos hemos de entender el ámbito en el que se inscriben éstos, y que resulta en la práctica tan importante o más que los propios ensayos.

Estos ensayos se aplican para determinar las resistencias características, que tendrán carácter normativo a partir de entonces. Esto se realiza, dado el volumen importante de material y dispositivos, por laboratorios con cierta entidad y capacidad. Los nuevos ensayos no son adecuados para el control de calidad, aunque sí pueden ser un precedente normalizado de ensayos de elementos resistentes

Para las bases teóricas y prácticas del cálculo de la madera en estructura se establece el Eurocódigo Estructural nº 5, que posee adaptaciones en cada país. En esta normativa se designa el material resistente madera con una letra (C o D en madera aserrada para conífera o frondosa, respectivamente), seguido de la resistencia característica a flexotracción expresada en megapascales (N/mm^2). Tendremos valores desde C-14 hasta C-28, en coníferas, por ejemplo. Por tanto, como ya dijimos, el cálculo y la denominación es similar al de otros materiales estructurales.

Para llegar en la práctica a obtener dichas resistencias características necesitamos la calidad estructural del material, obtenida ya sea por la llamada clasificación visual o con la clasificación mecánica. La clasificación visual utiliza los defectos aparentes de la madera tales como fibra, anillos, nudos, etc., y es similar a la de otros países. Para dicha clasificación se usan los mismos criterios en cada país miembro, sólo que varía el ámbito de las especies a las que se aplica. Actualmente están aún en proceso de revisión, son las EN 518 y EN 519, y que en España son las UNE-EN-56.544 para clasificación visual de madera aserrada de conífera de uso estructural y UNE-EN-56.544 para clasificación mecánica de madera aserrada. Las calidades estructurales obtenidas son 1ª, 2ª, y según los países una 3ª, más el *"rechazo"*.

Posteriormente necesitaremos saber relacionar estas calidades con valores de resistencia característica aceptada. El conjunto de normas implicadas quedan reflejadas en la tabla.

En la norma EN 338 se establecen los conceptos generales sobre clases resistentes y la obtención de las resistencias características. Las condiciones de muestreo e interpretación de los ensayos se dan en la norma EN 384, en la cual se establece, además, la posibilidad de comparar estos ensayos con otros sobre probetas "pequeñas libres de defectos", tal como las cita textualmente. Los ensayos de propiedades mecánicas paralelas a las fibras y densidad

NUEVA NORMATIVA EUROPEA SOBRE LOS ESTADOS LIMITES

EN 844	Madera aserrada y madera en rollo. Terminología.
EN 338	Madera estructural. Clases resistentes.
EN 384	Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades físicas y mecánicas.
EN 336	Madera estructural. Coníferas y chopo. Dimensiones y tolerancias.
EN 408	Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.
EN 1193	Estructuras de madera. Madera estructural y madera laminada encolada. Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante y de las propiedades mecánicas en dirección perpendicular a la fibra.
EN 518	Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural: madera de coníferas.
UNE-EN 56.544:99	
EN 519	Clasificación mecánica de la madera aserrada para uso estructural.
UNE-EN 56.545	Marcado de la madera clasificada.
EN 1912	Asignación de especies y calidades visuales.

ASIGNACIÓN DE CALIDADES DE ESPECIES FRONDOSAS A CLASES RESISTENTES

Clase Resistente	País que publica la norma de clasificación (véase nota 1 al final de la tabla)	Calidad (Véase nota 1)	Especies Nombre comercial	Procedencia	Identificación botánica
D70	Reino Unido	HS	Balau	Sudeste de Ásia	113,114
		HS	Greenheart	Guayana	110
D60	Países Bajos	A/B	Azobé	Oeste de África	100
	Reino Unido	HS	Ekki	Oeste de África	100
		HS	Kapur	Sudeste de Ásia	86
		HS	Kempas	Sudeste de Ásia	98
D50	Reino Unido	HS	Keruing	Sudeste de Ásia	80
		HS	Karri	Oeste de Australia	90
		HS	Opepe	Este de África	107
		HS	Merbau	Sudeste de Ásia	94,95
D40	Reino Unido	HS	Iroko	Africa	103,104
		HS	Jarrah	Este de Australia	91
		HS	Teca	Sudeste de Ásia	117
D35	–				
D30	–				
NOTA 1 - Las calidades relacionadas en esta tabla se especifican en las normas de clasificación relacionadas en el anexo A					

Fig. 2. La relación de especies - resistencias según la norma europea EN-1912:98. Incluye también maderas foráneas

pendiculares a la fibra y esfuerzos de corte o desgarro se ven en la norma EN 1193. En todo este proceso se busca una correlación entre las clases de madera aserrada estructural y las propiedades en valores característicos, ya sean mecánicas o físicas (caso de la densidad). Esta correlación se acepta a partir de entonces para cada grupo de especie + procedencia + calidad, lo que nos da una resistencia característica a flexotracción y con ella el resto de propiedades necesarias para el cálculo. Dichas correlaciones se publican también en forma de norma, en este caso la EN 1912. Por tanto este es quizá el apartado más importante de cara a la comercialización y construcción. Observemos que la relación de especies-resistencias incluye maderas foráneas.

Señalamos entre estas normas hemos el valor práctico que posee la clasificación visual, pues al ser bastante sencilla (reducida a dos o tres clases resistentes y unificada) e ilustrativa de los defectos de la madera, se puede usar incluso en la recepción del material en obra.

Con todo ello vemos que la nueva normativa de ensayo, sin perder su novedad, es una parte en el conjunto de normativas europeas sobre madera.

EL NUEVO MÉTODO DE ENSAYOS EN MADERA ASERRADA PARA USO ESTRUCTURAL

En este apartado haremos referencias a aspectos de las normas EN-384 y 408. Como vimos, en el llamado nuevo enfoque se ensayan las propiedades mecánicas con elementos de tamaño comercial, según las "dimensiones representativas de cada procedencia o aserradero" (EN 384). No existen probetas en el sentido tradicional de pieza extraída o seleccionada, se ensayan lo que pueden ser elementos estructurales completos con sus defectos, tal y como salen del aserrado y repasado de sus caras.

A primera vista, además del tamaño de las probetas, que veremos más adelante, resalta el tamaño de las muestras, pues se aplica un enfoque estadístico que usa gran cantidad de material. Tenemos un mínimo de 40 probetas por muestra, y al menos una muestra por cada tamaño representativo. Valga como ejemplo, que para evitar penalizaciones en los resultados necesitaremos un mínimo de 200 probetas para 5 muestras o de 400 probetas en el caso de tengamos sólo 4 muestras. Compárese con los tamaños de muestra de las normas de ensayos anteriores, unas 200 frente a 50 ó 60 de las normas UNE (normas españolas), o alrededor de 30 en las normas COPANT, ambas para ensayos de flexión, y todo ello referido a unos valores comunes en la dispersión de los resultados. Este hecho, unido a una serie de ensayos sobre las probetas bastante más exhaustivos que los de cualquier norma hasta el momento, hace necesarias unas instalaciones y personal abundante.

Se deben ensayar las dimensiones (secciones) usuales del aserrado para uso estructural de cada procedencia, que como sabemos, está muy limitado por el tamaño y calidad de las trozas. El canto de referencia es de 150 mm. La longitud para los ensayos de flexión y cortante, es de al menos 19 veces la mayor dimensión transversal. Para los ensayos de tracción y compresión necesitaremos una longitud de sólo 18 y 9 veces el canto, respectivamente. En la práctica, salvo el caso de grandes despieces o árboles con mucha desviación en la fibra, nos limitará más la sección máxima que se obtiene de cada procedencia, y no la longitud de la viga. Compárense esas dimensiones (para un canto de 150 mm, tendríamos una longitud de, al menos, 2,85 m) con las dimensiones de 50 x 50 x 750 mm, en las normas COPANT o incluso los 30 x 30 x 300 mm, de las normas españolas, para ensayos de flexión.

En España estos ensayos se han realizado hasta el momento con especies de coníferas *(Pinus sylvestris L., Pinus nigra Arn., Pinus pinaster Ait., Pinus radiata D. Don.)*, por los laboratorios del INIA en Madrid y Valsaín.

Previamente a los ensayos mecánicos se acondicionan las probetas a un 65% de humedad relativa y 20ºC, lo que en las coníferas equivale a un 12% de humedad aproximadamente, se

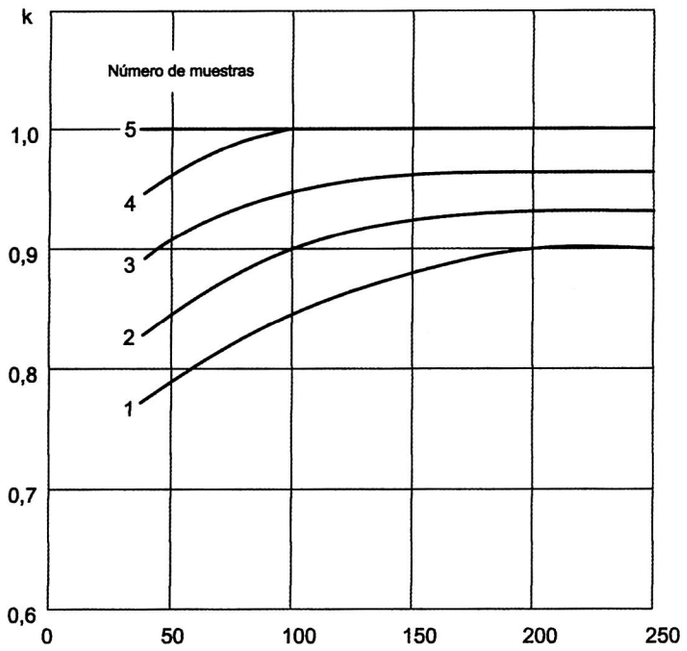


Fig. 3. Tamaño de muestra mínimo y penalización de la resistencia característica dependiendo del número de probetas

determinan las dimensiones, la densidad y el contenido en agua. Tanto el peso específico como el contenido en humedad se volverán a comprobar en todas la probetas una vez rotas las piezas. El contenido de humedad obtenido por desecación servirá además para relacionarlo con las medidas hechas con higrómetro de resistencia, medida mucho más fácil de obtener, pero indirecta.

Todas las probetas se marcan según la clasificación visual o mecánica o incluso relacionando ambas. En cualquier caso, además del marcado normativo y otras referencias de la probeta se señalan los defectos en la llamada *zona crítica* que es el tercio central de la viga, para relacionarlo con posterioridad con los resultados experimentales.

La determinación de los valores relacionados con la flexión comprende, a diferencia de enfoques anteriores, no uno, sino una serie de ensayos, que culminan con la rotura de la probeta (ensayo de resistencia). Se empieza por la determinación de los módulos de elasticidad. Debido a la dificultad de deslindar la influencia en la deformación de una viga de madera de tamaño *real* de los componentes de la flexión, del cortante e incluso de fenómenos menos teóricos pero mucho más relevantes en una medida precisa, como es el aplastamiento en los apoyos y en los puntos de aplicación de las cargas, los ensayos poseen dispositivos más complejos que los vistos hasta ahora y formulaciones que no resultan inmediatas.

En primer lugar estudiaremos el ensayo de determinación del módulo de elasticidad en flexión, aunque no se trate del primero que necesariamente se realiza, aunque sí es el más ilustrativo y quizá el más característico de todos ellos.

Las condiciones generales del ensayo son similares a otros: como hemos viso la humedad estará estabilizada en torno al 12%; la velocidad de carga debe ser constante tal que las deformaciones sean menores de 0,003 h (mm/s); y la precisión en la medida será del 1% ó 0,02 mm para flechas inferiores a 2 mm. Se permite el uso de placas de reparto y topes laterales para evitar el vuelco.

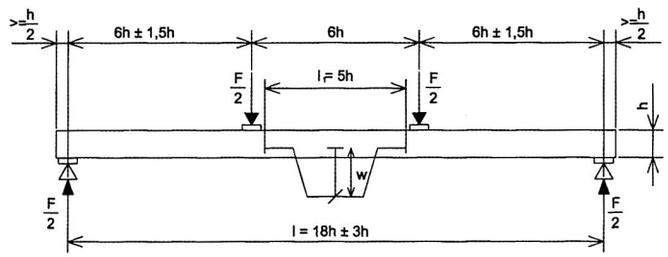


Fig. 4. Dispositivo de módulo en ensayo a flexión

En el dispositivo de ensayo general (según figura) tenemos una separación mínima entre apoyos de 18 veces la mayor dimensión transversal, y la longitud de la pieza debería ser al menos, 19 veces esta medida. La carga se aplica en dos puntos, separados entre sí 6 veces el canto. Se introducen mejoras respecto a los ensayos tradicionales. El diagrama de carga no es triangular (al igual que en las normas americanas), lo que lo acerca más a los estados usuales de carga. Además, esta disposición permite ensayar con esfuerzos de flexión constantes el tercio central de la viga, llamada por la norma *"zona crítica"*, por lo que en este tercio central la viga romperá por la zona más débil. Se puede hacer por ello una correlación con los defectos visibles, o con las marcas obtenidas de la clasificación mecánica. Todo ello se recogerá en el llamado *informe de ensayo*. Pensemos que en un estado de carga triangular la viga tenderá a romper en el centro, aunque quizá posea defectos determinantes en otras partes, de forma que la influencia de éstos será menos evidente, y ello resulta de interés importante en un material tan heterogéneo como la madera.

En los ensayos de determinación del módulo de elasticidad no se debe llegar a agotar el límite elástico ni a dañar la probeta, que quedará disponible para las siguientes pruebas.

Ensayar probetas de este tamaño nos permite, además, tener un control más exhaustivo mediante dispositivos más complejos como el de la figura. Por ejemplo, se evita la incidencia del aplastamiento en los apoyos mediante el uso de la llamada *"percha"*, pieza en V según figura, con la que se miden las deformaciones en la parte central (5 veces el canto de la pieza), sin llegar ni siquiera a los puntos de aplicación de carga. Además, con esta percha se recogen las deformaciones sólo en el tercio central, en una zona con momento flector constante.

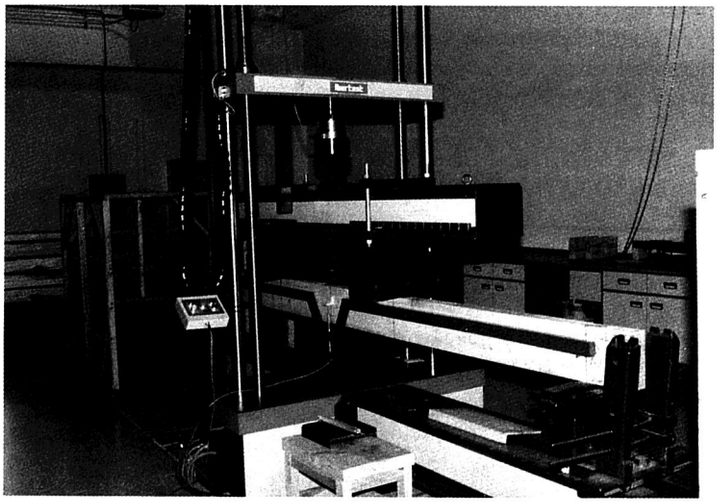


Fig. 5. Ensayo del módulo en resistencia a flexión (lab. INIA, Madrid)

Por tanto la obtención del módulo es inmediata:
Siendo F, las cargas inicial y final, y w, las deformaciones:

$$E_m = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16l_1^2 (w_2 - w_1)}$$

Los ensayos de determinación del módulo de cortante se pueden realizar de dos maneras, por el método de la luz única, más sencillo, o por el de la luz variable, compuesto por una serie de 4 ensayos sobre la misma viga. El módulo de cortante es un valor difícil de obtener experimentalmente pero muy útil a efectos de cálculo.

La determinación del módulo de cortante por el método de la luz única es más fácil de obtener experimentalmente, aunque más inexacto. Se obtienen dos módulos, el *módulo de elasticidad aparente y el módulo de cortante*. El dispositivo es el que se muestra:

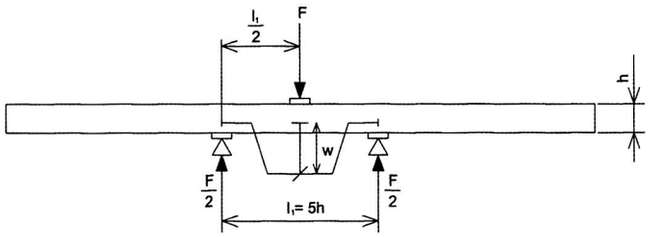


Fig. 6. Dispositivo de ensayo de elasticidad aparente

Como vemos se vuelve a utilizar la percha con objeto de reducir la influencia del aplastamiento cercano a los apoyos, ya que ésta se colocará alejada de la superficie de apoyo. Para obtener el módulo de cortante es necesario haber calculado anteriormente el módulo de elasticidad en flexión.

En el método de la luz variable, el dispositivo es similar, pero se repite la operación al menos cuatro veces en cada viga. Parece ser más preciso, aunque los dos sean a efectos igualmente válidos. Se usa una combinación de diferencias $(h/l)^2$ aproximadamente iguales, lo que para el canto de referencia de 150 mm, nos da una serie de aproximadamente 3000, 1300, 965 y 800 mm de luz, respectivamente. La obtención del resultado numérico no es inmediata. Se calculan los módulos de elasticidad aparentes para cada luz, se representan junto con los valores $(h/l)^2$, y se halla una regresión lineal (pendiente K_1), el módulo de cortante valdrá: $G=K_G/K_1$, siendo $K_G=1,2$ en general.

Una vez hechos todos los ensayos anteriores se pasa a los ensayos de resistencia a la flexión estática. Las condiciones del dispositivo se recogen en la figura adjunta, similar al de módulo en flexión. Se limita la velocidad de carga, y por parte de los laboratorios se utilizan una serie de precauciones que en el caso de probetas pequeñas no tendrían ningún sentido, como son las redes de protección contra astillas, ya que estas pueden saltar con fuerza y herir. Comúnmente se colocan micrómetros hasta que se prevé la rotura, entonces se retiran y se registra tan sólo la carrera de la prensa. Estos aspectos prácticos no se registran en la norma.

Posteriormente se vuelven a comprobar en las cercanías de la zona de rotura la densidad y contenido en humedad. Asimismo se reflejan en el informe de ensayo todos los condicionantes que se sospechen puedan relacionarse con los resultados. Así es posible ir refinando o comprobando la veracidad de las condiciones de clasificación, la influencia de factores no reconocidos hasta el momento, las dificultades de realización de los ensayos, etc. Es una novedad de interés al menos en teoría, pero por su carácter poco definido, depende de la voluntad o de la intuición de los técnicos.

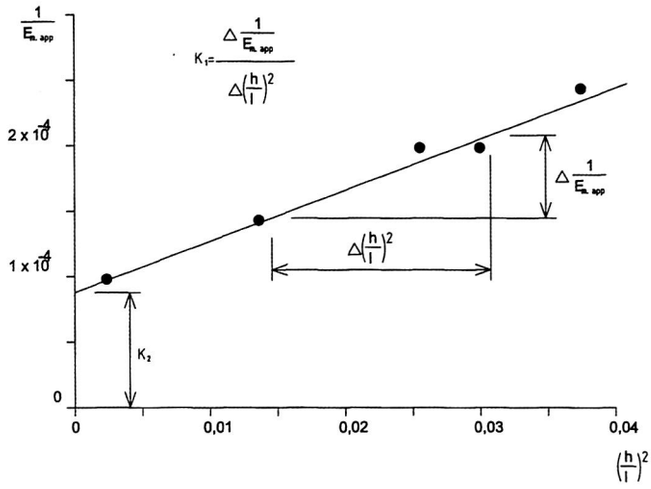


Fig. 7. Determinación del módulo de esfuerzo cortante por el método de la luz variable

ALGUNAS CONCLUSIONES

Según vemos las novedades se dan tanto en los dispositivos de ensayos, como en la secuencia de ensayos sobre una misma probeta, módulo de cortante, de flexión, que culminan en la rotura a flexión. Se trata de una serie mucho más compleja y global que los anteriores métodos de ensayo, algunos de los cuales ni siquiera incluían la determinación del módulo en flexión.

En el caso de otros ensayos mecánicos ha habido también cambios importantes. Los esfuerzos tangenciales se ensayan con la ayuda de montajes con chapas de acero encoladas con resinas epoxi. Tanto en éstos como en el caso esfuerzos de tracción y compresión en el sentido de la fibra, se usan en la madera aserrada secciones completas, también representativas. En el caso de los ensayos de compresión y tracción paralela a la fibra, los dispositivos no son demasiado complejos, y utilizan también secciones completas.

Un aspecto práctico pero muy relevante es el del secado, más importante al tratarse de probetas de cierto tamaño. En los laboratorios del INIA se solucionaba gracias a la experiencia acumulada a lo largo de años de experimentación en ese tema, y se disponía de unas cámaras de secado rápidas y con resultados óptimos en cuanto a profundidad y homogeneidad del secado. Otras alternativas pasan por un secado lento y prohibitivo, o bien secados defectuosos que producen deformaciones en las piezas durante el transcurso de los ensayos.

Caben otros estudios paralelos, pues el esfuerzo realizado compensa para correlacionar los resultados imprescindibles, esa información tan abundante, con otros ensayos no recogidos en la norma. En el caso de los laboratorios del INIA, se ensayaba además la pieza a flexión, hallando el módulo, en el sentido de menor inercia de la pieza, con una distancia entre apoyos de 900 mm, y utilizando los mismos parámetros físicos de deformación o fuerza límite por cada sección que se usan en la clasificación mecánica, para relacionarlo con ésta.

Vemos también que el tamaño de muestra descarta producciones pequeñas, que si bien no suelen ser el caso en América, sí son frecuentes en otras zonas. Este tamaño y la elevada cantidad de ensayos que se han de realizar obligan a disponer de un laboratorio amplio, con sistemas de seguridad y transporte y con gran cantidad de efectivos humanos, lo que encarece enormemente el trabajo, además del costo de la propia muestra, que no es despreciable.

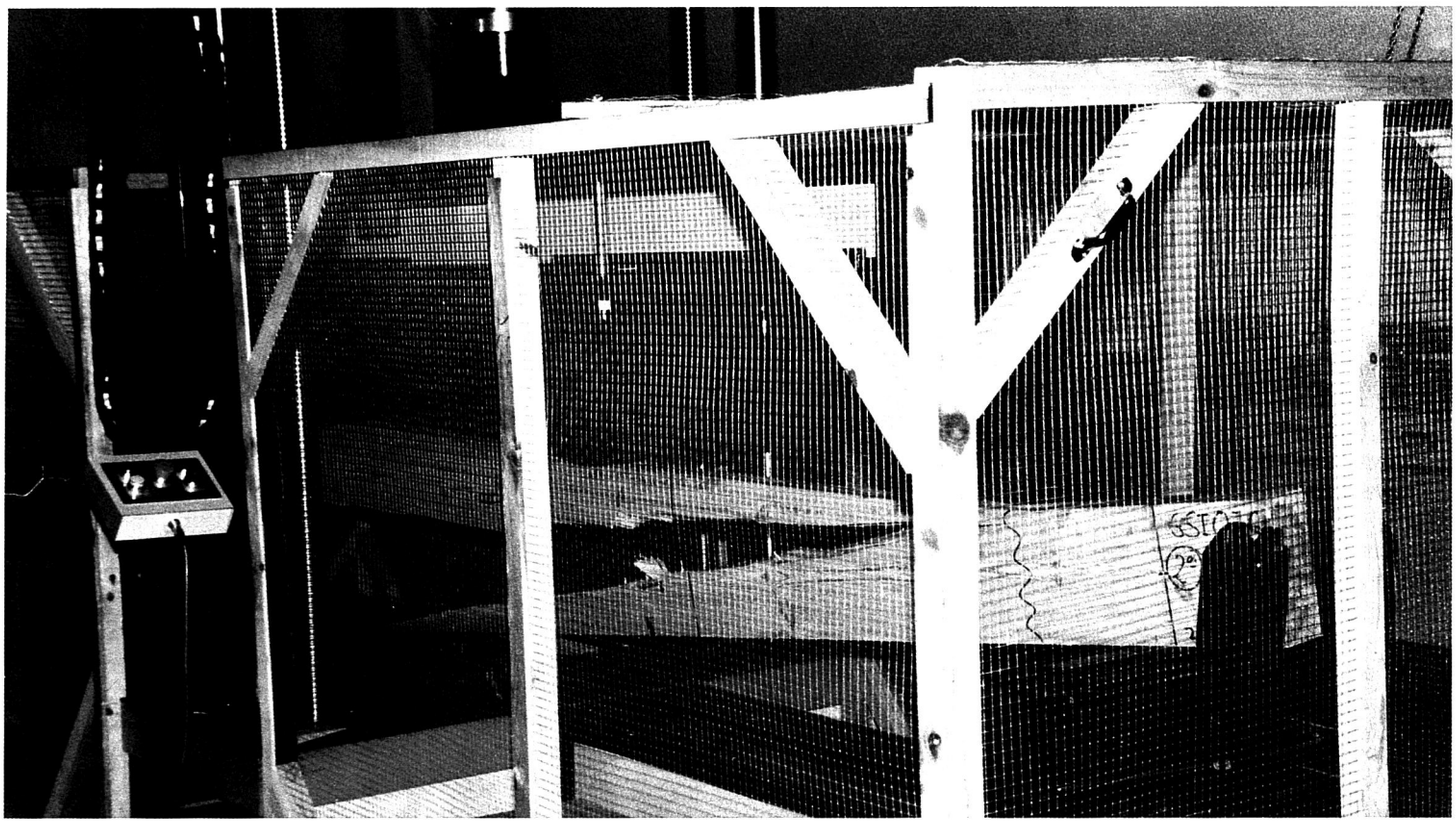


Fig. 8. Probeta con ensayo de resistencia a flexión (lab. INIA, Madrid)

La complejidad de esta normativa en lo que se refiere a los ensayos producirá seguramente la reticencia de muchos especialistas, dada esa gran incertidumbre que se tiene con este material. Puede parecer negativo ese exceso quizá de refinamiento teórico al definir distintos módulos, y diversidad de propiedades mecánicas y físicas para cada clase resistente. Pero, debido al planteamiento más complejo y global de los ensayos, que emplean gran cantidad de piezas con el tamaño propio de su uso, con defectos y distintas calidades, hemos de convenir que se obtendrán unos valores numéricos mucho más fiables y realistas que el de otros métodos sobre probetas de pequeña dimensión.

Además, abre un precedente para ensayar piezas apeadas y en general vigas, aunque no se apliquen los criterios estadísticos.

Y, por último, será necesario obtener los valores resistentes de productos americanos para facilitar su entrada en el mercado europeo.

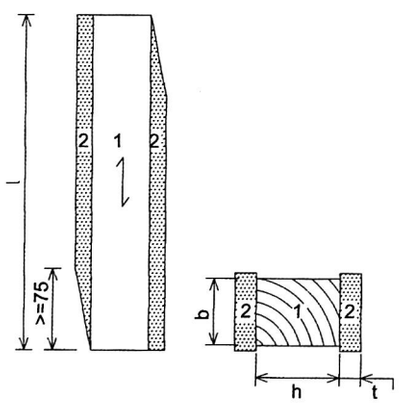


Fig. 9. Dispositivos de ensayo de esfuerzo cortante con placas de acero encoladas

BIBLIOGRAFIA

Normas UNE 56.528-56.540; sobre diversos ensayos de la madera e interpretación de los resultados.
Normas UNE-EN 56.544, 336, 338, 408, 518, 519, 844, 1912; sobre madera estructural aserrada, clasificación, ensayos y asignación de valores característicos.
Borrador de Norma Básica Española: estructuras de Madera. Ed. Ministerio de Fomento, 1999.
AAVV: Clasificación por aserraderos nórdicos. Rev. AITIM, nº 196, 1998.
FERNÁNDEZ-GOLFIN, J. I., DÍEZ, R.,GUTIÉRREZ, A.: Coníferas españolas de uso estructural. Rev. AITIM, nº 200, 1999.
ARGÜELLES , J.: Curso de diseño y cálculo de estructuras de madera. Ed. AITIM, 1992.
PERAZA ORAMAS, C.: Estructuras de madera. Ed. UNED, 1990.
ORÚS, F.: Materiales de construcción. Ed. Dossat, 1985.
PERÍS, J., VIGNOTE, A.: Tecnología de la madera. Ed. Mundiprensa, 1999.

NOTAS

1.DIEZ, R., FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J. I., GUTIÉRREZ, A., 1999.
Fig. 1. De la norma UNE-56.528-78.
Fig. 2. De la norma UNE-EN-1912:98.
Fig. 3. De la norma UNE-EN-384:1995.
Fig. 4. De la norma UNE-EN-408:1995.
Fig. 6. De la norma UNE-EN-408:1995.
Fig. 7. De la norma UNE-EN-408:1995.
Fotografías de los Laboratorios del INIA, (CIFOR), Madrid, 1999.