

# Coníferas españolas de uso estructural

## Propiedades mecánicas de la madera aserrada

### INTRODUCCIÓN

Hasta hace recientes fechas el cálculo de las estructuras de madera se efectuaba considerando las tensiones básicas del material, calculadas mediante ensayos con probetas ideales de pequeño tamaño y libres de defectos, a las que posteriormente se afectaban coeficientes correctores por los defectos presentes en las piezas de tamaño real. Esta forma de proceder, mucho más lógica en el pasado cuando era posible disponer de cantidades apreciables de madera casi totalmente limpia, sin estar totalmente eliminada en la actualidad como posible sistema de cálculo, ha sido relegada a un segundo término con la aparición del Eurocódigo 5 y del método en él propugnado, el de los elementos finitos. Los detractores del empleo constructivo de la madera siempre han aducido, y con razón, que el empleo de la madera en construcción adolecía de falta de normas que dieran seguridad al calculista, al prescriptor y al usuario.

Próximamente se asistirá a un relanzamiento de este material en construcción en España ya que, por un lado, una Norma Básica de la Edificación (NBE) sobre estructuras de madera está en avanzada fase de elaboración, lo que ha de dar seguridad al prescriptor; y, por otro, durante los últimos 12 años se han finalizado una serie de trabajos y proyectos de investigación que han permitido conocer con gran precisión los valores característicos de resistencia y rigidez aplicables para el cálculo de estructuras con maderas españolas, lo que no era posible hasta el momento.

Por otra parte, hay que citar el trabajo normativo a nivel europeo del Comité CEN TC 124 “Estructuras de madera”, que abarca desde la normalización de los métodos de ensayo de estructuras de madera y madera laminada, de postes, de tabiques, de uniones, etc; hasta la especificación de los requisitos de fabricación de la madera laminada o los de comprobación de las dimensiones de la madera a su recepción en obra. A nivel español es necesario citar la reciente aparición de la norma UNE 56.544 sobre “Clasificación visual de la madera aserrada con destino estructural”, que permitirá establecer las combinaciones de especie y calidad y las especificaciones cualitativas y de propiedades aplicables a cada una de ellas.

Estamos, pues, en la fase final de un ambicioso proceso normativo cuya finalidad es dar seguridad al usuario, al prescriptor y al calculista y que impulsará el interés por un material injustamente olvidado y frecuentemente muy maltratado.

Es necesario destacar que la adopción en España del método de cálculo conocido como “Eurocodigo 5”, del comité CEN TC 250 “Eurocodigos”, basado en el sistema de los elementos finitos, obligaba a la determinación de los valores característicos de resistencia de las maderas españolas.

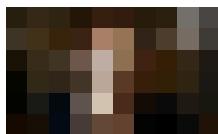
Tal determinación del valor característico ha de hacerse por especies y para lotes de calidad asimilable, empleando métodos

### MATERIAL DE ENSAYO

TABLA 1

	MUESTRA	EDAD MEDIA (años)	DIÁMETRO NORMAL (cm)	Nºárboles/probetas	COMENTARIOS
Pino silvestre	Navaleno	124	36	5/92	Masa natural
	Rascafría	134	44	12/144	Masa natural
	Quintanar	165	43	10/146	Masa natural
	Alava	109	52	6/119	Repoblación
	Valsaín (*)	119	42	62/360	Masa natural
	<b>TOTAL</b>	-	-	<b>95/861</b>	<b>662 ÚTILES</b>
Pino radiata	Aserraderos	-	-	-/360	252 ÚTILES
	Monte	29	38	70/631	320 ÚTILES
	<b>TOTAL</b>	-	-	<b>-/991</b>	<b>572 útiles</b>
Pino pinaster	P. gallego	42	41	72/872	12 puntos muestreo
	P. meseta	57	26	48/336	8 puntos muestreo
	<b>TOTAL</b>	-	-	<b>129/1208</b>	<b>545 ÚTILES</b>

(\*) Muestreo y ensayos no efectuados por INIA



## INVESTIGACIÓN

de ensayo y cálculo normalizados, definidos por las normas de CEN TC 124.

Los valores característicos obtenidos de este modo serán de aplicación, pues, para una madera y una calidad dadas, por lo que es necesario definir previamente un método clasificatorio de la calidad, bien visual o mecánico.

En España el método de determinación de la calidad visual de una madera para usos resistentes está contemplado en la norma UNE 56544, que en su versión definitiva (noviembre 1996) distingue dos clases de calidad (ME1 y ME2), en función de la presencia y características de ciertas singularidades de la madera, que tienen una incidencia comprobada en su resistencia, como son: nudos de cara y canto, inclinación de la fibra, madera juvenil y de compresión, fendas de diverso tipo, ataques por agentes bióticos, etc.

La necesidad de determinar valores característicos, definidos éstos como los valores que garantizan que el 95% de las piezas del lote tengan una resistencia superior o igual al considerado (5º percentil), obliga al ensayo de un número elevado de piezas (siempre superior a 40 para cada variable y calidad analizadas), que se incrementa notablemente conforme el número de variables consideradas (procedencias, clases de calidad, etc.) aumenta.

La norma UNE-EN 384 establece el método de cálculo a seguir para la determinación de los valores característicos, los cuales, de acuerdo con esta norma, se referirán siempre a una anchura de cara de la pieza de 150 mm. Esta es la razón por la que la mayoría de los estudios de caracterización de la madera estructural consideran a esta dimensión como la más habitual.

Los resultados que se exponen son un resumen de los trabajos de caracterización efectuados en el CIFOR-INIA a lo largo de más de 12 años sobre tres especies de pino (silvestre, pinaster y radiata), entre los que cabe reseñar los realizados sobre procedencias españolas de *Pinus pinaster* (gallego y de la meseta) y *Pinus radiata* (Ortiz et al., 1990; Ortiz y Martínez, 1991, López de Roma et al., 1991, Fernández-Golfín y Díez Barra, 1996ayb), así como sobre *Pinus sylvestris* (proyecto INIA SC-93-

165, Fernández-Golfín y Díez Barra, 1997). Un proyecto similar sobre *Pinus nigra* (4 procedencias españolas) está actualmente en ejecución.

### METODOLOGIA

En cada Región de procedencia (zona de origen) la selección de las parcelas de donde se extrajo la madera se hizo con el criterio de que estuvieran señaladas para corta y de que fueran representativas de las diferentes calidades de estación. La selección de los árboles, dentro de cada parcela, se efectuó aleatoriamente entre los señalados para corta y de forma que fueran representativos de las distintas clases diamétricas existentes. Se trató de evitar efectos de borde, de proximidad de corrientes de agua, así como cualquier otro que pudiera sesgar la muestra.

Señaladas las parcelas y los árboles, se procedió a su corta, despiezándolos en trozas de tres metros, que fueron trasladadas a aserraderos de la zona, obteniéndose piezas de 160x60x3000 mm (dimensiones en verde). Todas las piezas correctamente aserradas fueron trasladadas a los laboratorios del CIFOR, donde fueron secadas al aire hasta una humedad final del 10-12%. Con posterioridad la madera fue cepillada llevándola a dimensiones homogéneas de 150x50x3000 mm.

En el caso del pino radiata se efectuó un segundo muestreo directamente en aserradero, como medio de comprobar los datos obtenidos en el efectuado en monte.

En la Tabla 1 quedan recogidos todos los datos referentes a la muestra ensayada, indicándose las procedencias del material, sus edades (en caso de muestras de árboles), el tamaño de las submuestras y algunos otros comentarios de interés para la correcta interpretación del muestreo efectuado.

Las piezas así obtenidas fueron ensayadas a flexión siguiendo la norma UNE-EN 408, obteniéndose los valores del Módulo de Rotura a Flexión (MOR), del Módulo de Elasticidad a flexión (MOE) y de la densidad.

Posteriormente las secciones de rotura fueron clasificadas visualmente de acuerdo con los criterios de la norma UNE 56.544, la cual considera dos clases de calidad estructural, primera (ME1) y segunda (ME2), denominando a la

madera no apta o rechazable como MER.

La determinación de los valores medios y característicos de las propiedades mecánicas (MOR y MOE) y de la densidad de cada combinación especie-calidad se efectuó siguiendo la norma UNE-EN 384.

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla 2 figuran los valores medios y característicos obtenidos globalmente para cada especie, así como los rendimientos de clasificación (% de piezas pertenecientes a cada clase de calidad definida en la norma UNE 56544. Del análisis de los datos de dicha tabla pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1ª Los valores de resistencia de los pinos españoles están en línea con los aportados en las normas europeas para las procedencias europeas de las mismas o similares especies

2ª Con respecto a las maderas nacionales, se observa una gran similitud entre las propiedades de los pinos silvestre y pinaster, aunque este último suele presentar una significativa mayor densidad, quizá debida a su mayor contenido en resina, y menores módulos de elasticidad medios. Estas similares propiedades son evidentes tanto desde el punto de vista de sus valores medios como característicos.

3ª El pino radiata presenta valores del MOR y de la densidad significativamente más bajos, especialmente en la calidad ME1, lo que se hace evidente no sólo desde el punto de vista de los valores medios, sino de los característicos. Los valores del MOE son intermedios entre las restantes especies.

4ª Con este análisis de la resistencia real de la madera se pone de manifiesto, una vez más, que los pinos de crecimiento rápido (radiata y pinaster) dan madera perfectamente apta para el trabajo mecánico y que su resistencia puede llegar a ser al menos igual que la de otras maderas comúnmente aceptadas como el pino silvestre.

DRES. J. I. FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO, M. R. DIEZ BARRA, A. GUTIÉRREZ OLIVA,\*

\* CENTRO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL (CIFOR), INIA, LABORATORIOS DE MADERAS. APARTADO 8111, 28080 MADRID



# INVESTIGACIÓN

## BIBLIOGRAFÍA

- \* FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; DIEZ BARRA, M.R. (1996A). GROWTH RATE AS A PREDICTOR OF DENSITY AND MECHANICAL QUALITY OF SAWN TIMBER FROM FAST GROWING SPECIES. *HOLZ ALS ROH-UND WERKSTOFF* 54(3):171-175.
- \* FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; DIEZ BARRA, M.R. (1996B). CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL DE PINO RADIATA. ANÁLISIS DE LA NORMA UNE 56544 Y PROPUESTAS PARA SU MEJORA. MEMORIA INTERNA PENDIENTE DE PUBLICACIÓN.
- \* FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; DIEZ BARRA, M.R. (1997). CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LA MADERA ASERRADA DE PINO SILVESTRE DE LOS SISTEMAS CENTRAL E IBÉRICO MEDIANTE PROBETAS DE TAMAÑO ESTRUCTURAL. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN AGRARIA, SERIE SISTEMAS Y RECURSOS FORESTALES* 6 (1 y 2): 1-32.
- \* LÓPEZ DE ROMA ET AL. (1991). PROPIEDADES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DE PINO RADIATA DEL PAÍS VASCO. MONOGRAFÍAS INIA Nº 80. ISBN 84-7498-387-8. MAPA.241 pp.
- \* ORTIZ, J.; CRUZ, H.; BLANCHON, J.L. (1990). INFORME FINAL DEL PROYECTO MA1B-0129 STANDARD QUALITY OF PINUS PINASTER (INFORME INTERNO).
- \* ORTIZ, J.; MARTÍNEZ, J.J. (1991). CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA DE PINO GALLEGO, OBTENIDAS A PARTIR DE ENSAYOS CON PIEZAS DE TAMAÑO ESTRUCTURAL. *AITIM* 150:95-101.

TABLA 1

TABLA 2  
Resumen de resultados, por especies

ESPECIE	PROPIEDAD	VALOR	CLASES DE CALIDAD		TOTAL
			ME1	ME2	
Pino radiata	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Medio	534	503	509
	MOR (MPa)	Característico	449	433	429
	MOR (MPa)	Medio	61	38	43
	MOR (MPa)	Característico	31	20.5	17
	MOE(MPa)	Medio	13139	10975	11337
	Tamaño medio del anillo (mm) *		2.0		
	Rendimiento clasificatorio***		29%	48%	100%
Pino pinaster	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Medio	519	487	508
	MOR (MPa)	Característico	432	411	414
	MOR (MPa)	Medio	48.6	34.7	37
	MOR (MPa)	Característico	27	18	17
	MOE (MPa)	Medio	12610	11080	11293
	Tamaño medio del anillo (mm)*		7.0		
	Rendimiento clasificatorio***		26%	46%	100%
Pino pinaster	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Medio	557	503	535
	MOR (MPa)	Característico	469	424	435
	MOR (MPa)	Medio	57	39.4	42
	MOR (MPa)	Característico	30	18	16
	MOE (MPa)	Medio	11462	9657	10445
	Tamaño medio del anillo (mm)*		4.1		
	Rendimiento clasificatorio***		34%	47%	100%