



DON J. ENRIQUE PERAZA SÁNCHEZ, ARQUITECTO, SECRETARIO GENERAL DE LA ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA -AITIM- Y DEL COMITÉ DE DIRECCIÓN DEL SELLO DE CALIDAD AITIM

**CERTIFICA:**

Que la Empresa AYUNTAMIENTO DE CUENCA MADERAS S.A. ostenta actualmente el

Sello de Calidad	21-01-5	de madera aserrada de uso estructural
------------------	---------	---------------------------------------

para su producción de madera aserrada de uso estructural de las características siguientes:

Especie de madera	Pino laricio ( <i>Pinus nigra</i> Arnold)	Pino silvestre ( <i>Pinus silvestris</i> L.)
Procedencia	Cuenca	Cuenca
Calidad Estructural UNE 56.544	MEG	MEG
Clase Resistente UNE EN 338 , UNE EN 1912 y prEN 1912	C - 22	C - 22
Contenido de humedad	≤ 20 % (Dry graded)	≤ 20 % (Dry graded)
Tolerancias dimensionales UNE EN 336	Clase 1	Clase 1
Espesor mínimo permitido	Superior a 70 mm	Superior a 70 mm

Según fue aprobado en la reunión del Comité de Dirección del Sello de Calidad AITIM de Estructuras de Madera de 13 Marzo de 2008.

Y para que conste expido la presente certificación en Madrid, a uno de Enero de dos mil catorce.

**NO SE ADMITEN FOTOCOPIAS DE ESTE CERTIFICADO**

**ESTE CERTIFICADO TIENE VALIDEZ HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DEL 2014**



**Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera**

C.I.F. G28194603

C/ Flora, 3-2º Dcha.  
28013  
MADRID

Tel: 91 542 58 64

91 547 85 01

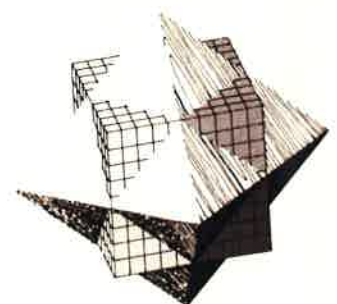
Fax: 91 559 05 12

E-Mail:

informame@aitim.es

www.aitim.es

Inscrita como Centro de Innovación y Tecnología de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica - CICYT con el nº de Registro 37



# **PRINCIPALES MADERAS DE CONÍFERAS EN ESPAÑA**

## **CARACTERÍSTICAS, TECNOLOGÍA Y APLICACIONES**

**Santiago Vignote Peña**

**Universidad Politécnica de Madrid**

## **Resumen**

A continuación se describen las características de las principales maderas españolas, eso no quiere decir que las especies descritas procedan de masas naturales, sino que en muchos casos esas masas forestales están pobladas con especies introducidas.

La descripción incluye el nombre científico, sinonimias, nombres vulgares, su distribución en el mundo y en España, la descripción del fuste y de las trozas, con sus defectos más característicos, la descripción de la madera macro y microscópicamente, sus características anatómicas, físicas, mecánicas, resistentes, durables y químicas.

También se incluye sus aspectos tecnológicos, en el sentido de indicar que aspectos deben considerarse a la hora de trabajar estas maderas.

Por último se indican los usos mas comunes de las distintas maderas, las ventajas e inconvenientes frente a otras maderas

Las especies principales que se describen son las siguientes:

- Pino silvestre
- Pino laricio
- Pino insignis
- Pino negro
- Pino pinaster
- Pino carrasco
- Pino piñonero
- Pino canario
- Abeto blanco
- Abeto rojo
- Pino de Oregón
- Tejo

Otras especies

- Abeto pinsapo
- Cipres
- Cipres ramoso o sabina de cartagena
- Sabina albar
- Ciprés de Lawson
- Alerce de Japón

## **ESPECIE: Pino silvestre.**

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pinus sylvestris* L.

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae.

SUBFAMILIA: Pinoideae

### **SINONIMIAS.**

*P. Rubra* Nill. = *Pinus borealis* Saliab. = *P. Binatifolia* Gilb.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.**

**Leher, leher gorri, Belorita (País Vasco)**

Pino silvestre.

Pino albar

Pino Baza

Pi blancal, Pi bord (Cataluña)

Pino blanquillo (Guadarrama)

Pino Burgos

Pino Cuenca

Pino Valsaín (Segovia, Guadarrama)

Pino rojal (Levante, Aragón y Cataluña)

Pino rojo

Pino royo (Pirineo de Huesca))

Pino serrano (S<sup>a</sup> de Gredos)

Pino Soria

Por su procedencia también recibe los nombres: Pino norte, pino riga, pino ruso, pino Suecia.

### **DISTRIBUCIÓN EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA**

Imagen 1: Distribución del pino silvestre en el mundo

([http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus\\_sylvestris#mediaviewer/Archivo:Pinus\\_sylvestris\\_range-01.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_sylvestris#mediaviewer/Archivo:Pinus_sylvestris_range-01.png))

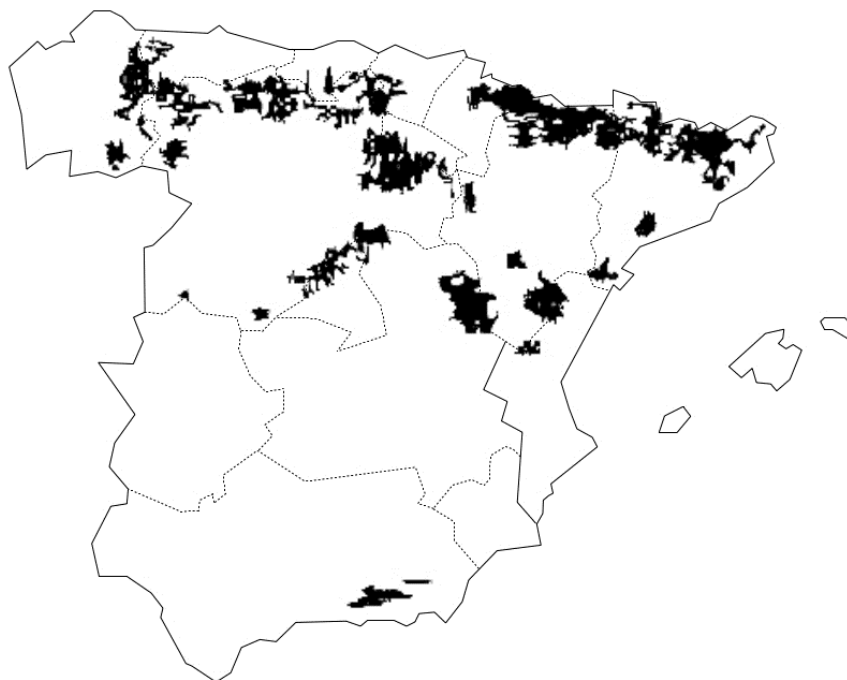


El silvestre es el pino de mayor área natural y el de mayor difusión en Europa y Asia. Se extiende, en dirección sur-norte desde Sierra Nevada hasta el Norte de Noruega (donde forma el límite septentrional de la vegetación arbórea); y en dirección oeste-este, desde Escocia hasta los Urales, y desde allí hasta las partes más orientales de China y Rusia.

En España, la extensión y variedad de su área natural y la diversificación morfológica del pino silvestre, se traducen en una gran amplitud ecológica. Es una especie que gusta de continentalidad y, aunque es indiferente, prefiere sustratos arenosos y derivados de rocas ácidas. La mayor parte de las masas se sitúan entre 1000 y 2000 metros de altitud, aunque rebasa esos límites ampliamente en ambos sentidos, presentando el óptimo hacia los 1500m.

En España, existen tres grandes zonas de habitación en las cordilleras Pirenaica, Ibérica y Central, más otra serie de representaciones menores tales como el pinar de Lillo (León) en la Cordillera Cantábrica, S<sup>a</sup> del Maestrazgo (Castellón), S<sup>a</sup> de Baza, S<sup>a</sup> Nevada y otros puntos del NO de España.

Imagen 2: Distribución del pino silvestre en España



### **DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.**

El pino silvestre es un árbol elevado, que puede llegar a 30-40 m de talla. El porte, cónico-piramidal de joven, va deformándose, y los pies viejos suelen tener sin ramas el lado expuesta a los vientos fríos o a la sombra.

Foto nº 1: Pinar adulto de silvestre en El Espinar

El tronco es derecho, cilíndrico y recto, especialmente en espesura, con ramificación escasa, que en las partes bajas desaparece por poda natural quedando reducida al tercio superior. La corteza es delgada, primero gris-verdosa, luego escamoso asalmonada en el tercio superior del fuste y base de las ramas. En los pies adultos y viejos, la parte baja del tronco lleva una corteza más gruesa, con fisuras longitudinales o irregulares que limitan teselas oscuras, pardo-rojizas o pardo-negruzcas.



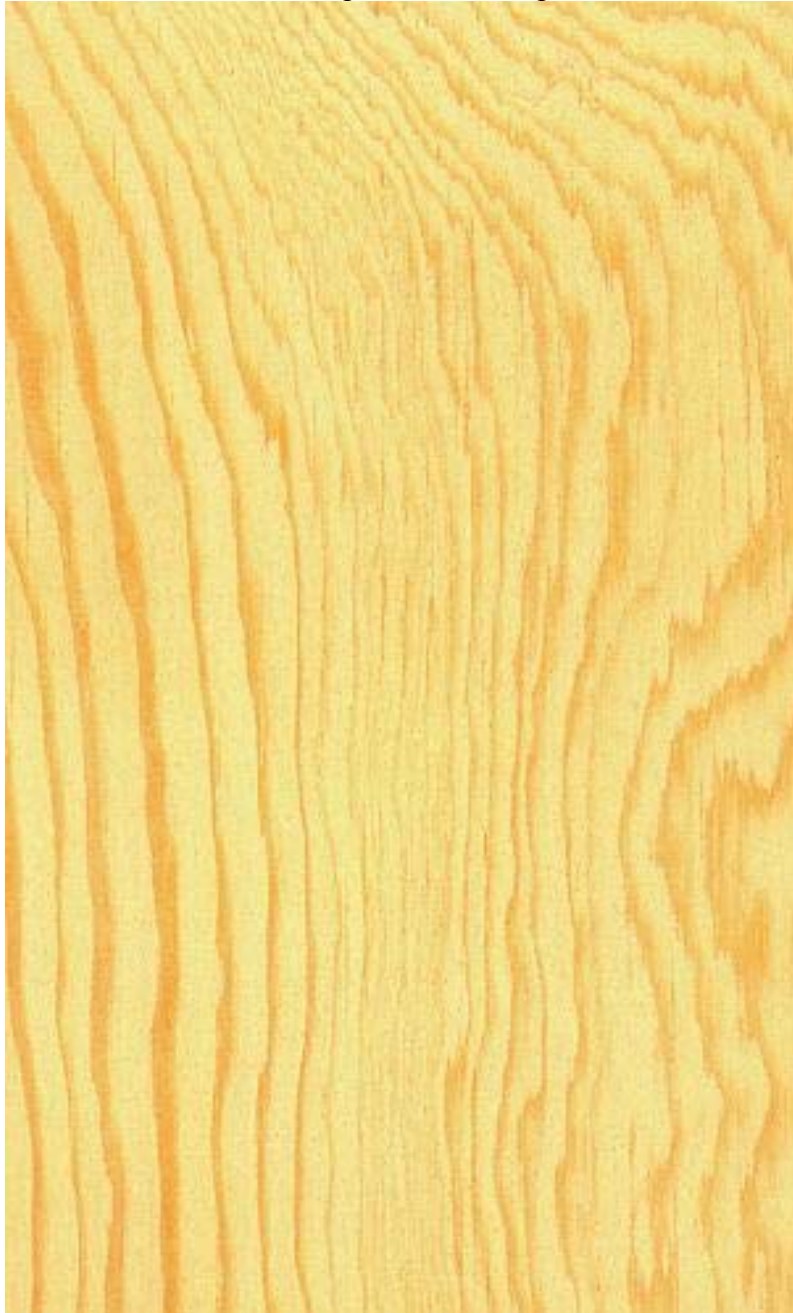
El crecimiento en altura puede dar lugar en sitios buenos a un fuste de 30 m a los 120 años, mientras que en estación mediocre no pasa de 20 m a la misma edad. En general el crecimiento en altura se retarda hacia los 40 años y cesa entre 100 y 120 años, lo que ya nos da un tope para los turnos. Se podría definir un crecimiento volumétrico que varía entre 1.5 y 5 m<sup>3</sup>/ha, siendo lo normal en España 3 m<sup>3</sup>/ha.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS.**

El fuste suele presentar una **conicidad** menos acusada que en otras especies de pinos, de 3 a 7 mm de diámetro por metro de longitud para las mejores procedencias, y de 11 a 12 mm en el resto de los casos. Por esta razón las trozas que se obtienen son también bastante rectas.

La **nudosidad** también depende de la procedencia y del tratamiento selvícola, pero en España es normal la existencia de pocos nudos en las primeras trozas de los árboles maduros, y nudos bastante abundantes de tamaño mediano a grande en las trozas superiores.

Foto 1: Aspecto macroscópico



Otros defectos de las trozas, menos frecuentes, son el **azulado** (que denota una mala gestión de los aprovechamientos), el **corazón podrido** (frecuente a partir de pies de más de 120-140 años), **madera de compresión** (árboles torcidos), **bolsas de resina**, **madera juvenil** (aunque no muy pronunciada), irregularidad de crecimiento,...

#### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

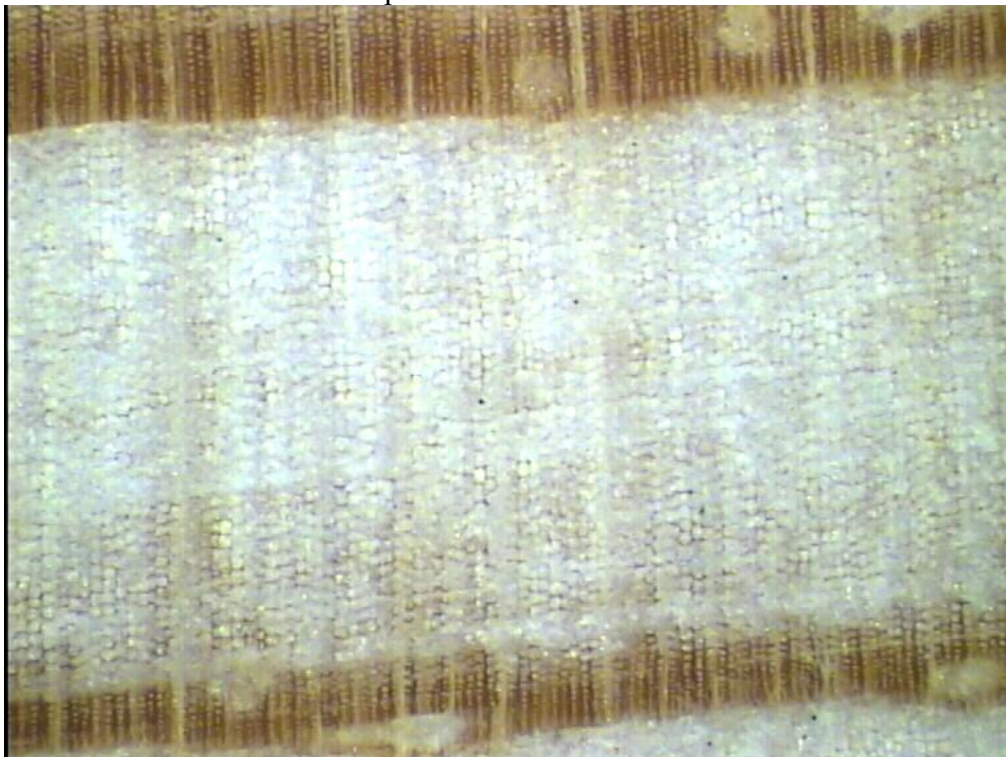
Dada la gran amplitud de su área de distribución y la diversidad de estaciones, la calidad de la madera varía de forma ostensible según las distintas procedencias.

La **albura** es muy clara, de color amarillento. El **duramen** es de color rosado a marrón rojizo, fácilmente distinguible de la albura. El color de los nudos varía desde marrón oscuro hasta negruzco.

Foto 2: Aspecto de la testa x4 aumentos



Foto 3: Aspecto de la testa x40 aumentos





Los **anillos de crecimiento** se distinguen perfectamente. La madera de otoño marrón destaca sobre la de primavera blanco amarillenta. En el duramen la madera de otoño pasa a color pardo-rojizo muy pronunciado sobre el color rosado a marrón rojizo de la de primavera. La anchura de los anillos de crecimiento varía desde 1-3 mm. hasta los 7-8 mm.

La **textura** es en general pequeña.

Los **canales resiníferos** son numerosos, poco evidentes, de pequeño a mediano tamaño, aislados o, a veces, en parejas. Se reparten por toda la madera de otoño, o en el límite con la de primavera. En sección transversal aparecen como puntos blancos, y en secciones longitudinales, como líneas marrones finas y cortas.

La **fibra** es en general muy recta.

El **grano** puede clasificarse como fino a medio-basto.

El **olor** de la resina es intenso en la madera fresca y persiste algún tiempo después del secado.

### 3.- **DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

#### 1.- TRAQUEIDAS VERTICALES.

Las de primavera son anchas y de pared estrecha, presentan grandes punteaduras areoladas uniseriadas, pueden estar apareadas las últimas de una hilada con las primeras de la siguiente o, más raramente, aparecer biseriadas. El extremo de las traqueidas es muy variado: fusiforme agudo, romo, horquillado, etc. Cuando es romo puede presentar una punteadura en el extremo.

Las traqueidas de otoño son más estrechas, de pared gruesa y con punteaduras areoladas pequeñas.

Los campos de cruce con los radios leñosos presentan punteaduras de tipo ventana con marcada tendencia cuadrangular. Generalmente hay una por cada campo de cruce; si hay dos, suelen tener forma de trapecio irregular.

Se han medido las dimensiones de las traqueidas del tronco y de las ramas obteniéndose los siguientes valores:

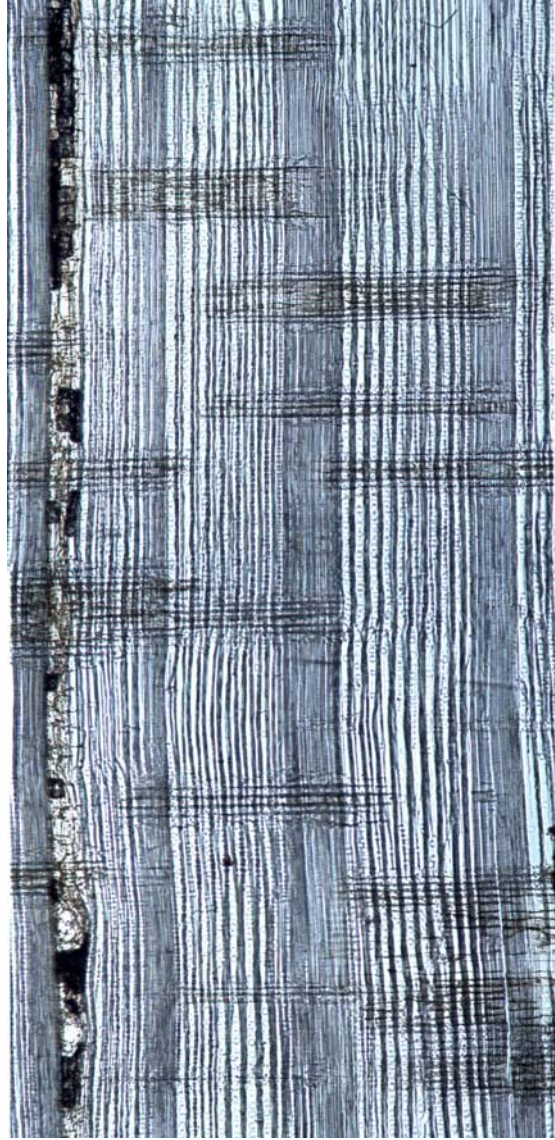
Tabla 1: Dimensiones de las traqueidas de la madera de pino silvestre

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Longitud máxima	5.1 mm.	3.3 mm.
Longitud mínima	0.6 mm.	1.3 mm.
Longitud media	3.6 mm.	2.0 mm.
Anchura máxima	60.0 $\mu$	57.1
Anchura mínima	18.0	18.0
Anchura media	38.5	36.7
Espesor de pared	6.5	3.7
Relación longitud/anchura (esbeltez)	93.5	53.7
Proporción de pared	33.8%	20.6%

#### 2.- TRAQUEIDASHORIZONTALES.

Presentan la pared estrecha con numerosos dientes pequeños y agudos, que a veces se alargan hasta unirse con los de la pared de enfrente. También pueden tener las paredes finas y los dientes más anchos (crestas). Tienen punteaduras areoladas intercaladas entre los dientes, aunque puede haberlas en la pared tangencial

Foto 4: Aspecto microscópico del corte longitudinal x50



### 3.-CÉLULAS DE PARÉNQUIMA HORIZONTAL.

Tienen la pared estrecha en la que se manifiesta la réplica de las punteaduras pinoides de ventana de los campos de cruce, quedando unidas las dos paredes opuestas por barras transversales. Las paredes tangenciales pueden presentar punteaduras que se manifiestan como pequeños canales.

### 4.-RADIOS LEÑOSOS.

Son uniseriados de 8-10 células de altura por término medio, aunque los hay hasta de 26 con una altura de 600  $\mu$ . Los radios leñosos más pequeños están formados por dos células y tienen una

altura de 36  $\mu$ . Son heterogéneos, con traqueidas de dientes concrescentes, marginales o espaciados en el parénquima. Tienen también radios leñosos fusiformes.

#### 5.-CANALES RESINÍFEROS.

Son verticales en número de 0-3 por  $\text{mm}^2$ . Tienen diámetros verticales variables entre 120  $\mu$  y 200  $\mu$ . Las células epiteliales son de paredes delgadas.

Foto 5: Aspecto microscópico x200 aumentos

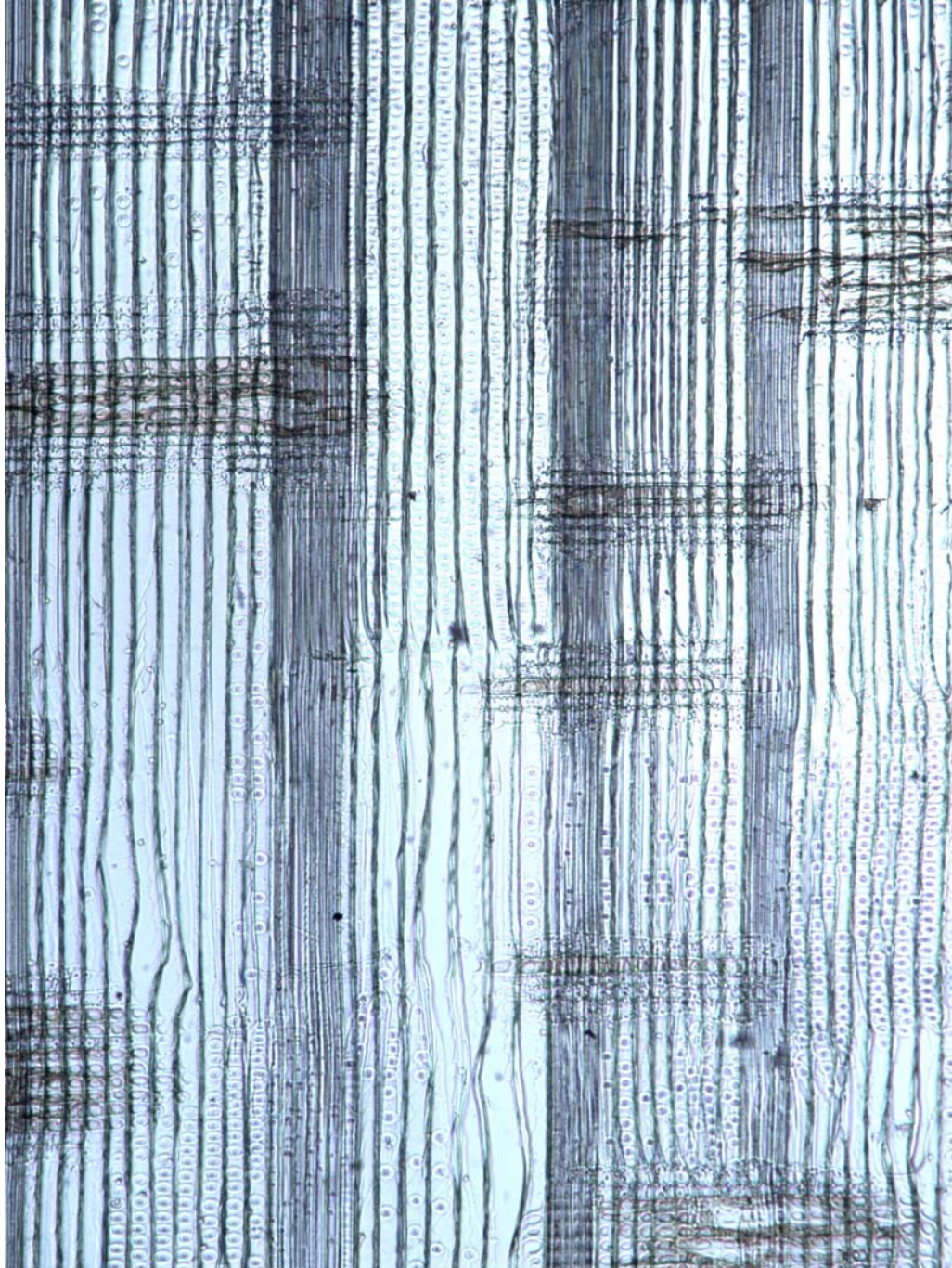
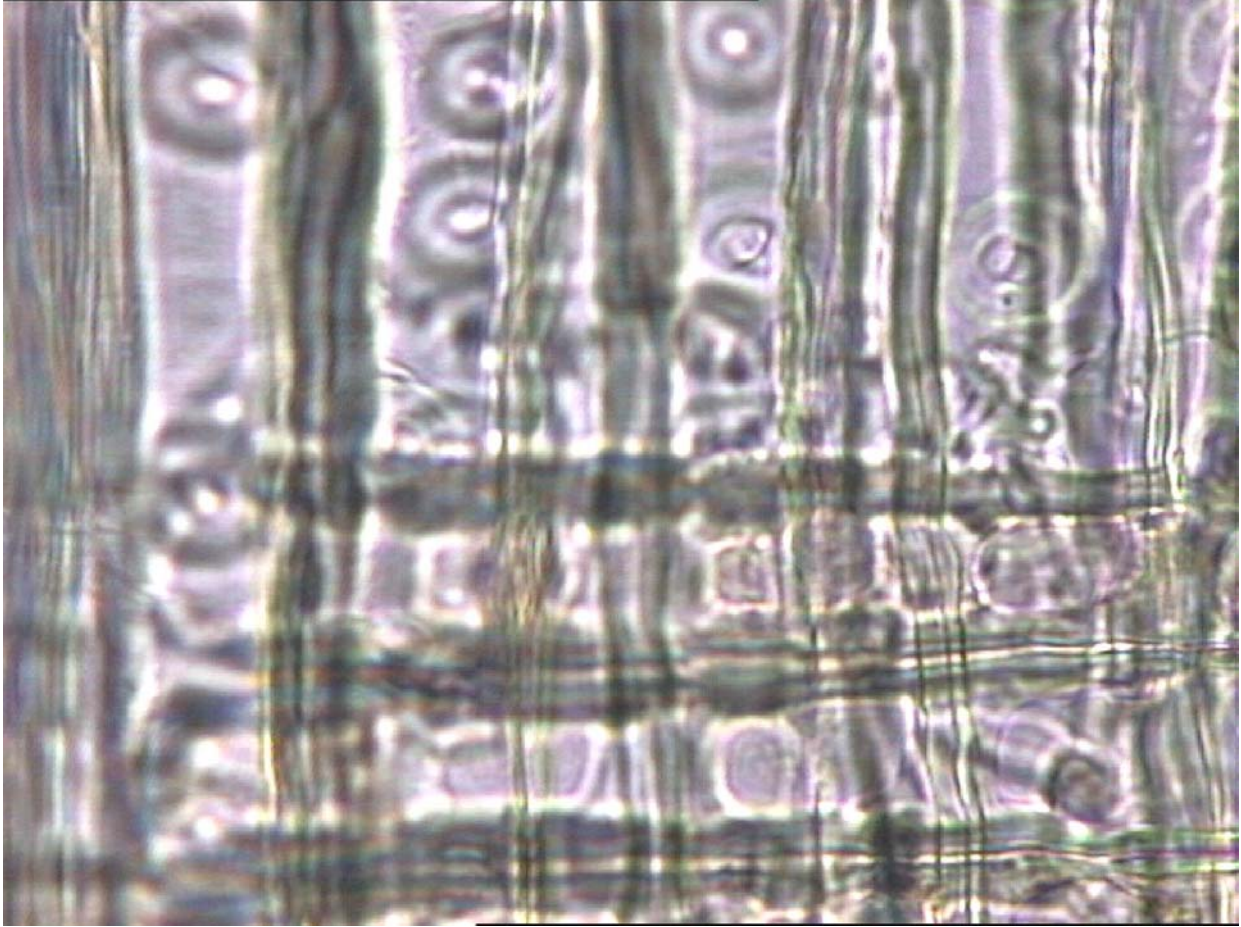


Foto 6: Aspecto microscópico x600 aumentos



### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La importancia comercial de la madera de pino silvestre y su gran amplitud ecológica, hacen interesante la comparación de propiedades físicas y mecánicas entre maderas de distintas procedencias. Por ello, en la siguiente tabla figuran los datos obtenidos por Gutierrez Oliva, 1.967, con muestras de estaciones en territorio peninsular y, entre paréntesis, datos procedentes de R. Wagenfuhr y C. Scheiber, 1.974, tomados a partir de muestras de mayores latitudes.

Tabla 2: Características físicas de la madera de pino silvestre

PARÁMETROS	Valor Mínimo	Valor medio	Valor máximo	Desv. Típica	Interpretacion
Densidad normal (peso específico aparente) $\text{gr/cm}^3$	0.432 (0.33)	0.502 (0.52)	0.571 (0.89)	0.042	semipesada (semipesada)
Dureza radial chalais-meudon(d).	1.75	1.88	2.01	0.184	blanda
Cota de dureza ( $D/\mu^2$ ).	6.27	6.30	6.33	0.042	
Dureza tangencial chalais-meudon	1.01	1.73	2.83	0.488	blanda
Cota de dureza ( $D/\mu^2$ ).	4.78	7.00	10.17	1.544	
Dureza brinell perpendicular		(1,9)			
Dureza brinell paralela		(4,0)			
Contracción volumétrica total ( $c_v$ ).	10.5	12.75 (12.1)	14.6	1.137	media (media)
Contracción lineal tangencial	6.82	7.05 (7.7)	7.28	0.325	
Contracción lineal radial	3.85	3.855 (4.0)	3.86	0.007	
Contracción lineal axial		(0.4)			
Punto de saturación de la fibra.	29	36	40	3.383	elevado
Coefficiente de contracción volumétrica ( $c_{cv}$ ).	0.27	0.36 (0.26)	0.43	0.046	algo nerviosa (poco nerviosa)
Coefficiente contracción tangencial	0.21	0.235	0.26	0.035	
Coefficiente contracción radial	0.12	0.13	0.14	0.014	
Relación c.c.tang./c.c. Radial	1.75	1.81	1.86	0.078	
Higroscopicidad	0.0020	0.0029	0.0035	0.00043	normal

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Esquema 1: Tipos de esfuerzos mecánicos

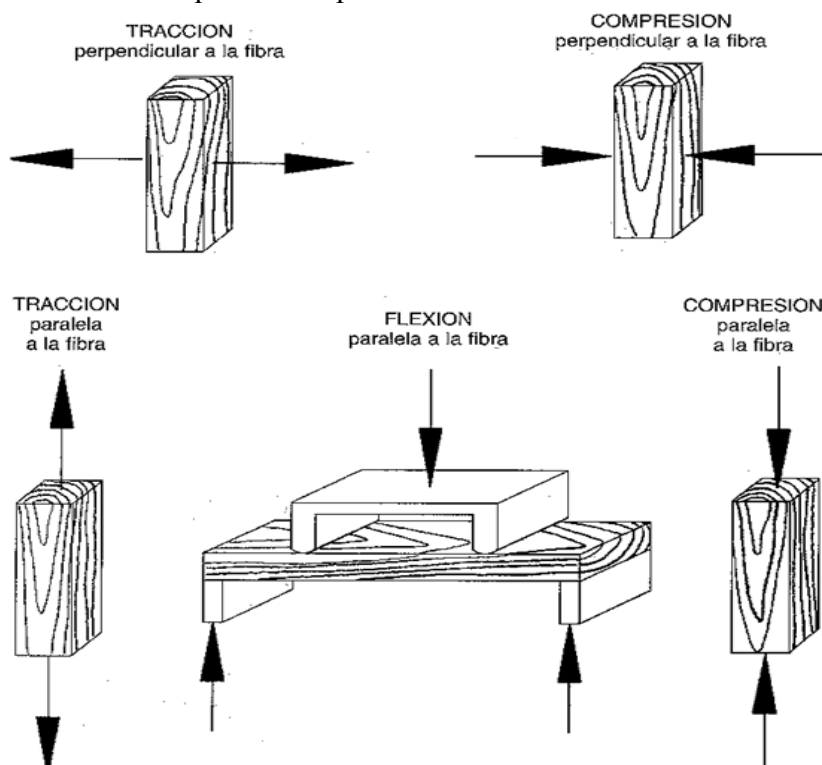


Tabla 3: Características mecánicas de la madera de pino silvestre

PARÁMETRO	Valor Mínimo	Valor medio	Valor Máximo	Desv. Típica	Interpretacion
Flexión estática. Carga de ruptura (f) Kg/cm <sup>2</sup>	811 (410)	1057 (1000)	1434 (2059)	164.880	baja
Cota de flexión (f/100).	17.5 (7.9)	21.32 (19.23)	28.2 (39.6)	2.671 -	grande
Cota de rigidez	19.3	27.1	34.5	4.246	elástica
Cota de tenacidad (f/c)	2.2 (1.17)	2.6 (1.82)	3.1 (2.19)	0.255 -	media
Modulo de elasticidad (e).	86500 (69000)	94250 (120000)	102000 (201000)	10960.1-	
Modulo de elasticidad perpendicular a la fibra.	(2700)	(4600)	(11200)	-	
Flexion dinamica o choque. Trabajo unitario (w)	0.14 (0.15)	0.22 (0.40)	0.34 (1.30)	0.058 -	poco resist.
Cota dinámica (c <sub>a</sub> =w/d <sup>2</sup> ).	0.54 (0.55)	0.93 (1.48)	1.33 (4.81)	0.215 -	media
Compresión paralela a la fibra. Carga de ruptura (c) kg/cm <sup>2</sup>	333 (350)	406 (550)	482 (940)	53.475 -	mediana (superior)
Cota de calidad estática (c <sub>e</sub> = c/100 )	7.0 (6.73)	8.1 (10.58)	9.5 (18.08)	0.751 -	mediana (superior)
Hienda. Resistencia a rotura (f) kg/cm	6.08	8.76	11.66	1.437	pequeña
Cota de laminabilidad = cota estática (c <sub>f</sub> = f/100 )	0.12	0.17	0.23	-	muy laminable
Tracción perpendicular a la fibra. Resistencia a rotura (σ) kg/cm <sup>2</sup> . * radial	22 (10)	22 (30)	22 (44)	0 -	pequeña (mediana)
Cota de calidad (C <sub>c</sub> = σ/100 ).	0.44 (0.19)	0.44 (0.58)	0.44 (0.85)	0 -	adherencia media (muy adherente)
Tracción perpendicular a la fibra. Resistencia a rotura (σ) kg/cm <sup>2</sup> . Tangencial	16 (10)	19 (30)	24 (44)	3.646 -	pequeña (mediana)
Cota de calidad (C <sub>c</sub> = σ/100 ).	0.32 (0.19)	0.38 (0.58)	0.48 (0.85)	- -	adherencia media (muy adherente)
Compresión perpendicular a la fibra. Carga de ruptura(c) kg/cm <sup>2</sup> . Tangencial	69	81	93	16.971	
Cota de calidad (C <sub>c</sub> = c/100).	1.3	1.5	1.7	0.283	
Compresión perpendicular a la fibra. Carga de ruptura (c) (kg/cm <sup>2</sup> ). Radial	63	77	91	19.799	
Cota de calidad (C <sub>c</sub> = c/100 ).	1.2	1.45	1.7	0.354	
Esfuerzo cortante kg/cm <sup>2</sup> .	(61)	(100)	(146)		

### **VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.- DENSIDAD.MOR.MOE.**

Los valores de resistencia anteriormente indicados son los valores medios de muestras de pequeña dimensión, sin defectos, con una humedad del 12%, y sometidos a ensayos de corta duración (entre 3 y 5 min), Pero la realidad es que en una estructura de madera se utilizan piezas de madera de dimensiones importantes, con defectos y humedades variables, estando la madera sometida a cargas de todo tipo, desde instantáneas como puede ser el viento, a permanentes, como pueden ser las cargas debidas al propio peso. Además en estructuras se debe utilizar los valores de resistencia que garanticen las solicitaciones de las cargas con una probabilidad del 95%.

### 1.- Influencia del tamaño de la pieza

Diversos autores, y últimamente el INIA, investigando sobre 1.278 muestras estructurales de pino silvestre obtuvo que la resistencia a rotura a flexión (MOR) en función del Módulo de elasticidad (MOE), depende del tamaño de la pieza según la siguiente expresión:

$$MOR = 3,88 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{50}{Anchura} \right)^{0,035} \cdot \left( \frac{150}{Altura} \right)^{0,188} \cdot MOE$$

Esto quiere decir, que a medida que aumenta el volumen de la pieza disminuye el valor de resistencia de la pieza, fundamentalmente con la altura de la pieza.

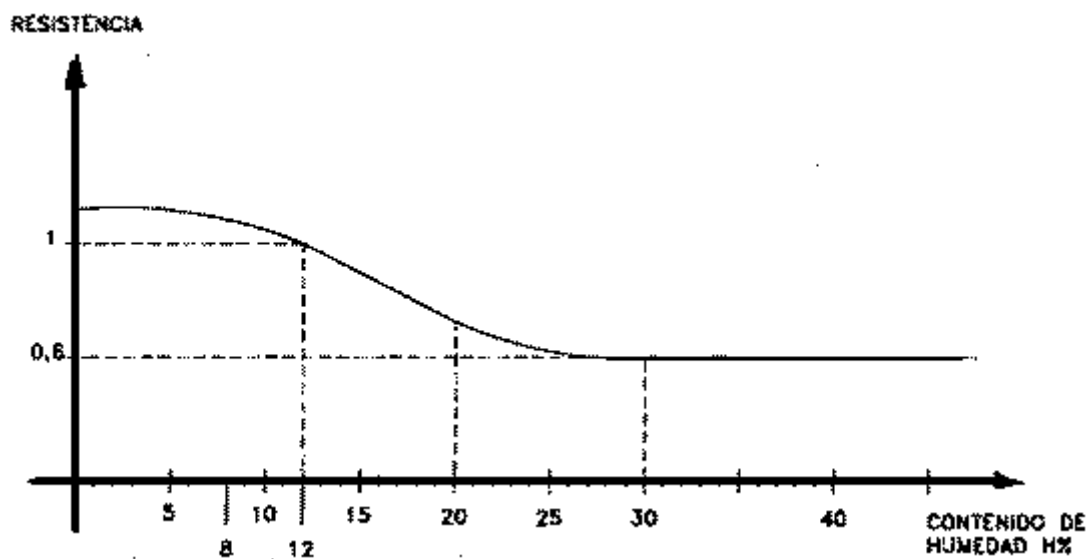
Realmente esta influencia es diferente según la calidad de la madera, estando más influenciada cuanto peor es dicha calidad.

### 2.- Influencia de la humedad

En el esquema 2 se indica la influencia de la humedad en la resistencia de la madera, tomando como valor de referencia el de resistencia al 12% de humedad.

Puede comprobarse como para una madera con más del 30%, la resistencia es sólo el 60% de la que posee al 12%.

Esquema 2: Evolución de la resistencia mecánica en función de la humedad de la madera



### 3.- Defectos de la madera

Son muchos los defectos que afectan a la resistencia de la madera. Los más importantes son los siguientes:

- Inclinación de la fibra

Como se desprende de las propiedades físico-mecánicas, la madera se comporta como un material fuertemente anisótropo, muy resistente en dirección paralela a las fibras y muy poco en dirección perpendicular a la fibra. Cuando por la razón que sea se produce una alteración de la dirección de la fibra en una determinada pieza, y esta no trabaja en la

dirección de la carga, la resistencia en ese punto es el resultado de la componente entre la resistencia de la madera en dirección de la fibra y la perpendicular a esta, y con ello una pérdida importante de resistencia, sobre todo a tracción, dado que la relación entre la resistencia a tracción paralela y perpendicular es de alrededor de 50, mientras que a la compresión es poco más de 5 veces.

Foto 7: Inclinación de la fibra



Foto 8: Nudo, gema y duramen y albura



- Nudos: Los nudos son el resultado de una rama. El hecho de que la rama se inserte con un cierto ángulo, generalmente próximo a los  $90^\circ$ , supone desviación de la fibra y con ello pérdida de resistencia según los aspectos indicados anteriormente.
- *Gema*: Es un defecto de despiece de la madera aserrada, en el que existe una falta de sección en una determinada parte de la pieza. En lugar de tener la arista del canto viva,

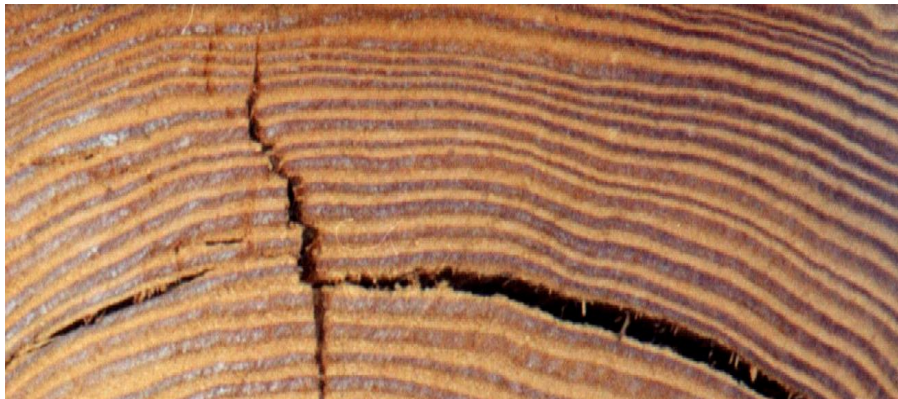


tiene la parte externa de la troza. El defecto en este caso es la pérdida de sección, que por supuesto lleva la pérdida de resistencia, en la misma medida que la falta de madera

Foto 9: Gema



Foto 10: Acebolladura y fenda

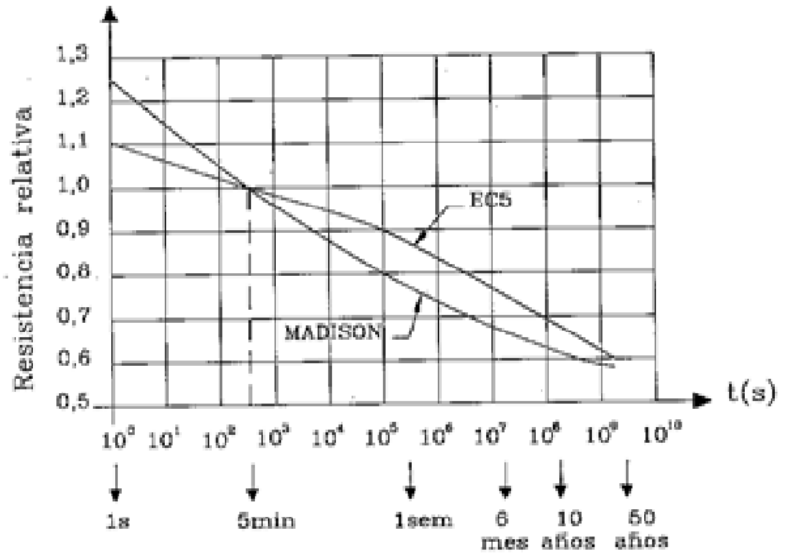


- Fendas y acebolladuras: Son roturas de la madera que suponen la pérdida de resistencia, fundamentalmente a compresión y a tracción perpendicular a la fibra.
- Otros defectos: Son muchos los defectos que influyen en la resistencia, como son la madera juvenil (que se aprecia por la existencia de médula, o de la anchura de los anillos), la madera de compresión....

Esquema 3: Variación de la resistencia mecánica de la madera en función de la duración de la carga

4.- Duración de la carga

La madera es un material elástico-plástico, es decir que frente a una carga reacciona deformándose, pero si cesa la carga cesa la deformación. Hasta ese punto es un material elástico, su plasticidad se hace patente cuando se deja la carga durante un determinado tiempo, pues la deformación va aumentando con el tiempo. En el gráfico se expresa la relación de resistencia de la madera con el tiempo.

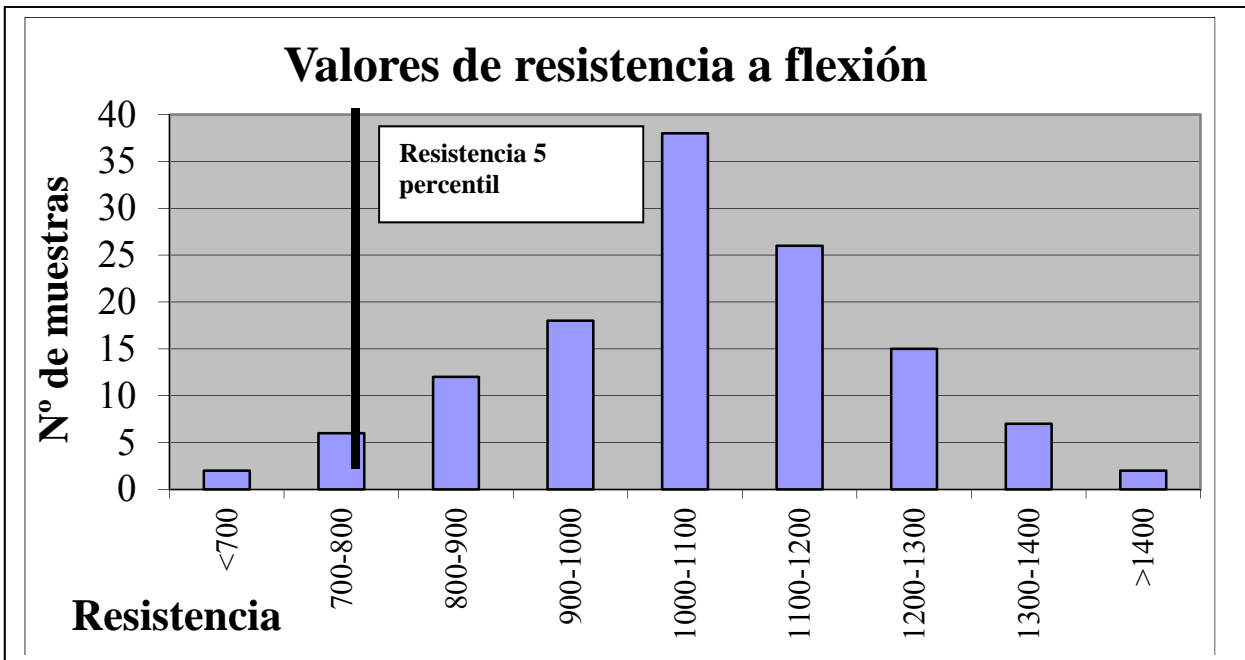


5.- Resistencia garantizada

El hecho de que exista una gran dispersión en los valores de resistencia, con desviaciones típicas de alrededor del 15 al 20%, supone que, ante la necesidad de garantizar las solicitaciones de las cargas con una probabilidad del 95%, se debe aplicar la estadística a los valores de resistencia, utilizando como característicos los que garanticen esa resistencia.

Todo este conjunto de efectos ha hecho necesario realizar un estudio de la resistencia característica de piezas estructurales de pino silvestre. En el gráfico 1 se exponen los valores de resistencia obtenidos de un conjunto de muestras de madera procedentes de diversas zonas geográficas españolas. Las muestras ensayadas tienen secciones de 100x40; 100x50; 150x40; 150x50; 150x70 y 200x70 mm.

Gráfico 1: Valores de resistencia a la flexión con muestras de diferentes procedencias



Para simplificar los valores obtenidos, se han agrupado la madera en 2 calidades estructurales, para lo que se ha tomado la base de la norma UNE-EN 518 “Madera para uso estructural. Clasificación. Especificaciones para las normas de clasificación visual” ( norma UNE 56524 de 1.997) en la que se define las calidades estructurales ME-1 y ME-2, siguientes:

Tabla 4: Clasificación visual de madera estructural ME (norma UNE 56524)

CRITERIOS DE CALIDAD		ME-1	ME-2
Diámetro de los nudos sobre la cara		$\Phi \leq a/5$ y $\Phi \leq 30$ mm	$\Phi \leq a/2$ para $a \leq 150$ mm $\Phi \leq 80$ mm, para $a > 150$ mm
Diámetro de los nudos sobre el canto		$\Phi \leq e/3$ y $\Phi \leq 30$ mm	$\Phi \leq 2e/3$
Diámetro de nudos axiales	De canto a canto	$\Phi \leq e/3$	$\Phi \leq e/2$
	De cara a cara	$\Phi \leq a/5$ y $\Phi \leq 30$ mm	$\Phi \leq a/3$
Anchura máxima anillo crecimiento (solo si se clasifica en verde)		$\leq 4$ mm	Sin limitación
Fendas	Que no atraviesen a la pieza	$\leq 1$ m y $L/4$	$\leq 1,5$ m y $L/2$
	Que atraviesen a la pieza	Sólo permitidas si son de testa y longitud $\leq a$	$\leq 1$ m ó $L/4$ Si son de testa, longitud $\leq 2a$
Acebolladuras		No permitidas	No permitidas
Bolsas de resina		No se admiten	Se admiten si su longitud $< 80$ mm
Entrecasco		No se admite	
Madera de reacción		Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
Desviación de la fibra		1:10 (10%)	1:6 (16,7%)
Gemas	* Longitud * Anchura	No admitidas	$\leq L/3$ y $\leq 100$ cm. $\leq e/3$
Medula		No admitida	Admisible
Alteraciones biológicas * Muérdago ( <i>Viscum album</i> ) * Azulado * Pudrición * Galerías de insectos xilófagos		No se admite Se admite No se admite No se admiten ataques activos. Caso de ataques inactivos, se admitirán orificios aislados de hasta 2 mm de diámetro.	

$a$ : anchura de la tabla;  $e$ : grueso de la tabla;  $L$ : Longitud de la pieza

(\*) Referidas a un 20% de contenido de humedad

Definidas estas calidades, se tomó una muestra de 1.661 maderas procedentes de las siguientes zonas: Sierra de Guadarrama; Montes Universales; Sistema Ibérico; Alto Ebro; Pirineo Navarro, clasificándolas y ensayándolas de acuerdo a la norma EN 408 Métodos de ensayo de las propiedades mecánicas y físicas.

El resultado de clasificación permitió obtener 371 muestras de calidad ME-1; 907 muestras ME-2 y 383 muestras rechazadas por falta de calidad.

El resultado de la caracterización mecánica, resistencia a flexión  $f_k$  y módulo de elasticidad local  $E_L$  (sin intervención de esfuerzos cortantes) y la densidad característica (densidad al 5% percentil)  $\rho_k$  de las distintas zonas geográficas y calidades fueron los siguientes:

Tabla 5: Caracterización mecánica y clase resistente de la madera de pino silvestre de diversas procedencias españolas

Calidad visual	ME-1			ME-2		
Región	Variable	Valor	Clase	Variable	Valor	Clase
Alto Ebro	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	329	C30	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	181	C18
	$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	128.940		$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	111.170	
	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	468,5		$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	416,0	
Pirineo Navarro	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	330	C30	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	256	C24
	$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	127.610		$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	110.220	
	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	473,9		$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	471,3	
Sistema Ibérico	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	330	C30	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	181	C18
	$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	121.630		$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	101.270	
	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	435,2		$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	426,3	
S <sup>a</sup> Guadarrama	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	308	C30	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	202	C22
	$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	135.980		$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	116.360	
	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	423,2		$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	415,1	
Montes Universales	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	272	C27	$f_k$ kg/cm <sup>2</sup>	193	C18
	$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	124.130		$E_l$ kg/cm <sup>2</sup>	10509	
	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	408,8		$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	411,6	
<b>TOTAL</b>	<b><math>f_k</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>272</b>	<b>C27</b>	<b><math>f_k</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>181</b>	<b>C18</b>
	<b><math>E_l</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>121.630</b>		<b><math>E_l</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>101.270</b>	
	<b><math>\rho_k</math> kg/m<sup>3</sup></b>	<b>408,8</b>		<b><math>\rho_k</math> kg/m<sup>3</sup></b>	<b>411,6</b>	

Es decir, que según la clasificación visual del conjunto de madera y sus ensayos mecánicos permitió a la madera de pino silvestre en clasificarse según clases resistentes, que a continuación se explicará, que la clase estructural ME-1 se asigne la clase resistente C27 y la clase estructural ME-2, la clase resistente C18

Naturalmente que estas clases resistentes corresponden a los valores de resistencia de las vigas ensayadas, pero como la madera resiste menos cuanto mayor sea su sección, la clasificación anterior corresponde a la madera con grueso <70 mm, cuando la madera es más gruesa, la clasificación estructural es la siguiente (Madera estructural gruesa MEG):

Tabla 5: Clasificación visual de madera estructural gruesa MEG (UNE 56544: 2007)  
Sea a la anchura; g el grueso y l la longitud de la tabla, tablón, viga o vigueta

CRITERIOS DE CALIDAD		CLASE DE CALIDAD	MEG
Diámetro $\phi$ de los nudos sobre la cara			$\phi < 2 \cdot a/3$
Diámetro $\phi$ de los nudos sobre el canto			$\phi < 2 \cdot g/3$
Anchura máxima del anillo de crecimiento (sólo sí se clasifica en verde)			Sin límite
Longitud F de fendas	De secado		$F \leq 3 \cdot l/5$
	Rayo, heladura o de abatimiento		No permitidas
Acebolladuras			No permitidas
Bolsas de resina y entrecasco			Longitud $< 1,5 \cdot a$
Madera de reacción (Superficie R que ocupa)			Admisible en 2/5 de la sección
Desviación de la fibra			1:6 (16,7%)
Gemas * longitud			$< 1 \cdot l/3$
* dimensión relativa			$g < l/3$
Médula			Admitida
Alteraciones biológicas			
* muérdago (v. album)			No se admite
* azulado			Se admite
* pudrición			No se admite
* galerías de insectos xilófagos			No se admite
Deformaciones máximas			
Curvatura de cara			20 mm (por cada 2 m)
Curvatura de canto			12 mm (por cada 2 m)
Alabeo			2 mm (por cada 25 mm de a)
Abarquillado			$1 \cdot a/25$

(\*) Referidas a un 20% de contenido de humedad

Para esta clase de calidad de madera estructural gruesa, la clase resistente a la que pertenece es la clase C22.

### CLASES RESISTENTES

Para simplificar la gran variabilidad de especies de madera y clases de calidad, así como las combinaciones de ambas, se definen las clases resistentes, como las agrupaciones de especies y calidades que tengan niveles de resistencia semejantes. Las clases resistentes que se establecen, (norma UNE-EN 338 de 1.995) se basan en los valores de la resistencia a la flexión en  $N/mm^2$  estableciendo la siguiente modulación 14; 16; 18; 22; 24; 27; 30; 35; y 40 en coníferas y 30; 35; 40; 50; 60 y 70 en frondosas.

Tabla 6: Características mecánicas de las clases resistentes de madera

<b>PROPIEDADES (N/mm<sup>2</sup>)\CLASE</b>	<b>C14</b>	<b>C16</b>	<b>C18</b>	<b>C22</b>	<b>C24</b>	<b>C27</b>	<b>C30</b>	<b>C35</b>	<b>C40</b>	<b>D30</b>	<b>D35</b>	<b>D40</b>	<b>D50</b>	<b>D60</b>	<b>D70</b>
Flexión	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Compresión paralela	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Cortante	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6
Modulo de elasticidad paralelo medio	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	4,7	5,4	6	6,7	7,4	8	8	8,7	9,4	8	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad perpendicular medio	0,23	0,27	0,3	0,33	0,37	0,4	0,4	0,43	0,47	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Módulo cortante	0,44	0,5	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,6	0,65	0,7	0,88	1,06	1,25
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1080

De acuerdo a todo esto, la madera de pino silvestre, según sus dimensiones y calidades, tiene asignado las siguientes clases resistentes y consecuentemente, los valores de resistencia mecánica (en kg/cm<sup>2</sup>) que se indican en la tabla 7:

Tabla 7: Clases resistentes de la madera aserrada de pino silvestre en España.

MADERA DE PINO SILVESTRE	Grueso <70 mm		Grueso >70 mm
PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C27	C18	C22
Flexión	270	180	220
Tracción paralela	160	110	130
Tracción perpendicular	4	3	3
Compresión paralela	220	180	180
Compresión perpendicular	56	48	48
Cortante	28	20	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	120.000	90.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	80.000	60.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	4.000	3.000	3.000
Módulo cortante	7.500	5.600	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	370	320	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	450	380	380

Un análisis comparativo de clasificación con respecto a los países de nuestro entorno, son las siguientes:

Tabla 8: Clases de calidad resistente en distintos países europeos

\Clase resistente Norma	Defecto	C14	C16	C18	C24	C27	C30
Países Nórdicos (INSTA 142)	<u>Nombre</u> Cara Canto Desv. fibra	<b><u>T0</u></b> ½ 1/1 1/3		<b><u>T1</u></b> 2/5 y <75 4/5 1/5	<b><u>T2</u></b> ¼ y <50 ½ 1/7		<b><u>T3</u></b> 1/6 1/3 1/10
Francia NFB 52001	<u>Nombre</u> Cara Canto Desv. fibra		<b><u>ST-III</u></b> ½ y <80 ½ y <30 1/6	<b><u>ST-II</u></b> 1/3 y <60 ½ y <30 1/6		<b><u>ST-I</u></b> 1/6 y <30 ½ y <30 1/14	
Alemania-Austria DIN 4074	<u>Nombre</u> Cara Canto Desv. fibra		<b><u>S-7</u></b> ½ 1/3 1/5		<b><u>S-10</u></b> 1/3 1/3 1/8		<b><u>S-13</u></b> 1/5 1/3 1/14
España	<u>Nombre</u> Cara Canto Desv. fibra			<b><u>ME-2</u></b> ½ y <80 2/3 1/6		<b><u>ME-1</u></b> 1/5 y <30 2/3 y <30 1/10	

## MARCADO DE LA MADERA

Para identificar perfectamente cada pieza de madera está en trámite de normalización el marcado de la madera de la siguiente forma:

- Denominación completa y dirección registrada del productor
- Código de especie de madera (de acuerdo UNE EN 13556):  
PNSY: Pino silvestre
- La clase de calidad (ME-1 ó ME-2) y la norma de clasificación empleada (UNE 56.544)
- Resistencias a la flexión, compresión y tracción (No necesaria si se ha marcado la madera con la clase resistente o se cita la clase de resistencia de EN 338)
- Módulo de elasticidad en flexión (No necesaria si se ha marcado la madera con la clase resistente o se cita la clase de resistencia de EN 338)
- Clase de durabilidad, de acuerdo con EN 350-2 ó “Durabilidad NPD” (No performance determined)
- Clase de reacción al fuego o clase F (sólo en documentos de acompañamiento)
- Número del certificado EU de conformidad (sólo en documentos de acompañamiento)
- Firma del responsable de la clasificación (sólo en documentos de acompañamiento)

Un ejemplo de marca (de acuerdo con prEN 14081-1) es el recogido en la figura adjunta:

Esquema 4: Ejemplo de marca

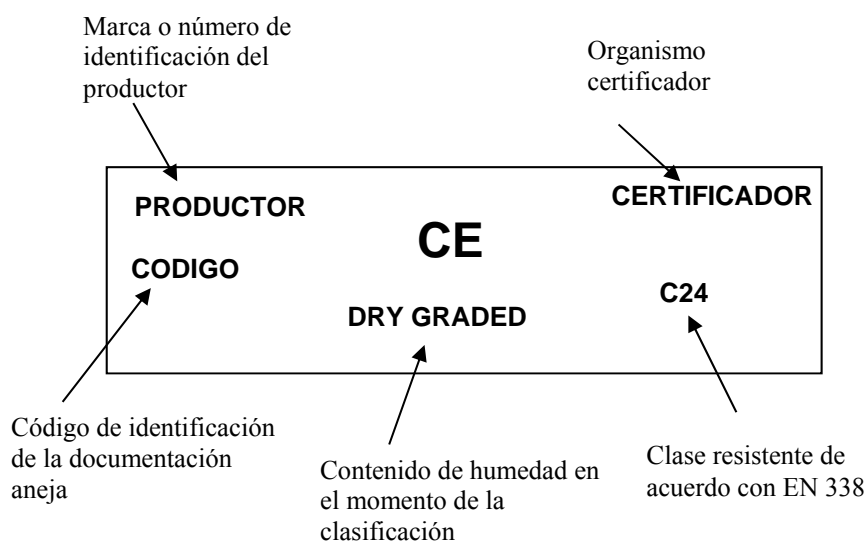




Foto 11: Ejemplo de marca del aserradero de El Espinar de una viga estructural C18, homologada por el organismo de control AITIM, con el número 21-02



### MADERA LAMINADA DE PINO SILVESTRE

El pino silvestre es una de las especies más utilizadas en la fabricación de madera laminada y esta reconocidamente aceptada para su utilización.

La madera de pino silvestre deberá estar seca entre el 8y el 15%, no admitiéndose variaciones de humedad superiores al 4%. Las láminas serán de hasta 45mm de espesor y de hasta 10.000 mm<sup>2</sup> de área de sección (9.000 en ambientes algo húmedos), deberán estar empalmadas y cepilladas con una tolerancia de 0,1mm, encoladas con colas de termoendurecibles (aminoplásticas) o fenólicas y prensadas con presiones de 6 kg/cm<sup>2</sup> (para laminas <0,35) o de 0,8 (para el resto de espesores) a temperaturas >20°C.

Con estas condiciones de fabricación la clase resistente a que corresponde pueden ser las siguientes

1.- Caso de láminas de calidad homogénea: La resistencia se indica en la tabla 9

Tabla 9: Clases resistentes en madera laminada de pino silvestre

PROPIEDADES (N/mm <sup>2</sup> )\CLASE	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Flexión	24	28	32	36
Tracción paralela	16,5	19,5	22,5	26
Tracción perpendicular	0,4	0,45	0,5	0,6
Compresión paralela	24	26,5	29	31
Compresión perpendicular	2,7	3	3,3	3,6
Cortante	2,7	3,2	3,8	4,3
Modulo de elasticidad paralelo medio	11,6	12,6	13,7	14,7
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	9,4	10,2	11,1	11,9
Módulo de elasticidad perpendicular medio	0,39	0,42	0,46	0,49
Módulo cortante	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	410	430	450

La resistencia de la viga de madera laminada se obtiene a partir de la resistencia de las láminas siguiendo las siguientes formulas:

$$\begin{aligned} \text{Resistencia a flexión} &= 7 + 1,15 \cdot \text{Resistencia a tracción de la lámina} \\ \text{Módulo de elasticidad} &= 1,05 \cdot \text{Módulo de elasticidad de la lámina} \\ \text{Densidad característica} &= 1,1 \cdot \text{Densidad característica de las láminas} \end{aligned}$$

De acuerdo con estas formulas, una viga de madera laminada fabricada con láminas de calidad C18, permitiría obtener una calidad de viga de madera laminada GL20h, si se hiciese con láminas de calidad C24 se obtendría una calidad GL24h y si se hiciese con calidad C30 se obtendría una calidad GL28h.

Según esto podría pensarse que se pierde resistencia en las vigas de madera laminada, pero eso no es verdad, todo lo contrario, porque la probabilidad de que 2 defectos coincidan es menor cuantas más láminas tenga la viga. Por eso las vigas fabricadas con madera de poca calidad ganan en resistencia. Las vigas fabricadas con láminas de gran calidad parece que pierden resistencia, pero ello es debido al factor k, de altura del canto de madera, que ocurriría igual con madera laminada.

En el caso de que las láminas fuesen de diferentes calidades, la clasificación de clases resistentes sería la siguiente:

## 2.- Caso de láminas de calidad heterogénea

La resistencia se indica en la tabla 10

Tabla 10: Clases resistentes en madera laminada de pino silvestre

PROPIEDADES (N/mm <sup>2</sup> )\CLASE	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Flexión	24	28	32	36
Tracción paralela	14	16,5	19,5	22,5
Tracción perpendicular	0,35	0,4	0,45	0,5
Compresión paralela	21	24	26,5	29
Compresión perpendicular	2,4	2,7	3	3,3
Cortante	2,2	2,7	3,2	3,8
Módulo de elasticidad paralelo medio	11,6	12,6	13,7	14,7
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	9,4	10,2	11,1	11,9
Módulo de elasticidad perpendicular medio	0,32	0,39	0,42	0,46
Módulo cortante	0,59	0,72	0,78	0,85
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	350	380	410	430

En este caso, si se utilizase láminas exteriores de calidad C27 con calidades interiores C18 se obtendría una calidad GL24c. Si la combinación fuese C30 con C24 la calidad sería GL28

## **DURABILIDAD.**

La durabilidad de esta madera queda establecida en la norma EN 350-2 de 1.994, según la siguiente tabla:

Tabla 11: Durabilidad de la madera de pino silvestre

DURABILIDAD	ALBURA	DURAMEN
HONGOS*	5 (no durable)	3-4 (de media a poco durable)
TERMITA	Sensible	Sensible
POLILLA	Durable	Durable
CARCOMA FINA	Sensible	Sensible
CARCOMA GRUESA	Sensible	Sensible

\*La madera expuesta en contacto con el suelo tendría una durabilidad efectiva de 3 a 7 años

Si se tiene en cuenta las clases de riesgo de ataques existentes:

Tabla 12: Clases de riesgo biótico de degradación de la madera

Clase riesgo	Condición de exposición	Posibilidad de ataques			
		Hongos	Termitas	Teredo	Polilla/carcoma
1	Sin riesgo de humedad	Nulo	Escaso	Nulo	Eventual
2	Riesgo de humedad muy ocasionalmente	Escaso	Escaso	Nulo	Eventual
3	3.1 Riesgo de humedad intermitente.	Mediano Desarrollo muy lento	Importante Desarrollo lento	Nulo	Eventual
	3.2 Riesgo de humedad intermitente, pero frecuente	Importante Desarrollo lento	Importante Desarrollo lento	Nulo	Eventual
4	Riesgo de humedad permanente.	Importante Desarrollo rápido	Importante Desarrollo rápido	Nulo	Eventual
5	Riesgo de humedad permanente con agua marina	Importante Desarrollo rápido	Importante Desarrollo rápido	Alto	Nulo

Siguiendo la norma EN 460 de 1.994, la necesidad de tratamiento preventivo protector se produce en los siguientes casos:

Tabla 13: Tratamiento necesario a la madera de pino silvestre según la clase de riesgo a que está expuesta.

Clase de riesgo	Tipo de madera		
	Duramen		Albura
1	0	0	0
2	0	(0)	(0)
3	(0)	(0)-(x)	(0)-(x)
4	(x)	x	x
5	(x)	x	x

0: No es necesario tratamiento

(0): Sería necesario tratar en casos un poco especiales, como piezas difíciles de sustituir

(x): Sería recomendable un tratamiento protector, aunque no obligatorio

x: El tratamiento protector es imprescindible

Es decir, que solo sería imprescindible el tratamiento en las clases de riesgo 4 y 5, es decir, madera en contacto con el suelo o con agua marina.

### **IMPREGNABILIDAD.**

Siguiendo con la norma EN 350-2 de 1.994, la impregnabilidad es la siguiente:

- Albura 1: Impregnable, es decir, que puede ser impregnada a presión sin dificultad.
- Duramen 3 a 4: Poco impregnable a no impregnable. En este caso, la impregnación bajo presión en autoclave, después de 3 a 4 horas de tratamiento sólo conseguiría penetraciones de alrededor de 3 mm.

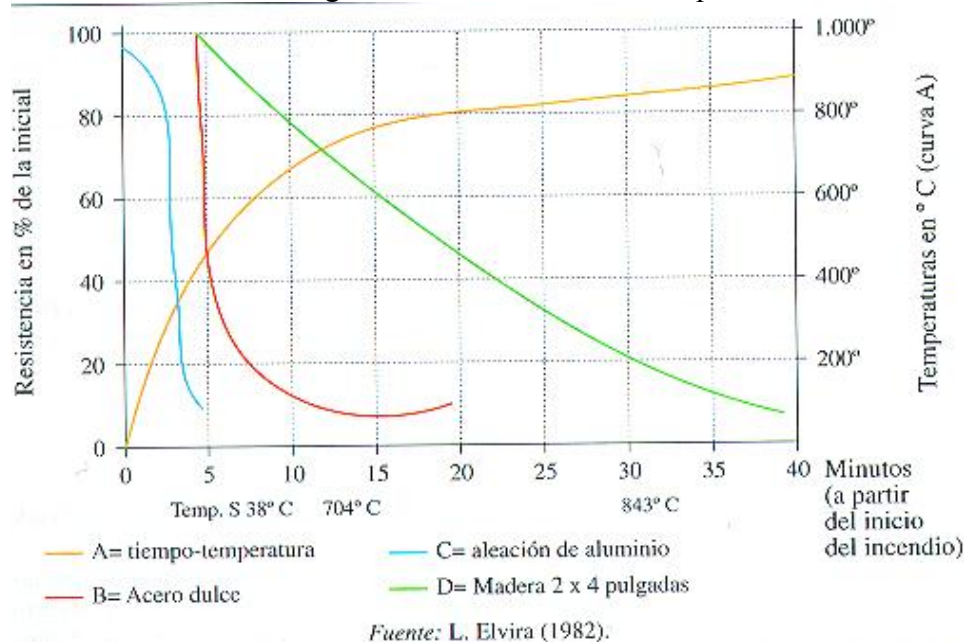
Según el siguiente cuadro, en las situaciones de clase de riesgo 4 y 5, el tratamiento apenas es efectivo, por la escasa penetración que se consigue.

### **DEGRADACIÓN POR EL FUEGO**

La madera es el combustible más tradicional, eso hace que la idea que se tenga de la madera es que es un material muy peligroso en los incendios, pero esto es sólo verdad en parte, pues la madera es uno de los materiales más resistente al fuego, aunque su reacción al fuego se la califica de M3 y M4, es decir de medianamente inflamable a inflamable.

La madera expuesta al fuego arde en su superficie rápidamente, formándose una capa carbonosa que impide que el oxígeno necesario para la combustión pase al interior de la madera. Esto hace que la combustión, tras unos primeros momentos muy intensos se ralentice, profundizando a velocidades del orden de 0,7 mm/min. Este hecho, unido a que la madera gana resistencia al perder la humedad, hace que la madera resista mucho tiempo antes de romperse.

Esquema 5: Resistencia al fuego de diversos materiales empleados en la construcción



## **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (L. Bustamante y A. Caperos, 1.966)

Las características de la madera de pino silvestre se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 14: Características químicas de la madera de pino silvestre.

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Cenizas (%)	0.25	0.54
Solubilidad en agua fría	1.13	3.70
Solubilidad en agua caliente	2.07	5.37
Solubilidad en NAOH 1%	21.13	10.09
Extracto en eter	2.99	10.39
Extracto en alcohol benceno	0.90	3.03
Lignina	25.48	27.88
Holocelulosa	77.18	70.88
Pentosanos	12.50	11.20

## **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

### **APEO, DESRAME, TRONZADO Y DESCORTEZADO.**

El **apeo** debe tener lugar lo más cerca del suelo, al ras si es posible, para aprovechar la primera troza, de gran valor. No es necesario descalzar el fuste, pues la corteza no es muy gruesa ni abrasiva. Para realizar la entalladura de caída, se debe buscar un ángulo no muy pronunciado para deteriorar lo mínimo posible la primera troza. Por último, en el apeo debe tenerse cuidado con los árboles con pudrición, pues su caída puede producirse antes de lo esperado.

Foto 12: Desrame manual



En el **desrame** debe tenerse en cuenta que las ramas de tamaño mediano a grande, deben destensionarse antes de separarlas del fuste, evitando que la espada de la motosierra pueda quedar aprisionada o que la rama golpee al operario.

El **tronzado** debe realizarse buscando el mejor valor de la troza y no la facilidad de la saca, dado el valor de esta madera.

La carga y transporte se realiza después de un tronzado y en la madera de calidad se realiza a lo largo de la caja del camión. En la madera para desintegración la madera se tronza a su longitud definitiva de 2,2 o 2,4 m

Foto 13: Carga en camión



El **descortezado** debe hacerse lo más pronto posible, para con la desecación evitar su azulado.

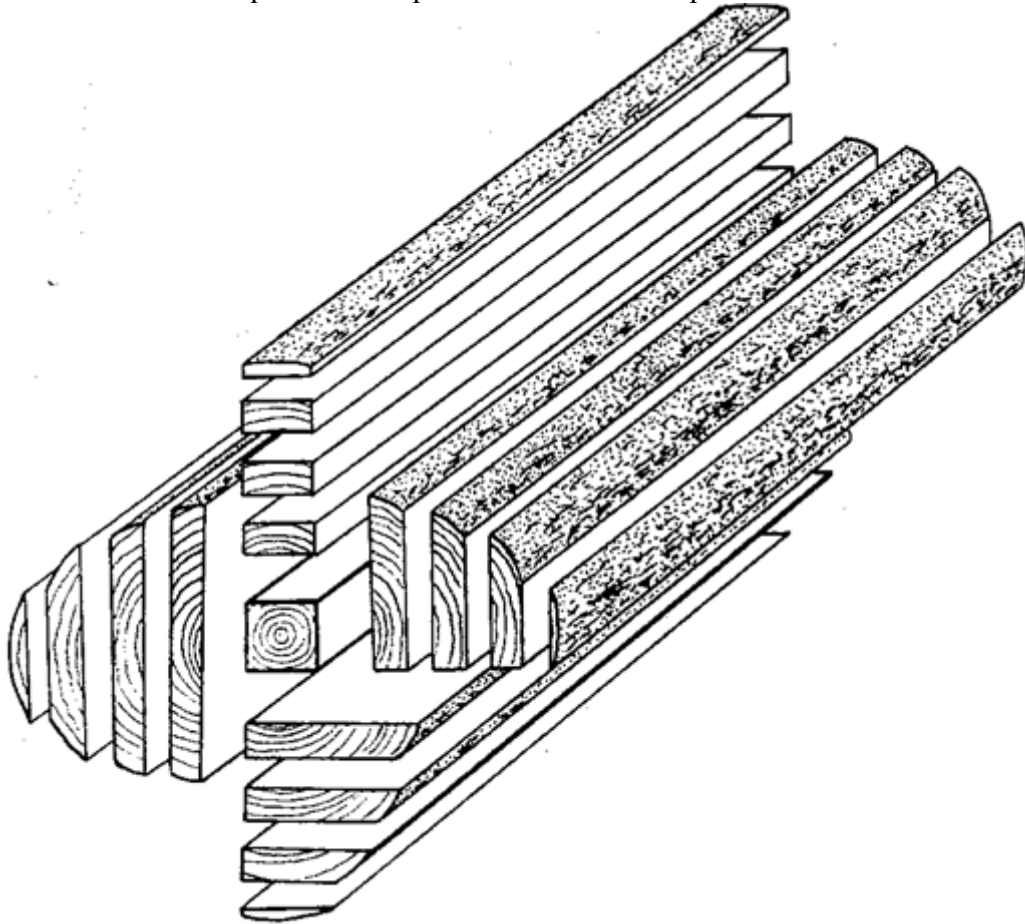
Foto 14: Cuchillas de descortezado



### ASERRADO.

La escasa dureza da idea de la facilidad de esta operación. Además, no existen tensiones, salvo la de árboles inclinados y las tablas con madera juvenil, que produzcan excesivas deformaciones en las tablas, que puedan obligar a un especial despiece. Sólo las trozas anormalmente resinosas pueden producir problemas de embotamiento de las sierras.

Esquema 6: Despiece de la madera de pino silvestre



El despiece a realizar, debe ser aquel en el que se obtenga madera más limpia de nudos, aún a pesar de que la fuerte relación entre el coeficiente de contracción tangencial y radial tenderá a producir cierto atejado de las tablas durante el secado. Por ello se debe realizar el despiece de fuera adentro tangencialmente hasta producir una cara sucia, girar el tronco 90° e iniciar una nueva cara, hasta llegar a los nudos, girando de nuevo hasta completar la troza.

La **sierra de carro** constituye el equipo más aconsejable para realizar este tipo de despiece. Las características principales de esta sierra, según la potencia necesaria, quedan expresadas en la siguiente tabla:

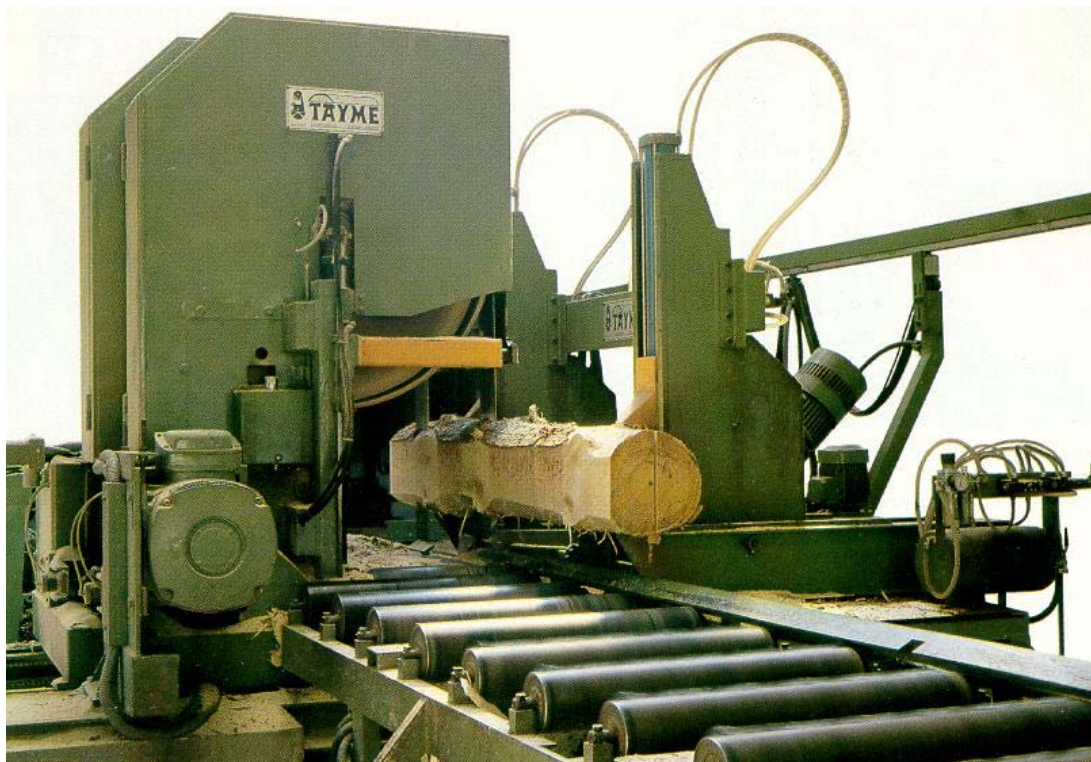
Tabla 15: Potencia y características dimensionales de la sierra de carro.

P potencia (CV)	D diámetro del volante (m)	A anchura del volante. (mm)
10-25	0.9-1.15	81
30-40	1.15-1.3	105
40-50	1.3-1.4	128
60-75	1.5	152
150	2.1	178
200	2.4	224

La herramienta a utilizar será aproximadamente la misma que con el pino insignis, aunque si bien se puede aumentar 1 o 2 grados los ángulos de ataque, en detrimento del ángulo del diente.

Con el despique realizado sobre las trozas, se obtendrán tablas sin nudos, con nudos en alguna de sus caras y con nudos en todas sus caras, que son objeto de clasificación pues el mercado llega a pagar 4 y 5 veces más las piezas limpias que las sucias.

Foto 15: Sierra de carro



La norma UNE 56546 “Clasificación por aspecto de la madera de pino silvestre” define 5 calidades: Especial, 1ª, 2ªA, 2ªB y CONSTRUCCIÓN,



Tabla 16: Norma española de clasificación de pino silvestre

Clase	Nudos	Fendas	Gemas	Desviación de la fibra	Bolsas de resina	Anchura anillos	Entrecasco	Alteración biológica	Médula
Especial	Se admiten nudos sanos y adherentes de $\phi \leq 5$ mm	No se admite	No se admiten	General $\leq 5\%$ Local no se admite	No se admite	$\leq 3$ mm	No se admite	No se admite	No se admite
1ª	Una cara y dos cantos limpio En la contracara se admite 1 nudo sano y adherente de $\phi \leq 20$ mm por cada 1,5 m de l	No se admite	Se admiten en 1 arista de: Longitud $\leq l/10$ y $\leq 60$ cm Pérdida $\leq e/6$	General $\leq 5\%$ Local no se admite	No se admite	$\leq 3$ mm	No se admite	No se admite	No se admite
2ª-A	Una cara y un canto limpio. Se admiten nudos: - En contracara de $\phi \leq a/3$ y $\phi \leq 30$ mm - En contracanto de $\phi \leq 2e/3$ y $\phi \leq 30$ mm	Se admiten fendas superficiales y sólo de testa	Se admiten de: Longitud $\leq l/5$ y $\leq 100$ cm Pérdida $\leq e/5$	General $\leq 7\%$ Local $\leq 10\%$	No se admite	$\leq 3$ mm	No se admite	No se admite	Se admite médula centrada en el tablón
2ª-B	Se admiten los siguientes nudos - En caras: Para $a \leq 100$ mm $\phi \leq a/2$ Para $100 \leq a \leq 150$ mm $\phi \leq 50$ mm Para $a > 150$ mm $\phi \leq 60$ mm - En cantos $\phi \leq 2e/3$ y $\phi \leq 40$ mm	No deben atravesar el grosor de la pieza Longitud $\leq l/10$	Se admiten de: Longitud $\leq l/4$ y $\leq 100$ cm Pérdida $\leq e/5$	General $\leq 15\%$ Local $\leq 25\%$	Se admiten de longitud $\leq 60$ mm	$\leq 6$ mm	No se admite	Se admite azulado en proporción $\leq 15\%$ de cualquier superficie No se admite pudrición e insectos.	Se admite en una de las caras con longitud $\leq l/2$
3ª	Se admiten los siguientes nudos - En caras $\phi \leq a/2$ y $\phi \leq 80$ mm - En cantos $\phi \leq 2e/3$ y $\phi \leq 50$ mm	No deben atravesar el grosor de la pieza Longitud $\leq l/10$	Se admiten de: Longitud $\leq l/3$ y $\leq 100$ cm Pérdida $\leq e/3$	General $\leq 15\%$ Local $\leq 25\%$	Se admiten de longitud $\leq 80$ mm	No hay límite	Se admite superficial de longitud $\leq l/10$	Se admite azulado No se admite pudrición e insectos	Se admite en cualquier proporción y situación
4ª	Se admite cualquier defecto en cantidad y tamaño siempre que no comprometa la solidez de la pieza								

También existen normas de clasificación de esta madera en otros países, como es en Francia (clases OA, OB, 1ª, 2ª y 3ªA) o en Suecia y Finlandia (I, II, III, IV, V y VI) que da idea de la importancia de un buen despiece para conseguir la máxima valorización de esta madera.

Tabla 17: Norma francesa de clasificación de madera aserrada de coníferas

#### CLASE OA

**Nudos:** No se admiten en la cara limpia y en los cantos. En la contracara pueden aparecer nudos sanos y adherentes en número pequeño y con un diámetro máximo de 15 mm

**Fendas:** Sólo se admiten fendas de testa en la contracara, de tamaño muy pequeño.

Las fendas de secado admitidas deben ser muy superficiales y pequeñas

**Gema:** Sólo se admite en piezas de mas de 3m de longitud. En estas la gema debe ser de testa, en la contracara y con un tamaño muy pequeño. Este defecto sólo lo puede contener el 10% de las piezas del lote

**Otros defectos:** No se admiten defectos de aserrado ni de alteraciones por hongos o insectos.

#### CLASE OB

En términos generales se admiten 2 defectos de estructura en cara y 3 en contracara por elemento tipo (rectángulo de 1x0,1m)

**Nudos:** Sanos y adherentes de 20 mm en cara y 25 mm en contracara. Negros, siempre que sean adherentes de 10 mm en la cara y negro incluso saltadizo de hasta 10 mm en la contracara.

**Bolsas de resina:** Pequeñas

**Fendas:** · De testa, limitadas a un 5% de la longitud de la pieza

· De secado: Limitadas a 1,5 veces la anchura de la pieza

**Gema:** Sólo se admite en piezas de mas de 3m de longitud. En estas la gema será de testa de tamaño pequeño. Este defecto sólo lo puede contener el 10% de las piezas del lote

**Otros defectos:** No se admite

#### CLASE 1

En términos generales se admiten 3 defectos de estructura en cara y 5 en contracara por elemento tipo (rectáng. de 1x0,1m)

**Nudos:** Sanos y adherentes de 30 mm en cara y 40 mm en contracara. Negros, siempre que sean adherentes en la cara y negro incluso saltadizo en la contracara.

**Bolsas de resina:** Pequeñas en la cara y hasta grandes en la contracara

**Fendas:** · De testa o de corazón: No superarán la longitud de la anchura de la pieza o el 8% de la longitud de la pieza

· De secado: La longitud debe ser inferior o igual a 2 veces la anchura de la pieza

**Madera de reacción:** Muy ligera

**Gema:** Sólo se admite en piezas de mas de 3m de longitud. En estas la longitud de la gema no superará el 20% de la longitud de la pieza y la anchura de la gema el 20% del grueso de la pieza.

**Otros defectos:** Picaduras en la contracara, siempre que no estén activas

#### CLASE 2

**Nudos:** En las cara:: Se admiten nudos sanos o negros cuyos tamaños máximos son los siguientes:

· Para piezas de menos de 80 mm de anchura de hasta 1/2 de la anchura de la pieza

· Para piezas de hasta 150 mm de anchura, el nudo no superará los 45 mm

· Para piezas de mas de 150 mm de anchura los nudos no superarán 1/3 de la anchura

En los cantos: Se admiten nudos sanos y negros de tamaño inferior a 2/3 del grueso de la pieza

**Bolsas de resina:** De hasta 80 mm de longitud máxima

**Fendas:** · De testa o de corazón: No superarán la longitud de 2 veces la anchura de la pieza o el 8% de la longitud de la pieza

· De secado: La longitud debe ser inferior o igual a 3 veces la anchura de la pieza

**Entrecasco y madera de reacción:** Se admiten pero no debe afectar a la resistencia de la pieza

**Gema:** Sólo se admite en piezas de mas de 3m de longitud. En estas la longitud de la gema no superará 1/3 de la longitud de la pieza y la anchura de la gema 1/2 del grueso de la pieza. Este defecto sólo lo puede contener el 15% de las piezas del lote

**Otros defectos:** Trazas de pudrición

Azulado sin limitación

Picaduras siempre que no sean vivas

#### CLASE 3A

**Nudos:** Se admiten sin limitación

**Fendas:** Se admiten sin limitación

**Gemas:** Se admiten sólo en piezas de mas de 3 m de longitud. En estos casos no se especifica límite

Se excluye la existencia de picaduras vivas y pudriciones

Tabla 18: Norma de clasificación de madera aserrada de Suecia y Finlandia

### CLASIFICACION ESTETICA (NO ESTRUCTURAL)

La madera aserrada de coníferas, procedentes de Suecia y Finlandia, se divide normalmente en seis calidades (I-VI). Las especificaciones de cada calidad se recogen al final de este artículo. Generalmente su comercialización se efectúa con las denominaciones siguientes que agrupan las calidades anteriores:

- U/S (comocae): comprende las cuatro calidades superiores (I-IV) La denominación "comocae" responde al proceso de clasificación en el que se separan las calidades superiores (V y VI) dejando "caer" de sierra el resto de la madera.
- La proporción de calidades I a III es mayor en el pino que en el abeto. Las aplicaciones de la calidad "comocae" son típicas de los perfiles para la fabricación de ventanas, puertas, molduras, muebles, etc.
- Quintas (V): esta calidad es adecuada también para ser pintada con calidad. Las escuadrías pequeñas se emplean en revestimientos exteriores, muebles, tarima. Además se utilizan en la construcción como elementos estructurales.
- Sawfalling - No clasificada - Quintas y mejor: bajo estas denominaciones se comercializan juntas las calidades U/S y Quintas.
- La proporción de las categorías I a V varía según el aserradero.
- Sextas (VI): es la calidad inferior en la que el tamaño de los nudos ya no se limita y únicamente se exige una solidez general. La aplicación característica es el encofrado y madera en usos auxiliares de la construcción.

Además de estas denominaciones, muchos aserraderos disponen de madera clasificada especialmente de acuerdo con las necesidades del cliente con una mezcla de diversas categorías.

Como objeción a las denominaciones anteriores puede considerarse la imprecisión de su terminología.

A veces los técnicos (arquitectos y aparejadores) no acostumbrados a esta terminología, realmente confusa, se sorprenden al tener que considerar calidades denominadas "comocae" y "no clasificada".

### CLASIFICACION POR EL ASPECTO DE LAS CONIFERAS PROCEDENTES DE SUECIA Y FINLANDIA: *Pinus sylvestris* y *Picea abies*)<sup>1</sup>

#### CLASE I: CALIDAD DENOMINADA "SIN NUDOS", "MOLDURA", "SELECTA".

- **Nudos Sanos:** \* Sobre la mejor cara, un nudo sano del tamaño abajo indicado, además de algunos ojos de perdiz.

\* Sobre los dos cantos, un ojo de perdiz en total.

Grueso en mm de la pieza	Ancho de la pieza (mm)									
	75	100	125	150	175	200	225	250	275	
19	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
25	6	6	6	6	6	10	10	10	10	10
32	6	6	6	10	10	10	10	10	10	10
38	6	6	10	10	10	10	10	13	13	
50	6	10	10	13	13	13	16	16	16	
63	-	13	13	16	16	16	16	16	16	
75	-	16	16	16	16	16	19	19	19	

\* Para las maderas suecas, los nudos de 13 pasan a 12 mm.

\* El número de nudos sanos u otros y de bolsas de resina indicadas es válido para una longitud de 1,50 m.

- **Otros nudos:** Sólo un nudo seco, de tamaño igual al 70% del nudo sano antes citado, se admite sobre la mejor cara, y un ojo de perdiz en total sobre los dos cantos.

No se admiten los otros tipos de nudos.

- **Fendas:** Sobre una sola cara, la longitud no puede exceder el 20% de la longitud de la pieza y su profundidad no excederá el 10% del grueso de la pieza.

En la otra cara no deben existir fendas.

Sobre los cantos, la longitud no deberá exceder el 10% de la longitud de la pieza; la fenda del canto no debe afectar a la arista.

Las fendas oblicuas no son admitidas en Suecia y son toleradas, pero con dimensiones más cortas, en Finlandia.

- **Bolsas de resina:** Eventualmente se admite una bolsa pequeña, limitada y poco profunda.

- **Gemas:** Sobre una arista, la gema es admitida sobre el 15% del grueso y con una longitud máxima del 15% de la longitud de la pieza.

Sobre las dos aristas, el total no puede exceder el 20% del grueso y el 20% de la longitud de la pieza.

La gema en medio de una pieza no deberá superar la mitad de la longitud admitida cuando está en los extremos.

**Otras características o defectos son excluidos.**

<sup>1</sup> (Traducido de "Classement des sciages de pin et d'èpicéa Suèdois et Finlandais" 1<sup>a</sup> partie: classement d'aspect. Conseil des Bois de Suède et Finlande, Paris 1982).

**CLASE II: CALIDAD DENOMINADA "CLASE DE PRIMERA", "CARPINTERIA DE PRIMERA" O "CARPINTERIA FINA".**

- **Nudos Sanos:** \* Sobre la mejor cara, un nudo sano del tamaño abajo indicado, y además para anchos de 150 mm ó inferiores, un nudo con tamaño del 70% de éste (para otros anchos, dos nudos con tamaño del 70%).

Además, algunos ojos de perdiz.

Grueso en mm de la pieza	Ancho de la pieza (mm)									
	75	100	125	150	175	200	225	250	275	
19	10	10	10	13	13	13	13	13	13	
25	10	13	13	13	13	16	16	16	16	
32	13	13	13	16	16	16	16	19	19	
38	13	13	16	16	16	19	19	19	19	
50	13	16	19	19	22	22	25	25	25	
63	-	13	22	25	25	25	28	28	28	
75	-	25	25	28	28	28	32	32	32	

\* Para las maderas de Suecia, los nudos de 13 mm pasan a ser 12 mm y los de 28 a 29 mm.

\* El nº de nudos sanos u otros y de bolsas de resina indicados es válido para una longitud de la pieza de 1,50 m. Sobre los cantos, además de los ojos de perdiz, se admiten:

Grueso de la pieza (mm)	19	25	32	38	50	63	75	Nudos admitidos (*)
Tamaño de los nudos (mm)								1 o 2 nudos sobre los 2 cantos
Suecia	6	6	6	10	10	12	16	
Finlandia	6	6	10	10	10	13	13	1 nudo por canto

(\*) Para anchos de 150 mm ó menos, se aceptan nudos de mayor tamaño.

- **Otros nudos:** Sobre la mejor cara, un nudo seco del 70% y un nudo seco del 50% del tamaño indicado en la tabla de nudos sanos.

Sobre los cantos, un nudo del 70% del tamaño de la tabla, además de algunos ojos de perdiz.

Los otros tipos de nudos no son admitidos.

- **Fendas:** Sus longitudes totales no deben exceder el 40% sobre las dos caras (30% sobre cada cara) de la longitud de la pieza.

Profundidad combinada de las fendas: 20% del grueso de la pieza.

Sobre los dos cantos, la longitud total no debe exceder el 20% (30% para Suecia) de la longitud de la pieza, con una limitación para cada canto, de una longitud total de 15%.

La anchura de las fendas no debe exceder el 2% del grueso de la pieza.

La fenda de canto no debe afectar a la arista.

Las fendas oblicuas no son admitidas en Suecia y son toleradas, pero más cortas en Finlandia.

- **Bolsas de resina:** Poco numerosas, poco profundas y limitadas.

- **Entrecasco:** No autorizadas en Suecia; en Finlandia se admite uno pequeña, firme y limitado.

- **Madera de reacción:** Puede existir si no tiene influencia sobre la forma de la pieza.

- **Gemas:** Sobre una arista, se admite gema sobre el 20% del grueso y sobre un máximo del 20% de la longitud de la pieza.

Sobre las dos aristas, el total no puede exceder el 25% del grueso y el 25% de la longitud de la pieza.

La gema situada en el medio de la pieza no excederá la mitad de la longitud admitida en los extremos.

**Todo otro defecto es excluido:**

**CLASE III: CALIDAD DENOMINADA "CARPINTERIA DE SEGUNDA"**

- **Nudos Sanos:** \* Sobre la mejor cara, dos nudos del tamaño indicado en la tabla además para anchos de 150 mm ó inferiores dos nudos del tamaño del 70% de éste (para otros anchos, tres nudos con tamaño del 70%).

Además, algunos ojos de perdiz, pequeños nudos y puntas de nudos.

Grueso en mm de la pieza	Ancho de la pieza (mm)									
	75	100	125	150	175	200	225	250	275	
19	13	13	13	16	19	19	19	19	19	
25	13	16	19	19	19	22	22	22	25	
32	16	19	19	22	22	25	25	28	28	
38	19	19	22	25	25	28	28	28	28	
50	19	25	28	28	32	32	35	35	38	
63	-	28	32	35	38	38	41	41	41	
75	-	35	38	41	41	41	44	44	44	

\* Para la madera de Suecia, los nudos de 13 pasan a 12 mm y los de 28 a 29 mm.

\* El número de nudos sanos u otros tipos y de bolsas de resina indicados es válido para una longitud de 1,50 m.

Sobre los cantos, además de los ojos de perdiz y de algunos pequeños nudos, se admiten:

Grueso de la pieza (mm)	19	25	32	38	50	63	75	Nudo (*) admitidos
Tamaño de los nudos (mm)								Sobre los dos cantos 1 a 2 de este tamaño más 1 del 70% de este tamaño.

Suecia 6 6 12 12 19 19 25 (Máximo 3 nudos)

Finlandia 10 13 16 16 19 22 25 Sobre un canto 1 o 2 de este tamaño (Si el ancho es mayor a 150 mm se admiten los 2)

(\* Para anchos iguales o inferiores a 150 mm, se admiten nudos más gruesos.

- **Nudos muertos:** \* Suecia: sobre la mejor cara, para anchos de 150 mm o menos, un nudo del 70% y dos nudos del 50% (para anchos mayores, dos nudos del 70% y dos nudos del 50%). (Los porcentajes son relativos a los valores de la tabla).

Sobre los dos cantos, un nudo del 70%, dos nudos del 50%, además de algunos pequeños nudos y ojos de perdiz.

\* Finlandia: el mismo número de nudos sobre la cara y el canto que para el caso de nudos sanos, con un tamaño de 2/3 de los definidos para los sanos.

- **Nudos con inclusiones de corteza:** Se admiten con el 50% del tamaño y el 70% del número permitido para los nudos sanos.

- **Nudos viciosos:** En principio, no deben existir.

- **Fendas:** Su longitud total no debe sobrepasar el 70% sobre las dos caras (50% sobre cada cara) de la longitud de la pieza.

Profundidad combinada de las fendas: el 30% del grueso de la pieza.

Sobre los dos cantos, la longitud total no puede exceder el 35% (50% para Suecia) de la longitud de la pieza, con una limitación para cada canto de una longitud total del 25% (30% para Suecia).

El ancho no debe exceder el 3% del grueso de la pieza.

Las fendas de canto no pueden afectar a las aristas.

Las fendas oblicuas son toleradas pero serán mucho más cortas que las fendas rectas.

- **Bolsas de resina:** Admitidas si son poco numerosas, pequeñas, poco profundas y ligeramente abiertas.

- **Entrecasco:** Admitido si pequeños y poco profundo.

- **Heridas:** Prohibidas en Suecia, autorizadas en Finlandia si son pequeñas y poco profundas.

- **Madera de reacción:** Se admite si no tiene influencia sobre la forma de la pieza.

- **Madera con fibra irregular:** Puede existir sobre una pequeña parte si la pieza es de buena calidad en el resto.

- **Desviación de la fibra:** Puede existir si es de poca importancia.

- **Gemas:** Sobre una arista, la gema es admitida sobre el 25% del grueso y con una longitud máxima del 25% de la longitud de la pieza. Sobre las dos aristas, el total no puede exceder el 35% del grueso y el 30% de la longitud de la pieza. La gema que se encuentra en medio de la pieza no puede exceder de la mitad de la longitud admitida para los extremos.

**Cualquier otro defecto es excluido.**

#### CLASE IV: CALIDAD DENOMINADA "CARPINTERIA CORRIENTE", "MADERA CEPILLAR"

- **Nudos Sanos:** Sobre la mejor cara, dos nudos del tamaño abajo indicado en la tabla y además, para anchos inferiores o iguales a 150 mm, tres nudos del 70% de éste tamaño y para los otros anchos, cuatro nudos.

Por otro lado, algunos ojos de perdiz, pequeños nudos y puntas de nudos.

Grueso en mm de la pieza	Ancho de la pieza (mm)								
	75	100	125	150	175	200	225	250	275
19	16	19	22	25	25	28	28	28	28
25	19	25	28	28	28	32	32	32	32
32	25	28	28	32	32	32	32	35	35
38	28	28	32	32	32	35	35	38	38
50	28	32	35	38	41	41	44	44	47
63	-	38	41	44	47	47	50	50	53
75	-	44	47	50	53	53	56	56	56

\* Para la madera sueca, los nudos de 28 pasan a 29 mm y los de 47 a 48 mm y los de 53 a 54 mm.

\* El número de nudos sanos u otros tipos y de bolsas de resina indicados es válido para una longitud de 1,50 m.

Sobre los cantos, además de los ojos de perdiz y de algunos pequeños nudos, se admiten:

Grueso de la pieza (mm) 19 25 32 38 50 63 75 Nudos (\*) admitidos

Tamaño de los nudos(mm) Sobre los dos cantos 1 a 2 de este tamaño más 2 o 3 del 70% de este tamaño.

Suecia 19 19 25 25 32 35 41 (Máximo 4 nudos)

Finlandia 16 19 22 22 28 35 38 Sobre un canto 1 de este tamaño, 2 del 70% de este tamaño

(\* Para anchos iguales o inferiores a 150 mm, se admiten nudos más gruesos.

- **Nudos muertos:** \* Suecia: sobre la mejor cara, para anchos inferiores o iguales a 150, dos nudos del 70% y dos nudos del 50% (para anchos mayores, dos nudos del 70% y tres nudos del 50%). (En % del tamaño de la tabla para nudos sanos).

Sobre los cantos, un nudo del 70% y uno ó dos nudos del 50%, más algunos pequeños nudos y ojos de perdiz.

\* Finlandia: el mismo número de nudos sobre las caras y cantos que para los nudos sanos, pero con un tamaño de 2/3 de estos.

- **Nudos con inclusiones de corteza:** El 50% del tamaño y el 70% del número permitido para los nudos sanos.

- **Nudos viciosos:** \* Suecia: se admiten sobre toda la pieza 1 ó 2 nudos poco degradados del 50% del tamaño de los nudos sanos.

\* Finlandia: se admiten la tercera parte del tamaño y la tercera parte del número de los nudos sanos para los nudos poco degradados.

- **Fendas:** Su longitud total no debe exceder el 90% sobre las dos caras (65% sobre cada cara) de la longitud de la pieza.

Profundidad combinada de las fendas: el 40% del grueso de la pieza.

Sobre los dos cantos, la longitud total no puede exceder el 45% (70% para Suecia) de la longitud de la pieza, con la limitación para cada canto de una longitud total del 33% (50% para Suecia).

La anchura no debe exceder el 4% del grueso de la pieza.

Las fendas de los cantos no deben afectar a las aristas.

Se admiten fendas oblicuas, pero mucho más cortas que las fendas rectas.

- **Bolsas de resina:** Admitidas en número pequeño, de pequeña longitud y que no traspasen la pieza.

- **Entrecasco:** Admitido si es pequeño y poco profundo.

- **Madera de reacción:** Puede existir si no tiene una influencia notable sobre la forma de la pieza.

- **Madera con irregularidades de la fibra:** Puede existir si la pieza no está afectada de madera notable.

- **Desviación de la fibra:** Se admite.

- **Madera con médula blanda:** Se admiten algunas franjas o manchas si el resto de la pieza es de buena calidad.

- **Gemas:** Sobre una arista, la gema es admitida sobre el 30% del grueso y en un máximo del 30% de la longitud de la pieza. Sobre las dos aristas, el total no puede exceder el 50% del grueso y en el 40% de la longitud de la pieza.

La gema que aparece en medio de una pieza no puede exceder de mitad de la longitud admitida en los extremos.

- **Azulado:** Puede existir superficialmente, de manera que debe poder desaparecer al cepillar la pieza.

**Cualquier otro defecto es excluido.**

#### CLASE V: CALIDAD DENOMINADA "CARPINTERIA".

- **Nudos Sanos:** Sobre la mejor cara, dos nudos del tamaño abajo indicado y además para anchos inferiores o iguales a 150 mm, tres nudos del 70% de éste tamaño y para los otros anchos, cuatro nudos. Por otro lado, algunos ojos de perdiz, pequeños nudos y puntas de nudos.

Grueso en mm de la pieza	Ancho de la pieza (mm)								
	75	100	125	150	175	200	225	250	275
19	28	32	35	38	38	41	44	44	44
25	32	38	41	44	44	47	47	47	50
32	38	41	44	47	47	50	50	53	53
38	41	44	47	50	50	53	53	56	56
50	44	50	53	56	60	60	63	63	66
63	-	56	60	63	66	66	69	69	72
75 Finlandia	-	63	66	69	72	75	75	75	75
75 Suecia	-	63	67	75	75	75	75	75	75

\* Correspondencia entre tamaños de nudos: - Finlandia: 28, 47, 53, 56, 66, 69, 72.

- Suecia: 29, 48, 54, 57, 67, 70, 73.

Sobre los cantos, además de los ojos de perdiz y de algunos pequeños nudos, se admiten:

\* Suecia: sobre los dos cantos, dos nudos cuyo grosor es igual al espesor de la pieza, más dos o tres nudos del 70% de este grosor, hasta piezas de 50 mm; por encima de este grosor, los nudos serán un poco más pequeños.

\* Finlandia: para un ancho de la pieza de 150 mm o menos (para mayores anchos se aceptan nudos mayores) se admite sobre un canto, como máximo dos nudos del tamaño definido más abajo, más dos nudos del 70% de este tamaño (tres por encima de 150 mm).

Grueso de la pieza/tamaño del nudo: 19/22 - 25/25 - 32/28 - 38/32 - 50/41 - 63/44 - 75/56.

- **Nudos muertos y con inclusión de corteza:** El mismo número que para los nudos sanos, y de tamaño del 70% (75% para Finlandia) del tamaño de los nudos sanos.

- **Nudos viciosos:** Admisibles en tamaño y número hasta el 70% del permitido para los nudos sanos (En Suecia: tamaño limitado a 38 mm).

- **Fendas:** Sobre la cara mejor, pueden existir sobre toda la longitud e incluso traspasar la pieza parcialmente.

Sobre los cantos: \* Suecia: pueden existir sobre toda la longitud.

\* Finlandia: no deben exceder del 50% de la longitud.

La pieza debe, sin embargo, conservar una buena solidez; las fendas de canto pueden afectar a la arista.

Las fendas oblicuas pueden existir, pero más cortas que las fendas rectas.

- **Bolsas de resina:** Pueden existir un número razonable.

- **Entrecasco y heridas:** Pueden existir en número reducido; algunas pequeñas, pueden atravesar la pieza.

- **Madera de reacción, desviación de la fibra, e irregularidades de la fibra:** Puede existir con la condición de que la pieza guarde una resistencia aceptable.

- **Madera con médula blanda:** Franjas y manchas de pequeña importancia pueden existir.

- **Pudrición parda:** Manchas y franjas estrechas que no atraviesen la pieza pueden existir.

- **Daños de insectos:** Admitidos en número reducido sobre algunas piezas.

- **Gemas:** Sobre una arista, se admite sobre el 50% del grueso y en un máximo del 50% de la longitud de la pieza. Sobre las dos aristas, el total no puede exceder el 70% del grueso y en el 60% de la longitud. La gema en el vano de la pieza no puede exceder del 50% de la longitud autorizada en los extremos.
- **Azulado:** En el árbol apeado en el monte pueden existir en franjas y manchas pero limitadas. En el patio de apilado o almacenaje pueden existir incluso en profundidad, pero no debe estar presente sobre toda la pieza.

**Cualquier otro defecto es excluido.**

**CLASE VI: CALIDAD DENOMINADA "CARPINTERIA COMUN", "EMBALAJE", ENCOFRADO".**

Nudos sanos, secos, con corteza, viciosos; fendas; bolsas de resina; entrecasco; madera de reacción; madera con fibra irregular; desviación de la fibra y médula blanda, pueden existir sin limitación con la condición de que no comprometan la solidez de la pieza y que no provoquen su rotura. Los defectos no deben consistir en orificios abiertos que comuniquen ambas caras de la pieza.

- **Pudrición:** La pudrición parda es admitida, la blanca solamente en franjas pequeñas.
- **Ataques de insectos:** Admitidos sobre un máximo de 1/3 de las piezas, débilmente atacadas. Los orificios de larvas están prohibidos.
- **Gemas:** Sobre las piezas delgadas, se admiten gemas que afecten a la mitad del grueso de la pieza; por encima del grueso de 32 mm, se admiten sobre los 2/3 del grueso y para una partida del lote. Sobre algunas piezas, las caras pueden presentar aristas vivas sobre únicamente el 30% de la superficie. Costeros: la sierra deberá haber tocado las dos caras y los dos cantos.
- **Azulado:** En el árbol apeado en el monte pueden existir e incluso atravesar la pieza. En el patio de apilado o en el almacenaje pueden existir sin limitación.

La madera aserrada clasificada procedente de estos países, se identifica, con la especie a la que se refiere, su humedad, medidas, clase de calidad, aserradero tal como se indica en el siguiente logo de identificación:

Esquema 7: Logo de identificación de la madera procedente de los países Escandinavos

STORA TIMBER		SPECIES	MOISTURE	MAX.LENGTH					
ALA SAWMILL		R	180	3.9					
<b>227043</b>									
<b>VI</b>		<b>038x100</b>							
Datum/Date	940318	Packslit/Pack-form	QP 1/4PAK						
Order		Pakettyp/Pack.type	LP						
Skilt		Sägslit/Saw form	20 Zan						
Trilslag	R Fm	Fuktivot	100 10%						
1,80	0	2,10	0	2,40	0	Ant/Pca	0	Att/Pca	260
2,70	0	3,00	0	3,30	0	Låpm/Runnan.	0.9	Låpm/Runnan.	974.7
3,60	181	3,90	129	4,20	0	Vol, m³	0.000	Vol, m³	3.704
4,50	0	4,80	0	5,10	0	Stavage %	0.9	Vikt/Weight kg	2052
5,40	0	5,70	0	6,00	0			Medellågd/Averlight	3.75
Box 502 820 20 Ljusne Tel. 46 270 680 50					KILN DRIED		Faz. 46 0270 681 85		
<b>038x100 VI</b>		<b>940318</b>		<b>3.704 m3</b>					
<b>227043</b>		<b>R 260 st</b>		<b>974.7 m</b>					
		<b>3.6-3.9</b>							

Tabla 19: Norma europea de clasificación decorativa de madera aserrada de coníferas (EN 1611-1:1.999)

En los últimos años, el Comité de Normalización Europeo ha elaborado la norma de clasificación por aspectos de las coníferas, que en la actualidad está en fase de experimentación. La norma de clasificación de madera aserrada de coníferas tiene dos procedimientos de clasificación, el G2 y el G4 siguientes:

- El G2 analiza los nudos sobre las dos caras de la pieza, además de otros defectos. Por supuesto siempre analiza la cara más desfavorable
- El G4 analiza los nudos sobre las dos caras y dos cantos de las piezas, además de otros defectos. Al igual que antes, siempre determinará la calidad la cara o el canto de peor calidad.

### CLASIFICACIÓN SOBRE 2 CARAS (CARA Y CONTRACARA)

Siendo: **a** anchura de la tabla **g** grueso de la tabla **l** longitud de la tabla

Defectos		Calidad	0	1	2	3	4
<b>Nudos</b> <sup>2</sup>	Tamaño de redondos u ovalados <sup>2</sup> (límite en mm)	Sanos y adherentes	10+0,1a	20+0,1a	35+0,1a	50+0,1a	Sin límite
		Negros o parclmente adherentes	0,1a	10+0,1a	20+0,1a	50+0,1a	
		Con entrecasco	No se admite	0,1a	15+0,1a	40+0,1a	
		Podridos o saltadizos	No se admite		15+0,1a	40+0,1a	
		Nº de nudos por metro sobre el metro de la peor calidad	Nº total	2	4	6	Sin límite
			Nº de saltadizos, con entrecasco o podridos	0	1	2	5
			Nº en espiga	0	4	6	Sin límite
<b>Entrecasco</b> <sup>3</sup>	Nº sobre el metro peor		0	2	2	4	Sin límite
	Longitud total (mm)		0	100	200	300	Sin límite
<b>Bolsas de resina</b> <sup>2</sup>	Nº sobre el metro peor		2	4	4	4	Sin límite
	Longitud total (mm)		75	100	200	300	Sin límite
<b>Enteado</b>	Area (% de la superficie)		0	10	30	50	Sin límite
<b>Mad. De compresión</b>	Area (% de la superficie)		0	10	30	50	Sin límite
<b>Desviación de la fibra</b>			No se admite		Se admite		
<b>Pudrición</b>			No se admite				
<b>Azulado o pasmo</b>	Profunda (% de la superficie)		No se admite		10	50	Sin límite
	Superficial (% de la superficie)		No se admite		20	Sin límite	Sin límite
<b>Ataques de insectos</b>			No se admite			Se admiten picaduras no activas, negras <2mm	
<b>Gema</b>	Anchora sobre la cara (mm)		3	5	10	20	30
	Anchora sobre el canto (mm)		3	5	10	20	30
	Longitud (% de la arista)		20	20	30	50	100
<b>Medula</b>	Presencia		No se admite			Se admite	
<b>Fendas</b>	De testa (% de a por testa)		100	100	150	200	500
	De cara (% de a)	Piezas g<60mm	10	25	35	75	100
		Piezas g≥60mm	10	33	50	90	100
	Pasante (% de l)		No se admiten			20	40
<b>Deformacion</b>	Flecha de cara mm/2m	Piezas g<45mm	10	10	15	50	50
		Piezas g≥45mm	10	10	10	20	50
	Flecha de canto (mm/2m)		4	4	4	10	30
	Alabeo (% de a/2m)		8	8	8	10	20
Abarquillado (% de a)		3	3	3	5	5	

<sup>2</sup> Los nudos ≤10 mm no se consideran salvo que sean podridos o saltadizos.

En pinos: Para piezas ≥180 mm de anchura el tamaño de los nudos debe aumentarse en 10 mm

Para piezas ≥225 mm de anchura el número total de nudos debe aumentarse un 50%

En píceas, abetos o abeto Douglas: Para piezas ≥225 mm de anchura el tamaño de los nudos debe aumentarse en 10 mm

Para piezas ≥225 mm de anchura el número total de nudos debe aumentarse un 50%

\* Se admiten picaduras

<sup>3</sup> Sobre la cara de clasificación (cara peor)



### CLASIFICACIÓN SOBRE LAS 4 CARAS

Defectos		Calidad	0	1	2	3	4
<b>Nudos en las caras<sup>4</sup></b>	Tamaño de redondos u ovalados <sup>4</sup> (límite en mm)	Sanos y adherentes	10+0,1a	20+0,1a	35+0,1a	50+0,1a	Sin límite
		Negros o parcialmente adherentes	0,1a	10+0,1a	20+0,1a	50+0,1a	
		Con entrecasco	No se admite	0,1 <sup>a</sup>	15+0,1a	40+0,1a	
		Podridos o saltadizos	No se admite		15+0,1a	40+0,1a	
	Nº de nudos/metro sobre el metro de peor calidad	Nº total	2	4	6	Sin límite	
		Nº de saltadizos, con entrecasco o podridos	0	1	2	5	
		Nº en espiga	0	4	6	Sin límite	
<b>Nudos en los cantos</b>	Tamaño de redondos u ovalados <sup>4,5</sup> (límite en mm)	Sanos y adherentes	50	90	100	100	
		Negros o parcialmente adherentes	33	67	75	100	
		Con entrecasco	No se admite	33	50	90	
		Podridos o saltadizos	No se admite		50	90	
	Número de metros sobre la peor calidad	Nº total	1	2	4	Sin límite	
		Nº saltadizos,	No se admite	1	2	3	
<b>Entrecasco<sup>5</sup></b>	Nº sobre el metro peor		0	2	2	4	Sin límite
	Longitud total (mm)		0	100	200	300	Sin límite
<b>Bolsas de resina<sup>2</sup></b>	Nº sobre el metro peor		2	4	4	4	Sin límite
	Longitud total (mm)		75	100	200	300	Sin límite
<b>Enteado</b>	Area (% de la superficie)		0	10	30	50	Sin límite
<b>Mcompresión</b>	Area (% de la superficie)		0	10	30	50	Sin límite
<b>Desviación de la fibra</b>			No se admite		Se admite		
<b>Pudrición</b>			No se admite				
<b>Azulado o pasmo</b>	Profunda (% de la superficie)		No se admite		10	50	Sin límite
	Superficial (% de superficie)		No se admite		20	Sin límite	Sin límite
<b>Ataques de insectos</b>			No se admite		Se admiten no activas,		
<b>Gema</b>	Anchura sobre la cara (mm)		3	5	10	20	30
	Anchura sobre el canto (mm)		3	5	10	20	30
	Longitud (% de la arista)		20	20	30	50	100
<b>Medula</b>	Presencia		No se admite		Se admite		
<b>Fendas</b>	De testa (% de a por testa)		100	100	150	200	500
	De cara (% de a)	Piezas g<60mm	10	25	35	75	100
		Piezas g≥60mm	10	33	50	90	100
	Pasante (% de la anchura)		No se admiten		20		
<b>Deformación</b>	Flecha de cara mm/2m	Piezas g<45mm	10	10	15	50	50
		Piezas g≥45mm	10	10	10	20	50
	Flecha de canto (mm/2m)		4	4	4	10	30
	Alabeo (% de a/2m)		8	8	8	10	20
Abarquillado (% de a)		3	3	3	5	5	

<sup>4</sup> Los nudos ≤10 mm no se consideran salvo que sean podridos o saltadizos.

En pinos: Para piezas ≥180 mm de anchura el tamaño de los nudos debe aumentarse en 10 mm

En píceas, abetos o abeto Douglas: Para piezas ≥225 mm de a el tamaño debe aumentarse en 10 mm.

Para piezas ≥225 mm de anchura el número total de nudos debe aumentarse un 50%

<sup>5</sup> Sobre la cara de clasificación (la peor) <sup>5</sup>El tamaño máximo nunca puede ser mayor que el establecido en la cara

## **CORTE EN LA INDUSTRIA DE CARPINTERIA Y MUEBLE**

El corte de las tablas en la industria de la carpintería y mueble, se realiza en **sierra circular plana** de diente recalcado y acero HSS con punta endurecida tipo K-20, según ISO con los mismos ángulos que los señalados en el pino insignis.

Foto 16: sierra circular múltiple



Foto 17: Mecanizado de una testa en cola de milano



## **MECANIZACIÓN**

El pino silvestre se mecaniza sin ningún problema en cualquier tipo de máquina. Es de especial interés la mecanización que se realiza en Centro de Trabajo de Control Numérico CNN, con los que se puede preparar cualquier forma de unión de madera

## **TRATAMIENTO.**

Como ya se ha indicado, no existen problemas de tratamiento de esta madera. Se pueden aplicar sales, productos orgánicos o creosotas a esta madera y conseguir las penetraciones y retenciones suficientes para producir la durabilidad de la madera que se estime necesaria.

Las cédulas de tratamiento en autoclave con sales y productos orgánicos son las siguientes (J.A. Rodríguez Barreal, 1.987):

Tabla 20: Cédulas de tratamiento de la madera de pino silvestre de espesores menores a 6 cm

PRODUCTO	FASE VACÍO INICIAL		FASE PRESIÓN		FASE VACÍO FINAL.		RETENCIÓN
	Vacío (mm/Hg)	Tiempo (min)	Presión (mm/Hg)	Tiempo (min)	Vacío (mm/Hg)	Tiempo (min)	
ORGÁNICO	200-220	5 a 7	760	5-7	650	20-25	24-28 L/m <sup>3</sup>
SAL	350-400	12	760	12-15	600	15	9 kg/m <sup>3</sup>

El tratamiento con creosota es aún más fácil que con las sales, consiguiendo penetraciones de 2 a 2.5 veces mayor, siendo la justificación de este fenómeno el hecho de que la resina de la madera se disuelva en la creosota, incrementándose la permeabilidad.

Foto 18: Baño anti azulante en el aserradero de El Espinar SA



### DESEÑOLLO.

Las mejores calidades de trozas se destinan a la obtención de chapa a la plana para el revestimiento de tableros.

Dada la heterogeneidad de la madera, por el salto brusco de madera de otoño a la de primavera, la obtención de chapa se debe realizar aplicando una elevada presión a la barra de presión y diseñar chapas no excesivamente delgadas ni tampoco gruesas (de 0.8 a 2mm).

Puede utilizarse tanto la sierra vertical tradicional de hoja móvil, como la sierra de hoja circular, u otras máquinas tales como la desenrolladora de sección constante, que permite también producir directamente despieces para embalajes, tablillas de parquet o elementos para la fabricación de láminas encoladas.

## **SECADO.**

El secado debe realizarse inmediatamente después del aserrado para evitar su azulado, o en caso contrario aplicar un baño antiazulante inmediatamente después del aserrado.

Tanto al aire como en cámara existen elevados riesgos de rajarse, tanto por las testas como por las caras. Por ello se debe tener mucho cuidado al enrastrelar, disponiendo los rastreles en la misma testa de las tablas.

La cédula de secado más aconsejable es (L.M. Fiske, 1.967):

Tabla 21: Cédula de secado del pino silvestre de espesores de hasta 40 mm.

H (%)	T <sub>S</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)	H <sub>R</sub> (%)	D <sub>H</sub> (°C)	H.E.H. (%)	G
Verde	48.5	44	75	4.5	13.4	
60	48.5	43	70	5.5	12.1	4.96
40	51.5	43	60	8.5	9.6	4.16
30	54.5	43	50	11.5	7.8	3.84
25	60	46	45	14	6.6	3.78
20	68	51	40	17	5.8	3.45
15	76.5	58	40	18.5	5.3	2.83

Siendo:

H: Porcentaje de humedad de la madera más húmeda en el lado de entrada del aire, por el que se van a regir los cambios.

T<sub>S</sub>: Temperatura del bulbo seco.

T<sub>H</sub>: Temperatura del bulbo húmedo.

D<sub>H</sub>: Depresión del bulbo húmedo ( $D_H = T_S - T_H$ )

H.E.H.: Humedad de equilibrio higroscópico.

G: Gradiente de humedad ( $G = H/H.E.H.$ )

Foto 19: Secadero de calor



Esta cédula ha sido diseñada para utilizarse con maderas de un grosor de hasta 4 cm. en un secadero de circulación forzada. Mayores grosores requieren humedades algo más elevadas para prevenir que se produzcan gradientes de humedad excesivos. Cuando se seca madera de un grosor de entre 4 y 7.5 cm , la humedad relativa debe estar un 5% más alta que la señalada en cada etapa por la correspondiente cédula, y un 10% si la madera tiene un grosor superior a 7.5 cm.

Además del defecto de fendas, es característico la deformación por atejado de la madera (mas en maderas nacionales que de otros orígenes). Las deformaciones de cara y canto, son poco frecuentes, aunque existen.

### **CEPILLADO Y MOLDURADO.**

La blandura, el grano fino-medio y fibra recta de esta madera permite realizar esta operación sin apenas problemas. Sólo produce repelo en los alrededores de los nudos, porque siempre cambia la dirección de la fibra. La utilización de ejes portacuchillas de los denominados "trompos", con pequeñas cuchillas en disposición helicoidal minimiza estos repelos.

Foto 20: Cepillado 4 caras de una viga

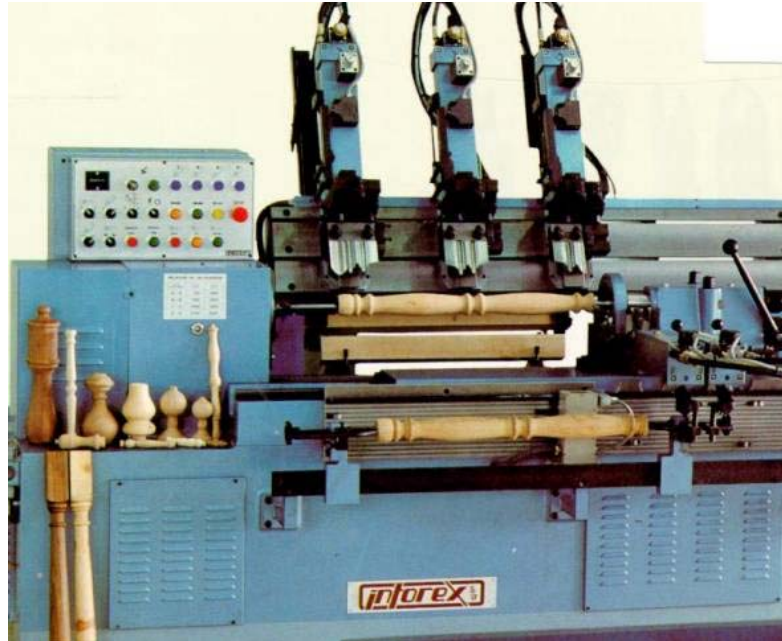


Respecto de la herramienta, conviene aplicar ángulos de ataque relativamente grandes y darle un ligero bisel de corte, de apenas 0.8 mm., haciendo más durable y resistente dicho bisel y mejorando la calidad del corte. De esta forma, el cepillado se produce más por hienda de la propia madera que por corte de la herramienta.

### **TORNEADO.**

El salto brusco entre la madera de otoño y primavera hace que la calidad del torneado no sea muy buena. El problema desaparece si se realizan mayores esfuerzos de lijado.

Foto nº 21: Torneado del pino silvestre en un torno español



### **CURVADO.**

Presenta el mismo inconveniente que en la operación anterior. Esta situación puede ser origen de roturas internas de la madera. Aunque la madera no es muy resistente a compresión, puede efectuarse su curvado, si se toma la precaución de no aplicar radios de curvatura muy pequeños.

### **UNIONES.**

La relativa blandura de la madera permite mecanizar cualquier tipo de unión sin problemas especiales.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

La operación puede realizarse sin problemas, y si bien la resistencia a la hienda es pequeña, no existe muchos problemas de raja por esta operación.

Indudablemente, con clavos o tornillos muy gruesos, es necesario un pretaladrado de la madera..

### **ENCOLADO.**

El pino silvestre se encola bien, salvo las piezas muy enteadas. No presenta incompatibilidades con ningún tipo de cola, siendo aconsejables gramajes altos y presiones de encolado relativamente bajas.

### **LIJADO.**

Aunque por la escasa dureza de la madera no existe problemas de lijado (salvo las piezas anormalmente enteadas que embotan las lijas), los problemas de repelo en el cepillado y la cualidad del grano, exigen iniciar esta operación con lijas de poco grano e ir subiendo con secuencias de lijado suaves.

Las diferencias de dureza entre la madera de primavera y de verano pueden ocasionar, con lijas finas, diferentes desbastes de una y otra que después son muy visibles con barnices muy brillantes. Por ello no conviene aplicar lijas de grano superior a 160.

De la misma forma ocurre con los nudos: al ser éstos más duros las lijas finas los desbistan mucho menos. Así, al realizar el acabado se manifiesta ostensiblemente.

### **ACABADO.**

Precisamente la diferencia de dureza entre las maderas de primavera y otoño permiten aplicar preparaciones de acabado que realzan el contraste entre ambas maderas.

Técnicas como la del chorro de arena, soplete o desbaste con cerda de alambre permiten aplicar estas preparaciones, que llevarán al patinado de la madera.

Foto 22: Acabado rústico por desgaste de la madera de primavera

La aplicación de productos debe iniciarse por un tapaporos que reduzca el gasto de otros productos más caros e iguale la diferente absorción de la madera de primavera y otoño.

Además de esta precaución, deben sellarse los nudos que pueda tener la pieza, pues sus exudaciones pueden reaccionar con los barnices de fondo o acabado y producir manchas en la madera.

Por último, la mediana resistencia a la luz de esta madera no obliga pero si hace aconsejable añadir a los barnices partículas de protección ultravioleta.

### **ASTILLADO.**

Es una operación que se realiza fácilmente por la blandura y escasa resistencia a la hienda de esta madera..

### **LEJIACIÓN.**

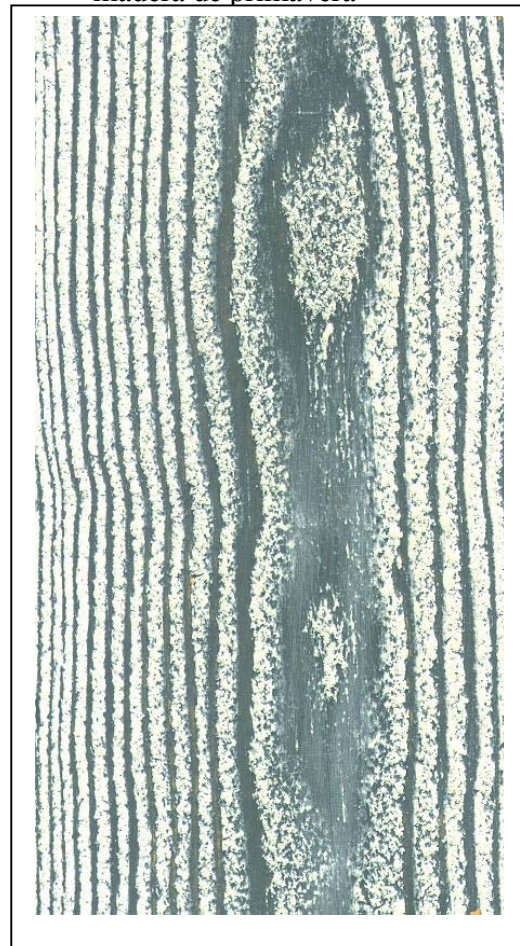
Presenta facilidad de penetración por lejías en procesos de cocción, por lo que es una especie apta para el proceso.

#### **LEJIACIÓN AL ÁCIDO (PASTA AL BISULFITO).**

La presencia de resina dificulta este proceso, pues es insoluble. Se suele emplear para la obtención de cartón.

#### **LEJIACIÓN A LA BASE (PASTAS A LA SOSA O AL SULFURO)**

Tienen un buen rendimiento debido a su blandura, longitud de la fibra y alto contenido en celulosa.



### **DESFIBRADO.**

Fácil, de bajo consumo de energía pues posee una adherencia mediana de las fibras y es muy hendible. Los tableros resultantes presentan características mecánicas elevadas, aunque resultan algo blandos.

### **APLICACIONES.**

#### **POSTES.**

Por su excelente porte, mediana durabilidad pero fácil tratamiento, permite su aplicación en postes. Aunque su contracción volumétrica es un poco elevada, las fendas que se producen no son suficientemente grandes como para hacer inutilizable este tipo de producto.

#### **APEAS, ESTACAS Y PRODUCTOS PARA LA AGRICULTURA.**

Foto 22: Estacas para la agricultura



Los pequeños rollos de pino silvestre cumplen perfectamente con las exigencias de estos productos, aunque en general siempre es necesario su tratamiento para aumentar su durabilidad natural.

#### **MADERA MACIZA.**

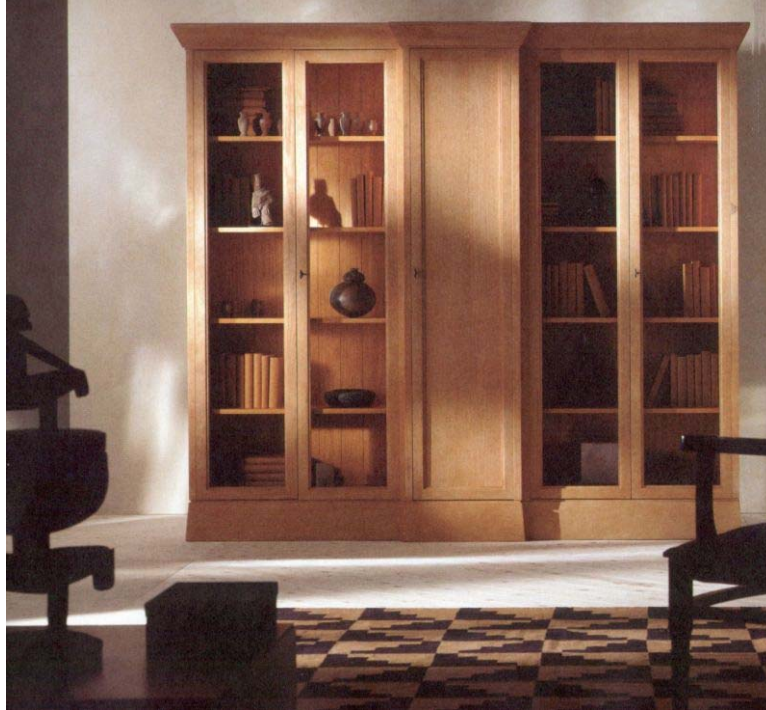
Las principales aplicaciones de esta madera se realizan a partir de madera maciza. Su facilidad de mecanización, sus características estéticas, su mediana a escasa contracción volumétrica y su resistencia mecánica permiten su aplicación a la mayor parte de los productos industriales de la madera.

Así, las mejores calidades de madera se destinan a la **producción de muebles**, especialmente de estilo rústico, (en todas sus variedades) y juvenil. En la fabricación de estos productos se debe tener particular cuidado con el secado de la madera (dada la facilidad de cambio de humedad



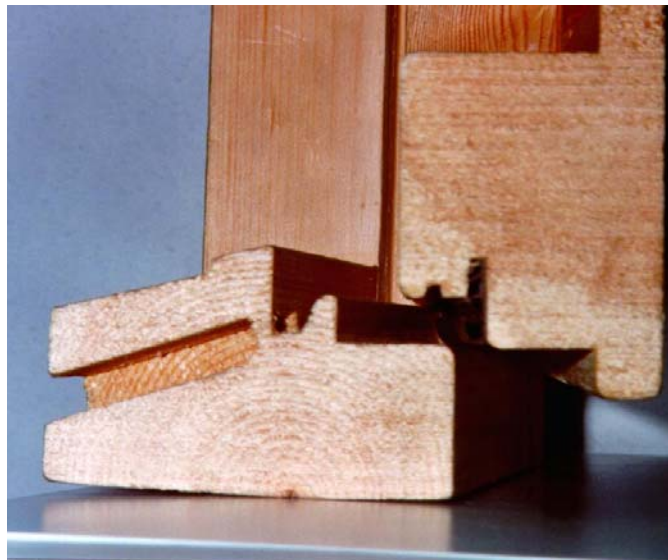
con la atmósfera), con la mecanización y acabado de las piezas que tienen nudos y con la diferencia de color entre albura y duramen.

Foto 23: Mueble de pino silvestre de la fábrica Antonio Moraleda S. A.



La aplicación que sigue en exigencia de calidad de la madera es la **carpintería de huecos**, y en particular las puertas rústicas tipo castellano, mallorquín, etc, las ventanas de todo tipo y las escaleras. Los nudos, siempre que sean sanos, y los cambios de color entre albura y duramen no suponen inconvenientes, y más cuando la madera está al exterior, porque el protector necesario para proteger a la madera de la luz, disimula estos defectos. Son pues, estas aplicaciones las más idóneas para esta madera.

Foto nº 24: Perfil de una ventana



La **carpintería de revestimiento** tiene parecidas exigencias de aspecto al de la carpintería de huecos, por lo que esta madera se puede aplicar perfectamente, con la salvedad de los revestimientos de suelo y parquet. En éstos, se exige que, por razones de funcionalidad, la madera sea dura, requisito que no cumple esta madera.

La **carpintería de ribera** y la **carpintería estructural** exigen fundamentalmente resistencia mecánica y en particular cotas mecánicas altas. Esta madera es, por tal circunstancia, perfectamente aplicable en este uso.

Foto 25: Construcción en madera



Además, en estas aplicaciones, la durabilidad natural es importante, por lo que se valora más la madera de duramen que la de albura, en contra de las anteriores aplicaciones.

Los **envases, embalajes y palet** exigen, al igual que la anterior aplicación cotas mecánicas, dinámicas y estáticas altas, y en el caso de envases una presencia higiénica. La madera de pino silvestre no es resistente a cargas dinámicas, pero sí posee las demás características, por lo que también puede aplicarse perfectamente.

Las **traviesas para ferrocarril** exigen una durabilidad natural o conferida muy alta, resistencia al arranque de tirafondos, con los que se sujeta la vía a la traviesa y por último, una elevada resistencia a la compresión perpendicular a la fibra. No es, por tanto, una aplicación de suficiente calidad de esta madera: podría conferírsele una gran durabilidad mediante tratamientos adecuados, pero sus valores absolutos de resistencia seguirían siendo insuficientes.

Por último, las aplicaciones de la madera como **molde para encofrados**, sólo exige resistencia mecánica a flexión alta, por lo que las peores calidades de esta madera se pueden aplicar a este uso.

### **MADERA LAMINADA.**

El pino silvestre es una especie homologada para la fabricación de madera laminada. De hecho, es una de las especies más utilizadas.

### **TABLEROS ALISTONADOS.**

En los últimos años ha surgido este tipo de producto buscando un campo en el bricolage. No obstante, se ha instalado en un número importante de industrias del mueble, pues presenta las ventajas de un producto fácil de mecanizar, como los tableros de partículas, pero con las prestaciones de la madera maciza.

El pino silvestre presenta, para este tipo de tablero, muy buenas características. Como ventaja destaca la posibilidad de realizar listones anchos gracias a la relativa estabilidad de la madera y como principal inconveniente la diferencia de aspecto entre el duramen y la albura.

Foto 26: Fabricación de tablero alistonado de pino silvestre



### **TABLERO DE PARTÍCULAS.**

No existen problemas en la obtención de este tipo de tablero. Sus principales ventajas respecto de otras maderas radican en su escaso contenido en resinas y su blancura, circunstancias que mejoran la resistencia y la apariencia del tablero.

### **TABLEROS DE FIBRAS.**

Esta madera puede emplearse perfectamente para esta aplicación. La esbeltez de su fibra, entre media y alta, permite obtener un tablero de calidad media a alta.

### **CHAPA Y TABLERO CONTRACHAPADO.**

Como ya se ha indicado, las mejores calidades de madera se destinan a la obtención de chapa a la plana, para el revestimiento de tableros de todo tipo.

En tablero contrachapado podría utilizarse sin más problemas que el de desenrollo típico y la presencia de nudos que se traducen, en su mayor parte, en agujeros. Este tablero tendría aplicaciones estructurales, en competencia con otras maderas de mejores características.

### **PASTAS CELULÓSICAS.**

Encuentra bastante buena aplicación en la obtención de pasta tanto química como mecánica. Se utiliza ampliamente en los países del norte de Europa para lograr pastas de óptima calidad. En España es menos empleada para este fin, utilizándose sólo para ello los subproductos del aserrado y los costeros.

A veces, la resina dificulta en pequeña proporción la obtención de pasta, empleándose en la fabricación de cartón.

## **ESPECIE: Pino laricio.**

NOMBRE CIENTIFICO: *Pinus nigra* Arn. var. *corsicana* Hort.

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae.

SUBFAMILIA: Pinoideae.

### **SINONIMIAS.**

*Pinus laricio* Poir = *Pinus austriaca* Hoess. = *Pinus nigricans* Host = *Pinus maritima* ssp *Koch* = *Pinus nigra* Arnold (1785) = *Pinus laricio* var. *corsicana* Loud = *Pinus nigra* ssp *laricio* (Poir.) Maire.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.**

**Larizio leher, larizio pinu** (País Vasco).

Pino laricio.

Pino negral (Cuenca, Guadalajara, Teruel y Castellón).

Pino pudio y ampudio (Jaén, Soria, Burgos, Sierra de Guadarrama).

Pino salgareño (Andalucía).

Pino cascalbo (Avila).

Pino albar o blanco (Huesca).

Pino nasarre, pino masano, pino mazarrón (Pirineo aragonés).

Pi bord, pi melis, pi nassa, pi sarrut, pi gargallá (Cataluña)

Pino blanco (Sagra de Huéscar).

Pino maderero (Baza).

Pino gargalla (Lérida).

### **NOMBRES EXTRANJEROS.**

Pino laricio, Pino di Corso, Pino silano della Corsica y Pino silano (italiano)

Pin laricio, Pin de Corse (francés).

Corsican Pine (inglés).

Schwarzkiefer, Korsische Schwarz Kiefer (alemán).

### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA.**

El conjunto de la especie se extiende espontáneamente por España, Sureste de Francia, Córcega, Italia, Sicilia, Austria, países balcánicos, Crimea, base del Cáucaso, Anatolia, Chipre y Norte de Marruecos.

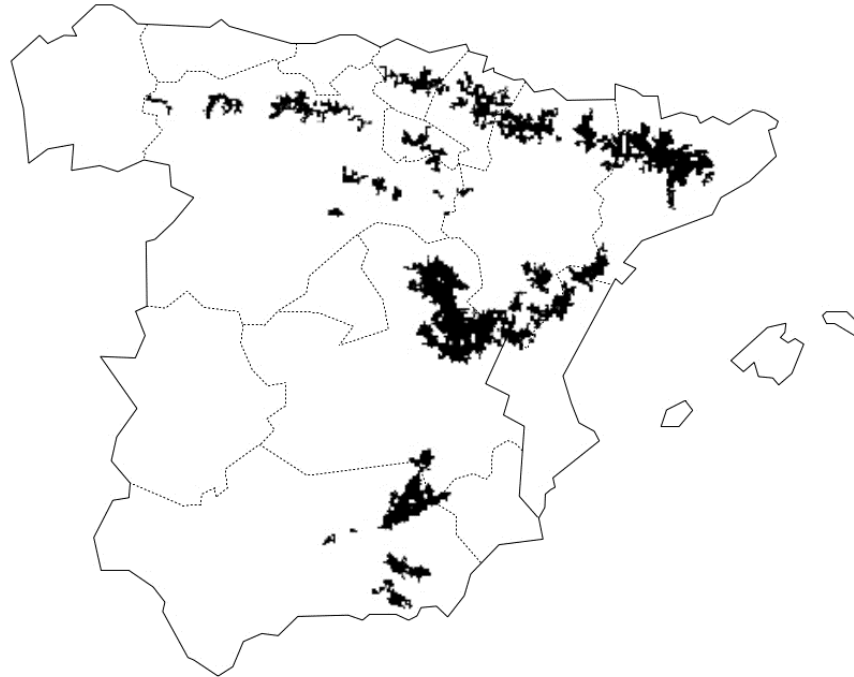
En España ocupa zonas de altitud generalmente superior a los 500 m. en el Centro y mitad oriental. La mayor parte se encuentra en sustratos calizos, aunque se trata de una especie indiferente.

Su área natural comprende el Pirineo y Prepirineo, Cordillera Costera Catalana, Sistema Ibérico (más en el Sur que en el Norte), montañas del Maestrazgo, macizos béticos alrededor del nudo Segura-Cazorla, Sierras de Baza, Nevada, Filabres y María, alto Alberche y representaciones esporádicas en algunos otros puntos del Sistema Central.

Artificialmente se ha extendido por las cuencas altas de Duero, Ebro, Tajo y Turia y mitad oriental del conjunto de cordilleras béticas.

El método de ordenación adecuado a su temperamento es el de aclareo sucesivo uniforme, con turnos comprendidos entre 70 y 120 años, aunque podría ser conveniente en algunos casos llegar a los 140 años. Suele tener problemas de regeneración por lo que su periodo de regeneración podría aumentarse a 30 o más años.

Imagen 3: Distribución del pino laricio en España



### **DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.**

El pino laricio es un árbol elevado, que suele llegar hasta los 30-40 m. de altura, excepcionalmente hasta 50 m. Su porte es cilíndrico-ojival en la juventud, con la copa casi desde el suelo. En la edad adulta presenta una copa recogida por encima de la mitad de la altura y en la vejez, la copa es irregular y lobulada.

El tronco es recto, con corteza grisácea bastante lisa en los jóvenes; y dividida en grandes espejuelos brillantes, gris-plateados y muy característicos, en los adultos.

Su crecimiento es de los más lentos de los pinos españoles. Su producción anual suele oscilar entre los 2 y 3.5 m<sup>3</sup>/Ha.

Foto 26: Masas de pino laricio en Cuenca



### **DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS.**

Los defectos son parecidos a los del pino silvestre. Los nudos son más o menos gruesos, dependiendo de las condiciones de crecimiento, pero, en general, son más pequeños que los del pino silvestre. Presenta mayor número de bolsas de resina.

La calidad de la madera es variable de unas regiones a otras, siendo la mejor la procedente de Cuenca, Cazorla, Segura y Huesca. En estos casos puede incluso igualar la calidad del pino silvestre y venderse de forma indistinta. Sin embargo, frente a éste presenta la desventaja de tener la fibra algo entrecruzada.

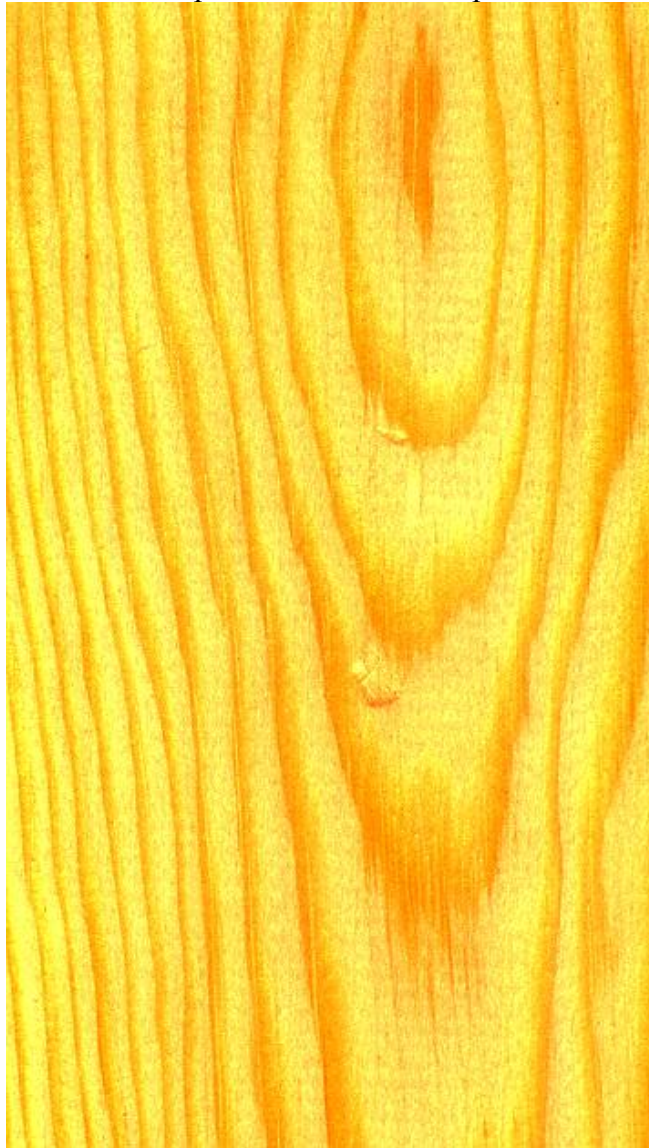
### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

Sus cualidades varían según los lugares de procedencia, especialmente entre los ejemplares de masas naturales y artificiales.

La **albura**, más reducida en la madera procedente de masas naturales, es de color amarillo pálido. El **duramen** es más o menos rojizo.

Los **anillos de crecimiento** están bien diferenciados. También son apreciables las gotitas de resina en árboles dentro de la zona de paso de primavera a verano.

Foto 27: Aspecto de la madera de pino laricio



Los canales resiníferos son muy similares a los del silvestre, apreciándose en la sección transversal, y con lupa de al menos 4 aumentos, pequeños puntos blancos, individuales o con mayor asiduidad en grupos de 2 o 3 puntos, siempre dentro de la madera de otoño o en el límite con la primavera, en cantidad bastante numerosa. En la sección longitudinal se pueden ver a simple vista como líneas cortas de color pardo.

Normalmente, la **fibra** es recta, pero puede estar algo revirada.

El **grano** es medio-basto. La **textura** es de tipo medio.

Presenta un listado y un mallado en sus caras radiales y tangenciales de bello aspecto, aunque el **veteado** es más oscuro que el del silvestre.



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

**1.-TRAQUEIDAS VERTICALES.**

Las traqueidas de primavera son anchas de pared delgada y lumen ancho, y presentan grandes punteaduras areoladas que pueden ser biseriadas. Las de otoño son más estrechas y de pared ancha.

Las punteaduras de campo de cruce son de tipo ventana con las esquinas redondeadas y tendencia oval. Vistas de perfil se presentan como grandes escotaduras en las traqueidas de primavera y aserrada en las de otoño. Generalmente hay una grande por campo de cruce; cuando hay dos, éstas tienen forma de gota. Presenta traqueidas en cadena. Los parámetros importantes se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 22: Tamaño de las traqueidas de la madera de pino laricio

PARÁMETRO	TRONCO	RAMAS
Longitud máxima, media y mínima (mm)	4,9-3,2-0,5	3,7-1,9-1,2
Anchura máxima, media y mínima (m)	60,0-39,1-16,0	57,1-33,5-22,0
Espesor de la pared (m)	5,1	4,7
Relación longitud/anchura (esbeltez)	82,3	57,8
Proporción de la pared %	26,1	28,1

**2.-TRAQUEIDAS HORIZONTALES.**

Las traqueidas horizontales poseen dientes agudos y aislados, pudiendo juntarse los de una pared con los de enfrente. Tienen punteaduras areoladas incluso en la pared tangencial. Pueden presentar formas irregulares.

**3.-RADIOS LEÑOSOS.**

Los radios leñosos son uniseriados y fusiformes. Su altura media es de 8-12 células, aunque los hay de hasta de 30 células (la variedad hispánica, 33) con 480  $\mu$ . Los radios leñosos más pequeños están formados por una célula con altura de 11 a 19  $\mu$ ; son heterogéneos con traqueidas dentadas con dientes aislados, bien marginales, o espaciadas en el parénquima del radio leñoso, observándose en general una tendencia marginal.

Las punteaduras del campo de cruce de las células del parénquima de los radios leñosos con las traqueidas longitudinales tienen forma de ventana, son un poco ovaladas y una por cruce, generalmente. Las traqueidas radiales son muy numerosas, abundando más que el parénquima. Los dientes están bien marcados y son obtusos.

**4.-CANALES RESINÍFEROS.**

Los canales resiníferos son longitudinales en número de 0-3 por mm.<sup>2</sup>. Varían en diámetro desde 100 hasta 160  $\mu$ . Las células del parénquima epitelial son de paredes delgadas. Están situados principalmente en la zona de paso de la madera de primavera a verano. Son más largos que los del pino silvestre.

Foto 28: Aspecto de la testa x4 aumentos

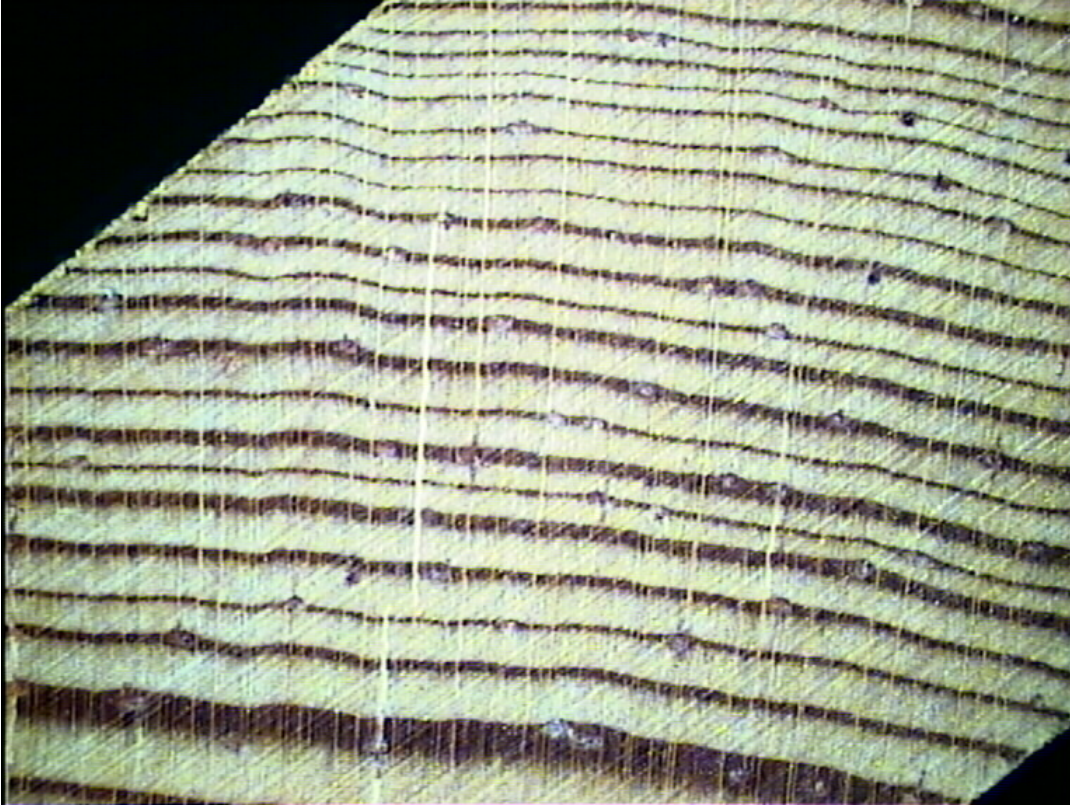
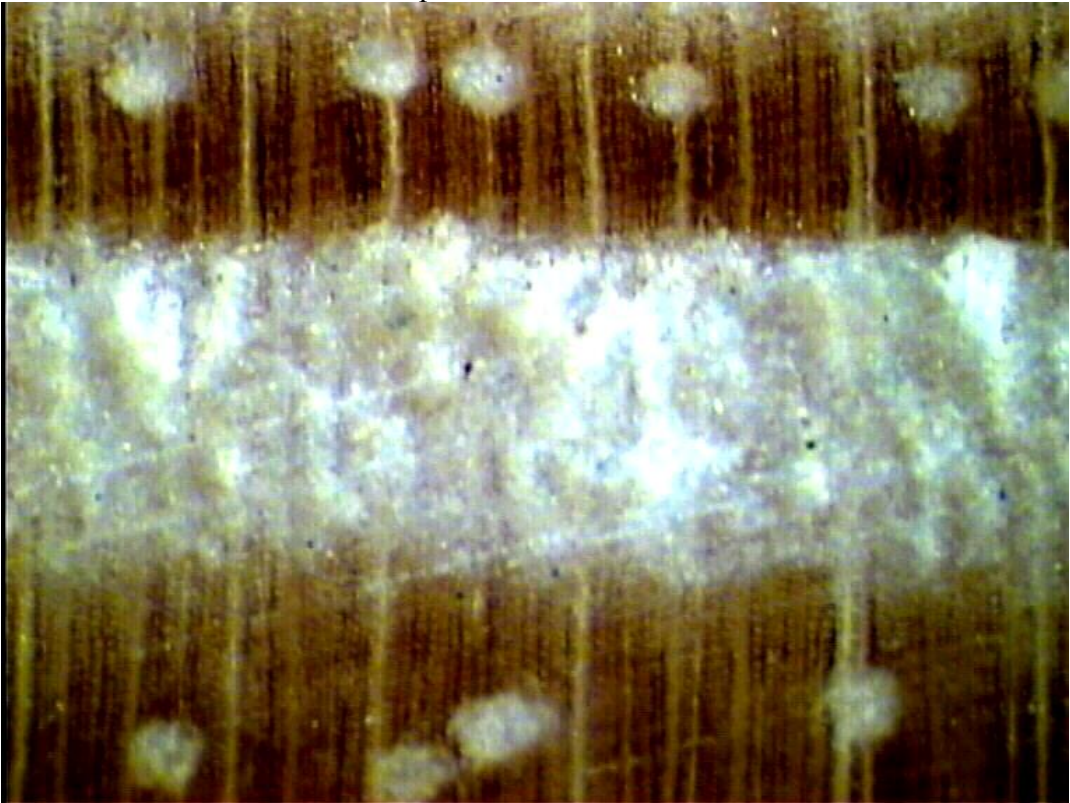


Foto 29: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 23

Tabla 23: Características física de la madera de pino laricio

PARÁMETRO	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación.
Densidad normal (peso específico aparente) ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	0.491	0.576	0.656	semipesada
Dureza radial	2.24	2.48	2.91	semiblanda
Cota de dureza	5.48	5.95	6.28	pequeña
Dureza tangencial	1.16	2.34	3.28	semiblanda
Cota de dureza	4.61	6.85	10.01	normal
Contracción volumétrica total	11.6	13.3	16.7	media
Contracción lineal tangencial	5.64	6.60	7.56	
Contracción lineal radial	2.81	3.51	4.49	
Punto de saturación de la fibra	30	33	39	normal
Coefficiente de contracción volumétrica	0.25	0.40	0.47	algo nerviosa
Coefficiente contracción tangencial	0.17	0.20	0.23	
Coefficiente contracción radial	0.09	0.11	0.15	
Relación c.c.tang./c.c.radl	1.66	1,82	2.33	
Higroscopicidad	0.0023	0.0032	0.0038	normal

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 24

Tabla 24: Características mecánicas de la madera de pino laricio

PARÁMETRO	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Flexión estática. Carga de ruptura ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	1012	1169	1334	mediana
Cota de flexión	18.8	20.6	23.6	grande
Cota de rigidez	17.4	25.2	34.7	elástica
Cota de tenacidad	2.3	2.5	2.7	mediana
Modulo de elasticidad	83500	96500	103500	-
Trabajo unitario ( $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ )	0.17	0.25	0.33	baja
Cota dinámica	0.65	0.76	0.87	frágil
Compresión paralela a la fibra ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	374	456	506	alta
Cota de calidad estática	6.8	7.9	9.1	mediana
Hienda. Resistencia a rotura ( $\text{kg}/\text{cm}$ )	7.75	9.77	11.67	baja
Cota estática	0.13	0.17	0.20	poco laminable
Tracción perpend. a la fibra (radial)( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	21	22	24	baja
Cota de calidad	0.36	0.38	0.42	medianamente adherente
Tracción perp. a la fibra (tangenc.) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	20	23	27	pequeña
Cota de calidad	0.35	0.40	0.47	medianamente adherente
Compresión perp. a la fibra (radial) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	79	88	101	
Cota de calidad	1.2	1.4	1.5	
Compresión perp a la fibra (tang.) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	88	99	102	
Cota de calidad	1.4	1.6	1.7	

**VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.-DENSIDAD.MOR.MOE.** (R. Argüelles y F. Arriaga, 1.996)

El pino laricio está catalogado, para gruesos de hasta 70 mm, según sus calidades ME-1 y ME-2, en las clases resistentes siguientes:

Tabla 25: Clases resistentes de la madera estructural de pino laricio

CLASE DE CALIDAD		
Grueso > 70 mm		Grueso > 70 mm
ME-1	ME-2	MEG
C30	C18	C22

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 26: Características mecánicas de la madera de pino laricio según sus valores resistentes

PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C30	C22	C18
Flexión	300	220	180
Tracción paralela	180	130	110
Tracción perpendicular	4	3	3
Compresión paralela	230	200	180
Compresión perpendicular	57	51	48
Cortante	30	24	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	120.000	100.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	80.000	67.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	4.000	3.300	3.000
Módulo cortante	7.500	6.300	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	340	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	460	410	380

**DURABILIDAD.**

La durabilidad natural del pino laricio es superior a la del pino silvestre, sobre todo la procedente de árboles viejos, en los que la madera está fuertemente impregnada de resina y, es, además, poco permeable a la humedad.

La resistencia de la **madera en servicio** frente a los ataques biológicos depende de la presencia y proporción de albura. En la tabla cuadro se resumen las propiedades de durabilidad de la madera de laricio:

Tabla 27: Características durables de la madera de pino laricio.

DURABILIDAD	ALBURA	DURAMEN
Hongos	No durable	Algo durable
Termita	No durable	Algo durable
Polilla	Muy durable	Muy durable
Carcoma fina	No durable	Muy durable
Carcoma gruesa	No durable	Muy durable
Resistencia a la luz	Escasa	

Por otra parte, esta madera es fácilmente protegida por impregnación profunda.

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (L. Bustamante y A. Caperos, 1.966)

Se indican en la tabla 28

Tabla 28: Características químicas de la madera de pino laricio.

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Cenizas (%)	0.46	0.64
Solubilidad en agua fría	2.35	2.46
Solubilidad en agua caliente	4.95	5.41
Solubilidad en NaOH 1%	20.37	20.65
Extracto en eter	7.75	4.53
Extracto en alcohol benceno	1.60	1.74
Lignina	25.07	29.97
Holocelulosa	71.43	70.40
Pentosanos	10.20	12.90

### **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

La tecnología del pino laricio es similar a la del silvestre. Únicamente deben tenerse ciertas precauciones en el acabado por su mayor contenido en resina. Con el tiempo aparecen puntitos de resina en la madera que pueden deteriorar el acabado que se haya aplicado a la madera.

### **APLICACIONES.**

Las aplicaciones de la madera de pino laricio son muy similares a la del pino silvestre, hasta el punto de que algún aserradero comercializa la madera sin distinguir la especie de que se trata. El comprador profesionalizado prefiere el silvestre por su menor contenido en resina, a pesar de su menor resistencia.

Un caso particular es su aplicación para chapa a la plana, que realmente no se usa esta madera, por las manchas que produce su elevado porcentaje de resina.

## ESPECIE: Pino insignis

**NOMBRE CIENTÍFICO.** *Pinus radiata* D. Don

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae.

SUBFAMILIA: Pinoideae

### **SINONIMIA:**

*Pinus insignis* Dougl. ex Loud.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES:**

Pino radiata, Pino insignis, Pino de Monterrey

### **NOMBRES EXTRANJEROS:**

Radiata pine, Insignis pine (Inglés)

Remarkable pine (USA)

Monterrey Föhre (Alemán)

Pino Insigne (Italiano).

### **DISTRIBUCIÓN EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA.**

El pino insigne es un pino cuya área natural se reduce a menos de 4000 ha de la costa californiana, con tres pequeños núcleos en Swanton, Cambria y Monterrey, además de las islas de Sta. Rosa, Sta. Cruz y Guadalupe.

Imagen 4: Distribución del pino insignis en España



Actualmente se le ha difundido artificialmente por el SO de Europa, Nueva Zelanda, Chile, Sudáfrica y SO de Australia superando las masas repobladas más de un millón de hectáreas.

En España se ha difundido por toda la Cornisa Cantábrica, con especial incidencia en el País Vasco donde se concentran las dos terceras partes de todas las masas de pino radiata.

**DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.** (S. Vignote, 1.985)

Es un árbol elevado que puede llegar fácilmente a los 30 m, si bien su altura media se puede cifrar en unos 20 m. Su porte es regular, piramidal en la juventud y finalmente ensanchado, globoso o truncado.

El tronco es recto, relativamente cónico los primeros años, de entre el 3 al 4%, para luego reducirse a apenas el 1%. Cuanto menor es la calidad de la masa la conicidad es más acusada. No obstante la conicidad no depende de la densidad de la masa

Ramas verticiladas, la distancia entre verticilos oscila alrededor de medio metro. Las ramas son bastante persistentes aún con falta de luz.

Foto 30: Masas de pino insigne



**DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS:** (S. Vignote, 1.985 e INIA, 1.991)

Las trozas poseen una buena conformación general, son derechas y algo cónicas.

Es frecuente que las trozas presenten **madera de compresión**. Este tipo de madera viene a representar en el pino radiata por término medio un 15% del total de la madera, si bien se han detectado valores máximos de hasta el 58%

Prueba de la presencia de madera de compresión es la tableadura y excentricidad de corazón de la sección transversal del árbol, cuyos valores medios son los siguientes (INIA, 1.991).

Tabla 29: Defectos de forma en los fustes de pino insignis

EXCENTRICIDAD EN PINO RADIATA					
Sección Tronco	Media	Desviación Típica	Coefficiente Variación	Valor Máximo	Valor Mínimo
Baja	6,87	4,82	70,3	20,7	0,0
Media	5,39	3,41	63,4	12,1	0,0
Alta	5,56	4,36	73,5	17,6	0,0
TABLEADURA EN PINO RADIATA					
Baja	8,83	5,70	64,6	29,4	0,3
Media	7,42	4,67	63,0	25,6	0,0
Alta	6,40	3,28	51,3	13,0	0,0

Es también, relativamente frecuente, la presencia de **madera juvenil** constituida por los primeros 5 a 6 anillos. Dentro de un mismo pie esta madera tiende a disponerse formando un cilindro a lo largo de él. Esta madera se caracteriza por tener una menor densidad, peores propiedades mecánicas y contracciones longitudinales del orden del doble (0,38%) de la que presenta la madera normal. Al igual que ocurre con la madera de compresión, la importancia de la madera juvenil radica en su contracción longitudinal anormalmente elevada que provoca, durante la operación de secado, deformaciones de distinto tipo según se presente en caras o cantos. La única forma de evitar los efectos indeseables es realizar despieces adecuados que o la eliminen totalmente o la incorporen en el interior de las piezas.

Generalmente, si no se han realizados las oportunas podas, las trozas presentan bastantes **nudos** distribuidos regularmente, en forma verticilada cada 50 cm.

El **porcentaje medio de corteza** en el tronco, es decir desde la sección de apeo hasta punta de diámetro 20cm vale para esta especie 14,5% mientras que en madera delgada es de 11,6%. Los valores máximos pueden rondar 40% y los mínimos el 4%, dependiendo de su posición en el árbol y de la ubicación del árbol en la masa.

La durabilidad de las trozas es bastante escasa, afectándolas rápidamente los hongos cromógenos, causantes del **azulado**, primero en sus caras más externas, para después extenderse rápidamente al resto de la troza.

#### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.** (S. Vignote, 1.985)

La madera de **albura** tiene un color blanco amarillento, que se oscurece relativamente rápido con la luz. El **duramen**, de medianamente a poco diferenciable, tiene color pardo amarillento a pardo marrón.

La madera de pino radiata es principalmente madera de albura. Con turnos de corta inferiores a los del resto de los pinos españoles, la mayor parte de la madera no llega a la edad de paso de albura a duramen (12 a 15 años), reduciéndose este último a los primeros anillos de crecimiento.

Los **anillos de crecimiento** son medianamente a poco diferenciables. Aparecen de 1 a 5 por centímetro (el valor medio es de 1,5 anillos/cm). La madera de primavera es blanca amarillenta, varía de muy ancha a ancha, según la calidad del medio, la estación y, sobre todo, la edad. La transición entre madera de primavera y madera de otoño se realiza



gradualmente. La madera de otoño, de color pardo claro, es, en general, muy estrecha, sobre todo si se compara con la de primavera. La relación entre una y otra es pequeña y bastante constante. Por lo que su **textura** puede calificarse como pequeña.

Foto 31: Aspecto macroscópico de la madera de pino insignis y de una pieza con madera de compresión



Los **canales resiníferos**, pequeños o medianos, se reparten tanto por la madera de primavera (normalmente a partir de la mitad de la madera de primavera hacia la de otoño) como por la de otoño. Se aprecian como pequeños puntos oscuros en la sección transversal, o como finas líneas pardas a oscuras en la sección longitudinal.

La **fibra** es bastante recta y el **grano** es de fino a medio. Esta madera es de ligera a mediana de peso, medianamente dura y muy poco resinosa, aunque en fresco posee, como el resto de los pinos, un vivo **olor** a resina.

Los **nudos** son abundantes, de pequeño tamaño, medianamente diferenciables del resto de la madera y de color grisáceo claro.

Los **radios leñosos** longitudinales son de mediano tamaño y, por tanto, bien visibles en los cortes transversal y longitudinal. Son de color pardo rojizo y aparecen en la zona de primavera en la proximidad de la madera de verano.

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

**1.- TRAQUEIDAS VERTICALES.**

Más del 90% del volumen total de la madera de pino insigne está constituido por **traqueidas verticales** longitudinales. Son fibras largas y anchas, presentan grandes punteaduras areoladas uniseriadas que pueden superponerse al final de una hilada con el principio de la siguiente.

Las punteaduras del campo de cruce son de tipo pinoide, con tendencia oval. Generalmente hay dos por campo de cruce, aunque puede haber hasta seis.

Las traqueidas de otoño tienen la pared más gruesa, las punteaduras menos numerosas que las de primavera, presentando forma lenticular. Los extremos de las fibras de primavera pueden ser irregulares, a veces con forma de horquilla. Las de otoño tienen la extremidad mejor configurada.

Se han medido las dimensiones de las traqueidas del tronco y de las ramas obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 30: Dimensiones de las traqueidas del pino insigne

PARÁMETRO	TRONCO	RAMAS
Longitud Máxima, media y mínima	5,3-2,8-0,7 mm	4,7-2,0-0,4 mm
Anchura Máxima, media y mínima	64,0-37,4-16,0 $\mu$	48,0-29,0-2,1 $\mu$
Espesor de pared	6,5 $\mu$	5,7 $\mu$
Relación longitud/anchura	71,4	70,3
Proporción de pared	34,7%	39,3%

Las traqueidas de la madera de compresión suelen ser más redondeadas, de paredes más gruesas y numerosas estrías visibles en las secciones longitudinales. Los espacios intercelulares son casi inexistentes en la madera normal.

**2.-TRAQUEIDAS HORIZONTALES.**

Tienen dientes muy pronunciados, aislados por lo general, a veces forman encrestaduras. Entre los dientes aparecen punteaduras aeroladas.

**3.-CÉLULAS DE PARÉNQUIMA HORIZONTAL.**

Presentan paredes bien definidas, gruesas, cruzadas por numerosas escotaduras. Se aprecian con facilidad las punteaduras sencillas correspondientes a los campos de cruce. También pueden tener las paredes finas y sin punteaduras.

**4.-RADIOS LEÑOSOS.**

Los radios uniseriados están formados por 4 a 10 células dispuestas en una sola fila.

Los radios fusiformes, más grandes, constan de 14 a 20 células en altura y de 3 a 5 en anchura, estando su centro ocupado por un canal resinífero totalmente rodeado por células epiteriales secretoras de resina. Estos radios están formados por células de parénquima y traqueidas radiales con marcada tendencia marginal, paredes dentadas y provistas de punteaduras aeroladas de menor diámetro que las de las traqueidas longitudinales. Los campos de cruce presentan de 1 a 5 punteaduras de tipo pinoide o ventana.

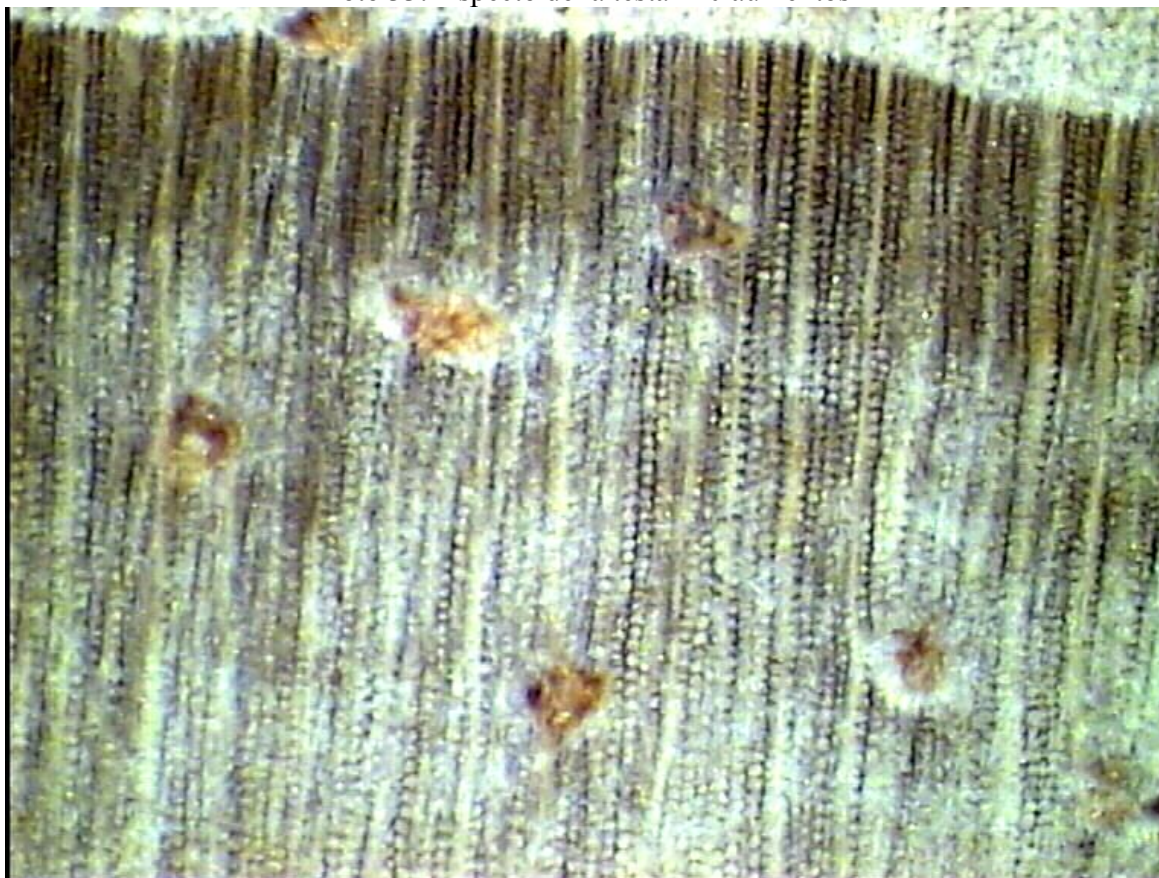
#### 5.-CANALES RESINÍFEROS.

Los **canales resiníferos** pueden ser de dos tipos, longitudinales, repartidos entre las traqueidas longitudinales, y radiales, incluidos en la parte central de los radios fusiformes. Los longitudinales, cuyo diámetro oscila entre 100 y 200 $\mu$ , suelen aparecer, en número de 0 y 4 por mm<sup>2</sup>, en la zona de transición entre la madera de primavera y la de verano.

Foto 31: Aspecto de la testa x4 aumentos



Foto 33: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS** (Vignote, 1.985 e INIA, 1.991)

Las características físicas se detallan en la tabla 31 y las mecánicas en la 32

Tabla 31: Características física de la madera de pino insignis

PARÁMETRO	MEDIO	INTERPRETACIÓN
Peso específico anhidro (gr/cm <sup>3</sup> )	0,47	Ligera
Peso específico al 12% (gr/cm <sup>3</sup> )	0,50	Ligera
Peso específico básico (gr/cm <sup>3</sup> )	0,41	
Dureza Chalais-Meudon	1,76	Blanda
Cota de dureza	7,0	Normal
Dureza Brinell perpendicular	1,3	
Contracción volumétrica total (%)	14,5	Media
Coefficiente contracción volumétrica (%)	0,42	Medianamente nerviosa
Pto. Saturación fibras (%)	30 a 34	Normal
Contracción tangencial total (%)	7,4	Inferior a la teórica
Coefficiente de Contracción tangencial (%)	0,25	Normal
Contracción radial total (%)	4,2	Inferior a la teórica
Coefficiente de contracción radial (%)	0,16	Normal
Contracción axial (%)	0,21	
Relación coeficientes de contracción tangencial y radial	1,76	Normal
Higroscopicidad	2,7×10 <sup>-3</sup>	Normal a pequeña

Tabla 32: Características mecánicas de la madera de pino insignis

Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	874	Baja
Flexión estática (cota de rigidez)	35,14	Medianamente elástica
Flexión estática (cota de flexión)	17,13	Mediana
Flexión estática (cota de tenacidad)	2,05	Medianamente tenaz
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	90.000	----
Flexión dinámica (kp/cm <sup>2</sup> )	0,39	Poco resistente
Cota dinámica	0,37	Frágil
Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	434	Mediana
Esfuerzo cortante tgcial (kg/cm <sup>2</sup> )	121,71	----
Esfuerzo cortante radial (kg/cm <sup>2</sup> )	109,79	----
Tracción perpendicular a la fibra (kg/cm <sup>2</sup> )	23,5	Baja
Cota de adherencia	0,5	Adherente
Hienda tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	8,36	Baja
Cota de hendibilidad	0,17	Medianamente laminable
Hienda radial.(kg/cm <sup>2</sup> )	13,62	Baja
Cota de hendibilidad	0,24	Muy laminable
Compresión perpendicular a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )	59	

**VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.- DENSIDAD.MOR.MOE.** (R.

Argüelles y F. Arriaga, 1.996)

El pino insignis está catalogado, para gruesos de hasta 70 mm, según sus calidades ME-1 y ME-2, en las clases resistentes que se indican en la tabla 33 y para gruesos mayores en la misma tabla:

Tabla 33: Clases resistentes de la madera estructural de pino laricio

CLASE DE CALIDAD		
Grueso > 70 mm		Grueso > 70 mm
ME-1	ME-2	MEG
C24	C18	C16

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 34: Características mecánicas de la madera de pino laricio según sus valores resistentes

PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C24	C18	C16
Flexión	240	180	C16
Tracción paralela	140	110	160
Tracción perpendicular	4	3	100
Compresión paralela	210	180	170
Compresión perpendicular	53	48	66
Cortante	25	20	1846
Modulo de elasticidad paralelo medio	110.000	90.000	80.000
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	74.000	60.000	54.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	3.700	3.000	2.700
Módulo cortante	6.900	5.600	5.000
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	350	320	310
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	420	380	370

## DURABILIDAD.

No existen valores absolutos para determinar la durabilidad natural de una madera y por ello se recurre a la comparación con una referencia que suele ser la albura de *Pinus sylvestris*.

Comparando las pérdidas de peso experimentadas por las dos especies y partiendo de la base de que la albura de pino silvestre es poco durable frente a la acción de los hongos estudiados, se puede afirmar que el radiata es igualmente poco durable frente a hongos de pudrición. (INIA, 1.991)

Tabla 35: Porcentaje de pérdida de peso por la acción de diferentes hongos de pudrición de la madera de pino radiata y su comparativa con la del silvestre.

HONGO	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Coniophora putena</i>	64,8	54,6
<i>Poria placenta</i>	43,2	46,4
<i>Gloeophyllum tabeum</i>	37,4	45,5
<i>Lentinus lepideus</i>	25,6	2,5

La resistencia natural al ataque de carcoma grande (larvas de *Hylotrupes bajulus*) y de termitas (*Reticulitermes lucifugus*), es también análoga a la de *P. sylvestris*, es decir, la madera de *P. radiata* es poco durable frente a cualquiera de estos ataques (INIA, 1.991).

Tabla 36: Porcentaje de muestras atacadas en pruebas de campo de la madera de pino radiata y su comparativa con la del silvestre.

Especie	Localidad	Nº de piquetes	Desapar ecidos	Destruídos por				Total desechados		Vida media (años)
				Hongos		Termitas/hongos		nº	%	
				nº	%	nº	%			
P. silvestre (albura)	Madrid	10	1	0	0	0	0	0	0	>3
	Lourizán	10	3	6	85,7	1	14,3	7	100	»1,3
P. silvestre (duramen)	Madrid	10	-	2	20	0	0	2	20	>3
	Lourizán	10	1	6	66,6	3	33,3	9	100	»2,3
P. insignis (albura)	Madrid	10	-	0	0	0	0	0	0	>3
	Lourizán	10	1	7	17,7	2	22,2	9	100	»1,8
P. insignis (duramen)	Madrid	10	-	2	20	0	0	2	20	>3

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS. (L. Bustamante y A. Caperos, 1.966)

En la tabla 37 se indican las características químicas de la madera de pino insignis

Tabla 37: Características químicas de la madera de pino insignis

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Cenizas (%)	0.23	0.44
Solubilidad en agua fría	1.61	1.34
Solubilidad en agua caliente	2.69	2.12
Solubilidad en alcohol 1%	12.98	11.00
Extracto en eter	0.94	1.71
Extracto en alcohol benceno	0.71	1.05
Lignina	26.78	30.63
Holocelulosa	66.88	70.32
Pentosanos	12.04	13.05

## TECNOLOGÍA DE LA MADERA.

### APEO, DESRAME, TRONZADO Y DESCORTEZADO.

La única particularidad a tener en cuenta en la operación de **apeo** es la frecuencia con la que aparece madera de compresión, por la existencia de una ramificación en bandera o una inclinación del fuste. Esto determinará la caída natural del árbol, y salvo que se utilice cosechadora, será de suma importancia su conocimiento.

El **desrame** puede realizarse siguiendo el método de palanca, dada la especial disposición que tienen las ramas y el tamaño de estas.

El **descortezado** debe hacerse lo más pronto posible, para con la desecación evitar su azulado.

### ASERRADO:

El aserrado de los troncos se debe realizar lo más rápidamente posible ya que su relativa facilidad para secarse al aire y su elevada contracción volumétrica, provocaría al aparición de defectos de azulado y fendas.

La regularidad de esta madera no exige despieces especiales, únicamente convendría separar la madera juvenil del resto. Por ello los equipos más usados son aquellos que proporcionen una mayor producción. Son bastante utilizados los equipos basados en sierras gemelas, chips-canter y sierras múltiples. La herramienta a utilizar será la siguiente:

Tabla 38: Características de las sierras utilizadas para el aserrado y despiece del pino insignis

1.-SIERRA DE BANDA (anchura >50 mm.).					
Perfil	Tipo de diente	Ángulo de ataque	Ángulo del diente	Ángulo de salida	
LS (Sandvic)	Recalcado	28°	50°	12°	
a ancho de sierra (mm.)	p paso de sierra (mm.)	d altura del diente (mm.)	trisque de la sierra (mm.)	m mordida máxima (mm.)	
100	44	14	0.4-0.6	1.1	
125	44-45	14-15	0.4-0.6	1.07-1.3	
150	45-50	15-16	0.4-0.6	1.24-1.47	
180-200	45-57	15-19	0.4-0.6	1.65	
200-240	51	17	0.4-0.6	1.65	
240-311	63	21	0.4-0.6	1.65	
337	70	23	0.4-0.6	1.65	
2.-SIERRA CIRCULAR (en acero HSS recalcada).					
Características de la madera a cortar	Ángulo de ataque	Ángulo del diente	Ángulo de salida.	Paso (mm.)	Altura (mm.)
Corte longitudinal	16°	54°	20°	50-80	30-35
Corte transversal	13°	61°	16°	20	12

El corte de las tablas en la industria de la carpintería y mueble, se realiza en **sierra circular** plana de diente recalcado y acero HSS con punta endurecida tipo K-20, según ISO.

Las características de los dientes son las siguientes:

Tabla 39: Características de los dientes de las sierras circulares para el despiece del pino insignis

Características de la madera a cortar	Ángulo de ataque	Ángulo del diente	Ángulo de salida	Paso (mm)	Altura (mm)
Corte transversal	11°	62°	17°	20	12
Corte longitudinal	10°	70°	10°	40-50	24-30

#### ASPECTO Y CALIDADES DE LA MADERA ASERRADA:

Con el fin de analizar los posibles destinos de la madera de pino insignis aserrada, se ha realizado un estudio de las características de presencia y calidad de la madera aserrada, obteniéndose los siguientes resultados.

La madera aserrada de esta especie se caracteriza fundamentalmente por la abundancia de nudos, consecuencia de su exuberante ramaje. Además son frecuentes los defectos de alabeos ocasionados por la madera juvenil y por la madera de compresión ya indicados anteriormente. Su fibra es recta y no es corriente la presencia de otros defectos.

Los nudos se presentan de una forma regularmente espaciada, alrededor de cada 50 cm. Su tamaño es grande, sobre todo si son sanos, abundando también los nudos viciosos y caedizos.

La clasificación por calidades, según la norma UNE 56525 a partir de una muestra de 85 tablas de diferentes partidas, obtenidas en las fábricas de "Lana Sociedad Cooperativa" y "Maderas Lekeitio S.A." arrojó los siguientes resultados.

Tabla 40: Porcentaje de piezas obtenidas, clasificadas por la norma UNE 56525

CALIDAD	Nº de Muestras	Porcentaje
III	2	2
IV	45	53
VI	38	45

Es decir, prácticamente todas las piezas obtenidas están clasificadas en las clases, IV y VI, por lo que su clasificación por calidades es poco recomendable

#### DESEÑOLLO: (INIA, 1.991)

Se considera que el pino radiata, especialmente el procedente del País Vasco, posee una buena aptitud al desenrollo, de la que se obtiene una chapa de buena calidad. Su elevada elasticidad permite obtener chapa continua con bastante facilidad.

Las características de los parámetros para el desenrollo de esta madera son los indicados en la tabla 41 y 42.

Tabla 41: Características de las herramientas para el desenrollo del pino insignis

Espesor nominal de chapa (mm)	Porcentaje de compresión (%)	Paso (mm)	Cota vertical (mm)
10,5/10	10	9,5/10	5/10
30/10	10	27/10	7/10



Tabla 42: Parámetros característicos del desenrollo del pino insignis

Ángulo de desahogo: para un diámetro de 600mm	1°
Ángulo de desahogo: para un diámetro de 100mm	-1°
Ángulo de afilado de la cuchilla	21°
Ángulo de afilado de la barra de presión	70°
Ángulo de compresión	15°

**SECADO:** (INIA, 1.991)

**CARACTERÍSTICAS DEL SECADO DE LA MADERA ASERRADA:** Como ya se indicó anteriormente, la disposición de esta madera al ataque de los hongos cromógenos, su relativamente alta contracción volumétrica y su relativa facilidad para secarse al aire, aconsejan proceder al secado, inmediatamente después del aserrado, ya sea al aire libre o en condiciones de humedad temperatura y velocidad del aire controladas.

La facilidad de secado de esta madera es alta, de todas las formas existen riesgos de deformaciones en las tablas debidas a madera juvenil y a madera de compresión, que producirán alabeos de cara o canto. El riesgo de fendas es moderado, mientras que el de atejado es débil.

**SECADO AL AIRE LIBRE:** La duración del secado depende de las condiciones climáticas propias del lugar donde se realiza el secado, de la época del año, de la humedad inicial y final de la madera y del espesor de ésta. A nivel simplemente indicativo señalar que madera de 12 a 18 mm de espesor, necesita alrededor de 2 meses para alcanzar entre el 15 y el 18% de humedad, cuando el secado se realiza durante primavera, verano y otoño, mientras que si se inicia a mediados de otoño o en invierno, la madera no alcanzará ese grado de humedad hasta la primavera siguiente.

El secado desde el estado verde hasta un 30% se puede considerar muy rápido, oscilando la pérdida de humedad diaria, para gruesos de 55mm, entre 2,85% (en invierno) hasta 9,1% (en verano).

Desde el 20% al 10% de humedad el secado es lento, salvo en verano, siendo en el resto de estaciones casi imposible alcanzar el 10-12% de humedad a no ser que se realice en condiciones de temperatura y humedad controlada.

Para madera de exposición interior, que requiere humedades de 7-14%, será conveniente realizar la fase final del secado en cámara para no prolongar excesivamente el tiempo de secado y para lograr humedades que de otra manera, como se ha visto, no se alcanzarían nunca.

**SECADO EN CÁMARA:** No es rentable, salvo en casos muy concretos, efectuar el secado en cámara desde el estado verde hasta la humedad deseada. Por ello, teniendo en cuenta la rapidez del secado al aire del pino radiata, será conveniente, antes de introducir la madera en la cámara, realizar un presecado de la madera al aire, hasta que la humedad esté comprendida entre 25 y 30%, para posteriormente finalizar el secado en cámara.

**SECADEROS TRADICIONALES:**

La relativamente alta contracción volumétrica de esta madera, así como la abundancia de nudos, aconsejan realizar un secado relativamente cuidadoso para que el gradiente de humedad de la madera no sea excesivamente grande y así evitar tensiones elevadas que puedan causar fendas.

La rectitud de las fibras de la madera de pino insignis y la relativa igualdad entre los coeficientes de contracción tangencial y radial (relación 1,5) garantizan una ausencia de deformaciones, por atejado, durante el secado.

En las tablas 43 y 44 se indican las cédulas y tiempos aconsejables de secado de la madera de *Pinus radiata*, en función del tipo de secadero, su espesor, humedad inicial y final de la madera.

Tabla 43: Cédula de secado por calor y tiempos para gruesos de hasta 4 cm (L.M. Fiske, 1.967)

Fase	Humedad de la madera	Temperatura del bulbo		Humedad Equilibrio Higroscópico H.E.H. (%)	Tiempos de secado según gruesos					
		Seco Ts	Húmedo Th		1,5	2	2,5	3	3,5	4
1	>50%	71	66	12	3	4,5	6	8	10	11
2	50-30%	76,5	68,5	9,5	6	9	13	16,5	20	24
3	30-20%	82	70,5	7,5	5	8	11	14	17,5	21
4	20-H <sub>final</sub>	88	65,5	4,2						

NOTAS: 1.- No se ha incluido el programa propio de las operaciones de HOMOGENEIZADO ni ACONDICIONADO.

2.- El tiempo en las fases 1 y 4 dependen de la humedad inicial y final que se quiera obtener. Para dar una idea global de los tiempos necesarios se ha supuesto una humedad inicial del 60% y una humedad final del 10%

Tabla 44: Cédula de secado por deshumificación o bomba de calor: (INIA, 1.991)

Espesor de la madera	Humedad de la madera	Termómetro seco Ts	Humedad relativa H%	Tiempo secado (días)			
				Grueso	Humedad		Tiempo (días)
					inicial	final	
Menor de 34 mm	>50%	63	76	27	verde	10	3
	50-30%	63	70				
	30-25%	71	61		30%	10	1,5
	25-20%	71	54				
	20-15%	75	38				
	15-10%	75	30				
34 a 54 mm	>50%	58	75	34	Verde	10	4,22
	50-30%	58	67		30%		2,1
	30-25%	66	60	40	30%	10	2,7
	25-20%	66	51				
	20-15%	70	37				
	15-10%	70	27				
> 55 mm	>50%	53	78	55	Verde	10	8,4
	50-30%	53	63		30%		4,2
	30-25%	61	56	65	Verde		9,6
	25-20%	61	56		30%		4,8
	20-15%	65	44	80	Verde		12
	15-10%	65	35		30%		6
				100	Verde		16,5
					30%		8,2

NOTA: En estos tiempos están incluidos los necesarios para secado propiamente dicho, equilibrado y acondicionado

## SECADERO A ALTA TEMPERATURA: (INIA, 1.991)

Las experiencias realizadas por INIA recomiendan el siguiente procedimiento:

- 1.- Periodo de precalentamiento: Introducida la madera totalmente verde y aplicando en lo alto de la pila un peso de 100 kg/m<sup>2</sup> se procede, durante 2 horas a someterlo a 100°C en ambiente saturado de humedad (90-95%).
- 2.- Periodo de secado: Finalizado el periodo anterior se somete a 120°C y a una humedad relativa del 16% (temperatura de bulbo húmedo de 70°C). Estas condiciones se mantienen hasta que todas las piezas alcanzan 10% de humedad. Se estima este tiempo en 8 horas para grosores de 25 mm y 18 horas para 50 mm
- Periodo de acondicionado; se somete a la madera a una temperatura de 100°C y a un 100% de humedad relativa durante 2 horas por cada 25 mm de espesor.
- Pasado este tiempo debe sacarse la madera de la cámara y dejarla apilada al exterior, bajo carga de al menos 2Kg/m<sup>2</sup> y recubierta con una lona impermeable hasta que se enfríe.

La calidad de la madera obtenida, salvo para secciones cuadradas, es superior a la obtenida por secado tradicional en cámara (es más estable y se ha deformado menos durante el secado) si bien presenta una coloración superficial marrón que desaparece tras el mecanizado.

### **TRATAMIENTO:** (J.A. Rodriguez Barreal, 1.987)

A continuación se muestra una cédula de tratamiento para la madera de pino insignie por el procedimiento Vac-Vac.

Tabla 45: Cédula de tratamiento de la madera de pino para tablas de <6 cm

Protector	Fase de vacío inicial		Fase de inmersión Tiempo (min)	Fase de vacío final		Retención
	Presión (mm Hg)	Tiempo (min)		Presión (mm Hg)	Tiempo (min)	
Tanalith C 3%	300	15	10 a 12	650	15	10 kg/m <sup>3</sup>
Vac-Sol	110 a 150	3 a 5	5 a 7	650	15 a 20	26 l/m

Al Pino insignis, debido a su fácil impregnabilidad, también pueden serle aplicados tratamientos que no precisen presión, como son los casos de inmersión prolongada e inmersión caliente-fría.

Con tres días de inmersión en creosota, se obtiene una protección satisfactoria, cubriéndose los mínimos de retención y penetración del protector, además de conseguirse los resultados más homogéneos.

Con el tratamiento de inmersión caliente-fría, aún a bajas temperaturas (40°C) la penetración de la creosota se realiza más profundamente que con el método de inmersión y se asegura una distribución del protector más homogénea.

La temperatura del baño caliente no influye significativamente sobre la profundidad de penetración de la creosota en la madera pero, sin embargo, a 60°C se han producido mayores retenciones que a 40°C.

El ciclo de tratamiento de inmersión caliente y fría con creosota, cuando se realiza a una temperatura de baño caliente de 40°C, no debe concluir con un calentamiento final, pues las retenciones que se consiguen son escasas. Sería conveniente analizar los resultados de esta nueva propuesta y comprobar si son satisfactorios. Sin embargo, si se lleva a cabo la inmersión caliente a 60°C, habrá que realizar un calentamiento final para minorar excesivas retenciones.

### **CEPILLADO Y MOLDURADO.**

La blandura, el grano fino-medio y fibra recta de esta madera permite realizar esta operación sin apenas problemas. Sólo produce repelo en los alrededores de los nudos, porque siempre cambia la dirección de la fibra. La utilización de ejes portacuchillas de los denominados "trompos", con pequeñas cuchillas en disposición helicoidal minimiza estos repelos.

Respecto de la herramienta, conviene aplicar ángulos de ataque relativamente grandes y darle un ligero bisel de corte, de apenas 0.8 mm., haciendo más durable y resistente dicho bisel y mejorando la calidad del corte. De esta forma, el cepillado se produce más por hienda de la propia madera que por corte de la herramienta.

### **TORNEADO.**

La textura fina de esta madera y la suave transición entre la madera de primavera y la de verano, hace que el torneado se realice sin problemas.

### **UNIONES.**

La relativa blandura de la madera permite mecanizar cualquier tipo de unión sin problemas especiales.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

La operación puede realizarse sin problemas, aunque los valores de resistencia a la hienda son pequeños, solo será necesario pretaladrado cuando se usen clavos o tornillos muy gruesos.

### **ENCOLADO.**

El pino insigne se encola bien. No presenta incompatibilidades con ningún tipo de cola, siendo aconsejables gramajes altos y presiones de encolado relativamente bajas.

### **LIJADO Y ACABADO:**

Aunque por la escasa dureza de la madera no existe problemas de lijado, los problemas de repelo en el cepillado y la cualidad del grano, exigen iniciar esta operación con lijas de poco grano (por ejemplo de 40 o 60) e ir subiendo con secuencias, pudiendo llegar a granos de 150 a 180.

El acabado de esta madera no tiene muchas dificultades, pero tampoco la madera proporciona elementos con los que poder jugar para realzar su apariencia, tal como la aplicación de pátinas o glaseados. De todas las formas, la madera se tinta bien (salvo en los nudos), y se pueden simular envejecidos, mediante el rascado con grano 20, y su posterior patinado.

La escasa resistencia a la luz de esta madera aconseja que se apliquen a los barnices transparentes, protectores de luz ultravioleta.

### **LEJIACIÓN:**

Como norma general, la madera de pino insignis presenta facilidad a la penetración de las lejías durante el proceso de cocción, lo que le hace ser una especie tecnológicamente muy apta para la realización de este proceso.

#### **LEJIACIÓN AL ÁCIDO (PASTAS AL BISULFITO)**

La característica más importante que se le exige a la materia prima para la aplicación de este proceso es la de poseer muy poca resina, ya que esta queda insoluble en la fibra final. Por ello, la madera de pino insignis es una materia prima muy especialmente indicada para este proceso. De acuerdo con el estudio "*Pinus insignis, crecimiento y producción en el norte de España y la aplicación a la elaboración de pastas de celulosa*" la longitud de rotura del papel obtenido a partir de la pasta es de alrededor 10.140 m (por ejemplo la de abeto es de 6.340 m), confirmando la especial aptitud de esta especie para este proceso tecnológico.

Si bien las características de resistencia de esta pasta son muy buenas, su apariencia, en cuanto a blancura, deja mucho de desear, como consecuencia de la elevada proporción de nudos. Esto hace que la pasta obtenida sea fundamentalmente de segunda clase.

#### **LEJIACIÓN A LA BASE (PASTA A LA SOSA O AL SULFATO)**

Las características que este proceso tecnológico exige a la materia prima son la fibra larga, alto contenido en celulosa, facilidad de lejiación, facilidad de blanqueo. El pino insignis no ofrece dificultades tecnológicas para este proceso, ya que su relativa blandura, sus especiales características de longitud de fibra hace que la pasta tenga unas condiciones mecánicas excepcionales, por último, la blancura de su madera hace que las necesidades de reactivos para su blanqueo sean pequeñas, de hecho es la conífera española que menor cantidad de cloro necesita.

#### **ASTILLADO**

Para el estudio de la viabilidad del astillado se ha de tener en cuenta la dureza de la madera a la penetración de la cuchilla y la hienda producida por el desgarrar por parte de la misma.

Al tratarse de una madera medianamente dura y de fácil hienda, el astillado se realizará con relativa facilidad y el consumo de energía será medio.

#### **DESFIBRADO:**

La escasa adherencia de las fibras (puesta de manifiesto por los valores de hienda y tracción perpendicular a las fibras), hace que al operación de desfibrado se realice fácilmente y con bajo consumo energético.

## **APLICACIONES.**

### **APLICACIONES DE LA MADERA EN ROLLO: POSTES APEAS Y PRODUCTOS PARA LA AGRICULTURA**

Las aplicaciones en postes, tiene fundamentalmente los siguientes problemas:

- × Excesiva contracción volumétrica, que provoca fendas poco tolerables.
- × Excesiva tableadura, en un porcentaje importante de pies, que directamente invalidan esta aplicación

× Falta de durabilidad natural. Aunque este problema se puede solucionar aplicando productos protectores, no es aconsejable este uso a la madera de pino insigne.

Sin embargo, las aplicaciones en apeas y estacas no tienen tanta exigencia de contracción, debido a su menor diámetro, por lo que pueden emplearse perfectamente, aunque en general siempre es necesario su tratamiento para aumentar su durabilidad natural.

### **MADERA MACIZA:**

El pino radiata es una madera que proporciona poca calidad de aspecto para su aplicación en muebles o carpintería, además tiene el problema de poseer un coeficiente de contracción volumétrica un poco alto. Es por ello, por lo que la mayoría de sus aplicaciones en estos destinos se hace mediante **tableros alistonados o perfiles**, de escasa anchura de listones. De esta forma, los movimientos de la madera se reducen y con ello los problemas de estas aplicaciones.

Hoy día, son numerosas las empresas del mueble que utilizan tablero alistonado de pino insignis para la fabricación de mueble, tipo rústico de calidad media a baja o mueble juvenil de alta calidad.

De la misma forma, también se utiliza en la fabricación de ventanas, pero obtienen los perfiles por laminación.

Sin laminar o alistonar, la madera se utiliza en traseras y elementos no vistos del mueble, en la fabricación de bastidores de puertas planas.

En carpintería de revestimientos se puede utilizar como frisos de baja calidad, por su mencionada falta de apariencia. También se utiliza como alma en la fabricación de parquet flotante.

En construcción es una madera perfectamente válida, pero hay que tener en cuenta las condiciones ambientales en las que se desarrollan los ataques de hongos, anóridos, carcomas y termitas ya que un conjunto de medidas de diseño de las estructuras y de tratamiento de la madera deben ser suficientes para evitarlos.

También es una madera perfectamente útil para sus aplicaciones en todo tipo de envases y palets.

Las traviesas para ferrocarril exigen una durabilidad natural o conferida muy alta. Debido a que el pino radiata no cumple estas condiciones no será una madera adecuada para esta aplicación.

### **TABLEROS:**

Debido a su rápido crecimiento esta madera es sobre todo usada en la industria de la desintegración. Los turnos son muy cortos y esto hace que no se lleguen a dimensiones y calidades que permitan otros usos.

### **TABLEROS ALISTONADOS**

La falta de dimensiones de la madera aserrada, unida a los problemas de alabeos y movimientos que tiene la madera hace, como ya se ha señalado anteriormente, que se mejoren enormemente

las cualidades de esta madera, obteniendo tableros alistonados, saneados o no de nudos, con pequeñas anchuras de listones.

Este tablero, además de utilizarse en bricolage, se utiliza como materia prima, de forma mas usual, en la industria del mueble, ya indicado anteriormente.

### **TABLERO DE PARTÍCULAS:**

Las características en cuanto a resistencia de los tableros aglomerados de madera de pino insignis dependen fundamentalmente de las características de la propia madera, del tamaño y forma de las partículas y de la cola. En este sentido, los tableros obtenidos con esta madera poseen unas características medias frente a los demás pinos. No obstante, existen otros factores que intervienen en la calidad del tablero, como es el caso del contenido de resinas de la madera, ya que ésta se interpone entre la partícula y la cola, debilitando su unión. Es por ello por lo que los tableros aglomerados de pino insignis poseen muy buenas características de resistencia frente a otras maderas.

En cuanto al aspecto del tablero, es también muy bueno, debido a su blancura y a la ausencia de manchas de resina; no obstante, la elevada proporción de nudos produce moteado en su superficie.

El rendimiento de la fabricación de tablero aglomerado es:  
0,700 m<sup>3</sup> de tablero por 1 m<sup>3</sup> de madera con corteza.

### **TABLERO DE FIBRAS:**

Los tableros resultantes poseen unas características mecánicas elevadas, como consecuencia de una esbeltez de las fibras muy superior a la de cualquier otro pino español. En cuanto a sus características superficiales, también son bastante destacables, por su blancura y por su relativa dureza.

A partir de 1 m<sup>3</sup> de madera con corteza se obtienen

-0,475 m<sup>3</sup> de tablero de fibras duro.

-0,600 m<sup>3</sup> de tablero de fibras de media densidad.

### **PAPEL:**

El papel resultante de la pasta obtenida a partir de la madera de *Pinus radiata*, posee destacables características mecánicas. Sin embargo pierde calidad en su aspecto, al producirse un moteado con partículas oscuras, procedentes de los nudos.

Los rendimientos industriales de la producción de pasta de papel es el los siguiente: A partir de 1 m<sup>3</sup> de madera con corteza se obtienen 450 kg de pasta mecánica seca.

## ESPECIE: Pino negro

NOMBRE CIENTIFICO: *Pinus uncinata* Mill. ex Mirb., in Buffon

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae.

SUBFAMILIA: Pinoideae.

### **SINONIMIAS.-**

*Pinus uncinata* Ram. = *P.sanguinea* Lapeyr. = *P. montana* v. *arborea*. Tubeuf = *P. montana* Du Roi pr. pt. = *P. montana* v. *rostrata* WK.

### **NOMBRES VULGARES.-**

Pino negro (Pirineo Huesca). Pí negre (Pirineo Catalán). Piñu Exuri (País Vasco). Pino moro (Teruel).

Se tiende entre los científicos a deslindar: "Pino negro" = *P. uncinata* y "P.moro" = *P. uncinata* x *sylvestris*.

### **NOMBRES EXTRANJEROS.-**

Pin à crochets (Fr.)

Pino montano o pino uncinato (Ital.)

Latsche o Bergföhre.(Alem.)

Mountain pine (Ingl.)

### **DISTRIBUCION EN ESPAÑA**

El área natural de *Pinus uncinata* comprende montañas altas de Centro a Suroeste de Europa: Alpes, Vosgos, Jura, Auvernia, Pirineos y Sierras de Gúdar y Cebollera. Las poblaciones más extensas viven en los Pirineos centrales y orientales. En Jura y Vosgos las localidades son dispersas y reducidas.

Ha sido introducido artificialmente en pequeños rodales, en las Sierras de Guadarrama y Nevada.

### **DESCRIPCION DEL FUSTE:**

Arbol hasta 25 m de alto, frecuentemente de menor talla, por estar confinado habitualmente en estaciones adversas.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS:**

El tronco de pino negro es bastante cónico. Aunque tiende a ser bastante recto, aparece frecuentemente arqueado debido al peso de la nieve y a que son frecuentes las copas asimétricas, por lo que las trozas pueden estar curvadas. En consecuencia son comunes las trozas con **defectos de tableadura, corazón excentrico y madera de compresión**, que dan por resultado tablas con tendencia a torcerse con alabeos de cara o/y canto.

También es algo frecuente presentarse con la fibra torcida o revirada.

Por otra parte las trozas son nudosas, y de dimensiones limitadas tanto en altura como en diámetro.



Foto 34: Aspecto de la madera de pino negro



**CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:**

Madera de **albura** blanca o banco amarillenta. El **duramen** es rojo-rosado, pequeño, a veces pardo oscuro. Es la madera más homogénea de los pinos españoles.

Los **anillos de crecimiento** están bien marcados y existe una gran uniformidad entre la madera de primavera y la de verano. Debido a que el *Pinus uncinata* es una especie de crecimiento lento, presenta los anillos muy juntos, y como consecuencia de esto la madera es muy compacta, ofreciendo bonitos **veteados**, tanto radiales como tangenciales.

Su **grano** es fino y la **textura** homogénea.

Es poco resinosa, aunque tiene canales resiníferos fisiológicos observables al microscopio. No puede distinguirse macroscópicamente.

Puede ser superior en calidad a la de pino silvestre cuando procede de buenas estaciones.

**CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:** A. Caperos, J.L. Serfaty, 1969)

**Traqueidas longitudinales** de 2.3mm de longitud media y 28.9 $\mu$  de anchura media, de sección transversal poligonal, y de luz pequeña (4,3 $\mu$  de espesor de pared).

Punteaduras aeroladas en una sola fila, sin engrosamientos helicoidales y con diámetros medios tangenciales en la zona de primavera de 30 $\mu$ . No posee punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas de otoño.

**Radios** uniseriados de 5 a 10 células. La altura máxima son 16 células con 360 $\mu$  y la mínima 1 célula con altura de 30 $\mu$ . Son heterogéneos con traqueidas horizontales de dientes aislados y puntiagudos.

Punteaduras en los campos de cruce tipo pinoide o ventana (generalmente una por cruce) de forma cuadrangular a circular.

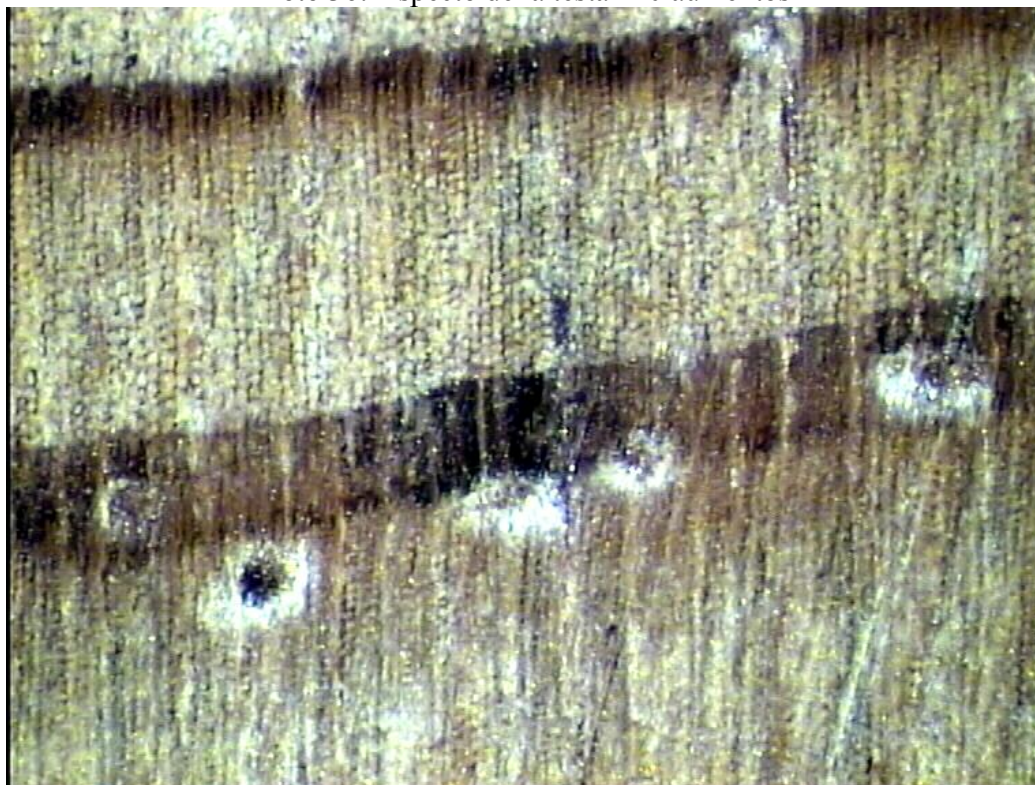
De 0 a 2 **canales resiníferos** verticales por mm<sup>2</sup>, de diámetro comprendido entre 80 y 90 $\mu$  y células epiteliales de paredes bastante gruesas.

Canales resiníferos horizontales incluidos en los radios fusiformes de paredes gruesas y luz de 30 a 40 $\mu$ .

Foto 35: Aspecto de la testa x4 aumentos



Foto 36: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FISICO-MECÁNICAS:** A. Gutierrez Oliva, 1.967 y (²) L. Garcia y A. Guindeo, 1.988)

Se indican en la tabla siguiente:

Tabla 46: Características físico mecánicas del pino negro

PARÁMETRO	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Densidad normal <sup>1</sup> (gr/cm <sup>3</sup> )	0,49	0,5	0,53	semipesada
Dureza <sup>1</sup>	1,74	1,9	2,68	semiblanda
Contracción tangencial <sup>2</sup> (%)	---	8,8	---	---
Contracción radial <sup>2</sup> (%)	---	4,6	---	---
Contracción volumétrica <sup>2</sup> (%)	---	13,5	---	media
Higroscopicidad <sup>2</sup> %	---	0,0031	---	normal
Compresión axial <sup>1</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	350	400	470	mediana
Compresión radial <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	---	63	---	---
Compresión tangencial <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	---	65	---	---
Flexión estática <sup>1</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	1015	1180	1485	mediana-baja
Flexión dinámica (kgm/cm <sup>2</sup> )	---	0,24	---	baja
Modulo de elasticidad <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	---	110500	---	---
Tracción perpendicular <sup>1</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	17	19	20	baja

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Debido a que las masas de *Pinus uncinata* son reducidas, no se han realizado estudios sobre sus características químicas. Las referencias encontradas señalan que la composición es muy similar a la del *Pinus sylvestris*.

### **DURABILIDAD Y PATOLOGÍA:**

La resistencia natural del *Pinus uncinata* al ataque de hongos es para el duramen muy superior a la del *Pinus sylvestris*. Sin embargo la albura es poco resistente a los hongos y particularmente susceptible de azulado.

Es, como todas las resinosas, vulnerable al *Hylotrupes*, aunque es mucha menor medida que otras especies de pinos.

Tanto al hablar de durabilidad como de patología, se ha de tener en cuenta el buen comportamiento de esta madera, en lo que se refiere a absorción de productos destinados a su conservación.

## **TECNOLOGÍA**

En general es muy similar al pino silvestre, puede destacarse su mayor facilidad en las operaciones de torneado y desenrollo y chapa a la plana, dada la homogeneidad y grano de esta madera, mejor que la de pino silvestre. Como contrapartida, se debe tener en cuenta la mayor frecuencia de defectos de curvatura del tronco, tableadura y madera de reacción anteriormente indicados, que originan respectivamente problemas de repelo y alabeos.

## **APLICACIONES**

Al igual que su tecnología, las aplicaciones son las mismas que el silvestre, teniendo en cuenta la mayor nudosidad de esta madera, y por tanto su peor calidad de aspecto.

## ESPECIE: Pino pinaster

### **NOMBRE CIENTÍFICO. *Pinus pinaster* Ait.**

ORDEN: Coníferas

FAMILIA: Pinaceae

SUBFAMILIA: Pinoideae

### **SINONIMIAS:**

*P. maritima* Mill., *nom. ambiguum* = *P. glomerata* Salisb. = *P. escarena* Risso = *P. lemoniana* Benth. = *P. hamiltoni* Ten.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES:**

Pino negral, P. negrillo (Guadarrama, Gredos, Castilla la Vieja).

Pino rodeno (Aragón, Cuenca, Guadalajara, Valencia).

P. rodezno (Jaén).

P. borde (Baza)

P. resinero (Andalucía).

P. rubial (Ávila).

Piñeiro bravo (Galicia),

Pino gallego, Pino marítimo. Pino de Las Landas. Pino del País.

### **NOMBRES EXTRAJEROS:**

Pin. maritime, P. des Landes (Fr.).

Pinheiro bravo (Port.).

Pinastro (Ital.).

Cluster pine (Ingl.)

Igelföhre, Sternkiefer (Alem.).

### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA.**

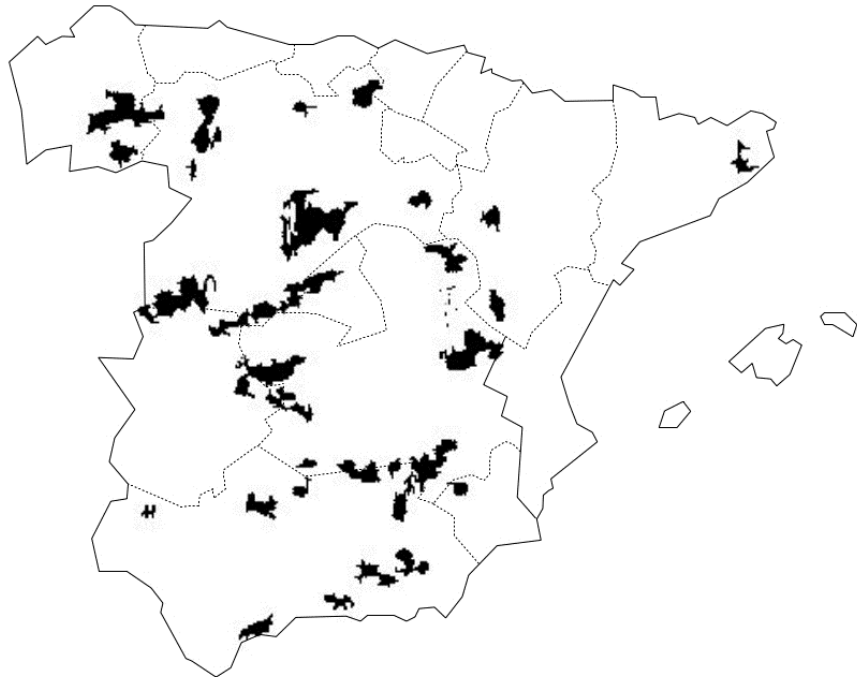
Especie mediterránea occidental, su área natural es reducida, comprendiendo España y Portugal (donde se sitúan las mayores extensiones), Sur de Francia, Italia, Marruecos, Argelia, Túnez e Isla de Pantellaria.

En nuestro país es el pino que naturalmente ocupa mayor superficie y el más ampliamente utilizado en repoblación forestal (400.000 Has de repoblación reciente). Aparece en Galicia, donde casi todas sus masas son de origen artificial, en las dos Castillas, Madrid, en Teruel, Castellón y Valencia. Aparece también en las cordilleras Béticas, (Cazorla, Segura, Sagra, Alcaraz, etc). Hay manchas sueltas en Extremadura, León, Norte de Burgos y Cataluña.

La diversidad estacional con que aparece el pino negral es índice de una avanzada diversificación. En España encontramos dos grupos de estirpes, que se encuadran en las subespecies *atlántica* o marítima y *mesogeensis* o mediterránea, la primera representada en el Noroeste y la segunda mucho más rústica y tolerante, extendida por Centro, Levante y Sur, y ella misma comprendiendo varias razas diferentes.

Presenta el crecimiento más rápido entre los pinos peninsulares.

Imagen 5: Distribución del pino pinaster en España



**DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.**

Arbol de talla mediana, no suele pasar de 20 m, aunque a veces alcanza los 40, en terrenos sueltos y frescos. Tronco frecuentemente torcido a partir del primer tercio de altura.

Foto 37: Aspecto de las masas de pino pinaster variedad atlántica en Asturias.



Foto 38: Aspecto de las masas de pino pinaster variedad mesogensis en Segovia.



En espesura, las ramas, generalmente gruesas, mueren rápidamente por falta de luz. Esta poda natural deja un muñón pronunciado que provocará madera con muchos nudos sueltos.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS:**

Las trozas correspondientes al tercio inferior del árbol, suelen ser derechas, algo cónicas, acusando con bastante regularidad tableadura y corazón excéntrico, resultado del fuste torcido que suele presentar esta especie. El resto de las trozas suelen ser torcidas, cónicas con abundantes nudos, tanto sanos como sueltos. Son muy corrientes las bolsas de resina, la madera de compresión y el azulado de la albura.

Foto 39: Aspecto de las trozas de pino pinaster en su reunión manual



### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

La madera de pino gallego tiene una **albura** blanco-amarillenta y un **duramen** rojizo-amarillento mas coloreado que en el resto de las especies de pino.

Los **anillos anuales** resaltan por el fuerte contraste entre zonas de primavera y verano. El **veteado**, bastante oscuro, es aparente y muy característico de esta especie. El número de anillos de crecimiento por cm, oscila entre 1 y 4 (media de 2,2) aunque como consecuencia de la excentricidad y de la variación climática de año en año su distribución es irregular dentro de la misma troza.

Foto 40: Aspecto macroscópico del pino gallego y aspecto de una bolsa de resina





El **grano** es medio-basto y la **textura** media. La **fibra** suele ser recta aunque continuamente interrumpida como consecuencia de los nudos y otros defectos.

**Nudos** en general numerosos, agrupados en verticilos y relativamente grandes de color pardo oscuro, en general, sueltos sin una distribución uniforme.

La **médula** de color rojo-vino a marrón.

Es característica de esta madera la presencia de **bolsas de resina** muy localizadas pero sin una distribución o situación conocida a priori. Puede alcanzar 10x20x2mm de dimensiones aunque en general son pequeñas.

Los **canales resiníferos** son muy numerosos, aislados, grandes y visibles a simple vista, tanto en la sección transversal como en la longitudinal. En la sección transversal aparecen en la madera de otoño y la de transición de primavera a otoño con el aspecto de puntos blanquecinos. En la sección longitudinal son igualmente visibles como, líneas marrones, muy rectas y generalmente cortas.

Posee un **olor** característico a trementina que permanece incluso mucho después del aserrado.

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**, (A. Capero y J.L. Serfaty, 1.969)

**Traqueidas** de sección transversal poligonal, con punteaduras areoladas en una sola fila como regla general, aunque a veces presenta hileras dobles en los extremos de las paredes radiales.

No presentan punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas de verano.

Tabla 47: Dimensiones de las traqueidas del pino pinaster

PARÁMETRO	Tronco	Ramas
Longitud (mm)	1,3 <b>2,1</b> 3,3	1,3 <b>2,1</b> 3,0
Anchura máxima (μ)	24,0 <b>36,9</b> 78,0	20,4 <b>36,2</b> 63,6
Espesor de la pared (μ)	5,4	4
Esbeltez media	56,9	59,5
Anchura pared/anchura fibra (%)	29,2	22,1

En la tabla se indican las dimensiones de traqueidas en rama y tronco:

Las traqueidas radiales tienen dientes aislados.

**Radios leñosos** uniseriados de 10 a 13 células de altura por término medio. Los valores extremos en cuanto a tamaño son de 26 células de 500μ de espesor y dos células con 38μ de espesor. Por lo general son heterogéneos con traqueidas dentadas marginales y esparcidas en el interior del radio.

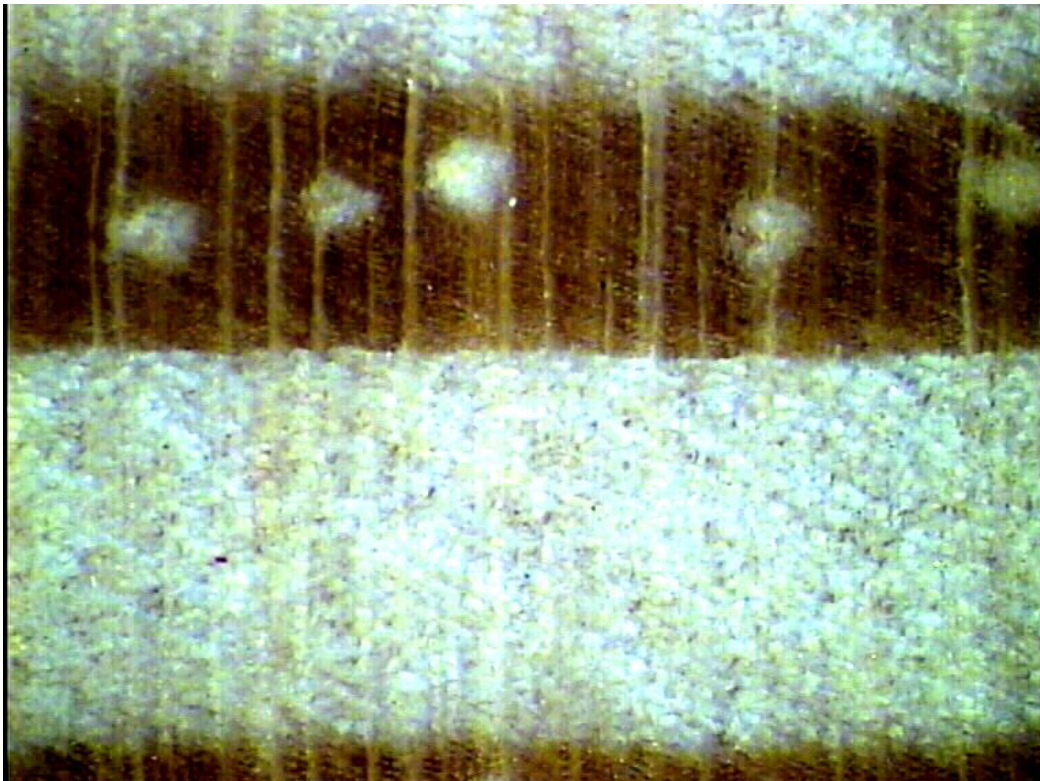
Las **punteaduras de los campos de cruce** de las células de parénquima radial con las traqueidas longitudinales son del tipo pinoide con reborde pequeño y se presentan generalmente de 2 a 3 por cruce.

Las paredes del **parénquima** radial son gruesas y del mismo espesor que las traqueidas longitudinales. Numerosos **canales resiníferos** de diámetro comprendido entre 200 y 300 $\mu$ .

Foto 42: Testa vista con aumento de x4



Foto 42: Testa vista con aumento de x40



## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS** (A. Remacha, 1.987)

En las tablas 48 y 49 se indican las principales propiedades

Tabla 48: Características físicas de la madera de pino gallego

CARACTERÍSTICA	Valor medio	Coefficiente variación (%)	Interpretación
Peso específico anhidro (gr/cm <sup>3</sup> )	0,455	14,47	ligera
Peso específico al 12% (gr/cm <sup>3</sup> )	0,476	13,62	ligera
Peso seco volumétrico saturado (gr/cm <sup>3</sup> )	0,398	12,94	-----
Dureza tangencial	2,6	38,9	semidura
Cota de dureza tangencial	10,1	31,6	alta
Dureza radial	3,1	44,5	semidura
Cota de dureza radial	12,2	44,5	alta
Contracción volumétrica total (%)	14,54	24,76	media
Punto de saturación de la fibra (%)	32,3	31,3	normal
Coef. Contracción volumétrica (%)	0,45	27,96	medianamente nerviosa
Contracción tangencial total (%)	7,59	18,62	inferior a la teórica
Contracc. Tangencial unitaria (%)	0,24	27,96	normal
Contracción radial total (%)	4,09	29,63	inferior a la teórica
Contracción radial unitaria (%)	0,13	45,21	normal
Relación coef. De cont. Tang y radial	1,85		
Higroscopicidad	0,00261	20,53	normal a pequeña

Tabla 49: Características mecánicas de la madera de pino gallego

CARACTERÍSTICA	Valor Medio	Coefficiente Variación(%)	Interpretación según Norma UNE
Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	797	25,58	Baja
Flexión estática (cota de rigidez)	28,47	24,06	Elástica
Flexión estática (cota de flexión)	15,89	16,41	Mediana
Flexión estática (cota de tenacidad)	2,04	12,89	Medianamente tenaz
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	73.785	24,44	----
Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	399	21,48	Mediana
Cota estática	7,93	14,89	Semipesada
Esfuerzo cortante tgcial (kg/cm <sup>2</sup> )	100,53	17,03	----
Esfuerzo cortante radial (kg/cm <sup>2</sup> )	84,25	18,13	----
Flexión dinámica (kg/cm <sup>2</sup> )	0,31	38,31	Baja
Flexión dinámica (Cota dinámica) (kg/cm <sup>2</sup> )	1,268	36,71	----
Hienda tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	9,91	16,95	Baja
Hienda tangencial (cota de hendibilidad)	0,198	18,26	Medianam. hendible
Hienda radial (kg/cm <sup>2</sup> )	13,321	20,79	Baja
Hienda radial (cota de hendibilidad)	0,261	17,36	Medianam.hendible
Tracción (tangencial) perp. a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )	20,07	17,47	Baja
Cota de adherencia tangencial	0,397	15,19	Mediana adherencia
Tracción (radial) perp. a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )	19,31	15,6	Baja
Cota de adherencia radial	0,405	15,32	Mediana adherencia
Compresión (tang) perp. a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )	59,81	23,92	----
Compresión (radial) perp. a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )	63,43	20,97	----

## **VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.- DENSIDAD.MOR.MOE. (R.**

Arguelles y F. Arriaga, 1.996)

El pino pinaster está catalogado, para gruesos de hasta 70 mm, según sus calidades ME-1 y ME-2, en las clases resistentes que se indican en la tabla 50 y para gruesos mayores no está todavía estudiada.

Tabla 50: Clases resistentes de la madera estructural de pino laricio

CLASE RESISTENTE Grueso<70 mm	
ME-1	ME-2
C24	C18

Siendo: ME-1 y ME-2 las calidades de la madera para la construcción según el proyecto de norma UNE 56.544

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 51: Características mecánicas de la madera de pino laricio según sus valores resistentes

PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C24	C18
Flexión	240	180
Tracción paralela	140	110
Tracción perpendicular	4	3
Compresión paralela	210	180
Compresión perpendicular	53	48
Cortante	25	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	110.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	74.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	3.700	3.000
Módulo cortante	6.900	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	350	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	420	380

## **DURABILIDAD:**

De acuerdo con la norma UNE 56417 el comportamiento del pino gallego frente a los diversos agentes biológicos es el siguiente:

Tabla 52: Durabilidad de la madera de pino pinaster.

DURABILIDAD	ALBURA	DURAMEN
Hongos de pudrición	Poco resistente	Medianamente resistente
Hongos cromógenos	Poco resistente	Medianamente resistente
Termitas	Poco resistente	Medianamente resistente
Polilla	Muy resistente	Muy resistente
Carcoma fina	Poco resistente	Muy resistente
Carcoma gruesa	Poco resistente	Medianamente resistente
Resistencia a la luz	Bastante estable	Bastante estable

## **TRATABILIDAD:**

El pino gallego es una de las especies de pino cuya albura es más fácil de tratar. Esta tratabilidad ha sido estimada por el Dpto. de Conservación de Maderas y Patología Forestal en 469 kg/m<sup>3</sup> retención líquida en tanalizado, solo superada por la albura de pino insigne.

Según la norma UNE 56-417-88 la albura de pino pinaster es fácilmente impregnable mientras que al duramen se le considera valor entre moderadamente impregnable y muy difícilmente impregnable. Esto no es un gran problema ya que su durabilidad natural no hace indispensable el tratamiento.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (L. Bustamante y A. Caperos, 1.966)

Las características químicas del pino pinaster son las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 53: Características químicas de la madera de pino pinaster

PARÁMETRO		TRONCO	RAMAS
Cenizas (%)		0,25	0,28
Solubilidad en	Agua fría	4,75	6,06
	Agua caliente	6,87	9,04
	NaOH 1%	22,38	25,55
Extracto en	Eter	10,20	5,68
	Alcohol Benzeno	1,63	2,73
Lignina		24,79	27,37
Holocelulosa		67,51	68,70
Pentosanos		8,32	12,28

**TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

La tecnología del pino gallego es muy similar a la descrita para el caso del pino silvestre. A continuación se detallan los aspectos en los que difieren:

**ASERRADO:**

El elevado porcentaje de nudos que posee esta madera hace que la cantidad de madera limpia no varíe sustancialmente aplicando despieces especiales. Por esta razón el despiece se elige buscando obtener el mayor rendimiento, de acuerdo con las dimensiones más demandadas por el mercado.

En un primer corte se separan los dos costeros dejando una pieza central de 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5, 25 cm (dependiendo del diámetro en punta delgada de la troza).

Posteriormente en una sierra múltiple se corta la pieza central para obtener gruesos de 25, 30, 40, 50, 75 y 100 mm.

De los costeros se obtendrán mediante una desdobladora-canteadora piezas de 20, 25 y 30 mm de grueso.

La madera de pino gallego se clasifica en las siguientes categorías:

- Limpia: Se admite 1 o 2 nudos en cada una de las caras de un diámetro máximo de 1.5 cm. Los gruesos más usuales son 2, 2.5, 3 y 4 cm.
- Semilimpia o especial: En esta se admiten en una o ambas caras nudos de hasta 2,5 cm de diámetro sin limitación de número.
- Corriente: En ésta se admiten nudos de hasta 4 cm en número ilimitado y se permite presencia de azulado.

- Encofrado: Madera para la que se admite el defecto de gema siempre que al menos una cara se halle libre de él. No hay límite de presencia de azulado en la tabla. Esta categoría se subdivide en tres clases según al ancho:
  - Primera: de 10 a 16 cm
  - Segunda: de 17 a 24 cm
  - Tercera: mayores *de 25 cm*

**TRATAMIENTOS:** (J.A. Rodríguez Barreal, 1.987)

A continuación se muestra una cédula de tratamiento para la madera de pino gallego por el procedimiento Vac-Vac.

Tabla 54: Cédula de tratamiento de la madera de pino pinaster

Protector	Fase de vacío inicial		Fase de inmersión Tiempo (min)	Fase de vacío final		Retención
	Presión (mm Hg)	Tiempo (min)		Presión (mm Hg)	Tiempo (min)	
Tanalith C 3%	380 a 400	12 a 15	15	600	15	8 kg/m <sup>3</sup>
Vac-Sol	250 a 300	5 a 8	10 a 12	600	15 a 20	24 a 27 l/m

**DESEÑOLLO.**

Las mejores calidades de trozas se destinan a la obtención de chapa a la plana para el revestimiento de tableros.

Dada la heterogeneidad de la madera, por el salto brusco de madera de otoño a la de primavera, la obtención de chapa se debe realizar aplicando una elevada presión a la barra de presión y diseñar chapas relativamente gruesas (0.6 a 0.8 mm).

**SECADO:** (A. Remacha, 1.987)

Por la facilidad con la que se ve atacada esta madera por hongos cromógenos y su relativamente alta contracción volumétrica, conviene proceder al secado rápidamente tras el aserrado.

El secado podrá llevarse a cabo tanto al aire como en cámara. La elección dependerá fundamentalmente de la aplicación que se le va a dar posteriormente a la madera y de las características de cada empresa.

En la tabla 55 se describe la cédula de secado por calor para diferentes espesores de la madera.

Los defectos mas corrientes de secado son las fendas, los atejamientos, pero sobre todo las deformaciones de cara y canto, como consecuencia de la madera de compresión y la madera juvenil.

Tabla 55: Cédula de secado por calor del pino pinaster para diferentes espesores

Espesores menores de 30 mm					
Hm	Ts	Th	Hr	He	G
Hi-60	75	72,5	90,5	16	5
60-45	75	70	80	12	5
45-30	75	66,5	67	9	5
30-20	80	65	49	6	5
20-11	80	56	31,5	4	5
Espesores > 30 mm y < 60 mm					
Hi-60	70	67,5	89,5	16	4,5
60-45	70	65	78,5	12	4,5
45-30	70	63	70	10	4,5
30-20	80	65	49	6	4,5
20-11	80	56	31,5	4	4,5
.Espesores > 60 mm					
Hi-60	65	62,5	88,5	16	4
60-45	65	60,5	80,5	13	4
45-30	65	56	63	9	4
30-20	80	65	49	6	4
20-11	80	56	31,5	4	4

En la tabla: Hm: Humedad de la madera.  
 Hi: Humedad inicial de la madera  
 Ts: Temperatura termómetro seco  
 Th: Temperatura termómetro húmedo  
 Hr: Humedad relativa en la cámara  
 He: Humedad de equilibrio higroscópico de la madera.  
 G: Gradiente de secado.

### **CEPILLADO Y MOLDURADO.**

La blandura, el grano medio-basto y fibra relativamente recta a causa de la curvatura del árbol y de los nudos, hace que la madera se cepille fácilmente pero con calidad media, por las zonas de repelo que aparecen.

Además las abundantes bolsas de resina, obligan a un mantenimiento constante de las herramientas.

### **TORNEADO.**

El salto brusco entre la madera de otoño y primavera hace que la calidad del torneado no sea muy buena. El problema desaparece si se realizan mayores esfuerzos de lijado.

### **CURVADO.**

Presenta el mismo inconveniente que en la operación anterior. Esta situación puede ser origen de roturas internas de la madera. Aunque la madera no es muy resistente a compresión, puede efectuarse su curvado, si se toma la precaución de no aplicar radios de curvatura muy pequeños.

### **UNIONES.**

La relativa blandura de la madera permite mecanizar cualquier tipo de unión sin problemas especiales.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

La operación puede realizarse sin problemas.

### **ENCOLADO.**

El pino negral tiene el problema de su abundante resina, bien en bolsas o en zonas enteadas, por lo que debe tenerse especial cuidado, y desestimar las piezas, cuando la calidad del encolado se considere crítica.

### **LIJADO.**

Aunque por la escasa dureza de la madera no existe problemas de lijado (salvo las piezas anormalmente enteadas que embotan las lijas) , los problemas de repelo en el cepillado, la cualidad del grano y la abundancia de resina, exigen iniciar esta operación con lijas de poco grano e ir subiendo con secuencias de lijado suaves.

Las diferencias de dureza entre la madera de primavera y de verano pueden ocasionar, con lijas finas, diferentes desbastes de una y otra que después son muy visibles con barnices muy brillantes. Por ello no conviene aplicar lijas de grano superior a 150.

### **ACABADO.**

Al igual, que con el pino silvestre, pero aún mas acusado, la diferencia de dureza entre las maderas de primavera y otoño permiten aplicar preparaciones de acabado que realzan el contraste entre ambas maderas y que ya han sido indicadas en dicha especie.

Se debe tener especial cuidado con las zonas de resina, llegando a desestimarlas para cuando la calidad del acabado así lo requiera.

### **ASTILLADO.**

Es una operación que se realiza fácilmente por la blandura y escasa resistencia a la hienda de esta madera. Se vuelve a indicar la precaución que se debe tener en el cuidado de las herramientas, por culpa de la abundancia de resina.

### **LEJIACIÓN.**

Presenta facilidad de penetración por lejías en procesos de cocción, por lo que es una especie apta para el proceso.

**LEJIACIÓN AL ÁCIDO (PASTA AL BISULFITO).** La presencia de resina dificulta este proceso, pues es insoluble. Se suele emplear para la obtención de cartón.

**LEJIACIÓN A LA BASE (PASTAS A LA SOSA O AL SULFURO)**Tienen un buen rendimiento debido a su blandura, longitud de la fibra y alto contenido en celulosa.

### **DESFIBRADO.**

Fácil, de bajo consumo de energía pues posee una adherencia mediana de las fibras y es muy hendible. Los tableros resultantes presentan características mecánicas medianas, aunque resultan algo blandos.



## **APLICACIONES.**

### **MADERA EN ROLLO:**

Al tratarse de una especie cuyo fuste suele ser torcido por encima del primer tercio y cuya madera es poco durable con una contracción de mediana a alta su aplicación en postes es poco aconsejable.

Sin embargo esta madera si puede ser utilizada para la fabricación de apeas y estacas para la agricultura, aunque siempre es aconsejable aumentar su durabilidad mediante tratamiento protector.

### **MADERA ASERRADA**

Las mejores calidades de madera aserrada, se destinan a la fabricación de muebles, pues aunque el coeficiente de contracción es un poco elevado, se compensa con la veta de esta madera. Al igual que con el pino insignis, la fabricación de tableros alistonados, con anchuras pequeñas, mejora el comportamiento de esta madera en el mueble, lo que hace que haya crecido en los últimos años, los muebles fabricados con esta madera.

También, las mejores calidades se emplean para la fabricación de carpintería interior, con el inconveniente sabido de ser medianamente nerviosa, lo que en sitios que existan cambios de humedad es un serio inconveniente. Por ello, en puertas se recurre a utilizar perfiles laminados y tableros alistonados.

Su aspecto hace que sea una madera muy apreciada en carpintería de revestimientos, especialmente en frisos. Es demasiado blanda para usarse en parquet.

Con un saneado previo de la madera y al ser medianamente nerviosa puede aplicarse en carpintería estructural.

Las calidades medias se pueden emplear para envases de todo tipo, pues tiene densidad baja y blancura suficiente.

Las peores calidades se emplean como tabla de encofrar.

Su utilización en traviesas, es poco conveniente, por su escasa resistencia al arranque del tirafondo y su débil durabilidad.

### **TABLEROS CONTRACHAPADOS Y CHAPA A LA PLANA**

Los problemas de resina, no hacen muy aconsejable su utilización para tableros contrachapados. En cambio, la belleza de la veta de esta madera hace que las mejores rollas estén muy cotizadas para la obtención de chapa a la plana, para el recubrimiento posterior de tableros.

### **DESINTEGRACIÓN:**

#### **Tableros de partículas**

No existen problemas en la obtención de este tipo de tablero. Sus principales ventajas respecto de otras maderas radican en su blancura y como contraparte su excesiva resina,

circunstancias que hacen que el tablero sea de mediana calidad, tanto en resistencia como en apariencia.

**Tableros de fibras:**

Para tablero de fibras no ofrece ninguna dificultad; al ser una madera blanda con la fibra de tamaño mediano.

**Papel:**

Se emplea con éxito en el proceso de pastas al sulfato, no siendo inconveniente la previa resinación del árbol. También se emplea el procedimiento del bisulfito y en pastas químicas. No se utiliza para pasta mecánica por el elevado contenido en resina.

En general es más apreciada en la industria del papel la ssp. marítima que la ssp. *mesogeensis*.

**Otros usos**

Ha sido, y sigue siendo, aunque en mucha menor medida que hace varias décadas, la típica especie de resinación, para la obtención de colofonia y aguarrás.

Foto 43: Pino negral en resinación



## ESPECIE: Pino carrasco

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pinus halepensis* Mill.

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae

SUBFAMILIA. Pinoideae

### SINONIMIAS.

*Pinus maritima* ssp *Lamb.* = *Pinus resinosa* ssp *Lois* = *Pinus arabica* Sieber = *Pinus hispanica* S.E. Cook = *Pinus alepensis* Poir = *Pinus carica* Don = *Pinus hierosimitana* Duh.

### NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.

**Alepo leher, Alepo pinu (País Vasco).**

Pino carrasco.

Pin carrasco.

Pino carrasqueño.

Pi bord (Cataluña y Levante).

Pi blanc, Pi nas, Pi melich, Pi garriguenc (Cataluña).

Pino blanquillo (Cazorla y Segura).

### NOMBRES EXTRANJEROS.

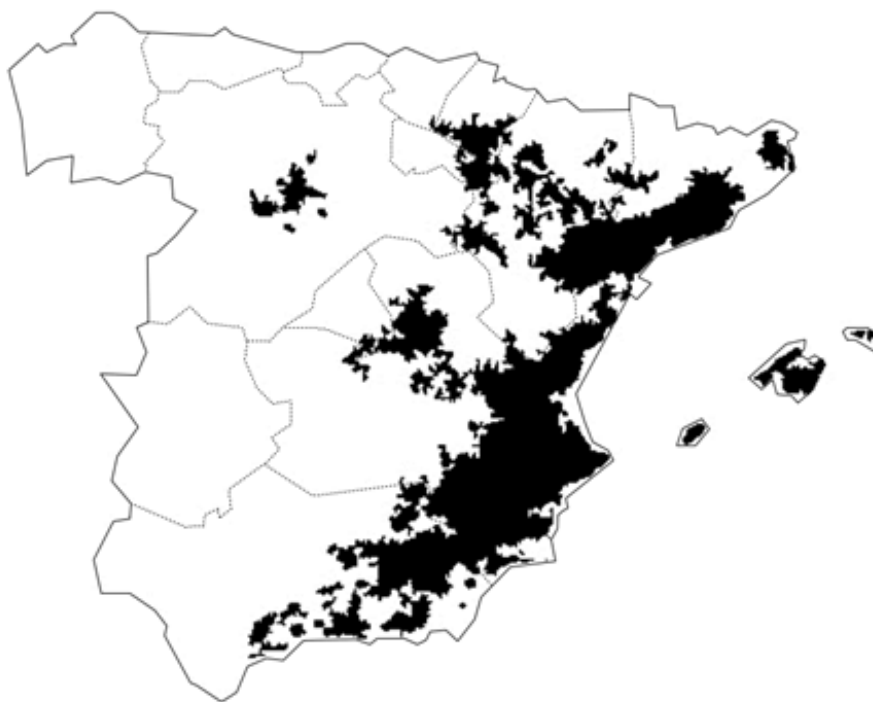
Pinc blanc, Pin d'Alep, Pin de Jerusalem (francés).

Pino di Gerusalemme (italiano).

Aleppokiefer, See kiefer, Meerstrandkiefer (alemán).

Anubar (Marruecos)

Imagen 6: Distribución del pino halepensis en España



**DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA.** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

Se extiende espontáneamente por todos los países ribereños de Mediterráneo, desde el Centro de España hasta Anatolia y desde el Sur de Europa hasta las montañas de Marruecos Central, con mayor abundancia en España oriental, Provenza, Grecia, Marruecos y Argelia.

En España, se extiende por todas las vertientes mediterráneas, que desborda en el alto Guadalquivir y cabeceras del Tajo y Guadiana. Hay pinares naturales en las Baleares y en todas las provincias de la costa mediterránea, excepto Cádiz. En la cuenca del Ebro y en parte del Centro avanza hasta Guadalajara y Oeste de Cuenca, abundando en Albacete y Jaén.

La repoblación artificial lo ha difundido por muchas regiones occidentales, tales como la cuenca central del Duero, la cuenca media del Tajo, Ciudad Real y Andalucía Central. También se ha repoblado en regiones donde estaba representado naturalmente.

Sus masas se suelen tratar con turnos de 60-80 años. En terrenos sueltos y repoblación en terrazas bien cultivadas se pueden acortar los turnos hasta 25-30 años.

**DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

El pino carrasco es un árbol mediano que alcanza 22 m de altura en buenas condiciones. El tronco es generalmente tortuoso, si bien puede ofrecer fustes derechos en buenas condiciones de estación.

El crecimiento en altura es bastante rápido en los primeros años, aunque no ocurre lo mismo con el diámetro, por lo que la producción maderable es escasa, con una posibilidad media anual de 1.9 m<sup>3</sup> /Ha

Foto 44: Porte característico del pino halepensis



### **DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS.**

La madera aprovechable representa un porcentaje pequeño de la posibilidad total. Las trozas no son buenas debido a la escasa rectitud de los troncos, en los que pueden observarse multitud de defectos. Los más importantes son el elevado número de **nudos** y la abundancia de **resina**. Otros son: la **madera de compresión**, la **madera juvenil**, la **irregularidad del crecimiento**, la **conicidad**, la **curvatura**, la **excentricidad** de corazón, el **azulado** de la madera, etc.

Es frecuente que a partir de los 80 años de edad, los ejemplares aparezcan **chamosos**.

### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

La **albura** es de color blanco y se diferencia bien del **duramen**, que es resinoso y de color rojizo.

Foto 45: Aspecto macroscópico de la madera de pino carrasco



Los **anillos de crecimiento** están muy marcados. Las zonas de primavera y verano están claramente diferenciadas. La primera de ambas zonas es de color más claro con traqueidas de mucha luz y poco lignificadas. Por el contrario, la zona de verano es de color muy oscuro, con traqueidas de luz apretada y muy lignificadas. Como consecuencia del colorido distinto de las zonas de primavera y verano, en los despieces longitudinales aparecen los anillos formando bandas o líneas paralelas.

Los **canales resiníferos** son bastante gruesos, coloreados por una resina marrón-rojiza. Pueden estar aislados o en grupos de 2 a 5 canales, repartidos por todo el anillo o, más frecuentemente, alineados en la zona de transición de la madera de primavera con la de otoño. También existen canales horizontales inmersos en algunos radios leñosos, pero no son visibles a simple vista.

La **fibra** es un tanto irregular, frecuentemente desviada por causa de los nudos existentes. El **grano** es medio-basto.

El **olor** a resina es fuerte en estado fresco y persiste después del secado.

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

1.-TRAQUEIDAS VERTICALES.

Las de primavera son anchas y largas con punteaduras areoladas uniseriadas. Pueden estar apareadas en los extremos de las hiladas o bien con alguna punteadura aislada. Presentan cierta tendencia espiral sobre todo en el extremo de las traqueidas.

Las fibras de otoño son más estrechas y de pared gruesa, presentan pocas punteaduras areoladas, aisladas y con forma de ojal. Los extremos de las traqueidas de primavera pueden ser romos y en ese caso suelen tener una punteadura y no estar ahorquillados. Las traqueidas de otoño son agudas y generalmente bien conformadas.

Vistos por la pared tangencial, los campos de cruce aparecen en forma de sierra. Se aprecian con frecuencia trabéculas. Las punteaduras de los campos de cruce son de tipo pinoide; puede haber de 1 a 4 por campo, generalmente dos.

Se han medido las dimensiones de las traqueidas del tronco y de las ramas obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 56: Dimensiones de las traqueidas del pino halepensis

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Longitud máxima, media y mínima (mm.)	4.3-2,6-0,7	3.7-2,0-1,1
Anchura máxima, media y mínima ( $\mu$ )	51.3-35,3-16,3	67.0-37,4-24,5
Espesor de pared	7.3	4.7
Relación longitud/anchura (esbeltez)	73.7	52.5
Proporción de pared	41.1%	25.4%

2.-TRAQUEIDAS HORIZONTALES.

Son de pared delgada, con dientes pequeños y escasos, y presentan punteaduras areoladas incluso en la pared tangencial.

3.-PARÉNQUIMA HORIZONTAL.

Las células presentan paredes delgadas cruzadas por canalillos no muy numerosos, o bien lisas. Presentan punteaduras sencillas. En la pared tangencial se aprecian pequeñas escotaduras.

#### 4.-RADIOS LEÑOSOS.

Son uniseriados y fusiformes. Los uniseriados, de 10-15 células por término medio. Los más pequeños están formados por una célula de 30 de altura y los más altos de 20 con 480 de altura. Son heterogéneos con traqueidas muy poco dentadas y poco abundantes, pudiendo ser marginales o espaciadas.

Las punteaduras de los campos de cruce de las células del parénquima de los radios leñosos con las traqueidas verticales son de tipo pinoide. Presentan un reborde muy estrecho, es decir, la abertura ocupa prácticamente toda la amplitud de la punteadura. Generalmente son dos por cruce, aunque también pueden presentar tres paredes horizontales del parénquima con abundantes punteaduras delgadas.

Los radios leñosos son uniformes.

#### 5.-CANALES RESINÍFEROS.

Los canales resiníferos son verticales, en número de 0.2 por mm.<sup>2</sup>, y tienen un diámetro variable de 90-100. Las células epiteliales son de paredes delgadas.

Foto 46: Testa vista con aumento de x4 de pino halepensis

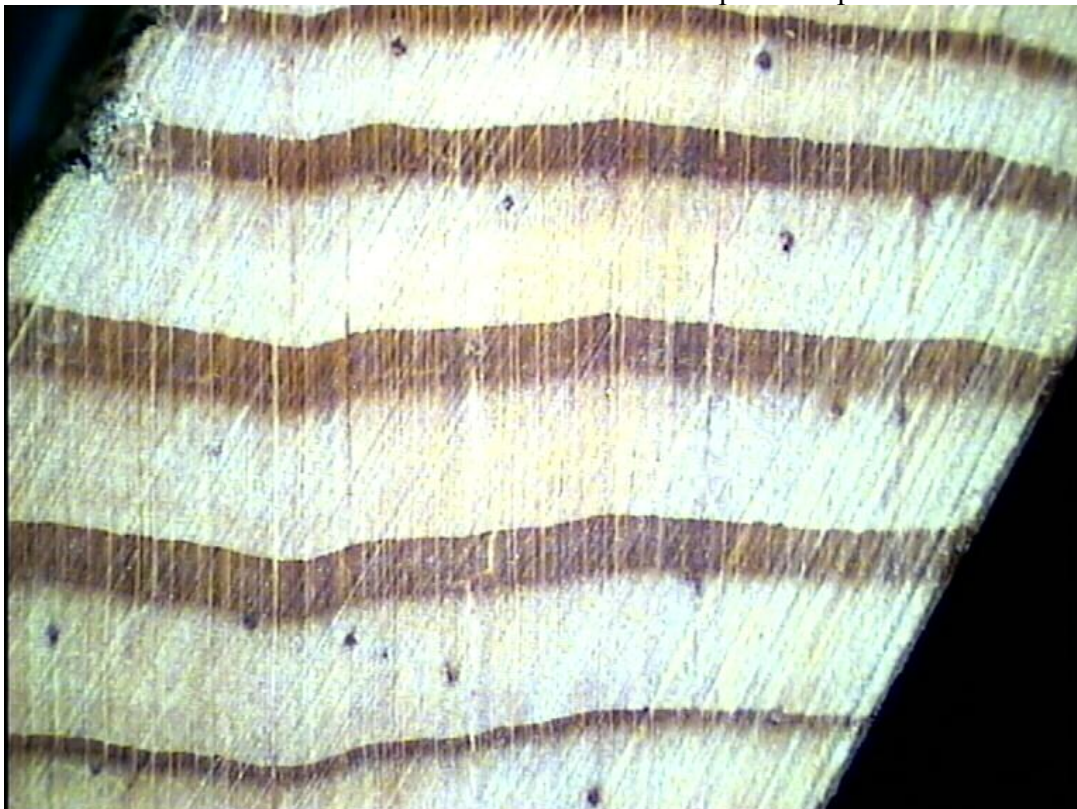
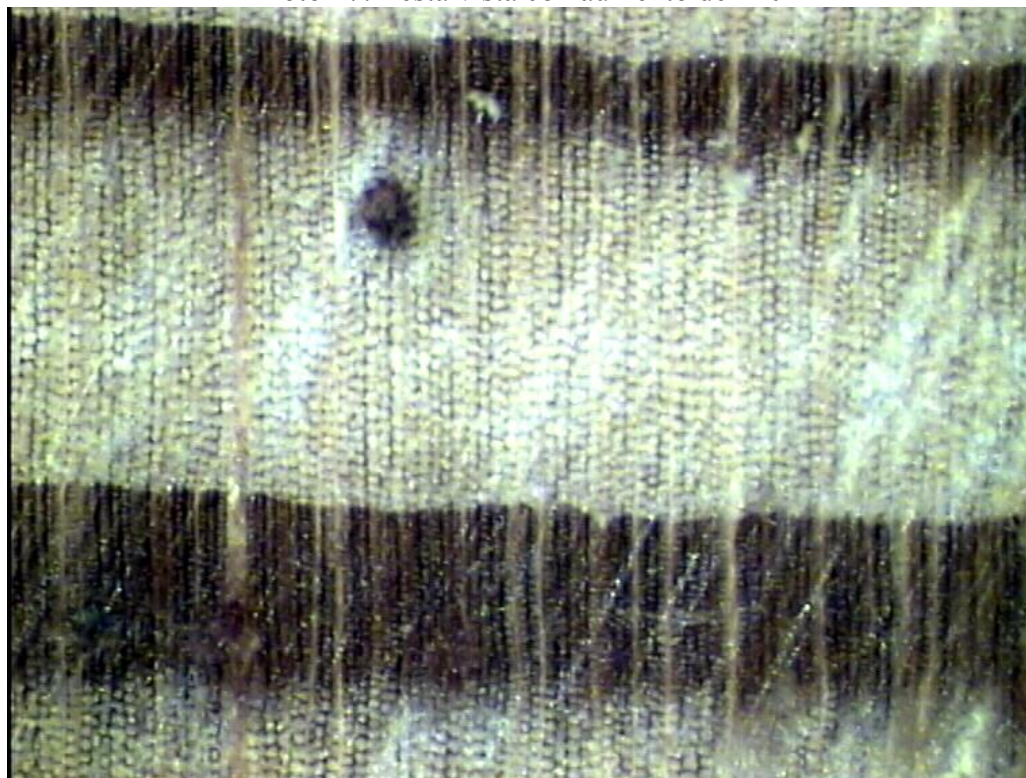


Foto 47: Testa vista con aumento de x40



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 57

Tabla 57: Características físicas del pino halepensis

PARÁMETRO	valor mínimo	valor medio	valor máximo	interpretación
Densidad normal	0.485	0.548	0.619	Semipesada
Dureza radial	3.06	3.39	3.73	Semiblanda
Cota dureza radial.	9.29	9.67	10.05	Fuerte
Dureza tangencial	1.41	2.50	3.40	Semiblanda
Cota dureza tangencial.	5.51	8.23	7.70	Normal
Contracción volumétrica total	10	12.5	16.4	Media
Cont. Lineal radial	4.70	4.705	4.71	Media
Cont. Lineal tangencial	7.54	7.62	7.70	Media
Punto de saturacion de la fibra %		32		-
Coficiente de contracción volumétrica	0.31	0.37	0.43	algo nerviosa
Higroscopicidad	0.0030	0.0031	0.0034	Normal

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 58



Tabla 58: Características mecánicas del pino halepensis

PARÁMETRO	mínimo	medio	máximo	Interpretación
Flexión estática. Carga de ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	926	1231	1595	mediana
Cota de flexión	21.3	23.0	29.5	grande
Cota de tenacidad	2.4	2.7	3.0	mediana
Cota de rigidez	17.3	26.5	39.0	elástica
Módulo de elasticidad	-	101500	-	-
Flexión dinámica trabajo unitario (kgm/cm <sup>2</sup> )	0.09	0.24	0.36	baja
Cota dinámica	0.73	1.27	3.24	resilente
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm <sup>2</sup> )	379	463	532	mediana
Cota de calidad estática	7.1	8.37	9.3	inferior
Hienda (kg/cm)	0.16	12.72	13.80	baja
Cota de laminabilidad	0.18	0.23	0.25	median. laminable
Tracción perp. A la fibra. Radial (kg/cm <sup>2</sup> )	23	25	26	baja
Cota de adherencia	0.42	0.47	0.47	muy adherente
Tracción perp. A la fibra. Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	20	23	29	baja
Cota de adherencia	0.36	0.42	0.53	median. adherente
Compresión tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	102	107	112	
Cota de calidad	1.8	1.85	1.9	
Compresión radial (kg/cm <sup>2</sup> )	108	110.5	113	
Cota de calidad	1.9	1.95	2.0	

### **DURABILIDAD Y TRATABILIDAD.**

El duramen es bastante resistente a las alteraciones biológicas y de difícil impregnación.

La albura, en cambio, es más sensible al ataque de hongos e insectos, pero su impregnación es sencilla, siendo suficiente un simple tratamiento por inmersión.

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (Bustamante y A Caperos, 1.966)

Se indican en la tabla 59

Tabla 59: Características químicas del pino halepensis

PARÁMETROS	TRONCO	RAMAS
Cenizas (%)	0.48	0.44
Solubilidad en agua fría	2.58	2.30
Solubilidad en agua caliente	3.96	4.32
Slubilidad en NaOH 1%	17.38	12.75
Extracto en eter	2.42	1.14
Extracto en alcohol benceno	1.05	0.76
Lignina	25.14	28.53
Holocelulosa	75.22	72.60
Pentosanos	12.10	16.37

## **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

En términos generales es similar a las de otros pinos, teniendo como características específicas más notables las siguientes:

### **ASERRADO.**

El porte tortuoso y la presencia de abundantes nudos hace que el tipo de despiece elegido busque más el rendimiento y la productividad por lo que se hacen despieces similares a los del *P. pinaster* de Galicia.

Los defectos mas importantes de la madera aserrada, además de los nudos, son los alabeos de cara y canto debidos a la madera de compresión, resultado de árboles tortuosos y torcidos.

### **SECADO.**

Dada la calidad de la madera y sus principales aplicaciones, económicamente es mejor secarla al aire, pero si es necesario la utilización inmediata, o utilizarla en destinos que precisen calidad de acabado, se puede proceder al secado artificial, utilizando una cédula de secado similar a la del pino pinaster.

Después de este proceso, aparecen, como defectos exudaciones de resina en la superficie, además de fendas y deformaciones.

### **CEPILLADO.**

La fibra inclinada, la abundancia de resina y la presencia de nudos hacen que se presenten más problemas de los normales en esta operación, al aparecer con frecuencia repelo. No obstante, se realiza perfectamente.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

Se presentan problemas en el clavado, dada su baja resistencia perpendicular a la fibra. Por ello, se recomienda introducir los clavos después de un pretaladrado.

### **ENCOLADO.**

La gran cantidad de resina hace que las uniones por cola sean de mala calidad. Suelen utilizarse colas alcalinas (a la caseína, por ejemplo) o colas con disolventes del tipo de resorcina. Con los productos que fraguan en medio ácido (tipo urea), pueden producirse dificultades de humectación de la madera si ésta es muy resinosa. Estos inconvenientes son eliminados casi totalmente si se encola la madera recién cepillada, y sobre todo si la madera sufre un secado a una temperatura superior a 70 °C, con lo que se consigue que la resina cristalice.

### **ACABADO.**

La estructura de la madera, bastante basta en general, no permite la obtención de superficies lisas y superficies pintadas de buena calidad, ni su utilización en aplicaciones de madera vista (barnices, lasure). Son posibles exudaciones de resina por exposición de las superficies al sol o a otra fuente de calor cuando la madera no ha sido sometida a un secado a temperatura superior a 70°C.

### **ASTILLADO.**

La madera es semiblanda y muy hendible, por lo que su astillado se realiza con facilidad.

### **DESFIBRADO.**

La baja adherencia de las fibras hace que la operación de desfibrado se realice fácilmente.

### **LEJIACIÓN.**

**1.-LEJIACIÓN AL ÁCIDO (PASTAS AL BISULFITO).** La madera de pino carrasco es poco adecuada para esta operación, por la cantidad de resina presente.

**2.-LEJIACIÓN A LA BASE (PASTAS A LA SOSA O PASTAS AL SULFATO).** Se obtienen pastas de buenas características.

## **APLICACIONES.**

Las repoblaciones de pino carrasco en España responden mayoritariamente a objetivos de carácter selvícola: protección o restauración hidrológica de las cabeceras de cuencas hidrográficas. Sin embargo, pueden citarse las siguientes aplicaciones:

### **MADERA EN ROLLO.**

La madera de pino carrasco puede emplearse como madera en rollo, pero su diámetro y porte tortuoso restringe su uso a pequeñas apeas y estacas a las que convendría dar un tratamiento preventivo para asegurar una mayor durabilidad.

### **MADERA MACIZA.**

La gran nudosidad y la abundancia de resina restringen el uso como madera aserrada a traseras de muebles, precercos de puertas y sobre todo en envases y palets. También se puede utilizar en la fabricación de tablero alistonado.

También se utiliza para **carpintería de pequeñas dimensiones**, construcción de botes o traviesas de ferrocarril.

Se usa poco en **construcción**, salvo la procedente de rodales densos y de buenas estaciones, en la que los valores del coeficiente de contracción y la cota de flexión son adecuados para tales aplicaciones.

### **TABLEROS DE FIBRAS.**

La principal aplicación de la madera de pino carrasco es la correspondiente a la industria desintegradora. En el caso de tableros de partículas debe tenerse cuidado por los altos niveles de resina que contiene. Por ello conviene mezclarla con otras especies y tener en cuenta las consideraciones establecidas en la tecnología del encolado.

### **PASTAS CELULÓSICAS.**

Con las ramas sin descortezar se obtienen **pastas semiquímicas** de buena calidad para aquellas aplicaciones en las que no importe el moteado de la corteza.

### **OTROS USOS.**

Produce **leña** de buena calidad, que se ha venido empleando para calefacción en las regiones de su área donde falta o escasea la encina.

La corteza es rica en taninos, por lo que en su límite meridional, árido (Berbería), se descortezaba a muerte para la obtención de **curtientes**.

En otros tiempos se llegó a resinar en épocas de gran demanda de miera. También se utilizó para la obtención de pez y para la fabricación de lamas de somieres. En la actualidad, se ha venido empleando para calefacción en las regiones de su área donde falta o escasea la encina.

La corteza es rica en taninos, por lo que en su límite meridional, árido (Berbería), se descortezaba a muerte para la obtención de **curtientes**.

En otros tiempos se llegó a resinar en épocas de gran demanda de miera y en la elaboración de la pez.

## ESPECIE: Pino piñonero

**NOMBRE CIENTIFICO** *Pinus pinea* L.

ORDEN: Coniferales

FAMILIA: Pinaceae

SUBFAMILIA: Pinoideae

SINONIMIAS: *P. sativa* C. Bauh. = *P. domestica* Mathiol. = *P. umbraculifera* Tournef.

### NOMBRES VULGARES:

Pino piñonero. Pino albar (Castilla).

Pino real, Pino de la tierra (Andalucía).

Pino doncel (Cuenca, Guadalajara, Aragón).

Piñeiro manso (Galicia).

Pino vero (Valencia).

Pí ver. (Balears).

Pí vé (Cataluña).

### NOMBRES EXTRANJEROS:

Pin pinier, P. parasol, P. pignon (Fr.).

Pino domestico (Ital.).

Pinie, Italienische Steinkiefer (Alem.).

Italian stone pine, Parasol pine (Ingl.).

### DISTRIBUCION EN ESPAÑA. (J Ruiz de la Torre, 1.971)

Se extiende espontáneamente por los países ribereños del Mediterráneo, al Norte y Este de dicho mar. Cultivado y difundido desde la más remota antigüedad, es hoy muy difícil discernir dónde es autóctono y dónde fue introducido por el hombre.

En el área actual se cuentan regiones como Argelia, Cirenaica, Norte de Italia y Noroeste de España.

En España, la zona de mayor abundancia se encuentra en el Suroeste, siguen en importancia las manchas de la Meseta Norte. En las estribaciones meridionales de la Cordillera Central.

En Sierra Morena existen masas extensas, muy expansionadas artificialmente en los últimos años, en las estribaciones meridionales del Sistema Ibérico y mesetas divisorias del Sureste de la Mancha. Hay representaciones menores, bosquetes y pequeños golpes de *P.pinea* en Salamanca, Extremadura, Málaga, Alicante y Baleares, abundando más en Ibiza que en Mallorca y Menorca. Hay pies aislados de la especie en casi todas las provincias.

El pino piñonero proporciona en España actualmente una posibilidad media de 3,80 m<sup>3</sup>/Ha.año, con turnos de 80-100 años, que deben acortarse. El turno de los montes productores de piñón es más largo, de 100-120 años y aún más.

Foto 48: Aspecto de las masas de pino piñonero



#### **DESCRIPCION DEL FUSTE.**

Arbol habitualmente de talla media, 25 a 30 m, aunque sobre suelos frescos, profundos, fértiles, y en adecuada espesura, puede sobrepasar los 30 m.

Tronco recto y cilíndrico si el árbol va siendo podado a medida que crece, muy cónico si las podas se retrasan. Los pies destinados a fruto son muy intensamente podados lo que contribuye a aumentar la irregularidad de las trozas.

Los defectos más frecuentes en la madera de pino piñonero son la abundancia de resina y los numerosos nudos existentes. Ambas cosas condicionarán, como luego se verá, las posibles aplicaciones y la tecnología para llevarlas a cabo.

#### **DESCRIPCION MACROSCÓPICA.**

Madera clara, de **albura** blanco-amarillenta a amarillo-rosada, existente en mayor proporción que el **duramen**, de color rojizo.

Los **anillos de crecimiento** son muy aparentes. Generalmente con más de uno por año (falsos crecimientos). Son anchos y el paso de la madera de primavera a la de otoño es marcado, aunque en climas de mayor humedad pueda aparecer un paso más gradual.

Es una madera de **grano** basto. La **fibra** es muy derecha, alguna vez oblicua o atravesada a causa de la forma irregular de las trozas y de algunos nudos gruesos.

Los **canales resiníferos** son de tamaño mediano, siempre aislados y generalmente situados en la madera de la madera de otoño o en el límite de ésta con la de primavera.

Suele ser bastante nudosa. Es bastante resinosa.

Foto 49: Aspecto macroscópico de la madera de pino piñonero



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

Las traqueidas verticales de primavera, no poseen engrosamientos helicoidales, son anchas con grandes punteaduras aeroladas. Los valores métricos medios obtenidos para traqueidas del tronco son los indicados en la tabla siguientes:

Tabla 60: Dimensiones de las traqueidas del pino halepensis

PARÁMETROS	TRONCO
Longitud media (mm.)	3,2
Anchura media ( $\mu$ )	40
Espesor de pared ( $\mu$ )	5,6
Relación longitud/anchura (esbeltez)	80,1
Proporción de pared %	28

Foto 50: Testa vista con aumento de x4

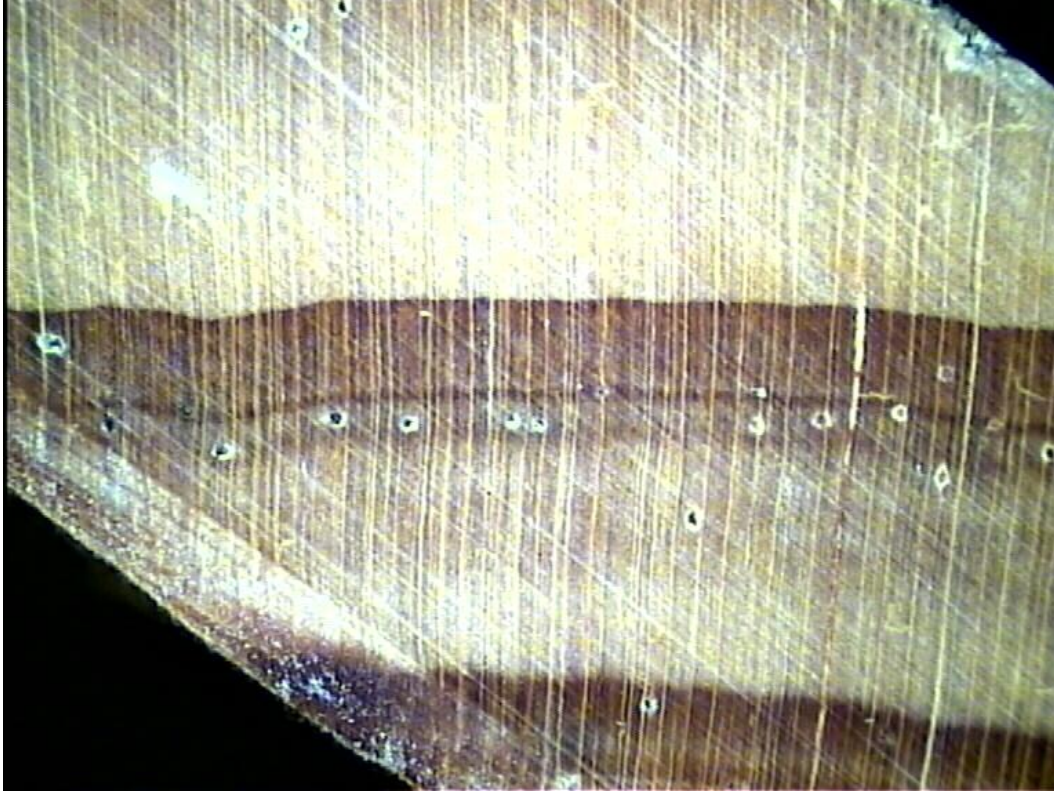
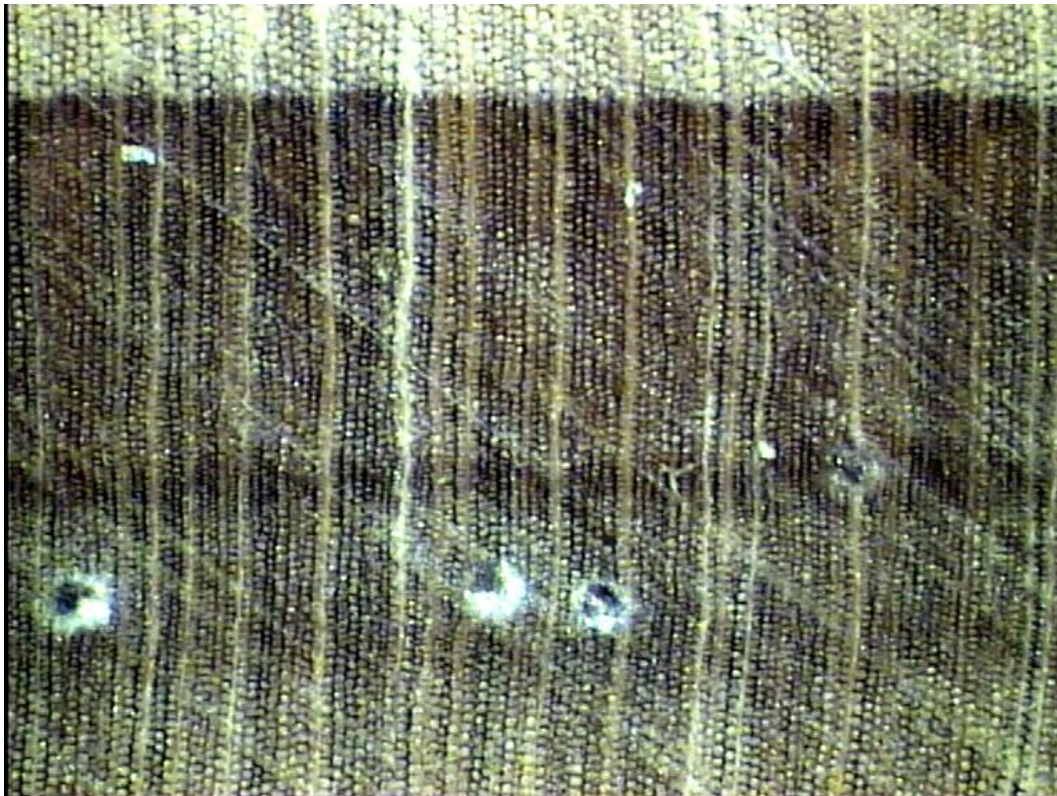


Foto 51: Testa vista con aumento de x40





Las punteaduras de los **campos de cruce** (una o dos) son redondas con tendencia oval y reborde grueso. Las traqueidas verticales de otoño son más estrechas y de pared gruesa, las punteaduras de los campos de cruce son lenticulares.

Las **traqueidas horizontales** tienen pared estrecha y dientes poco agudos más parecidos a ondulaciones.

Los **radios leñosos** marginales o diseminados en el parénquima son heterogéneos con traqueidas muy poco dentadas

Los **canales resiníferos** aparecen de 0-2 por mm<sup>2</sup> y diámetros de 150-250 . Sus células epiteliales son de paredes delgadas.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.**(A. Gutierrez Oliva, 1.967 y L. Garcia y A. Guindeo, 1.988)  
Se indican en la tabla 61

Tabla 61: Características físicas del pino piñonero

PARÁMETROS	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Densidad normal	0.528	0.596	0.718	semipesada
Dureza radial		3.07		semiblanda
Cota dureza radial.		8,5		normal
Dureza tangencial		3.51		semiblanda
Cota dureza tangencial.		9,8		fuerte
Contracción volumétrica total	11	12.8	17,3	media
Cont. Lineal radial		5,09		media
Cont. Lineal tangencial		6,98		media
Punto de saturacion de la fibra %		30		-
Coefficiente de contracción volumétrica	0.35	0.43	0.61	algo nerviosa

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967 y L. Garcia y A. Guindeo, 1.988). Se indican en la tabla 62

Tabla 62: Características mecánicas del pino piñonero

PARÁMETROS	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Flexión estática. Carga de ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	788	1056	1167	pequeña
Cota de flexión		17,6		mediana
Cota de tenacidad		2.4		mediana
Módulo de elasticidad		76.500		-
Flexión dinámica trabajo unitario (kgm/cm <sup>2</sup> )	0.11	0.24	0.56	baja
Cota dinámica		0,40		poco a mediana
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm <sup>2</sup> )	295	437	513	mediana
Cota de calidad estática		7,3		mediana
Hienda (kg/cm)	11,42	12.92	14.33	baja
Cota de laminabilidad		0.21		mediana
Tracción perpendicular a la fibra. (kg/cm <sup>2</sup> )	17	20	25	pequeña
Cota de adherencia		0.33		mediana

### **DURABILIDAD Y TRATABILIDAD.**

La madera de pino piñonero es de escasa durabilidad; la albura, abundante en proporción, es fácilmente atacable por hongos y por *Hylotrupes*. El duramen es bastante resistente a las alteraciones biológicas y de difícil impregnación.

La albura es fácil de impregnar (generalmente basta una simple inmersión) con productos protectores.

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (Bustamante y A Caperos, 1.966)

Se indican en la tabla 63

Tabla 63: Características químicas del pino piñonero

PARÁMETROS	RAMAS
Cenizas (%)	0.32
Solubilidad en agua fría	3.10
Solubilidad en agua caliente	4.00
Solubilidad en NAOH 1%	12.45
Extracto en eter	0.67
Extracto en alcohol benceno	0.58
Lignina	29.09
Holocelulosa	72.83
Pentosanos	16.50

## **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

En términos generales es similar a las de otros pinos, y muy en particular las características del pino pinaster, en cuanto al contenido de resinas, a la diferencia entre la madera de primavera y otoño, a su nudosidad y a su porte torcido.

Como características específicas de este pino, destacan las siguientes:

- × Su mayor dureza, que aconseja modificar ligeramente los ángulos de las herramientas, buscando aportar mas ángulo al diente o a las cuchillas.
- × Su elevado porcentaje de nudos, que hace muy difícil obtener tablas libres de nudos, por lo que comercialmente no se establece ninguna clasificación de madera. Los despieces se realizan de forma similar al pino negral o gallego.
- × Su elevado contenido en resinas, que obliga a un mantenimiento mas adecuado de las herramientas y a tener sumo cuidado en las operaciones de encolado y acabado.
- × La diferencia de cualidad entre la madera de primavera y otoño, unida al grano basto, dificulta o merma la calidad de todas las operaciones de cuchilla y fresa, así como la de lijado y acabado.

### **ASTILLADO:**

Al ser una madera medianamente dura y de fácil hienda esta operación podrá realizarse con relativa facilidad. Para la fabricación de tablero aglomerado se ha de tener en cuenta el alto contenido en resinas, que debilita la unión entre partículas y cola, y la elevada proporción de nudos que produce moteado en la superficie del tablero.

### **DESFIBRADO:**

Si tenemos en cuenta las características mecánicas transversales a la fibra de esta madera podremos suponer que la adherencia entre fibras es escasa.

Por ello el desfibrado se puede realizar fácilmente y con escaso consumo de energía. Debido a la esbeltez de su fibra, los tableros resultantes poseen buenas características mecánicas.

El papel resultante de la pasta obtenida por procedimientos mecánicos también tendría buenas características mecánicas; pero pierde calidad en su aspecto al aparecer motas oscuras procedentes de partículas de los nudos.

### **LEJIACIÓN:**

**LEJIACIÓN AL ÁCIDO** (Pastas al bisulfito): La característica más importante que se exige a la materia prima para la aplicación de este proceso es la de poseer muy poca resina, ya que esta queda insoluble en la fibra final. Por ello, esta madera es una materia prima poco indicada para este proceso.

**LEJIACIÓN A LA BASE** (Pasta a la sosa o pastas al sulfato): Las características de la fibra de la madera de piñonero en cuanto a su longitud permitirían la obtención de una pasta de buenas condiciones pero la falta de datos sobre sus propiedades químicas así como su escaso uso en la industria de pasta impiden valorar su aplicación para este fin.

## **APLICACIONES:**

### **APLICACIONES DE LA MADERA EN ROLLO: POSTES, APEAS Y ESTACAS**

Para postes puede utilizarse ya que su contracción volumétrica lo permite, el problema es el escaso número de pies que tienen dimensiones suficientes para este destino. En cualquier caso sería necesario mejorar su durabilidad mediante tratamiento.

Debido a su resistencia a flexión, su relativa durabilidad o facilidad de impregnación, esta madera está bastante cotizada para su uso en apeas y estacas para la agricultura, fundamentalmente para sujeción de invernaderos

### **APLICACIONES DE LA MADERA ASERRADA**

La falta de madera exenta de nudos, unida a los inconvenientes de la excesiva resina y fibra atravesada, como consecuencia de los nudos, hace que las aplicaciones de esta madera sea muy reducida, en muebles y carpintería, reduciéndose a las partes no vistas, o a elementos cortos en donde se pueda obtener limpieza por saneado de la madera. Ese podría ser el caso del parquet, si la dureza de esta madera fuera la suficiente para ese uso.

Por ello, sólo es recomendable en interiores de muebles, en premarcos de puertas, interiores de puertas planas, tablilla de persiana de parquet flotante...

Además puede utilizarse en los siguientes destinos, en donde las exigencias de calidad no son tan elevadas:

En carpintería estructural puede utilizarse perfectamente, con el problema de la excesiva pérdida de resistencia debida a la existencia de numerosos nudos.

En la fabricación de envases y paletas, aunque su resistencia al choque no es muy alta puede usarse, aunque para ciertos tipos de envases, el olor a resina de esta madera puede que constituya un inconveniente.

En traviesas también puede usarse, siempre ayudando su durabilidad natural con un tratamiento.

Por último, las peores calidades de madera aserrada pueden emplearse para encofrar.

#### **TABLEROS:**

No se usa para tablero contrachapado, entre otras cosas, por la abundancia de nudos, y por la dificultad de obtener la chapa a causa del salto brusco de madera de primavera a otoño.

Para tablero aglomerado tampoco es muy usado debido a problemas de encolado de partículas y a la aparición de motas oscuras procedentes de los nudos, pero puede utilizarse mezclado con otras especies.

#### **PAPEL:**

Como se ha dicho al hablar de la tecnología, no se debe usar ni para pasta mecánica ni para pasta química al bisulfito. Sin embargo podría utilizarse en pastas al sulfato, pero tanto su producción como la existencia de otras especies más adecuadas hacen que este uso sea anecdótico.

#### **OTROS USOS.**

Su aprovechamiento más importante es el del piñón, al que están dedicados extensos montes de la Meseta Norte y que se estimula con una poda extremada conocida por olivación, perjudicial para la producción maderera y que mengua la vitalidad del árbol.

## **ESPECIE: Pino canario.**

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pinus canariensis* Sweet ex Spreng.

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae

SUBFAMILIA: Pinoideae.

SECCIÓN: Sula.

### **SINONIMIAS.**

*Pinus canariensis* D.C. = *Pinus canariensis* C. Sm.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.**

Pino canario (español)

### **NOMBRES EXTRANJEROS.**

Pin des Canaries (francés)

Foto 52: Aspecto de la forma de un pie maduro de pino canario



### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA.**

El área natural de este pino queda limitada a las islas occidentales y centrales del Archipiélago Canario. Forma bosques extensos en Gran Canaria, Tenerife, Hierro y La Palma. Aparece en pies sueltos en la Gomera y falta, en estado natural, en Fuerteventura y Lanzarote, donde existen algunas repoblaciones.

Los pinares de canario se ordenan con turnos comprendidos entre 80 y 100 años, por el método de aclareo sucesivo uniforme. En montes de poca pendiente y clima templado puede llegarse a turnos de 30-40 años, con cortas a hecho seguidas de labor y plantación.

### **DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.**

El pino canario es un árbol elevado que habitualmente alcanza 15-25 m aunque puede sobrepasar los 60 m. de talla y 2.5 m. de diámetro en la parte baja del tronco. El fuste es recto y cilíndrico..

Su crecimiento es lento al principio, pero se acelera con el paso del tiempo. Se estima su crecimiento medio anual en 2-3 m<sup>3</sup>/Ha.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS.**

El defecto fundamental que, por otro lado, concede a la madera de pino canario su originalidad y valor, es el **enteamiento** de la madera. La madera teosa presenta análogos caracteres, en cuanto a color y densidad se refiere, a las "meleras" del *P. pinaster* y *P. halepensis*, aunque se diferencia de ellas, tanto por su proceso de formación como por la homogeneidad de su constitución.

La madera teosa del pino canario tiene siempre origen en el duramen, apareciendo como si fuese un segundo proceso de la transformación de éste; posee un desarrollo centrífugo regular, avanzando en su formación por anillos sucesivos; y presenta una gran homogeneidad en su constitución.

La **nudosidad** del pino canario es muy abundante.

El pino canario es muy susceptible al ataque de un hongo denominado *Scirrhia pini*, que produce manchas cloróticas a lo largo de las acículas.

### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

La madera del pino canario ofrece un marcado contraste de coloración y consistencia entre la **albura** y el **duramen**. La primera es blanca amarillenta y blanda. En cambio, el corazón es duro y pardo rojizo, con los radios medulares aún más oscuros.

El proceso de enteamiento permite la distinción de dos tipos de madera:

la de **pino blanco** es de calidad media y por su aspecto exterior se asemeja a algunos de los peninsulares por su **color** blanco o ligeramente rojizo;

la de **pino tea** tiene un **color** uniforme acaramelado que, una vez cepillada, cualquiera que sea su despiece, le dá una gran belleza. Es traslúcida, dejando pasar la luz, en determinadas

circunstancias, hasta con espesores de cerca de un centímetro. Por todo ello, resulta una madera muy apreciada y buscada a la que casi se le considera una madera preciosa.

Foto 53: Aspecto macroscópico del pino canario blanco



Un estado intermedio de enteamiento lo constituye el llamado **pino riga**.

Ambas clases de madera poseen **grano** fino y **textura** homogénea.

En su sección transversal aparecen, con la ayuda de una pequeña lupa, los canales resiníferos como pequeños puntos blanquecinos (pues están obstruidos por resina sólida).

Los **anillos de crecimiento** de primavera y otoño se encuentran perfectamente diferenciados. Su anchura media es algo mayor en la madera enteada que en la blanca.

La **fibra** suele ser recta y homogénea.

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.** (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

**1.-TRAQUEIDAS VERTICALES.**

Son anchas y largas, uniseriadas, a veces apareadas, con frecuencia biseriadas y con extremidades regulares o fusiformes.

Las punteaduras son grandes y areoladas, y pueden estar separadas por un surco que se aprecia más intensamente cuando están biseriadas. Las punteaduras sencillas de los campos de cruce son de tipo pinoide, grandes, ovales o redondas. Puede haber de una a cuatro, aunque generalmente hay dos o tres.

Existe una diferencia muy marcada entre las traqueidas de primavera y verano y, como consecuencia, los anillos anuales aparecen claramente diferenciados.

Las traqueidas de verano aparecen en sus últimas filas de crecimiento, de forma rectangular y marcadamente alargadas en sentido tangencial. La luz es ovalada con un diámetro medio de 9 a 10  $\mu$ m. Se percibe una ausencia total de engrosamientos espiralados.

A continuación se expresan los parámetros más característicos:

Tabla 64: Dimensiones de las traqueidas del pino canario

PARÁMETRO	
Longitud máxima, media y mínima (mm)	4,5-3,4-0,6
Anchura máxima, media y mínima ( $\mu$ m)	84,0-45,0-28,0
Espesor de pared ( $\mu$ m)	6,0
Relación longitud/anchura (esbeltez)	75,5
Proporción de pared (%)	26,8

**2.-PARÉNQUIMA VERTICAL.**

Este parénquima es de pared delgada y uniforme con numerosas punteaduras sencillas a veces agrupadas a lo largo de la misma. Pueden tener punteaduras, apreciables como pequeñas escotaduras, en la pared transversal.

**3.-TRAQUEIDAS HORIZONTALES.**

Tienen paredes lisas y más bien onduladas o con engrosamiento que dentadas. Si aparecen dientes no son agudos. Presentan punteaduras areoladas. Es frecuente la forma escalonada. Se disponen en filas marginales, generalmente dos, aunque también aparecen de una a tres.

**4.-PARÉNQUIMA HORIZONTAL.**

El parénquima horizontal tiene paredes delgadas con frecuentes escotaduras que pueden ser bastante anchas, con grandes punteaduras sencillas por el centro de las células y otras de más pequeñas dimensiones a lo largo de las paredes.

**5.-RADIOS LEÑOSOS.**

Los radios leñosos son uniseriados y fusiformes, aunque algunas veces se presentan biseriados, en particular los que tienen alojados canales resiníferos horizontales.



En general, son muy ricos en gránulos de almidón y resina. La altura media en células es de 8 a 10. Se ven sin embargo, con cierta frecuencia alturas máximas de 20 y mínimas de 2 células. Los radios son heterogéneos, característicos del género *Pinus*.

## 6.-CANALES RESINÍFEROS.

### 6.1.-VERTICALES.

Se encuentran en número de 0.6 por  $\text{mm}^2$ . Tienen un diámetro medio de 350  $\mu\text{m}$ , siendo el de los canales transversales de 40  $\mu\text{m}$ . Son abundantes. Están distribuidos irregularmente en las proximidades de la zona terminal del anillo, siempre dentro de la zona de verano. Las células secretoras que los rodean son de paredes semigruesas y poco resistentes.

### 6.2.-HORIZONTALES.

Aparecen alojados en el interior y a la altura media de los radios leñosos. También se presentan revestidos por células secretoras.

Foto 54: Aspecto de la testa x4 aumentos

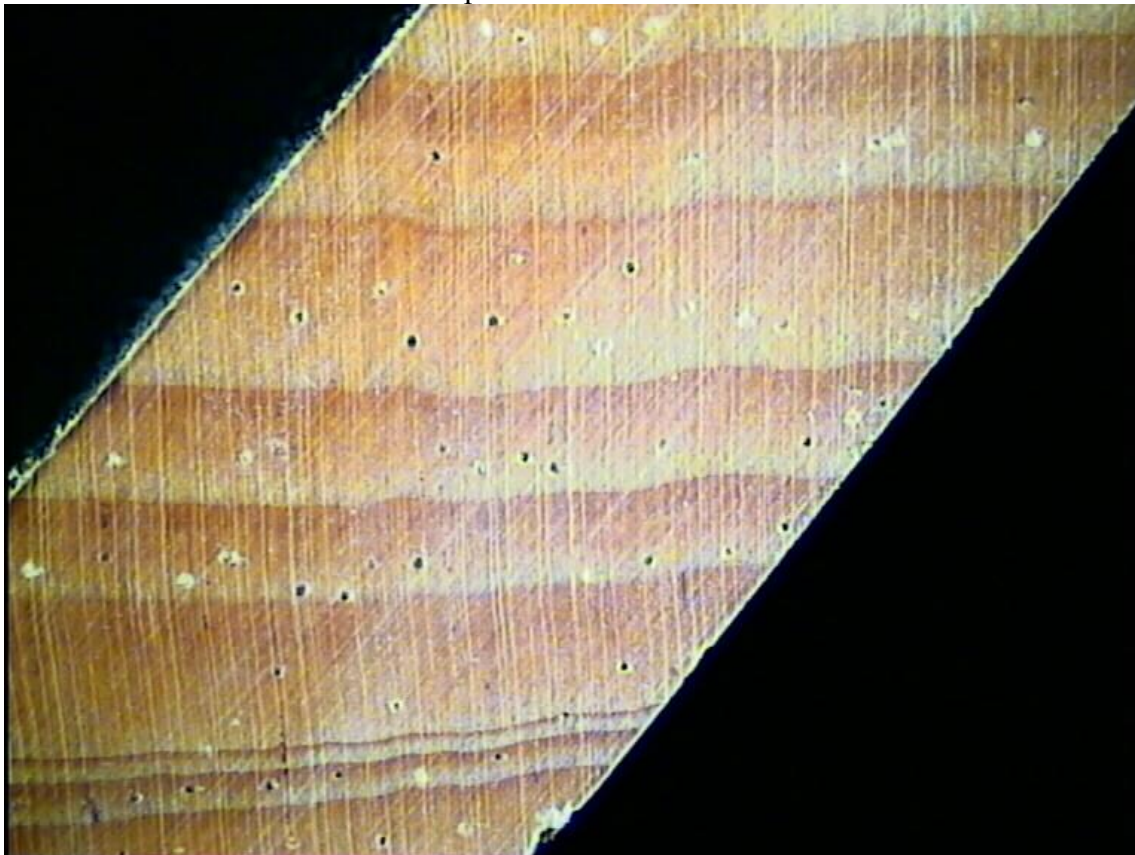
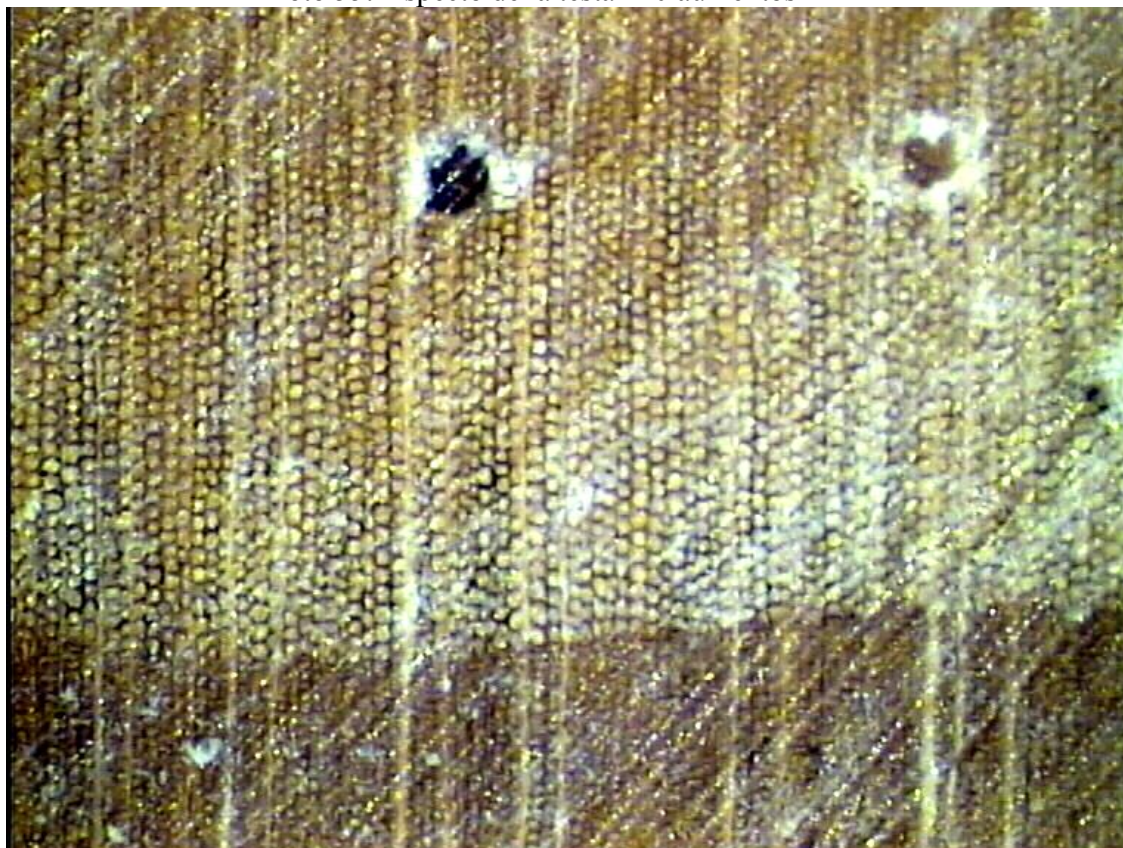


Foto 55: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 65

Tabla 65: Características físicas del pino canario

<b>pino blanco</b>	valor medio	interpretación
Densidad normal (peso específico aparente). (gr/cm <sup>3</sup> )	0.753	muy pesada
Dureza radial	4.55	dura
Cota de dureza	8.98	
Dureza tangencial	6.32	dura
Cota de dureza	12.14	fuerte
Contracción volumétrica total	17.18	grande
Punto de saturación de la fibra	24	bajo
Coefficiente de contracción volumétrica	0.56	muy nerviosa
Higroscopicidad	0.0034	normal
<b>Pino tea</b>		
Densidad normal (gr/cm <sup>3</sup> )	1.14	muy pesada
Dureza radial	6.15	dura
Cota de dureza	4.85	pequeña
Dureza tangencial	4.77	dura
Cota de dureza	3.82	pequeña

Con el pino tea no se puede hablar de contracción volumétrica, dado que la pared celular se encuentra llena de resina, y por tanto, apenas se producen fenómenos de desecación. Se puede establecer que es una madera de extraordinaria estabilidad dimensional

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.** (A. Gutierrez Oliva, 1.967)

Se indican en la tabla 66

Tabla 66: Características mecánicas físicas del pino canario

<b>pino blanco</b>	valor medio	interpretación
Flexión estática. (kg/cm <sup>2</sup> )	1.506	mediana
Cota de flexión	20.5	grande
Cota de rigidez	35.2	mediana
Cota de tenacidad	2.2	media
Trabajo unitario (kg*m/cm <sup>2</sup> )	0.23	poco resistente
Cota dinámica	0.43	frágil
Compresión paralela a la fibra (kg/cm <sup>2</sup> )	677	superior
Cota de calidad estática	8,9	superior
Hienda. (kg/cm)	19.13	mediana
Cota estática	0.25	mediana
Tracción perp.a la fibra (tang.) (kg/cm <sup>2</sup> )	30	mediana
Cota de calidad	0.40	med. adherente
Compresión perp. A la fibra (tang.)(kg/cm <sup>2</sup> )	62.8	
Cota de calidad	0.83	-
<b>pino tea</b>		
Flexión estática. (kg/cm <sup>2</sup> )	1235	mediana
Cota de flexión	11.0	pequeña
Cota de rigidez	27.5	elástica
Cota de tenacidad	2.7	media
Trabajo unitario. (kg*m/cm <sup>2</sup> )	0.29	poco resistente
Cota dinámica	0.22	frágil
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm <sup>2</sup> )	468	superior
Cota de calidad estática	4.1	inferior
Hienda resistencia a rotura (kg/cm)	13.25	pequeña
Tracción perp.a la fibra (tang.) (kg/cm <sup>2</sup> )	29	mediana
Compresión perp. A la fibra (tang.) (kg/cm <sup>2</sup> )	73	

**DURABILIDAD.**

El pino tea es prácticamente imputrescible y resiste muy bien los ataques de insectos, incluso de las termitas, pero está sujeta a fenómenos de azulado y al ataque de hongos cromógenos.

**TRATABILIDAD.**

La madera de pino canario es poco permeable en la albura y muy impermeable el duramen, y mas si está enteado.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.**

En la madera teosa aparecen los canales y traqueidas completamente obstruidos por resina fisiológica solidificada.

Presenta una gran abundancia de gránulos de almidón en el interior de las células de parénquima, del radio leñoso y en el interior de las células secretoras que envuelven los canales resiníferos verticales. Los gránulos de almidón se presentan tanto en la madera de pino blanco como en la del teoso.

## **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

### **ASERRADO.**

El aserrado de pino canario debe hacerse lo más pronto posible después de su apeo si no se ha efectuado un tratamiento antiazulado y antifendas a las trozas en el monte, ya que su elevada contracción volumétrica, a pesar de su dificultad para secarse, puede producirlas. Con este aserrado temprano se evitará posibles ataques de hongos cromógenos.

El despiece a realizar, será buscando separar la parte enteeda de la madera, del resto, a base de despieces tangenciales, haciendo girar continuamente la troza.

El equipo utilizado, deberá ser a base de sierra de carro, para poder girar y colocar convenientemente las trozas.

Respecto de la herramienta, al ser una madera de semiblanda a dura, se recomienda usar sierras de un ángulo de ataque alto, con un paso y una profundidad del diente grande, en contra de lo que pudiera pensarse, para de esta forma, evitar, o limitar los embotamientos de la sierra causados por la resina de la madera. Aún así, deberá prestarse especial atención a la gran cantidad de resina existente sobre todo en la madera teosa, que puede embotar las herramientas con facilidad.

### **DESENROLLO Y CHAPA A LA PLANA.**

La madera tiene unas dificultades altas para el desenrollo, pues varía de semiblanda a dura. Al poseer además una contracción volumétrica elevada y una gran fragilidad, se producen roturas y ondulaciones en la chapa. Por ello es necesario realizar saneados frecuentes con los consiguientes incrementos de costos y disminución del rendimiento.

### **SECADO.**

El pino blanco, conviene secarlo rápidamente tras su aserrado, para evitar su azulado. Podrá llevarse a cabo al aire o en cámara bajo condiciones higrotérmicas reguladas.

La elección de un método u otro dependerá de la aplicación y destino que se vaya a dar a la madera.

Por otro lado, la poca permeabilidad de esta madera, su carácter nervioso y su gran cantidad de nudos dificultan el proceso de secado pues pueden producirse efectos de alabeo excesivo. A continuación se muestra la cédula de secado correspondiente:

Tabla 67: Cédula europea de secado. Grueso de hasta 4 cm (I. M. Fiske, 1.967)

H (%)	T <sub>S</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)	H <sub>R</sub> (%)	D <sub>H</sub> (°C)	H.E.H. (%)	G
Verde	57		80			4.2
50-40	57	51.5	75	5.5	12	4.1
40-30	60	52	65	8	10	4.0
30-20	65.5	54.5	55	11	8	3.9
20-H <sub>i</sub>	76.5	57.5	40	19	5.2	3.8

(\*)Para evitar gradientes excesivos, cuando se seca madera de grosor 4-7.5 cm., la HR debe estar un 5% más alta que la señalada en cada etapa por la correspondiente cédula, y un 10% si la madera tiene un grosor de más de 7.5 cm.

### **CEPILLADO Y MOLDURADO.**

Al ser esta madera entre semidura y dura, estas operaciones resultan difíciles de ejecutar, pues dependen fundamentalmente de la adherencia de las fibras.

La existencia de bolsas de resina o de madera enteeda, supone un mayor mantenimiento de las herramientas.

### **CURVADO.**

No presenta excesivas dificultades para su curvado pues puede clasificarse su cota de rigidez entre media y elástica.

### **UNIONES Y ENCOLADO.**

Se deberán tener en cuenta dos factores de la madera.

La poca permeabilidad obliga a utilizar una cola poco viscosa y en menor cantidad de lo habitual, y a ejercer una presión suficiente para que fragüe la cola (es preferible aplicarla por exceso que por defecto).

El elevado contenido de resinas reduce la resistencia de la línea de cola, y para evitarlo sería necesaria la aplicación de un disolvente de la resina en la cara a encolar. Pero esto resulta costoso.

Las uniones mediante pernos, placas dentadas y en general conectores metálicos o plásticos son difíciles de ejecutar por las circunstancias que se exponen en el apartado siguiente.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

Es relativamente difícil ya que la madera es dura. El hecho de ser una madera medianamente hendible supone un riesgo mínimo de aparición de fendas durante ambos procesos.

### **LIJADO.**

Al ser la madera de grano fino y textura homogénea, no presenta ningún problema, pudiendo iniciarse con lijas de grano 80 y pasando después a las de 120.

### **ACABADO.**

El barnizado presenta los mismos problemas que el encolado como consecuencia de la abundante resina de la madera.

### **ASTILLADO.**

Esta operación depende del índice de penetración de las cuchillas en la madera. Al ser ésta entre semiblanda y dura y existir numerosas bolsas de resina y madera enteeda, la operación de astillado se realiza con dificultad. Se producen embotamientos con cierta frecuencia y el mantenimiento debe ser más frecuente que en otros tipos de maderas.

### **DESFIBRADO.**

#### 1. MECÁNICO.

Astillada la madera, el desfibrado depende fundamentalmente de la adherencia de las fibras. Dado que esta madera presenta una adherencia muy baja, la operación de desfibrado se realizará fácilmente y con escaso consumo de energía.

#### 2. QUÍMICO.

La facilidad de desfibrado depende de la facilidad de penetración de las lejías en la madera y el consumo de lejía del contenido de lignina de la pared primaria de las células. La madera de pino canario es poco permeable en la albura y muy impermeable en el duramen por lo que esta operación se realiza con dificultad. Además, el gasto de lejía es muy alto, puesto que el porcentaje de lignina que contiene esta madera es muy elevado.

## **APLICACIONES.**

### **MADERA BLANCA.**

Es madera de densidad y dureza ligeramente superior a la del pino negral peninsular, y al mismo tiempo, es también un poco más nerviosa y de mayor resistencia mecánica. Sus aplicaciones son, por tanto, análogas a las de la madera del pino negral: carpintería de armar en general, duelas, envases, etc. y calidades inferiores de carpintería de taller, debido al valor de su coeficiente de contracción volumétrica.

### **MADERA TEOSA.**

Aunque pesada y dura, es poco nerviosa, lo que la hace más apta que el resto de las maderas resinosas para su empleo en **carpintería de taller y ebanistería**, pudiendo llegar a altas calidades en determinados casos, dadas sus condiciones estéticas.

Dada su durabilidad natural, es especialmente indicada en carpintería exterior, como es el caso de ventanas y balconeras. Sus aplicaciones en interior, tienen el problema de la exudación de resinas, pero su belleza, permite aplicarlas en revestimientos de todo tipo.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta la gran fragilidad de esta madera como consecuencia de su teosidad, característica que la excluye de toda clase de empleos móviles y especialmente de toda clase de empleos sometidos a vibraciones.

### **OTROS USOS.**

Un producto extraído de los pinares ha sido el **barrujo o pinocha**, capa de hojas muertas que cubre el suelo y que en Canarias es empleada como abono agrícola o para el embalaje de los plátanos.

## ESPECIE: Abeto

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Abies alba* Mill.

**Orden:** Coniferales

**Familia:** Pinacea.

**Subfam:** Abietoidae.

**Sinonimias** *Abies pectinata* (Lamk) D.C.

### **NOMBRES VULGARES:**

**Izai** (P. Vasco)

Pinabete, Abeto, Abete;

Abet, Bet, Pi-Abet, Sebó (Cataluña);

### **NOMBRES EXTRANJEROS:**

Sapin pectiné, Sapin Blanc, Sapin de pays (Francés)

Tanne, Weisstanne, Edeltanne (Alemán)

Fir, Silver Fir (Inglés)

Abete, Avezzo (Italiano)

### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA**

El abeto o pinabete es la especie más importante del género en Europa, extendiéndose por las cordilleras del Centro y Sur de Europa, y por las llanuras del Norte de Europa.

En España las masas naturales se hallan confinadas en la región pirenaica, desde Navarra hasta Gerona.

### **DESCRIPCIÓN DEL FUSTE:** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

Se presenta normalmente como árbol de talla media, que alcanza 20-30 m aunque puede superar estas cifras llegando en contados casos a 50 m. El tronco es recto, cilíndrico o casi cilíndrico, limpio de ramas en sus dos tercios inferiores en los ejemplares adultos desarrollados en espesura.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS:** (J. Collardet y J. Besset, 1.988)

Las trozas son bastante cilíndricas y rectas

Los **defectos** más frecuentes aparte de la mayor o menor presencia de nudos, son las bolsas de resina procedentes de daños al tronco, la madera de compresión, la acebolladura, y las perforaciones de escolítidos. También en muchos casos es evidente la presencia de daños por muérdago, sobre todo en las trozas correspondientes a las partes superior del fuste. Otro defecto bastante común es la deformación de las trozas, especialmente el hinchamiento de zonas de pequeño diámetro, provocado por el ataque de la *Mellampsorella caryophyllacaerum*. Los ataques de *Ungiluna annosa* o *Fomes annosus*, que generalmente comienzan en las raíces, provocan una importante pudrición parda en pie desde la base del tronco, difícil de detectar antes del apeo y que deprecia enormemente las trozas.

La madera puede ser atacada por *Hylotrupes* incluso en pie.

Recién cortada no posee olor a resina y si un olor característico que algunos autores califican como "a rancio".

**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:** (J. Collardet y J. Besset, 1.988)

Madera blanca, limpia, sin **duramen** diferenciado, mate contrariamente a la de picea, que suele tener un cierto brillo natural.

Los **anillos de crecimiento** son estrechos, apreciables a simple vista, aunque hay poco contraste entre las zonas de primavera y verano. Su anchura es desigual y la madera de otoño, bastante abundante. De esta manera la madera tardía constituye un veteado marcado, más ancho, y en conjunto más coloreado que el de la picea. Los anillos son muy circulares.

Foto 56: Aspecto macroscópico de la madera de abeto





Los **radios leñosos**, que en el caso del abeto no constituyen paso de canales secretores horizontales aparecen apenas un poco más claros que el fondo mate.

El **grano** de la madera depende mucho de la estación del árbol es a veces muy apretado cuando el árbol ha crecido en altitud, con una textura fuerte que lo hace un material muy denso.

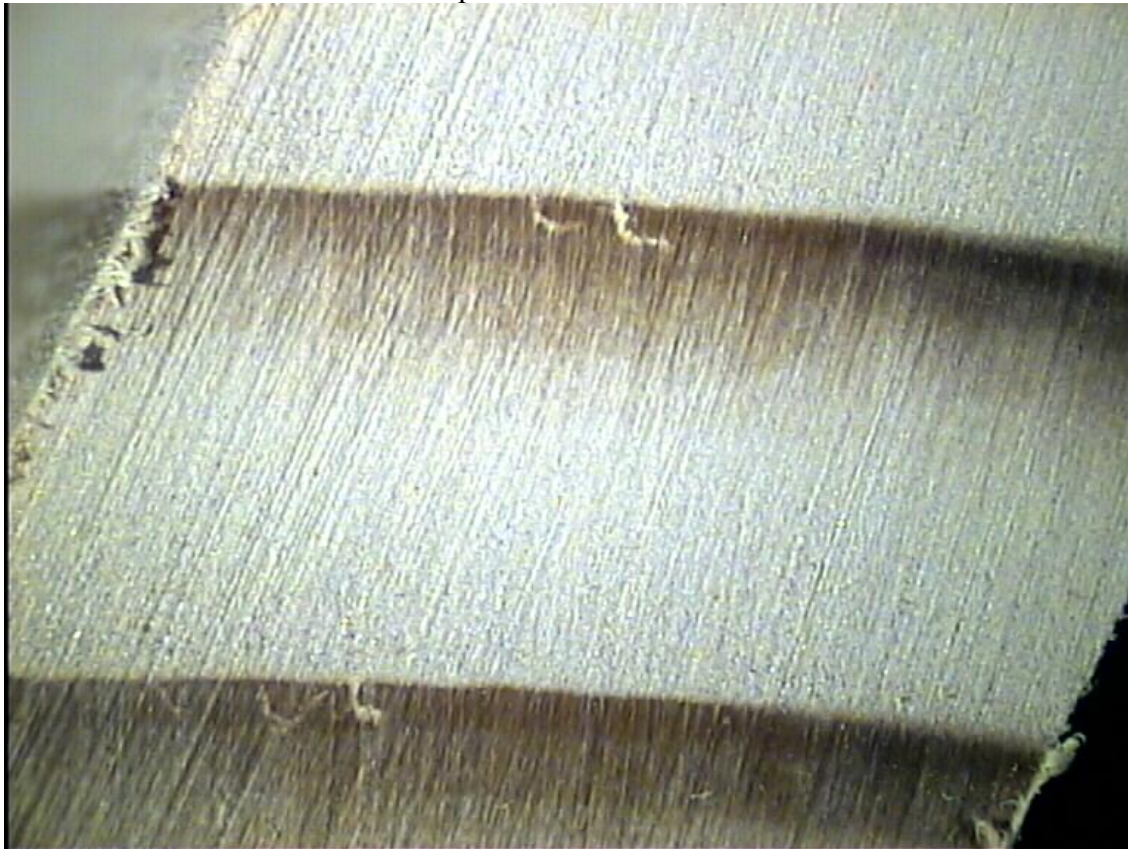
La **fibra** es derecha salvo en la cercanía de los **nudos**. Los **nudos** suelen ser gruesos y coloreados o negros, saltadizos y agrupados en verticilos.

Es una madera muy poco resinosa, pues carece de canales resiníferos fisiológicos lo que distingue sin mucha dificultad esta madera de otras como la de picea.

### **DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.**

Traqueidas longitudinales de sección poligonal con punteaduras areoladas en una sola fila, raramente biseriadas, sin engrosamientos espiralados y con diámetros medios tangenciales; las de la zona de primavera, de 27 a 36  $\mu$ . Presenta parénquima longitudinal. Tiene punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas de primavera y verano, de menor tamaño que las punteaduras de las paredes radiales.

Foto 57: Aspecto de la testa x4 aumentos



Radios leñosos estrictamente uniseriados; los más abundantes son los que tienen una altura media de 15 células, presentando los valores extremos de 1 a 25 células, con una altura de 480  $\mu$ . Son homogéneos y poco abundantes.

Las punteaduras del campo de cruce son del tipo taxoide, generalmente dos punteaduras, raramente tres, en dos alineaciones, aunque normalmente se presentan en una alineación. La madera carece de canales resiníferos fisiológicos.

Foto 58: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.** (C. Peraza, 1.964; L. Garcia y A. Guindeo, 1.988)  
Se indican en la tabla 68

Tabla 68: Características físicas del abeto

PARÁMETRO	mínimo	medio	máximo	interpretación
Densidad normal al 12 %	0,420	0,430	0,460	ligera
Dureza tangencial		1,36		
Cota de dureza		7,30		
Contracción volumétrica total (%)	13	14	15	mediana
Punto de saturación de las fibras	30	40	47	
Coef. De contracción volumétrico		0,35		estable
Contracción tangencial total	---	8,26	---	mediana
Coef. De contracc. Tangencial	---	0,22	---	---
Contracción radial total	---	4,06	---	mediana
Coef. De contracción radial	---	0,11	---	---
Relación entre coeftes. Tgcial y radial		2,05		alto
Higroscopicidad		0,0023		normal

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.** (C. Peraza, 1.964 y L. García y A. Guindeo, 1.988)  
Se indican en la tabla 69

Tabla 69: Características mecánicas del abeto

PARÁMETRO		valor medio	interpretación
Compresión axial	Carga unitaria de ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	379	mediana
	Cota de calidad	8,8	superior
Compresión radial	Carga unitaria de ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	37	---
	Cota de calidad	0,81	---
Compresión tangencial	Carga unitaria de ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	32	---
	Cota de calidad	0,71	---
Flexión dinámica	Trabajo unitario (kgm/cm <sup>2</sup> )	0,27	---
	Cota dinámica	1,48	---
Flexión estática	Carga unitaria de ruptura (kg)	925	pequeña
	Cota de rigidez	32,3	mediana
	Cota de flexión	21,4	fuerte
	Cota de tenacidad	2,5	---
	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	70.000	---
Tracción radial perpendicular a las fibras (kg/cm <sup>2</sup> )		14	pequeña
Hienda (kg/cm <sup>2</sup> )		7	---

**VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.-DENSIDAD.MOR.MOE.** (R. Argüelles y F. Arriaga, 1.996)

El abeto no está catalogado en España como especie resistente, en Europa está catalogado en las clases resistentes,

- C30 para las calidades (CF30; S13 y T3)
- C24 para las calidades (GBH; CF22; S10; T2; B y SS)
- C22 para la calidad (CF18)
- C18 para las calidades (SS y T1).

Siendo:

CF30; CF22 y CF18: French Standard NF 52-001-4-1992 Regles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie 4: Classement visuel pour emploi en structure pour les principales essences résineuses et feuillues

S13; S10; S7: German Standard DIN 4074 Teil 1 Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit Nadelholz, 1.989

T3; T2; T1; T0; LT30 y LT20 Nordic grading rules INSA 142 1994 Nordic visual stress grading rules for timber.

GBH: Austrian Standard ÖNORM b 4100-2-1.981 Holzbau-Holztragwerke

B: Netherlands Standard NEN 5480 1983 Kwaliteitseisen voor hout (KVVH 1980) Houtsoort .

SS y BS: British Standard BS 4978, 1988 Sections 1 and 2. Softwood grades for structural use.

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 70: Características mecánicas de las distintas clases resistentes del abeto

¡Error! Marcador no definido. PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> ) CLASE RESISTENTE	C30	C24	C22	C18
Flexión	300	240	220	180
Tracción paralela	180	140	130	110
Tracción perpendicular	4	4	3	3
Compresión paralela	230	210	200	180
Compresión perpendicular	57	53	51	48
Cortante	30	25	24	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	120.000	110.000	100.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil	80.000	74.000	67.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	4.000	3.700	3.300	3.000
Módulo cortante	7.500	6.900	6.300	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	350	340	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	460	420	410	380

### **DURABILIDAD:**

La madera de abeto posee escasa durabilidad, como pone de manifiesto, la siguiente tabla (Norma UNE 56-417-88)

Tabla 71: Características de durabilidad del abeto

	Albura	Duramen
Hongos de pudrición	No resistente	No resistente
Termitas	No resistente	No resistente
Anóbidos	No resistente	No resistente
Líctidos	Resistente	Resistente
<i>Hylotrupes bajulus</i>	No resistente	No resistente

En lo que respecta a decoloraciones es un poco menos sensible que la albura de los pinos.

### **TRATABILIDAD.**

Su albura y duramen están considerados por la Norma UNE 56-417-88 como difícilmente impregnables. Esto es debido al endurecimiento de los toros de las punteaduras que provocan una estanqueidad difícilmente salvable. Pese a ello una inmersión o aspersion en túnel permiten obtener protección superficial para la madera y trabajos en madera expuestos al exterior con la condición de que se hallen semiabrigados y no expuestos a insolación.

## **TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

### **ASERRADO:**

El aserrado de esta madera es fácil. Las ocasionales bolsas de resina no crean ninguna dificultad seria de aserrado.

Por tratarse de una de las maderas más blandas, de la que además es muy difícil obtener alta calidad, el equipo recomendado para su aserrado estará basado casi siempre en sierras múltiples para proporcionar una alta producción.

Las características de los ángulos de las sierras a utilizar son los siguientes:

Tabla 72: Características de las sierras de cinta utilizadas en el aserrado del abeto

		Ángulos		
		Ataque	Diente	Salida
Cintas anchas (>50 mm)	Trabados	28°	48°	14°
	Recalcados	35°	41°	
Cintas estrechas		24°	52°	

Los defectos de la madera aserrada son los debidos a los defectos del fuste, tales como pudriciones, nudos pequeños y regularmente distribuidos y alabeos debidos a la madera de compresión.

### **SECADO**

El secado de madera de pinabete tanto al aire como en secadero es fácil y rápido.

Por la misma razón que esta madera es impermeable a los productos protectores, pueden aparecer "bolsas de agua" que dificultan el secado y provocan diversos defectos. Por otra parte la presencia ocasional de madera de compresión puede entrañar deformaciones y fendas anormales durante el secado.

Al aire el secado puede durar 3 o 4 meses, según la estación de comienzo, para tablas de 27 mm y de 5 a 9 meses para la de 50 mm, lográndose una humedad final del 15 al 17 %.

En secadero se suelen utilizar temperaturas altas según la cédula inglesa de Secado tipo K (L. M. Fiske, 1.967) siguiente:

Tabla 73: Cédula de secado del abeto

Humedad de la madera	Temperatura bulbo seco Ts (°C)	Temperatura bulbo húmedo Th (°C)	Ts-Th (°C)	Humedad relativa (%)	H.E.H.	Gradiente
Verde	71	66	5	80	13	4,6
50	76,5	68,5	8	75	11	4,5
30	82	70,5	11,5	55	7,2	4,4
20	88	67,5	20,5	40	4,5	4,4

Hay que vigilar la tendencia a la aparición de pequeñas grietas en testa y canto, y la posible decoloración de nudos.

### **TRATAMIENTOS**

Es relativamente fácil aplicar tratamientos superficiales a la madera de abeto, pero muy complejo el tratamiento en profundidad, aún con autoclave. En este sentido se han experimentado técnicas de tratamiento a base de múltiples ciclos de vacío-presión, pero resultan antieconómicos y de resultados no muy aceptables.

### **DESENRROLLO.**

La chapa de abeto es apreciada para muebles. El desenrrollo no se realiza habitualmente por razones económicas, a pesar de que en algunos países se ha experimentado a escala industrial.

El corte limpio de los nudos, que, como ya se ha dicho, son bastante duros, necesita estufado previo. Éste, sin embargo, no será de ningún modo demasiado fuerte (max. 65° C), si no se quiere obtener una superficie afelpada, por un reblandecimiento excesivo de la madera cercana a los nudos.

La obtención de chapa de abeto a la plana es posible aunque no es un proceso frecuente.

### **ENCOLADO**

El encolado de la madera de pinabete es fácil con cualquier tipo de cola, incluso si la presión ejercida en el pegado es baja.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

En el caso de la madera de abeto estas operaciones son un tanto delicadas debido a los riesgos de raja cerca de las testas y cantos de las tablas delgadas. Los puntos de clavado o atornillado deberán estar suficientemente alejados unos de otros y nunca alineados en el sentido de la fibra. Esta madera presenta escasa resistencia al arranque de clavos y tornillos.

### **ACABADO:**

La calidad del aspecto final depende de la posibilidad de obtener una superficie cepillada, lisa y estable. Con las maderas de grano grueso, con anillos anchos e irregulares, la superficie obtenida es desigual y la madera heterogénea no absorbe uniformemente los productos de acabado.

En el exterior, el empleo de abeto blanco en construcciones permanentes, no puede admitirse sin un buen tratamiento de protección en el acabado. Si la madera no va a estar a la vista, es preferible utilizar lasures antes que barnices, la primera mano conviene que lleve asociado un fungicida sobre todo contra la decoloración.

## **APLICACIONES.**

### **APLICACIONES EN ROLLO: POSTES, APEAS Y ESTACAS**

El principal problema para su aplicación en estos fines es la escasa durabilidad y dificultad de tratamiento

### **APLICACIONES COMO MADERA ASERRADA**

La escasa veta de esta madera, y la dificultad de un tintado homogéneo, hace que las mejores calidades de madera aserrada no sean muy demandadas por la industria del mueble, mas que para interiores de estos. De la misma forma en carpintería de huecos es utilizada para precercos de puertas, bastidores de puertas planas..., aunque puede aplicarse perfectamente en estos destinos, y simplemente, cuando se utilice al exterior, tener la precaución de aplicar acabados del tipo Lasures, para aumentar su durabilidad.

En carpintería de revestimientos, tampoco es muy utilizada, dado que su blandura no sea la aceptable para parquet, y su escasa veta no la hace interesante para revestimientos de paredes.

En carpintería estructural, se emplea como madera de obra. Los fustes derechos y de gran diámetro favorecen la obtención de escuadrias de grandes dimensiones. Las peores calidades se emplean como tabla de encofrar

También se pueden emplear la madera de menor calidad y dimensiones para **envase y embalaje**.

De la madera de calidad excepcional, procedente de pies de gran diámetro y crecimiento lento, cuyo grano es muy fino y con escasos nudos, pueden obtenerse piezas para la construcción de cajas de resonancia de **instrumentos musicales** (cajas de violines, tableros de resonancia de pianos, tapas armónicas superiores de guitarras e instrumentos de pulso y púa, etc). En el Pirineo se utilizó para la fabricación de órganos.

También estas calidades superiores pueden usarse para la fabricación de cajas para queso, toneles, cubetas...

### **TABLERO CONTRACHAPADO**

En Europa Central se suelen reservar las trozas más veteadas para el desenrrollo y posterior fabricación de contrachapado, utilizable en traseras de muebles, y fundamentalmente en la construcción.

También se utiliza para la fabricación de pasta de papel.

## ESPECIE: Abeto rojo

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Picea abies* Karst.

**SINONIMIA**

*Picea excelsa* (Lamk) Link.

**NOMBRES VULGARES:**

Abeto rojo, Picea, Pinabete de Noruega, Avet roig, Abeto de Navidad.

**NOMBRES EXTRANJEROS:**

Epicea commun, Faux sapin, Pesse (Francés);

Fichte, Rottanne, Weissfichte (Alemán);

Common spruce, Norway spruce, Spruce, White deal (Inglés);

Gewnow spar, Fijndpsr, Kerstpar (Holandés);

Picea comune, Abeto rosso (Italiano);

Gran (Sueco);

Kuusi (Finlandés);

Jolka, Jalyna (Ruso).

**DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

Su área natural se extiende por el Centro y Norte de Europa. En el Centro aparece como un árbol de montaña (Alpes, Jura, Selva Negra, Cárpatos...) En Escandinavia, Rusia y Norte de Polonia es un árbol de llanura. El amplio uso que, gracias a su plasticidad ecológica, se ha hecho de especie fuera de su habitación natural ha sido causa de que algunas de las masas de repoblación hayan sufrido severos ataques de plagas y hongos como *Lymantria monacha* y *Fomes annosus*. Es una madera frecuentemente importada desde los países escandinavos que son sus principales productores (Se estima que la picea representa un 50 % de las existencias de estos países).

Se ha introducido en España en algunas localidades del Norte de España, en concepto de ensayo o de repoblación protectora.

**DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

Arbol de gran talla, llega habitualmente a los 40 m. y puede alcanzar los 50. Tronco recto, lleno, casi cilíndrico. La ramificación es verticilada, pero cada dos verticilos aparecen ramas menores de inserción difusa.

**DESCRIPCION DE LAS TROZAS:**(J. Collardet y J. Besset, 1.988)

Las trozas de picea suelen ser derechas y cilíndricas. Se pueden obtener piezas de considerable longitud (más de 10m) y diámetro (40 a 70 cm). Presentan un elevado número de nudos pequeños y salientes. La madera es uniformemente blanca con el duramen no siempre diferenciable. En fresco la madera tiene un olor intenso a resina.

Los **defectos** más frecuentes son los numerosos nudos, las bolsas de resina (que a veces pueden ser bastante grandes), la madera de compresión y las alteraciones criptogámicas entre las que podemos citar las pudriciones de corazón y los ataques de *Fomes annosus* (que pueden provocar pudrición parda desde la base del tronco). La acebolladura no es rara en trozas con la fibra torcida.



**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**.(J. Collardet y J. Besset, 1.988)

Madera conocida como "madera blanca" debido a la **albura** blanco-amarillenta. El **duramen** no puede diferenciarse claramente, aunque en algunos casos suele tener un cierto tono rojizo, que en freuentemente se considera como signo de una menor calidad.

Foto 59: Aspecto de la madera de abeto rojo



Los **nudos** son generalmente verticilados, aunque presenta otros menores de repartición irregular. De color similar al del pino silvestre, se diferencia de este en tabla o tablón por los nudos menores pertenecientes a las ramas de inserción difusa entre verticilos.

Los **anillos** son visibles, aunque menos marcados que los del pino silvestre. Son generalmente circulares, sin embargo en el caso de árboles añosos crecidos a gran altitud, pueden presentarse ligeramente ondulados.

La madera de picea procedente de países del Norte de Europa o de zonas de alta montaña presenta un **grano** muy apretado (1 a 3 mm de anchura media entre anillos). Al contrario en los procedentes de planicies o zonas con condiciones que permiten rápidos crecimientos, y la consiguiente menor edad de explotación, los anillos son más anchos (hasta 1 cm) y el grano más grueso y heterogéneo.

Las zonas de madera de otoño son estrechas y por tanto la **textura** es pequeña. La transición desde la madera de verano es menos brusca que en caso de los pinos, por ello el vetado de la picea es más discreto que el de esas especies.

Madera con **canales resíniferos** fisiológicos bastante estrechos que no suelen poderse distinguir a simple vista, pero que en fresco y aún después del aserrado proporcionan un intenso **olor** a resina.

La **fibra** es generalmente muy recta, excepto en la vecindad de nudos negros, poco o nada adherentes.

En algunos casos puede apreciarse madera de compresión.

### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.

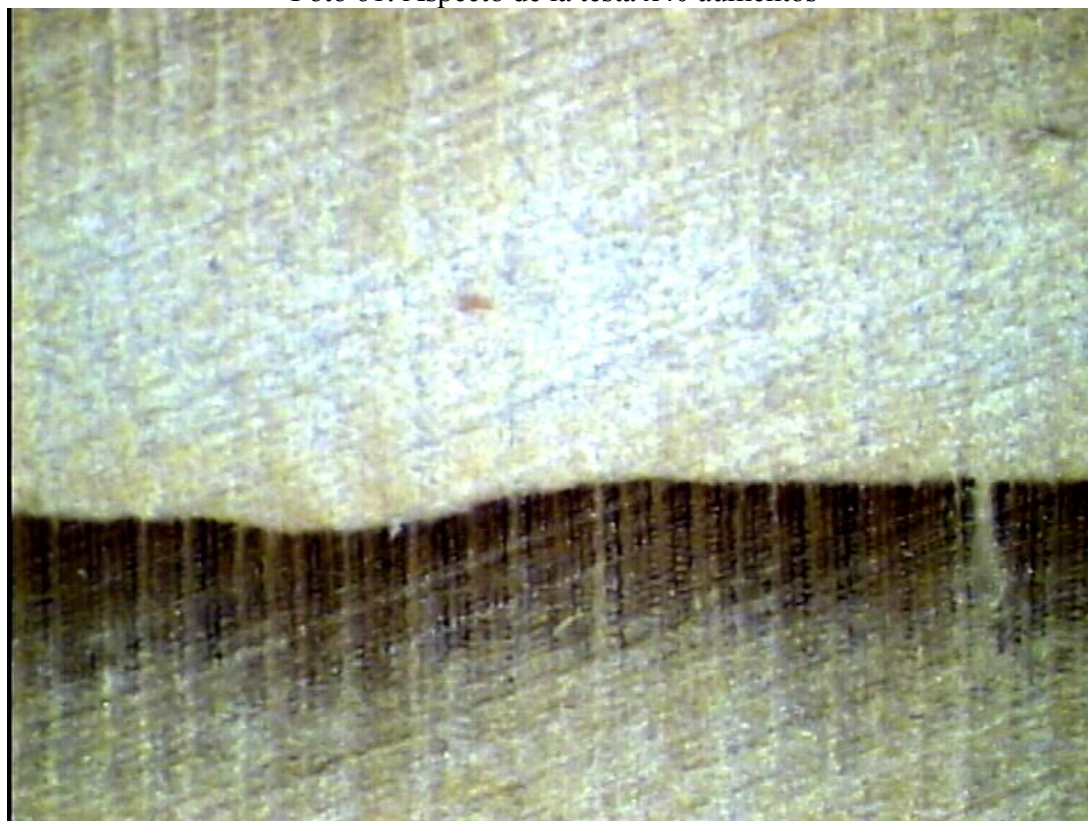
Foto 60: Aspecto de la testa x4 aumentos



Traqueidas con punteaduras areoladas, únicamente en las paredes radiales, distribuidas de forma uniseriada, raramente biseriadas. Las traqueidas de verano se presentan con engrosamientos helicoidales de paso muy pequeño. Parénquima longitudinal o no existe o es muy escaso. Traqueidas radiales con paredes ligeramente dentadas. Parénquima radial muy escaso de paredes gruesas. Altura de los radios leñosos de 8 a 10 células.

Células epiteliales de los canales resínteros gruesas, a diferencia del género *Pinus* que son delgadas

Foto 61: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS** (R. Wangenfuhr y C.Scheiber, 1.974)

Se indican en la tabla 74

Tabla 74: Características físicas del abeto rojo

PARÁMETRO	mínimo	medio	máximo	Interpretación
Densidad normal	0,33	0,47	0,68	Ligera
Dureza perpendicular a la fibra (Chalais Meudon)		1,5		Blanda
Cota de dureza		6,7		Normal
Dureza perpendicular a la fibra (Brinell)		1,2		
Dureza paralela a la fibra (Brinell)		3,2		
Contracción volumétrica total %	9	11,7	16	
Contracción tangencial %		7,8		
Contracción radial (%)		3,6		
Coficiente de contracción volumétrica (%)		0,4		
Relación entre coef. de cont. Tang. y radial		2,2		

**CARACTERÍSTICAS MECANICAS**.(R. Wangenfuhr y C.Scheiber, 1.974)

Se indican en la tabla 75

Tabla 75: Características mecánicas del abeto rojo

PARÁMETRO	mínimo	medio	máximo	Interpretación
Flexión estática (Kg/cm <sup>2</sup> )	490	780	1360	Pequeña
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	73000	110000	214000	
Flexión dinámica (Kg*m/cm <sup>2</sup> )	0,10	0,46	1,1	Mediana
Resistencia compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	350	500	790	Alta
Esfuerzo cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	40	67	120	
Tracción perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	15	27	40	Mediana

**VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.- DENSIDAD.MOR.MOE.** (R.

Arguelles y F. Arriaga, 1.996)

El abeto rojo está catalogado en las mismas clases resistentes de madera de abeto:

- C30 para las calidades (CF30; S13 y T3)
- C24 para las calidades (GBH; CF22; S10; T2; B y SS)
- C22 para la calidad (CF18)
- C18 para las calidades (SS y T1)

Siendo:

CF30; CF22 y CF18: French Standard NF 52-001-4-1992 Regles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie 4: Classement visuel pour emploi en structure pour les principales essences resineuses et feuillues

S13; S10; S7: German Standard DIN 4074 Teil 1 Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit Nadelschnittholz, 1.989

T3; T2; T1; T0; LT30 y LT20 Nordic grading rules INSA 142 1994 Nordic visual stress grading rules for timber.

GBH: Austrian Standard ÖNORM b 4100-2-1.981 Holzbau-Holztragwerke

B: Netherlands Standard NEN 5480 1983 Kwaliteitseisen voor hout (KVH 1980) Houtsoort .

SS y BS: British Standard BS 4978, 1988 Sections 1 and 2. Softwood grades for structural use.

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 76: Características mecánicas de las clases resistentes del abeto rojo

PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C30	C24	C22	C18
Flexión	300	240	220	180
Tracción paralela	180	140	130	110
Tracción perpendicular	4	4	3	3
Compresión paralela	230	210	200	180
Compresión perpendicular	57	53	51	48
Cortante	30	25	24	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	120.000	110.000	100.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil	80.000	74.000	67.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	4.000	3.700	3.300	3.000
Módulo cortante	7.500	6.900	6.300	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	350	340	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	460	420	410	380

### **DURABILIDAD.**

La durabilidad de esta madera es escasa. Su exposición al agua o a condiciones de alta humedad entraña una rápida pudrición, tanto de la albura como del duramen.

La siguiente tabla obtenida de la Norma UNE 56-417-88 especifica la durabilidad natural de la madera de abeto rojo:

Tabla 77: Características durable del abeto rojo

XYLÓFAGO	Albura	Duramen
Hongos de pudrición	No resistente	No resistente
Termitas	No resistente	No resistente
Anóbidos	No resistente	No resistente
Líctidos	Resistente	Resistente
Hylotrupes bajulus	No resistente	No resistente

En lo que respecta al azulado, la picea es menos sensible que la madera de *Abies alba* y la albura de los pinos.

Por otra parte la madera de picea resiste bastante bien el ataque de ácidos diluidos y el aire marino.

### **TRATABILIDAD.**

Según la Norma UNE 56-417-88 la albura de picea es difícilmente impregnable y el duramen es muy difícilmente impregnable, incluso si se trata en autoclave o por vacío-presión.

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.** (R. Wangenfuhr y C.Scheiber, 1.974)

En la tabla 78 se detallan sus características químicas.

Tabla 78: Características químicas del abeto rojo

Extracto Benzol-Alcohol	2,3 %
Extracto en éter	0,8 al 1,4 %
Solubilidad en agua	1,4 al 1,8 %
Lignina	19 al 29 %
Celulosa	41 al 57,8 %
Pentosanos	8 al 13,3 %
Grupos acetílicos	1,1 %
Cenizas	0,28 a 0,77 %
pH en verde	4,0 al 5,3

## **TECNOLOGÍA Y APLICACIONES DE LA MADERA.**

La madera de abeto rojo aunque es un poco mas densa y por tanto mas resistente que la de abeto, se puede asimilar tanto en tecnología como en aplicaciones.

Quizás pueda ponerse de relieve las especiales características que tiene la madera de abeto rojo para la fabricación de instrumentos musicales. Su alto poder resonante, la hace utilizable para la fabricación de cajas de resonancia de instrumentos de cuerda, como violines y violoncelos. Los

famosos violines de Stradivarius fueron contruídos con árboles de abeto rojo, con los anillos festoneados, que producen tablas con la figura denominada avellanada.

Es muy típico su cultivo en viveros para venta como árbol de Navidad.

## **ESPECIE: Pino de Oregón.**

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pseudotsuga menziesii* Franco.

ORDEN: Coníferas.

FAMILIA: Pinaceae.

SUBFAMILIA: Abietoideae

### **SINONIMIAS.**

*Pseudotsuga taxifolia* Brit. = *Pseudotsuga douglasii* Carrière.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.**

Pino de Oregón, Abeto Douglas.

### **NOMBRES EXTRANJEROS.**

Douglas vert., Pin d'Oregón, Sapin Douglas (francés).

Grüne Douglasie, Douglasfichte, Douglas tanne (alemán).

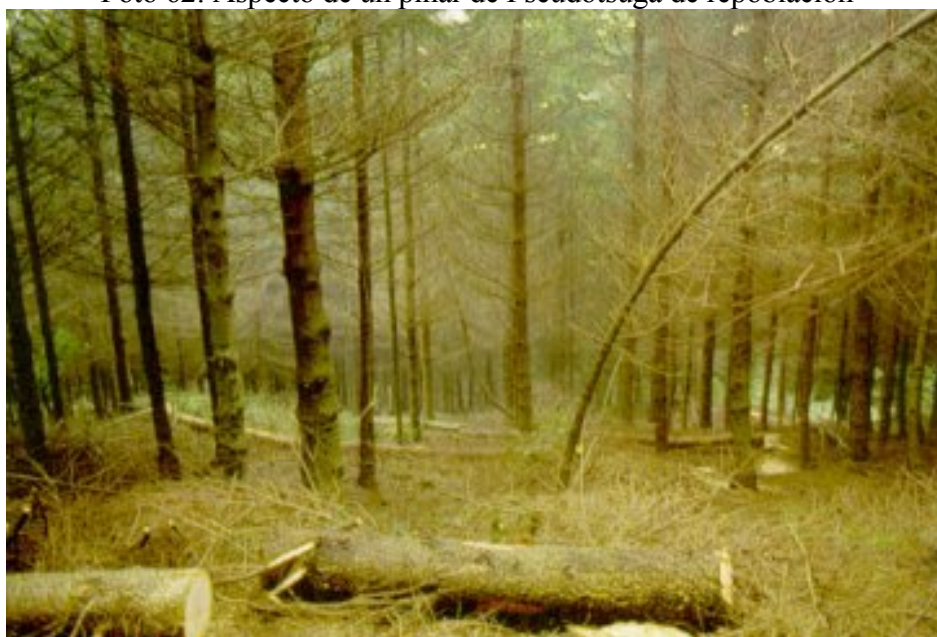
British Columbia pine, Columbian pine, Commun Douglas, Douglas fir, Green Douglas (inglés).

Abete di Douglas, Douglas (italiano).

Douglas-gran (sueco).

Douglasspar, Groene Douglas, Oregón Douglas, Oregón pine (holandés).

Foto 62: Aspecto de un pinar de *Pseudotsuga* de repoblación



### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA.**

Su área natural se extiende desde las Montañas Rocosas hasta el Pacífico y desde México hasta el estado de Columbia Británica.

Introducido en Europa en 1827, en la Península se han realizado repoblaciones de poca extensión en algunos puntos del Norte y del Noroeste, en el puerto de Canencia y en Miraflores de la Sierra (Madrid).

### DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.

Es un árbol elevado, pudiendo alcanzar en el país de origen entre 90 y 100 m. como altura máxima, si bien en las plantaciones efectuadas en Europa, no sobrepasa los 40 m. Su porte es recto, con un tronco largo y derecho, con poca conicidad

Es un árbol de crecimiento rápido, del que se puede obtener diámetros de 0.50 a 0.60 m. a los 70 u 80 años.

Foto 63: Aspecto de un pinar adulto de *Pseudotsuga* de repoblación



### DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS.

Las trozas poseen buena conformación general: son derechas y bastante cilíndricas, sobre todo en los 2/3 iniciales del tronco.

El número de **nudos** es pequeño en las procedencias americanas. En cambio, en las europeas los nudos son numerosos y de gran diámetro, provocando irregularidades en la fibra, pues la poda natural tiene lugar muy tardíamente.

Las bolsas de **resina** son frecuentes en los ejemplares de plantación. Es también una madera sujeta a **azulado**, especialmente la albura.

### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.

La madera del pino de Oregón presenta, en general, un buen aspecto macroscópico. Sus características dependen en gran medida de las condiciones de crecimiento y de la procedencia. Pueden distinguirse dos tipos: el "Douglas verde" (que ocupa principalmente las zonas próximas



al litoral) y el "Douglas azul" (adaptado al clima continental de las Montañas Rocosas). De cualquier forma, la madera de las plantaciones europeas, presenta características particulares.

La **albura** se reduce a una franja estrecha de color blanquecino a amarillento pálido o rojizo claro. El color del **duramen** varía del amarillo o amarillo rojizo al rojo anaranjado o rojo fuerte.

Foto 64: Aspecto macroscópico



Los **anillos de crecimiento** son frecuentemente ondulados y bien visibles, siendo la madera de verano más oscura y generalmente más estrecha que la de primavera. La transición entre ambas es brusca. El resultado es una **veta** muy marcada.

Generalmente los anillos son más anchos en los ejemplares de plantación. Sin embargo, este aumento de anchura no entraña una reducción proporcional de la **textura**, que se mantiene

media-grande Esto explica que el Douglas de las estaciones europeas conserve una densidad bastante parecida a la del pino de Oregón americano, a pesar de tener un crecimiento más rápido

Además, el **grano**, fino en sus lugares de procedencia natural, es algo más grueso en Europa, por lo que la madera es más heterogénea y no permite obtener la misma calidad de acabado. La anchura media de los anillos viene a ser de 3-12 mm. en dichas procedencias.

El **parénquima** no es visible.

Los **radios leñosos**, muy finos, no son visibles a simple vista.

Los **canales resiníferos** se presentan tanto en dirección longitudinal como transversal. Los longitudinales son pequeños, por lo que apenas se ven o se distinguen a simple vista. En la sección transversal, con lupa se ven como puntos oscuros escasos y esparcidos o numerosos y con tendencia a la alineación en filas tangenciales. Los canales transversales son más pequeños que los longitudinales, visibles solamente con lupa.

La **fibra** es larga, grande, aunque esta condición puede variar en ejemplares de plantación, por el aumento del número de nudos.

Cuando está verde, presenta un olor característico, parecido al de las mandarinas.

### **DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.**

Las traqueidas son de espesor medio, entre 35-45 de diámetro, con engrosamientos helicoidales. Posee punteaduras en la pared radial, en una fila y ocasionalmente en dos. En la pared tangencial sólo existen punteaduras en las últimas filas de las traqueidas de verano. El parénquima es longitudinal, difuso y escaso.

Los campos de cruce del parénquima radial y las traqueidas longitudinales son de tipo picioide con reborde, con 4 punteaduras por cruce, aunque su número oscila entre 1 y 6.

Existen radios de dos tipos: uniseriados o biseriados, y fusiformes. Los uniseriados están formados por células cuyo número, en altura, varía entre 4 y 10, pudiendo llegar hasta 15.

Los canales resiníferos poseen células epiteliales de paredes gruesas en un número normalmente inferior a 7.

A continuación se muestran una tabla con valores significativos de la madera de pino de Oregón:

ESTUDIO BIOMÉTRICO DE LAS FIBRAS DE PINO DE OREGÓN (A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969)

En la tabla 79, se indican el tamaño de las traqueidas del pino de Oregón

Tabla 79: Características biométricas de las traqueidas del pino de Oregón

Longitud media (mm)	4,0
Relacion longitud/anchura (esbeltez)	90,9
Proporcion de pared (%)	31,8

Foto 65: Aspecto de la testa x4 aumentos

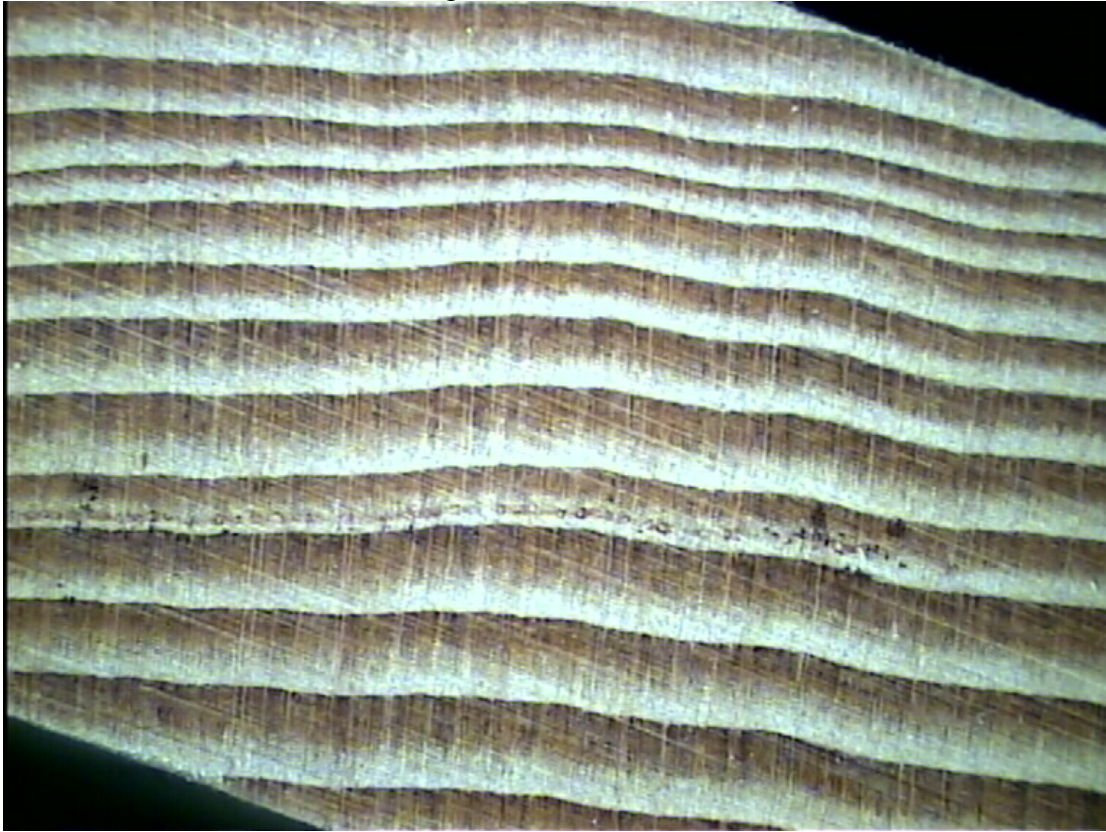
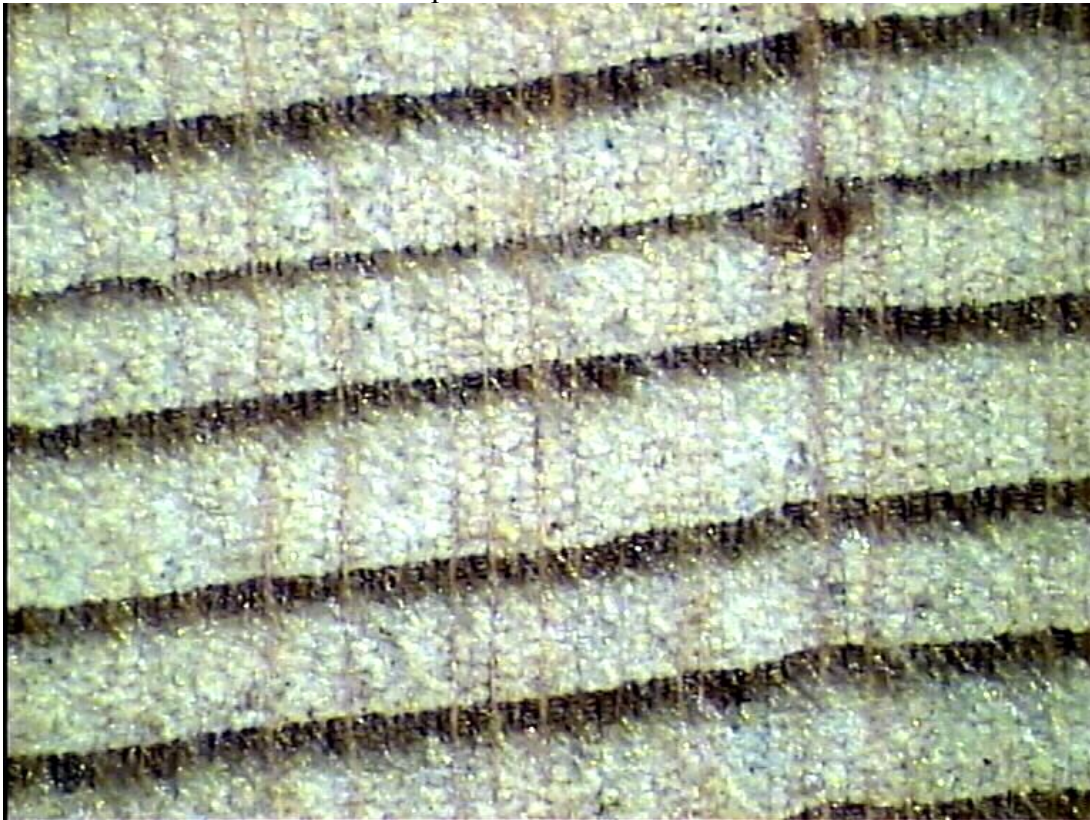


Foto 66: Aspecto de la testa x40 aumentos



### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.** (J. Collardet y J. Besset, 1.988)

En la tabla 80 se indican las principales características físicas de esta madera.

La mayor irregularidad y anchura de los anillos de las procedencias europeas, junto con un aprovechamiento más precoz, hacen que éstas presenten una dureza media de la madera menor y más variable.

Tabla 80: Características físicas del pino de Oregón

PARÁMETRO	Valor medio	Interpretación
Punto de saturación (%)	33	normal
Densidad normal (gr/cm <sup>3</sup> )	0.48	ligera
Dureza	2.8	semiblanda
Cota dureza	12.15	fuerte
Contracción volumétrica total	11.8	media
Contracción lineal radial	4.8	
Contracción lineal tangencial	7.5	
Coefficiente de contracción volumétrica	0.36	media

### **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.**

En la tabla 81 se indican las principales características mecánicas de esta madera.

Tabla 81: Características mecánicas del pino de Oregón

PARÁMETRO	medio	interpretación
Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	875	pequeña
Cota de flexión	18.23	mediana
Cota de tenacidad	1.75	poco tenaz
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	135000	
Compresión paralela a la fibra (kg/cm <sup>2</sup> )	500	superior
Módulo de proporcionalidad (kg/cm <sup>2</sup> )	360	
Cota de calidad estática	10.42	superior
Cizalladura (kg/cm <sup>2</sup> )	80	
Tracción perpendicular a la fibra (kg/cm <sup>2</sup> ) radial	19	pequeña
Cota de adherencia	0.39	mediana
Tracción perp. A la fibra (kg/cm <sup>2</sup> ) tangencial	20.5	pequeña
Cota de adherencia	0.43	mediana
Tracción paralela a la fibra. Radial (kg/cm <sup>2</sup> )	105	
Tracción paralela a la fibra. Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	92	
Compresión perpendicular a la fibra módulo de proporcional. (kg/cm <sup>2</sup> )	52	

### **VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA.-DENSIDAD.MOR.MOE.**

El pino de Oregón está catalogado en las clases resistentes:

- C30 para la calidad (CF30)
- C24 para las calidades (CF22, SS y J&P Sel)
- C22 para la calidad (CF18)
- C18 para la calidad (SS)

Siendo:

- CF30; CF22 y CF18: French Standard NF 52-001-4-1992 Regles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie 4: Classement visuel pour emploi en structure pour les principales essences resineuses et feuillues
- SS y BS: British Standard BS 4978, 1988 Sections 1 and 2. Softwood grades for structural use.
- J&P Sel USA Standard NGRDL 1975 The national grading rules for softwood dimension lumber

Estas clases resistentes tienen los siguientes valores:

Tabla 82: Características resistentes del pino de Oregón

PROPIEDADES (Kg/cm <sup>2</sup> )\CLASE RESISTENTE	C30	C24	C22	C18
Flexión	300	240	220	180
Tracción paralela	180	140	130	110
Tracción perpendicular	4	4	3	3
Compresión paralela	230	210	200	180
Compresión perpendicular	57	53	51	48
Cortante	30	25	24	20
Modulo de elasticidad paralelo medio	120.000	110.000	100.000	90.000
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	80.000	74.000	67.000	60.000
Módulo de elasticidad perpendicular medio	4.000	3.700	3.300	3.000
Módulo cortante	7.500	6.900	6.300	5.600
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	350	340	320
Densidad media en Kg/m <sup>3</sup>	460	420	410	380

### **DURABILIDAD.**

La madera de esta especie es moderadamente duradera. La albura, más abundante en los ejemplares de plantación, es menos durable que el duramen y está sujeta al azulado.

El pino de Oregón es apreciado por su buen comportamiento ante los agentes químicos. La resistencia a la intemperie es buena.

Esta madera, de reacción ácida, puede provocar, en medio húmedo, la corrosión de metales en contacto con ella.

### **TRATABILIDAD.**

La albura puede ser tratada eficazmente, al contrario que el duramen, difícilmente tratable sin incisiones previas.

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.**

Los resultados obtenidos en diversos análisis corresponden a valores expresados en % de madera seca en estufa (105°C), están reflejados en la tabla 83

Tabla 83: Características químicas del pino de Oregón

Celulosa		Lignina	Pentosas		Alcohol-benceno	Solubilidad en			Cenizas
Total	Alfa		Total	Celulosa		Etil-éter	1% NaOH	agua caliente	
57.8	43.8	28.8	6.9	4.9	4.5	1.8	13.7	4.7	0.1

## **TECNOLOGIA DE LA MADERA.**

### **ASERRADO.**

En general, la madera procedente de plantación se comporta peor frente a la mecanización de las operaciones que aquella procedente de masas naturales, debido a la anchura de los anillos, que pueden llegar a los 10 mm. o más, y a la mayor heterogeneidad resultante entre la capas alternas de madera de primavera y otoño. Debe destacarse en este punto que la razón entre la densidad de la madera inicial y final se encuentra entre 1/2 ó 1/3 tanto para la albura como para el duramen.

El despiece de las trozas de pino de Oregón , mediante aserrado no reviste grandes dificultades, pues las fibras son relativamente derechas y los nudos no son demasiado duros. Sin embargo, las bolsas de resina en los ejemplares de plantación son muy frecuentes y pueden perjudicar las superficies de aserrado. Las características tecnológicas son análogas a las del pino silvestre.

### **TRATAMIENTO.**

Admite mal los tratamientos superficiales, aplicándose generalmente un tratamiento en autoclave con creosota o sustancias similares.

### **DESENROLLO.**

Las características de esta madera permite su desenrollo, especialmente de trozas procedentes de las estaciones naturales de EE.UU. y Canadá, siempre que el espesor de las chapas no sea demasiado reducido. Puede realizarse sin vaporizado previo, si la madera está recién cortada o conservada en agua. En la chapa de espesores gruesos (3-4 mm. ó más) pueden producirse fendas bastantes profundas a menos que se realice un vaporizado previo a temperatura que oscila entre 80-85°C. con una duración comprendida entre 24 y 48 horas (para las trozas de 0.60 a 0.70m de diámetro).

El Douglas de plantación, en el que la madera es más heterogénea, es, sin embargo, apto igualmente para el desenrollo, teniendo siempre en cuenta que la calidad de la chapa puede ser afectada por desgarros y desprendimientos en el límite de la madera de otoño con la de primavera. Por otra parte, la diferencia de dureza entre estas dos zonas, pueden producir ciertas irregularidades en el espesor de las chapas.

### **CHAPA A LA PLANA.**

Es fácil de realizar, previo vaporizado, preferentemente en corte al cuarto sin reducir.

### **SECADO.**

El secado de la madera de Pino de Oregón se realiza con facilidad, a pesar de ciertos riesgos de fendas superficiales y en las testas y cantos. Como consecuencia del secado artificial, pueden producirse exudaciones de resina al nivel de los nudos gruesos y de las bolsas de resina. No obstante, pueden adoptarse temperaturas de secado bastante elevadas, entre 70°C y 85°C, como demuestran las siguientes cédulas americanas de secado, y distinguiendo diferentes procedencias. (L.M. Fiske, 1.967)

Tabla 84: Tablas de secado del pino de Oregón según su procedencia y espesores

TABLAS DE GROSOR 2.5 y 5 cm (región costera)						
H (%)	T <sub>S</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)	H <sub>R</sub> (%)	D <sub>H</sub> (°C)	H.E.H. (%)	G
> 30 %	54.5	50.5	80	4	13.8	2.5
30-25%	60	54.5	75	5.5	11.9	2.5
25-20%	65.5	56.9	69	8.6	10.0	2.5
20-15%	71	60	60	11	8.0	2.5
15-H <sub>i</sub>	71	59.7	46	11.3	6.2	2.4
TABLAS DE GROSOR 3.5 cm (región costera)						
> 30 %	65.5	61.5	82	4	13.5	2.6
30-25%	71	65.5	77	5.5	11.6	2.6
25-20%	71	63	68	8	9.6	2.6
20-15%	76.5	65.5	62	11	7.9	2.5
15-H <sub>i</sub>	82	67	52	15	6.2	2.4
TABLAS DE GROSOR 5 cm (región costera y buena calidad)						
> 30 %	60	57	85	3	15.4	2.2
30-25%	65.5	61.5	82	4	13.5	2.2
25-20%	71	65.5	77	5.5	11.4	2.2
20-15%	76.5	68	69	8.5	9.2	2.2
15-H <sub>i</sub>	82	69.5	59	12.5	7.1	2.1
TABLAS DE GROSOR 2.5 y 5 cm (región interior)						
> 30 %	60	56	81	4	13.7	2.5
30-25%	65.5	60	76	5.5	11.8	2.5
25-20%	71	63.5	71	7.5	10	2.5
20-15%	71	60	69	11	8.0	2.5
15-H <sub>i</sub>	71	55.5	47	15.5	6.2	2.4

### **CEPILLADO Y MOLDURADO.**

Habitualmente, con la madera procedente de plantación no se obtienen superficies lisas, no solamente a causa de la presencia de nudos bastante gruesos y de irregularidades de la fibra, sino porque la madera de primavera, más blanda, se comprime contra la herramienta sin ser cortada y recupera su volumen cuando pasa el bisel de corte. Como resultado se obtiene una superficie irregular y ondulada que no reúne las condiciones suficientes para ciertos trabajos de ebanistería.

Además, la cuchilla de la cepilladora y la moldurera puede producir desgarros y desprendimientos en la zona de unión de la madera de primavera y otoño.

### **TORNEADO.**

Se tornea bien, pues se trabaja bien con cuchilla. En madera de procedencia europea, los problemas son similares a los casos anteriores.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

Se realizan sin dificultad, con riesgos de fendas en los extremos o cerca de las orillas de las chapas finas. Es necesario señalar que esta madera es, como se dijo en uno de los apartados anteriores, ácida y se muestra corrosiva para los clavos, pernos y otras piezas de hierro no protegidas.

### **ENCOLADO.**

La madera responde bien a la aplicación de todos los tipos de cola. Para la fabricación industrial de contrachapado, se utilizan preferentemente colas fenólicas aplicadas a temperaturas intermedias, donde la reacción es alcalina, añadiendo además polvo de cáscara de nuez para aumentar la viscosidad.

### **LIJADO.**

Admite bien el lijado, por tener fibra recta, grano fino y pocos nudos. La gran diferencia de dureza entre la madera de primavera y verano provoca irregularidades de desgaste más patentes cuanto mayor sea el grano de lija. Es por ello que no conviene aplicar lijados de grano superior a 150. En la madera de plantación ocurre lo mismo que en el cepillado.

### **ACABADO.**

La aplicación de pintura, barniz o lasure (barniz pigmentado) no es complicada. De cualquier forma, la calidad de la superficie y el comportamiento de los distintos revestimientos a lo largo del tiempo dependen de las características del grano de la madera, conferidas tanto por efecto del cepillado y el lijado como por causa del distinto comportamiento de la madera inicial y final, ante las mismas condiciones ambientales y de humedad.

En esta especie, la madera de otoño, más densa, se hincha más, provocando ondulaciones y desconchados prematuros de la pintura o el barniz. Puede ocurrir igualmente que, bajo la acción del sol o de otras fuentes de calor, las bolsas de resina y los nudos gruesos produzcan exudaciones. Este inconveniente desaparece con la aplicación de un presecado de la madera a temperaturas superiores a los 70°C.

Por último, debe señalarse que el pino de Oregón se presta también a tratamientos superficiales con chorro de arena o arañado con brocha metálica, que intentan resaltar en relieve las zonas de madera de otoño. Estos tratamientos son frecuentemente utilizados en América con fines meramente decorativos.

### **ASTILLADO.**

Pese a tratarse de una madera semiblanda, se astilla sin ningún problema, pues admite bien el trabajo con cuchillas. Sin embargo, no es la madera ideal para este uso, ya que se prefieren maderas más blandas.

### **LEJIACIÓN.**

No presenta ningún problema. De hecho, es el método más adecuado para la obtención de pasta de papel a partir de esta madera, pues la presencia de resinas no se muestra como un inconveniente.

### **DESFIBRADO.**

No es adecuada para este proceso, pese a tener fibra larga, pues su esbeltez no es suficiente. Además, el color no es lo bastante blanco y tiene demasiada resina.

## **APLICACIONES.**

La procedencia de la madera del pino de Oregón determina de forma muy importante sus diversas aplicaciones. Por este motivo, se agrupan los diferentes usos según el lugar de origen de la madera.



### **1.-MADERA DE PROCEDENCIA AMERICANA.**

La madera de pino de Oregón de origen americano es una de las más utilizadas para la **construcción** en todo el mundo, en virtud de sus dimensiones excepcionales, la ausencia o escasez de nudos y de defectos en las primeras calidades y una buena durabilidad en las condiciones normales de los trabajos al exterior: carpintería estructural de grandes dimensiones, cobertizos, estructuras de casas individuales, y carpintería exterior e interior.

La madera aserrada es igualmente utilizada en la construcción naval (cubiertas y arboladuras), trabajos de ingeniería civil (puentes, viaductos, quitamiedos de autopistas...) y trabajos hidráulicos o portuarios (pilotes, muelles de carga, etc.).

En Canadá y EE.UU. es la principal materia utilizada para la fabricación de **contrachapado**.

Es apta también para la fabricación de traviesas de ferrocarril (previo tratamiento protector), conducciones de agua, silos, cajas de embalaje y para la construcción de material móvil, como vagones de tren.

Las cualidades estéticas de la madera de las regiones costeras la convierten en un material apreciado para la **carpintería de huecos y revestimientos** y otras aplicaciones de madera maciza, contrachapado o chapa a la plana.

### **2.-MADERA IMPORTADA DE PROCEDENCIA AMERICANA.**

En Europa, un gran número de las aplicaciones anteriores sólo son rentables en los lugares de origen de la especie (USA y Canadá), no ocurriendo así en nuestras latitudes, donde la cantidad de madera disponible es mucho menor.

La madera de sierra importada en Europa clasificada como "calidad N°2 Clear & Better", es apta para la carpintería de huecos, interior y exterior, para la fabricación de láminas de persianas y similares, y, una vez limpia de nudos, para revestimientos decorativos. La misma calidad de importación se utiliza también para aplicaciones industriales, tales como depósitos para la industria química, tintorería o industrias alimentarias.

Las calidades más corrientes ("Select Merchantable, Merchantable et Common n° 1, 2 ó 3"), son utilizadas para la construcción naval, para la carpintería decorativa, de revestimientos y para el acondicionamiento de almacenes, tiendas y oficinas.

Se importa igualmente en Europa grandes cantidades de contrachapado, normalmente no lijadas, procedentes de la Columbia Británica, para su uso como elementos de construcción (tabiques, paredes, aislantes suelos, etc.) en casas con estructuras de madera, construcción de edificios agrícolas y el encofrado de hormigón. Estos tableros contrachapados fenólicos ofrecen una buena durabilidad y resistencias mecánicas elevadas. Ciertos tipos de tableros contrachapados importados son empleados como paneles decorativos.

### **3.-MADERA DE PROCEDENCIA EUROPEA (PLANTACIONES).**

La madera de Douglas cultivados en Europa, cuyo crecimiento es más rápido y son explotados en turnos de menor duración, no posee ni las mismas cualidades de aspecto ni las mismas características tecnológicas, ni tampoco los mismos usos que el pino importado.

Por ejemplo, en Francia, de los pinos de Oregón explotados durante 60 ó 70 años se obtienen productos de aserrado equiparables a los de algunos pinos, abetos, piceas y alerces, pero con un grano más grueso.

En carpintería estructural, esta materia es utilizable como el pino, la picea y el alerce. En cambio, es menos apta para la carpintería que las resinosas indígenas de grano fino o medio, pues las superficies cepilladas son frecuentemente irregulares a causa de la heterogeneidad del material. Las calidades inferiores son utilizadas para cajerío, palets o como tablas de encofrado.

Los ejemplares más viejos son aptos para el desenrollo y para la fabricación de contrachapado empleado en la construcción, como encofrados de hormigón, o para la fabricación de embalajes.

La madera de los árboles procedentes de claras pueden ser utilizados como madera en rollo: postes de alineación, apeas de minas (el valor medio de su coeficiente de contracción impide que éstos sean de grandes dimensiones), o emplearse como madera de trituración para la fabricación de pasta de papel, la elaboración de tableros de fibras y de partículas, con tratamiento idéntico al de los pinos.

Como parquet, su baja resistencia a la flexión reduce su uso a suelos que no se vean sometidos a un peso excesivo. Su difícil tratamiento es también un inconveniente.

## ESPECIE: Tejo

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Taxus baccata* L.

**FAMILIA:** *Taxaceae*.

### **NOMBRES COMUNES Y COMERCIALES.**

Agin (País Vasco).

Tajo (Teruel).

Taxo (Huesca).

Teix (Cataluña y Baleares).

Teixera (Cataluña y Levante).

Tejo negro (Burgos).

Sabina (Navarra).

Teixo, Teixeiro (Galicia y León).

### **DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA** (J. Ruiz de la Torre, 1.971)

El área natural de esta especie, comprende Europa, Centro, Norte y Oeste de Asia, Marruecos, Argelia, Azores y Madeira, apareciendo casi siempre aislado y escaso.

En España se halla en forma salpicada con otras especies en todas las cordilleras y en Baleares, formando rodal en Sierra Mariola. Sierra Tejada, en la Penibética, debe su nombre a antiguos rodales de esta especie, hoy reducidos a meros vestigios.

Foto 67: Aspecto de un árbol de Tejo



### **DESCRIPCIÓN DEL FUSTE.**

Árbol de mediana altura que no suele pasar de 10 m de talla, aunque puede alcanzarlos 15-20 m.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS.**

Trozaz gruesas, de cierta conicidad, con abundantes cicatrices de ramillas y nudos, especialmente si se ha inducido la formación de brotes a partir de yemas durmientes por algún agente externo.

Los defectos más frecuentes son la **ondulación** del tronco, la **conicidad** y las **bifurcaciones**.

### **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.**

Madera de **albura** estrecha de color amarillento y **duramen** de color rosado oscuro, vetada de pardo. Los **anillos de crecimiento**, aunque bien marcados, son muy delgados. En una misma sección se distinguen zonas de crecimiento finas con ondulaciones bastas, así como zonas de madera tardía ancha y oscura. La madera es por ello muy decorativa. Los árboles más viejos suministran una madera de bonito vetado, de un color amarillo anaranjado, distinguiéndose un cierto sombreado.

Foto 68: Aspecto macroscópico de la madera de tejo

Es compacta, dura y de **grano** fino por lo que adquiere un bonito pulimento.

Carece de canales resiníferos y está compuesta exclusivamente por traqueidas. La **textura** es homogénea.

### **DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA** (A.

Caperos y J.L. Serfaty, 1969).

Las características biométricas de las traqueidas se indican en la tabla 85.

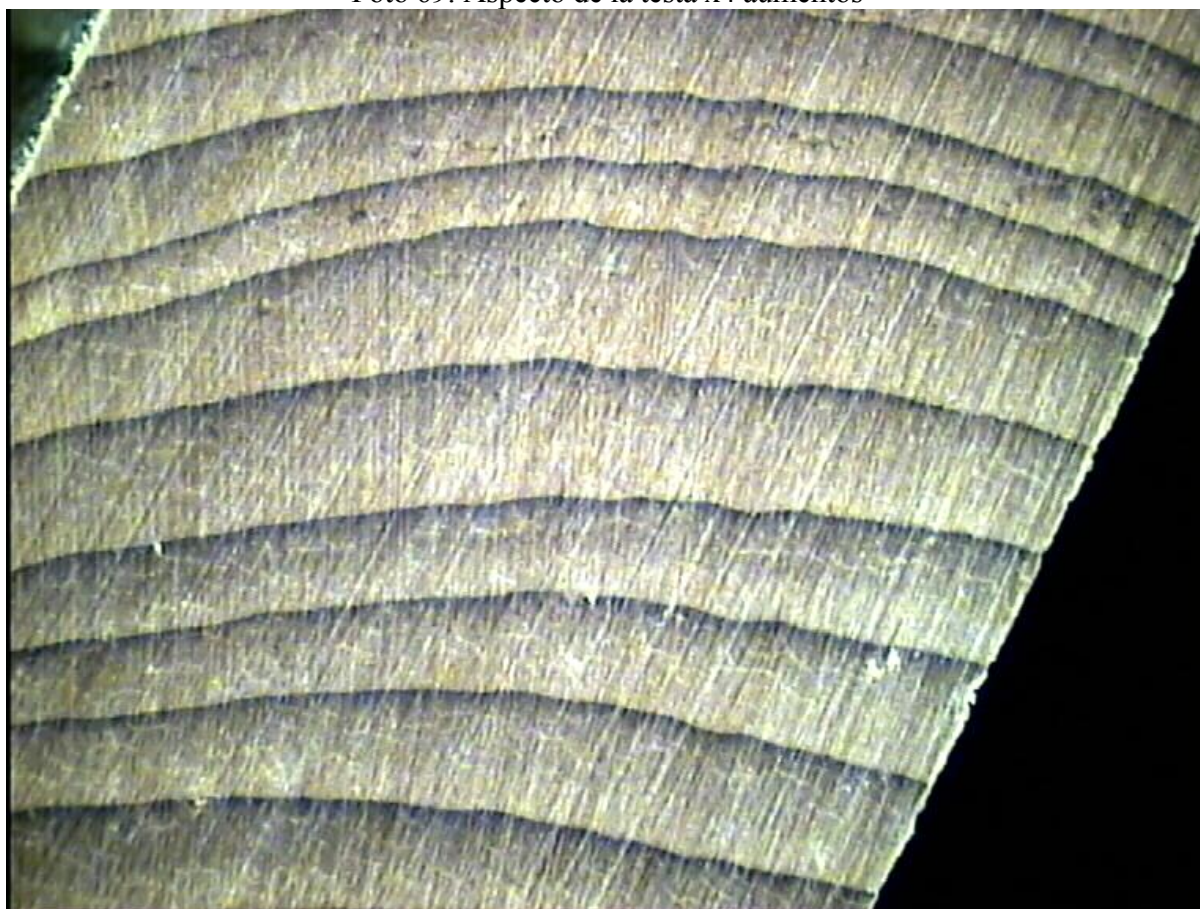
Las **traqueidas** longitudinales son de sección poligonal. Las **punteaduras aeroladas** en las paredes radiales están alineadas en una sola fila, con **engrosamientos helicoidales** muy característicos. El diámetro tangencial es variable, con un valor medio de 24 $\mu$ . También posee punteaduras aeroladas en las paredes tangenciales de las traqueidas.



Tabla 85: Características biométricas de las traqueidas del tejo

PARÁMETRO		mínimo	máximo
Diámetro	Madera de primavera	3,3 $\mu$	5,4 $\mu$
	Madera de otoño	6,8 $\mu$	9,7 $\mu$
Lumen	Madera de primavera	12,1 $\mu$	27,8 $\mu$
	Madera de otoño	5,1 $\mu$	14,3 $\mu$
Relación	Madera de primavera	0,23	
	Madera de otoño	0,82	

Foto 69: Aspecto de la testa x4 aumentos



Los **radios leñosos** son generalmente uniseriados aunque parte de ellos pueden ser biseriados. Son homogéneos, de 10 a 15 células de altura como término medio; los de mayor altura tienen 28 con 122  $\mu$  y las de menor 2 con 10  $\mu$ .

El **parénquima** está ausente.

Las **punteaduras de los campos de cruce**, generalmente de 2 a 4, son de tipo cupresoides.

No tiene **canales resiníferos**, salvo los traumáticos.

Foto 70: Aspecto de la testa x40 aumentos



**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS.** (R. Wagenfur y C. Scheiber, 1.974)

Se indican en la tabla 86:

Tabla 86: Características fisicomecánicas de la madera de tejo

PARÁMETRO	Máximo	Mínimo
Densidad anhidra en gr/cm <sup>3</sup>	0,61	0,74
Densidad al 12% en gr/cm <sup>3</sup>	0,64	0,81
Dureza perpendicular Chalais-Meudon	4,2	
Dureza perpendicular Brinell	3,1	
Dureza paralela Brinell	7,1	
Contracción longitudinal %	0,2	
Contracción radial %	3,7	
Contracción tangencial %	5,3	
Contracción volumétrica %	9,2	
Compresión paralela a las fibras	580 kp/cm <sup>2</sup>	

El tejo pertenece a las maderas europeas más fuertes. Es resistente, imputrescible, dura y elástica, aunque con el paso de los años se hace más delicada.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.**

Las hojas, ramillas y madera contienen un alcaloide, taxina, tóxico para el hombre y sus ganados, especialmente los équidos.

## TECNOLOGÍA DE LA MADERA.

### ASERRADO

La escasez, y alto valor de la madera, hace que el criterio de aserrado de esta madera sea el de máximo aprovechamiento, utilizando herramientas a base de sierras de cinta delgadas con ángulos especialmente adaptados al corte de madera dura (ángulos de ataque de 20 a 22°, ángulos de diente grandes, 58 a 60° y ángulo de salida pequeño 8 a 10°).

El equipo utilizado debe permitir la colocación de la troza (de longitud pequeña, para evitar las pérdidas por su excesiva conicidad) sobre un carro o galera, de tal forma que pueda voltearse convenientemente.

No existen normas de clasificación de esta madera, dada su escasez.

### SECADO: (L.M. Fiske, 1.967)

El secado es bueno y rara vez se presentan deformaciones o fendas. Tiene muy bajo coeficiente de contracción.

Tabla 87: Cédula de secado del tejo

H (%)	T <sub>S</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)	H <sub>R</sub> (%)	D <sub>H</sub> (°C)	H.E.H. (%)	G
Verde-60%	48,5	46	85	2,5	17,5	
60-40%	48,5	45	80	3,5	22	3,87
40-30%	54,5	50,5	80	4	14,5	2,75
30-25%	60	55	75	5	12	2,5
25-20%	71	63,5	70	7,5	10	2,5
20-15%	76,5	64	55	11,5	8	2,5
15-H <sub>j</sub>	76,5	60,5	45	16	6	2,5

NOTA: Esta cédula ha sido diseñada para utilizarse con maderas de hasta 4 cm de grosor en un secadero de circulación forzada. Mayores grosores requieren humedades algo más elevadas para prevenir que se produzcan gradientes de humedad excesivos. Cuando se seca madera de grosor de entre 4 y 7,5 cm. La humedad relativa debe ser un 5% más elevada que la señalada en cada etapa por la correspondiente cédula, y un 10 % si la madera tiene un grosor de más de 7,5 cm.

Donde:

H: Porcentaje de humedad de la madera más húmeda (lado de entrada del aire), por el que se van a registrar los cambios.

T<sub>S</sub>: Temperatura del bulbo seco.

T<sub>H</sub>: Temperatura del bulbo húmedo.

D<sub>H</sub>: Depresión del bulbo húmedo ( $DH = T_S - T_H$ )

H<sub>R</sub>: Humedad relativa del aire.

H<sub>j</sub>: Porcentaje de humedad de la madera.

H.E.H.: Humedad de equilibrio higroscópico.

G: Gradiente de humedad ( $G = H_j / H.E.H.$ ).

### DESEÑOLLO Y CORTE A LA PLANA

Ya que el tejo posee una veta contrastada, las chapas cortadas a la plana tienen alta demanda de mercado por su calidad estética, pero la operación no es sencilla de realizar, primero por su dureza, segundo por la diferencia de comportamiento entre la madera de primavera y de otoño, y por último y como factor fundamental, por la irregularidad en la forma del tronco y en la trayectoria de la fibra.

Para efectuar esta operación, antes de cortar conviene realizar un vaporizado, y aún mejor, el cocido previo de las trozas. Para el corte, se utilizan tasas de compresión de la barra de presión altas (12 al 15%) y ángulos de desahogo algo menores de lo normal.

### **CEPILLADO, CORTE, FRESADO Y TORNEADO.**

La madera de tejo se trabaja bien, a pesar de su dureza, con todo tipo de herramientas, especialmente con cuchilla.

### **UNIÓN Y ENCOLADO.**

Esta madera se prepara muy bien para realizar las uniones, pero el encolado puede complicarse por la existencia de aceites que se interponen entre la madera y la cola.

Cuando se pretende rechapar con chapa de tejo impregnada de mucho aceite, conviene, previo a la operación de encolado, aplicar un disolvente que facilite la penetración de la cola en la chapa.

### **CLAVADO Y ATORNILLADO.**

Dada la resistencia a la hienda de esta madera se puede clavar y atornillar sin que exista problemas de fendas.

### **ACABADO.**

Se deja trabajar bien con todo tipo de herramientas, especialmente con cuchilla. Es buena para pulir, lijar, tornear y tallar. Tiene rectitud de fibra y grano fino. No tiene problemas en cuanto a resina. Lo único que puede estropear su acabado es la presencia de aceites, problema que se supera con un tratamiento adecuado que permita a la madera admitir colores y barnices.

## **APLICACIONES**

Las aplicaciones de la madera de tejo son aquellas de las que se obtienen producto y calidad. La madera es muy durable, y se obtiene una carpintería de calidad muy decorativa.

Al ser muy flexible, antiguamente se usaba para la construcción de arcos y ballestas. Actualmente se usa para incrustaciones, tallas, bastones, lanzaderas y boquillas de pipa.

Imita muy bien el ébano si se trata con sales de hierro. Las piezas de grandes dimensiones son muy estimadas por ebanistas y torneros.



# OTRAS ESPECIES

Foto 71: Aspecto macroscópico del pinsapo

## ABETO PINSAPO

Nombre científico: *Abies pinsapo* Boiss

Nombres vulgares: Pinsapo, Pino pinsapo.

Árbol de hasta 30 m, de porte elegante que, en algunos ejemplares viejos se torna retorcido o dividido en varios brazos. Se caracteriza por una corteza fina, gris claro, con grietas oscuras de poca profundidad.

Madera blanca, semipesada, blanda, nerviosa, sin apenas resina

Su resistencia es mediana a alta en dirección de la fibra y baja perpendicular a ella.

Su utilización principal es la construcción.



Foto 72: Aspecto macroscópico del ciprés

## CIPRES

Nombre científico: *Cupressus sempervirens* L

Nombres vulgares: Ciprés.

Arbol recto de porte piramidal de hasta 25 m, excepcionalmente puede llegar a 35 m con ramas en todo su fuste.

Madera de color amarillo claro que cambia con la luz a color tabaco claro. Grano fino, textura homogénea, semipesada, semidura, poco nerviosa, con poca resina.

Resistencia media en dirección de la fibra y escasa perpendicular a ella.



Es típica su aplicación en trabajos de tornería, talla y muebles. Sus chapas también se han utilizado en la construcción de guitarras. Por su durabilidad muy alta se ha utilizado como pilotes, y estacas para la agricultura, tanto en cercas como en soportes de vides u otro cultivo.

### **CIPRES RAMOSO o SABINA DE CARTAGENA**

Nombre científico: *Tetraclinis articulata* (Vahl) Master in J. Roy

Nombres vulgares: Alerce africano; araar.

Es un árbol pequeño, de lento crecimiento, de 5-9 m de altura (excepcionalmente 16 m), y hasta 40 cm de diámetro de tronco. Copa aovada o cónica y clara, deja pasar mucha luz al suelo. El tronco es recto, de corteza estriada longitudinalmente, grisáceo o pardo grisáceo.

Foto 73: Aspecto de la verruga del ciprés ramoso

Madera de albura de color amarillento y duramen pardo-rojizo, grano fino, textura homogénea, semipesada, semidura, poco nerviosa, con poca resina.

Resistencia media en dirección de la fibra y escasa perpendicular a ella.

Es típica su aplicación en trabajos de tornería, talla y muebles. Sus chapas, especialmente las obtenidas de las verrugas que se forman en su base por los las quemas de rastrojo que sufren continuamente, tienen una muy alta cotización en el mercado. Por su durabilidad muy alta se ha utilizado como pilotes, y estacas para la agricultura, tanto en cercas como en soportes de vides u otro cultivo.



### **SABINA ALBAR**

Nombre científico: *Juniperus thurifera* L

Nombres vulgares: Enebro, Trabina, Tarabina o Trabino.

La sabina albar es un árbol resinoso de hoja perenne que suele tener poca envergadura, puede alcanzar los 14 m de altura y 4 m de diámetro troncal, con tronco grueso y cilíndrico (cónico cuando es viejo) con corteza delgada de color pardo grisácea.

Madera de albura de color blanco-amarillento y duramen oscuro rojizo. Grano fino, textura homogénea, semipesada, semidura.

Foto 74: Aspecto del sabinar de Catalañazor (Soria)



Foto 75: Aspecto de la madera de sabina

Es típica su aplicación en trabajos de fabricación de arcones, dado que los vapores que desprenden repelen la polilla y otros insectos.

También se ha empleado en tornería, talla y muebles. Por su especial durabilidad era clásica su utilización en estacas para la agricultura, tanto en cercas como en soportes de vides u otro cultivo. Otra aplicación clásica era la de fabricación de lápices.

## **ESPECIE: Ciprés de Lawson**

Nombre científico *Chamaecyparis lawsoniana* Parlatt

Nombres vulgares: Ciprés de Lawson, Cedro de Oregón, Cedro Blanco. Port-Orford Cedar, Lawson's Cypress (Inglés); Cèdre de Port-Orford, Cyprés de Lawson (Francés); Lawsons-Scheinzeder, Lawsons-Scheinzypresse (Alemán)

Es un árbol que puede alcanzar una gran talla, hasta 60 m de altura, posee un tronco grueso, columnar, robusto de base ancha que puede alcanzar 180 cm de diámetro. En masas procedentes de repoblación sus dimensiones son



más modestas (20-26 m de alto) comparables a las de masas de otras coníferas.

Foto 76: Aspecto de una masa de ciprés de Lawson



Las ramas son abundantes, aunque no muy gruesas, de modo que conforman una copa muy densa.

La madera es de un color marron-amarillento claro con reflejos rosados. **Albura** de 2,5 a 7,6 cm desde blanco a blanco-amarillento pálido, frecuentemente no es posible distinguirla del **duramen**. Éste es de blanco-amarillento a pardo-amarillento.

**Anillos** de crecimiento apreciables aunque no muy marcados, delineados por una banda de madera de otoño que puede ser muy estrecha pero que generalmente es de anchura media. La zona de madera de primavera es generalmente ancha y ocupa la mayor parte del anillo. La transición entre madera temprana y madera tardía es más o menos gradual.

En fresco esta madera presenta un **olor** picante parecido al limón o al jengibre. Éste es debido a unos aceites volátiles que pueden causar problemas de piedras renales. Los trabajadores de los aserraderos que procesan este tipo de madera deberán usar máscaras de protección contra estos aceites y el serrín fino resultante del aserrado. **Sabor** amargo y algo picante.

El **grano** es de fino a medio y la **textura** basta

La **fibra** suele ser derecha, los árboles de plantación tienen una estructura más grosera y la fibra menos regular a causa de su más rápido crecimiento.

Aunque no sea una madera resinosa, ya que presenta escasos **canales resiníferos**, puede presentar ocasionalmente ligeras **exudaciones** amarillo anaranjadas.

El **parénquima** es abundante pero es difícilmente apreciable con lupa.

Los **radios** leñosos estrechos, apreciables con lupa, formando manchas poco llamativas en el corte radial.

Foto 77: Aspecto macroscópico de la madera de ciprés de Lawson



Es una madera ligera de entre 400 y 450 Kg/m<sup>3</sup> al 12% de humedad. Es moderadamente blanda.

No es considerada madera nerviosa, ya que los valores de las contracciones son normales y la relación entre contracciones es baja por lo que no tiene tendencia al atejado.

:

Pese a su baja densidad las características mecánicas son bastante buenas, y sus valores de ensayo se aproximan a los del Pino de Oregon de la zona costera aunque la densidad de éste sea mayor. Es una madera tenaz, elástica,

La durabilidad natural es buena. Posee una gran resistencia a todo tipo de pudriciones, aún en contacto con el suelo. Esta madera resiste, además, la acción de ácidos diluidos.

La albura es fácilmente impregnable y el duramen es medianamente impregnable.

Es una madera que se trabaja excepcionalmente bien. Las operaciones de aserrado al igual que las de obtención de chapa a la plana y las desenrollado se realizan fácilmente, sin ninguna dificultad.

Se cepilla, fresa y tornea bien, aunque la madera procedente de las repoblaciones, de fibra menos regular, pueden ofrecer algo de repelo en la cercanía de los nudos, tanto en el cepillado como en el moldurado.

Se lija sin dificultad, pudiéndose llegar a granos de 180 para preparar el acabado. El acabado también se realiza sin dificultad.

El secado tanto natural como en cámara es relativamente fácil de realizar.

Las aplicaciones mas importantes son como madera aserrada, utilizándose las mejores calidades en muebles, proporcionando gran calidad por la suavidad de sus colores, por su tacto y su estabilidad dimensional. Es muy conocido su uso como **revestimiento de cajones y armarios resistentes a las polillas** por ser una madera que repele a las polillas. El único inconveniente que presenta es que estos armarios deben ser aireados para que los aceites volátiles de la madera no se condensen en clavos, tornillos, tiradores y cristales.

Es muy usada en **carpintería** tanto **exterior** (marcos de ventana, puertas, etc...) como de **interior**. Es también muy apreciada para la fabricación de tablillas de persianas por su facilidad para ser trabajadas, sus contracciones moderadas, su ligereza, y buenas propiedades de retención de pinturas. También se utiliza en la fabricación de pequeños objetos, parquets, etc.

Es apreciada para la **construcción naval**, especialmente para botes, buques y elementos de puerto.

En la costa de Pacífico de los EEE.UU. se utiliza esta madera para la fabricación de **palitos de cerillas**, debido a la facilidad de su mecanización, su textura uniforme, ligereza y capacidad de secarse rápidamente tras ser mojada.

Se utiliza como **aislante eléctrico**, sobre todo en baterías por su resistencia eléctrica y su durabilidad frente a ácidos.

Las peores calidades se suelen usar como **madera de construcción**. También es utilizada para la obtención de traviesas de ferrocarril.

Además de utilizarse como madera maciza, también se utiliza en forma de tablero contrachapado, con aplicaciones en la construcción aeronáutica.

## **ESPECIE: Alerce del Japón.**

Nombre científico Larix kaempferi (Lamb.) Carr.

Nombres vulgares: Alerce japonés. Japanese larch (Inglés); Japanische lärche, Hondolärche (Alemán); Fijimatsu, Karamatsu (Japonés)

Arbol de talla mediana, en general menor que el alerce europeo. Sin embargo su crecimiento es más rápido, permitiendo la explotación a partir de los 50 años.

El tronco suele ser derecho, muy cilíndrico y limpio de nudos cuando proviene de masas naturales.

La madera del alerce japonés es muy semejante a la de alerce europeo. La **albura** es blanco-amarillenta claramente diferenciado del **duramen** marrón-rojizo.

**Anillos** de crecimiento bien diferenciados a veces de contorno algo ondulado.

**Textura** fina y **fibra** recta.

La madera proveniente de masas naturales de *Larix kaempferi* es en cuanto a peso específico muy parecida a la del Alerce europeo, quizás ligeramente menos pesada 0,50 a 0,55/cm<sup>3</sup>. En cambio la madera procedente de las repoblaciones europeas de esta especie es más ligera (450 a 550 kg/m<sup>3</sup> al 12% de humedad) y sensiblemente más blanda.

La madera de alerce japonés posee una contracción volumétrica mediana y más reducida que la de los alerces de montaña.

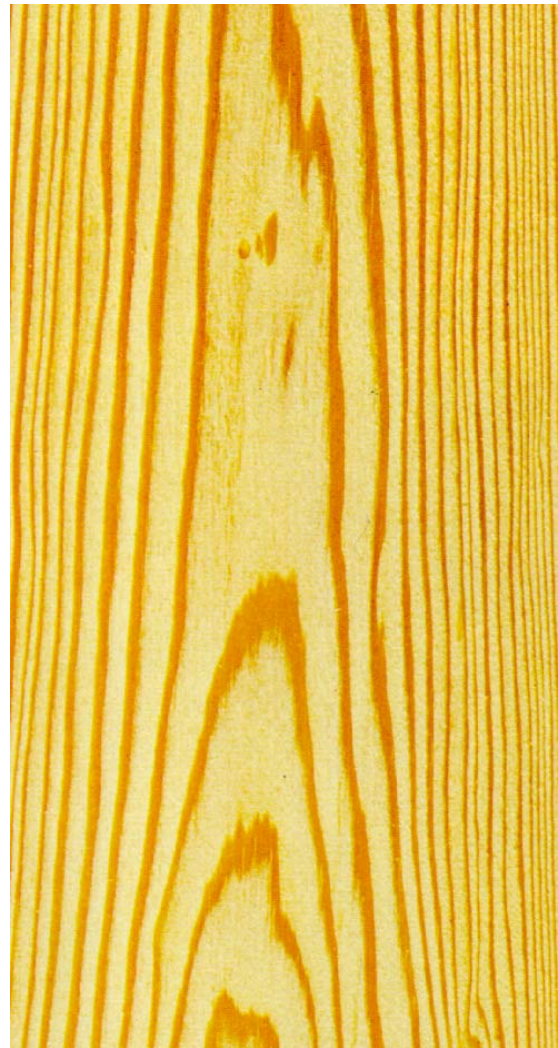
En general las características mecánicas de esta madera son muy similares a las de la madera de alerce europeo de densidad comparable, es decir si ha crecido en zona llana. De todas maneras la dureza es inferior.

La albura es impregnable y el duramen presenta una mediana resistencia natural.

Tanto las características tecnológicas como las aplicaciones de esta madera son similares a las del Alerce europeo, y en general similares a la de los pinos españoles.

Es característico, sus aplicaciones en la construcción tanto de edificios como naval, menos usada en ebanistería.

Foto 78: Aspecto macroscópico de la madera de alerce del Japón



## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- AITIM, 1.965 "Fagus sylvatica L." Ed.: Boletín de información técnica N° 10
- AITIM, 1.966 "Ulmus campestris L." Ed.: Boletín de información técnica N° 15
- AITIM, 1.967 "Pinus silvestris L." Ed.: Boletín de información técnica N° 22
- AITIM, 1.967 "Pino laricio Poir" Ed.: Boletín de información técnica N° 23
- AITIM, 1.967 "Pino nigra Arnol" Ed.: Boletín de información técnica N° 23
- AITIM, 1.967 "Pino maritima Poiret" Ed.: Boletín de información técnica N° 24
- AITIM, 1.967 "Pinus canariensis D.C." Ed.: Boletín de información técnica N° 25
- AITIM, 1.967 "Pinus uncinata Ramond" Ed.: Boletín de información técnica N° 26
- AITIM, 1.967 "Pinus pinea L." Ed.: Boletín de información técnica N° 27
- AITIM, 1.968 "Pino halepensis Mill" Ed.: Boletín de información técnica N° 32
- AITIM, 1.968 "Platanus orientalis L." Ed.: Boletín de información técnica N° 34
- AITIM, 1.968 "Populus nigra L." Ed.: Boletín de información técnica N° 36
- AITIM, 1.969 "Populus alba L." Ed.: Boletín de información técnica N° 38
- AITIM, 1.969 "Quercus" Ed.: Boletín de información técnica N° 39
- AITIM, 1.969 "Robinia pseudoacacia L." Ed.: Boletín de información técnica N° 39
- AITIM, 1.975 "Quercus alba L." Ed.: Boletín de información técnica N° 72
- H. Alvarez, 1.982 Secado de la madera aserrada" Ed. Proceeding de la 19ª sesión de la C.I.A. , Volúmen II, págs 319 a 346
- H. Alvarez y J.I. Fernandez-Golfín, 1.996 Humedad de la madera en la construcción y riesgo de cambio dimensional en España." Ed. Boletín de AITIM, nº183, págs 65 a 71.
- Anuario de Estadística Agraria, 1.993. Ed. MAPA, Madrid
- R. Arguelles, F. Arriaga, 1.996 "Estructuras de madera. Diseño y cálculo" Ed. AITIM, Madrid, 663 págs.
- M. Victoria et al, 1.982 Protección" Ed. Proceeding de la 19ª sesión de la C.I.A. , Volúmen II, págs 347 a 369



H. F. Begemann, 1.986 Das grose lexicon der nutzholzer Ed. Deutscher Betriebsswirte verlag, 3.180 págs

Brow; Panshin and Forsaith, 1.949 "Structure, identification, defects and uses of the commercial wood of the United States" Ed. McGraw-Hill Book Company, New York

L. Bustamante y A. Caperos, 1.966 "Utilización de leñas de pino como materia prima celulósica" Ed. INIA, MADRID

L. Bustamante, 1.983 "Aptitudes de las distintas especies de eucaliptus como materia prima celulósica" Ed. INIA, MADRID

A. Caperos y J.L. Serfaty, 1.969 "Atlas de fibras para pasta de celulosa" Ed. Asociación De Investigación de la Industria Papelera Española, IFIE. Madrid.

J. Collardet, J.Beset 1.988 "Bois commerciaux: Les Resineux (conifères)" Ed. H. Vial & CTBA,

F. Cortés, 1.985 "Cuadernos de histología vegetal" Ed. Editorial Marban S.A., Madrid, 194 págs.

CTBA, 1.972 "Le chene (*Quercus spp*)" Ed. CTBA, Paris, 16 págs

CTBA, 1.972 "Noyer" Ed. CTBA, Paris, 13 págs

CTBA, 1.972 "Le hêtre (*Fagus spp.*)" Ed. CTBA, Paris, 14 págs

CTBA, 1.972 "Etude du bois de peuplier I-214" Ed. CTBA, Paris. 37 págs

CTBA, 1.984 "Les resineux francais: Sapin , epicea, pin maritime pin sylvestre" Ed. CTBA, Paris. 52 págs

J. Collardet y J. Besset, 1.988 "Bois commerciaux. Tome I: Les résineux (conifères)" Ed.: H. Vial, CTBA, Paris, 277 págs.

L.M. Fiske, 1.967 "Manual de secado de la madera" Ed. AITIM, Madrid, 253 págs.

Forest Product Laboratory, 1.974 "Wood handbook: Wood as an engineering material" Ed. Forest Product Laboratory and Forest Service Agriculture, Washington, 399 págs.

Forestry Branch, 1.951 "Canadian Woods their properties and uses" Ed. Forest Products Laboratories Division, Ottawa

L. Garcia y A. Guindeo, 1.988 Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas Ed. AITIM, Madrid, 142 págs.

L. Garcia y A. Guindeo, 1.989 Anatomía de frondosas españolas Ed. AITIM, Madrid, 618 págs.

- L. Garcia, A. Guindeo y L.C. Laín, 1.991 Maderas del mundo: Tomo I: Coníferas y Frondosas de AB-AZU Ed. AITIM, Madrid, 217 págs.
- L. Garcia, A. Guindeo y L.C. Laín, 1.992 Maderas del mundo: Tomo II: Frondosas de BA-EY Ed. AITIM, Madrid, 455 págs.
- G. Giordano, 1.980: I legnani del mondo Ed Il Cerilo, Milán, 1184 págs.
- A. Guindeo; C. Peraza, 1.976 La madera como materia prima Ed. AITIM, Madrid, 197 págs
- A. Gutiérrez Oliva, 1.967 Características físico-mecánicas de las maderas españolas Ed. IFIE, Madrid, 103 págs.
- A. Gutiérrez Oliva, 1.982 Características físico-mecánicas" Ed. Proceeding de la 19ª sesión de la C.I.A. , Volúmen II, págs 227 a 275
- INIA, 1.991 "Propiedades y tecnología de la madera de pino radiata del Pais Vasco" Ed. MAPA, Madrid, 241 págs.
- R. Keller, 1.991 "Le bois des grands erables: Etat des connaissances, facteurs de variabilités, aptitudes technologiques" Ed. Revue Forestier Francaise Special Les Feuillus precieux.
- Lincoln W. A. World Wood in Colour Ed. BPCC Wheatons, Ltd Exeter
- M. Miranda, 1.982 Desenrollo" Ed. Proceeding de la 19ª sesión de la C.I.A. , Volúmen II, págs 291 a 316
- F. Nájera y V Lopez, 1.969 "Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares" Ed.: IFIE, 279 págs, Madrid
- G. Nepveu, 1.991 "L'utilisation des bois frêne et de merisier: Aptitudes technologiques, facteur de variabilité" Ed. Revue Forestier Francaise Special Les Feuillus precieux.
- J. Ortiz y J.J. Martinez "Características mecánicas de la madera de pino gallego obtenidas a partir de ensayos con piezas de tamaño estructural" Ed. Boletín de AITIM nº150, Madrid, 1.991
- C. Peraza, 1.964: Estudio de las maderas de coníferas españolas y de la zona norte de Marruecos Ed. IFIE, Madrid, 112 págs.
- C. Peraza: 1.967: Estudio de las principales maderas de canarias Ed. IFIE, Madrid, 220 págs.
- A. Remacha, 1.987 "Características del pino gallego y sus aplicaciones" Ed. AITIM, Madrid, 626 págs.
- J.A. Rodriguez Barreal, 1.987 "Protección preventiva de la madera en autoclave: C'edulas de tratamiento para maderas de gran empleo en España" Ed. Boletín de AITIM, nº128, Madrid, págs 16 a 20.

J. Ruiz de la Torre, 1.971 Arboles y arbustos de la España peninsular Ed. IFIE- ETSIM, Madrid, 512 págs.

S. Vignote, 1.985 Tecnología para el aprovechamiento del pino insignis (Pinus radiata D. Don): Características físico- mecánicas Ed. AITIM, Madrid.

S. Vignote; J. Martos; J. Zazo, 1.988: La tecnología. la selvicultura y la calidad de la madera Ed. Fundacion Conde del Valle Salazar, Madrid, 54 págs.

R. Wagenfuhr y C. Scheiber: 1.974: Holzatlas Ed. Fachbuchverlag, Leipzig, 690 págs.

# 4631997:TFG\_FINAL\_sin\_anexo s.pdf

*por* Victor Ayllon Perez

---

**Fecha de entrega:** 05-nov-2020 02:05p.m. (UTC+0100)

**Identificador de la entrega:** 1436880765

**Nombre del archivo:** ts\_4ee1e0b3-44fc-496d-b8d1-3202ba21c0db\_TFG\_FINAL\_sin\_anexos.pdf (5.15M)

**Total de palabras:** 7097

**Total de caracteres:** 38977

# TRABAJO FINAL DE GRADO

Análisis de la sostenibilidad de la estructura del  
MPavilion 2018 de Melbourne diseñado por  
Carme Pinós

Alumno: Víctor Ayllón Pérez

Tutor: Arianna Paola Guardiola

1

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

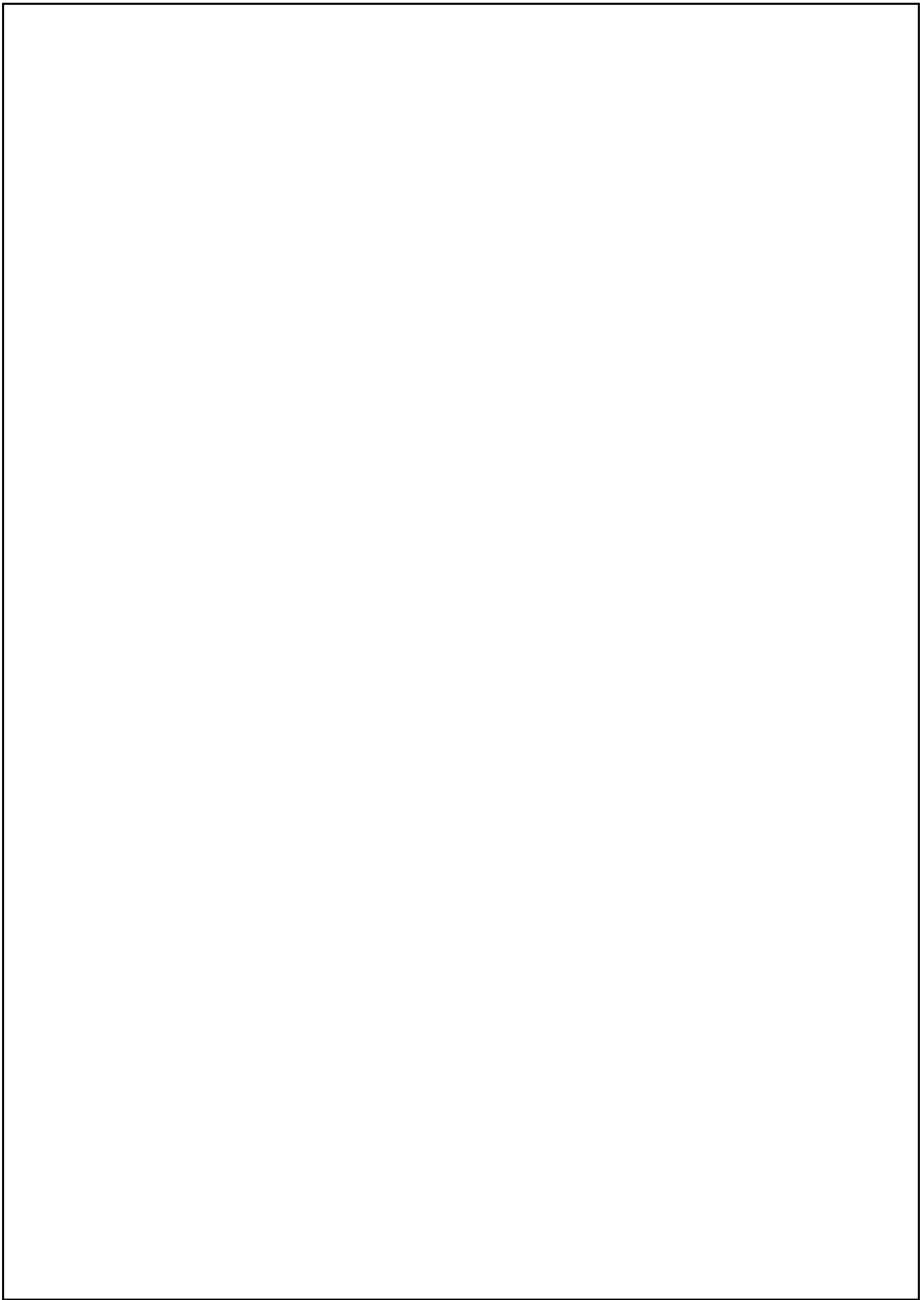
Curso 2019-20



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA



# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
RESUM .....	2
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUCCIÓN .....	4
2.DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	6
2.1. PROYECTO .....	6
2.2 MODELO ESTRUCTURAL .....	8
<b>1</b> 3.ACCIONES EN LA EDIFICACION (DB-SE-AE) .....	12
<b>9</b> 3.1. ACCIONES PERMANENTES .....	12
3.1.1 Peso propio .....	12
3.2. ACCIONES VARIABLES .....	13
3.2.1 Sobrecarga de uso .....	13
3.2.2 Sobrecarga de viento. ....	14
3.2.3 Sobrecarga de nieve .....	21
4. COMBINACIONES DE CARGAS .....	22
4.1 Combinación de los Estados Limite Últimos. ....	24
4.2 Combinación de los Estados Limites de Servicio .....	25
5. DIMENSIONADO ARCHITRAVE®. ....	27
5.1 Modelización de la estructura .....	27
5.2.Cálculo y dimensionado de los elementos estructurales.....	30
5.2.1 Dimensionado en acero .....	33
5.2.2 Dimensionado madera .....	35
6.CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO .....	37
7. DISCUSION Y CONCLUSIONES .....	41
8. REFERENCIAS .....	43
9.ÍNDICE DE IMÁGENES .....	44
10.ÍNDICE DE TABLAS .....	46

## RESUMEN

Mpavilion es una iniciativa de la fundación Naomi Milgrom y la ciudad de Melbourne en la que cada año, desde 2014, un arquitecto de reconocido prestigio diseña un pabellón que se instala temporalmente en los jardines Queen Victoria como parte de una iniciativa cultural que pone en el foco la influencia del diseño, la arquitectura y la cultura en la creación de ciudades habitables, creativas y justas. Finalmente, una vez finalizada la temporada, el Mpavilion se traslada a una ubicación permanente.

<sup>25</sup> El objetivo de este trabajo es analizar la estructura del Mpavilion 2018 diseñado por la Arquitecta Española Carme Pinós <sup>10</sup> desde el punto de vista de la sostenibilidad de las estructuras.

En la modelización de la estructura diseñada por Carme Pinós con acero y madera, se propondrá como nueva ubicación del pabellón el municipio de Requena. La idea de esta nueva ubicación es doble: por un lado, ubicar el pabellón cerca de un bosque que pueda suministrar la madera necesaria para su construcción, y por tanto poder utilizar materiales de km cero, y por otro, utilizar la construcción de este pabellón como punto de interés para un turismo rural, interesado en el diseño, la arquitectura y la cultura, trasladando el espíritu de la iniciativa Mpavilion a una zona con riesgo de abandono.

El análisis estructural se llevará a cabo del proyecto original del pabellón de Melbourne 2018, dimensionando los elementos con acero estructural, según los criterios del DB SE Acero y comparando la huella de carbono con los resultados obtenidos de diseñar la misma estructura con madera estructural siguiendo los criterios <sup>11</sup> del DB SE Madera del Código Técnico de la Edificación.

### Palabras clave:

Mpavilion 2018; análisis estructural; Carme Pinós; Huella de carbono; Sostenibilidad de las estructuras; estructuras de madera; <sup>30</sup> DB SE-A del CTE; DB SE-M del CTE



## RESUM

MPavilion és una iniciativa de la fundació Naomi Milgrom i la ciutat de Melbourne en la qual cada any, des de 2014, un arquitecte de reconegut prestigi dissenya un pavelló que s'instal·la temporalment als jardins Queen Victoria com a part d'una iniciativa cultural que posa en el focus la influència del disseny, l'arquitectura i la cultura en la creació de ciutats habitables, creatives i justes. Finalment, una vegada finalitzada la temporada, el MPavilion es trasllada a una ubicació permanent.

<sup>24</sup> L'objectiu d'aquest treball és analitzar l'estructura <sup>17</sup> del Mpavilion 2018 dissenyat per l'Arquitecta Espanyola Carme Pinós <sup>17</sup> des del punt de vista de la sostenibilitat de les estructures.

En la modelització de l'estructura dissenyada per Carme Pinós amb acer i fusta, es proposarà com a nova ubicació del pavelló el municipi de Requena. La idea d'aquesta nova ubicació és doble: d'una banda, situar el pavelló prop d'un bosc que pugui subministrar la fusta necessària per a la seua construcció, i per tant poder utilitzar materials de km zero, i per un altre, utilitzar la construcció d'aquest pavelló com a punt d'interès per a un turisme rural, interessat en el disseny, l'arquitectura i la cultura, traslladant l'esperit de la iniciativa Mpavilion a una zona amb el risc d'abandó.

L'anàlisi estructural es durà a terme del projecte original del pavelló de Melbourne 2018, dimensionant els elements amb acer estructural, segons els criteris del DB SE Acer i comparant la petjada de carboni amb els resultats obtinguts de dissenyar la mateixa estructura amb fusta estructural seguint els criteris del DB ES Fusta del Codi Tècnic de l'Edificació.

### **Paraules clau:**

Mpavilion 2018; anàlisi estructural; Carme Pinós; Petjada de carboni; Sostenibilitat de les estructures; estructures de fusta; DB ES-A del CTE; DB ES-M del CTE

## ABSTRACT

<sup>4</sup>MPavilion is an ongoing initiative of the Naomi Milgrom Foundation supported by City of Melbourne, in which each year, since 2014, <sup>4</sup>an outstanding architect is commissioned to design a pavilion, temporarily installed in the Queen Victoria Gardens, as part of a cultural initiative that puts the focus on the influence that <sup>4</sup>design, architecture and culture have in creating cities that are liveable, creative and equitable. Finally, <sup>4</sup>at the close of each season, the MPavilion is relocated to a new permanent location.

<sup>20</sup>The objective of this study is to analyse the structure of the MPavilion 2018 designed by the Spanish Architect Carme Pinós <sup>10</sup>from the point of view of the sustainability of the structures.

In the analysis of the structure of the pavilion designed by Carme Pinós with steel and wood, the Spanish town of Requena will be proposed as the new location of the pavilion.

The purpose of this new location is twofold: on one hand, to locate the pavilion near a forest that can supply the necessary wood for its construction, and therefore to be able to use zero-km materials, and <sup>19</sup>on the other hand, to use the construction of this pavilion as a point of interest for rural tourism, interested in design, architecture and culture, following the spirit of the MPavilion initiative to an area with risk of abandonment.

The structural analysis will be carried out of the original Melbourne pavilion 2018 project, designing the elements with structural steel, according to the criteria of DB SE Steel and comparing the carbon footprint with the results obtained from designing the same structure with structural wood according to the DB SE Timber criteria of the Technical Building Code.

### Key words:

Mpavilion 2018; structural analysis; Carme Pinós; carbon footprint; Structural sustainability; timber structures; <sup>6</sup>CTE DB SE-A; CTE DB SE-M.

# 1.INTRODUCCIÓN

En la arquitectura uno de los aspectos que se tienen en cuenta cuando se escogen los materiales de construcción son sus características. Suelen elegirse los materiales con mejores propiedades y que garanticen la mejor solución para su uso. En la elección de esos materiales estructurales habitualmente se tiene en cuenta la solución más económica y no se suelen considerar su impacto medioambiental. Además, a la hora de escoger los materiales para una obra nueva se eligen los más comunes, los habituales de la zona, los cuales generalmente no suelen ser los que menor huella de carbono generan. Por ello, dada la tendencia medioambiental actual, es necesario tener en cuenta también este factor a la hora de la selección de materiales. Para reducir el impacto de los edificios, por tanto, se debe buscar nuevos materiales de uso menos común con un menor impacto medioambiental. Para hacer frente a este tipo de problemas surgieron <sup>12</sup> los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) “el 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.” ([www.un.org](http://www.un.org)).



<sup>23</sup> Imagen 1: Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente ([www.un.org](http://www.un.org))

De esta forma dentro de la agenda 2030 se encuentra el objetivo número 13: “acción por el clima”, que hace referencia a <sup>12</sup> los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a los gases de efecto invernadero.

Actualmente, el método utilizado para determinar el impacto de un edificio en el medioambiente consiste en evaluar la huella de carbono de los materiales que se utilizan en los edificios. La selección de un material u otro en la estructura de un edificio puede suponer un impacto importante en el aspecto global. En la evaluación de la huella de carbono de cada elemento se calcula la cantidad de CO<sub>2</sub> que produce durante su <sup>29</sup> vida, desde la extracción de la materia prima, su manipulación y por último su reciclaje o su derribo. Es lo que se conoce como el ciclo “de la cuna a la tumba”.

Para tener en cuenta la huella de carbono que generan los distintos materiales y así facilitar la elección del más sostenible el Banco de datos BEDEC (ITeC, [www.itec.es](http://www.itec.es) ) proporciona la cantidad de CO<sub>2</sub> generada por cada uno <sup>28</sup> de los materiales de construcción, incluidos los elementos estructurales, en función del peso.

En este trabajo se realizará el análisis y dimensionado de la estructura original en acero, y la propuesta alternativa diseñada con madera, y posteriormente se comparará la huella de carbono de ambas soluciones.

## 2.DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA

### 2.1. PROYECTO

MPavilion es una iniciativa que desde 2014, y gracias a la Fundación Naomi Milgrom, encarga a un arquitecto que diseñe un pabellón que durante un periodo de tiempo se ubicará en los jardines Queen Victoria de Melbourne. Después de este periodo los pabellones son desmontados y reubicados.

En 2018 se le encargó esta labor a la arquitecta Carme Pinós cuyo diseño “[...]revela un espacio cívico abierto que invita a la interacción, así como a un discurso entre las personas, el diseño, la naturaleza y la ciudad. El diseño incorpora planos flotantes que descansan en ángulos en puntos elevados dentro del parque, conectando el MPavilion con la ciudad. Las formas interconectadas de la estructura recuerdan materiales doblados como el origami. [...] El MPavilion en sí es una configuración geométrica ensamblada en dos mitades distintas sostenidas por un marco de portal de acero central. Dos superficies de celosías de madera se cruzan entre sí para formar el techo del pabellón. Una topografía alterada forma tres montículos que incorporan asientos, permitiendo multitud de experiencias: dinámicas, espontáneas y colectivas.” ([www.mpavilion.org](http://www.mpavilion.org)).



Imagen 2: MPavilion 2018, Fuente ([www.cpinos.com](http://www.cpinos.com))



*Imagen 3: MPavilion 2018, Fuente (www.cpinos.com)*

Al tratarse de un Proyecto pensado para ser trasladado a una nueva ubicación, y a fin de facilitar los cálculos tomando como referencia el Código Técnico de la Edificación se decide una nueva ubicación situada en el territorio español, concretamente en el municipio de Requena dentro de la provincia de Valencia. La nueva ubicación se propone por la posibilidad de obtener los materiales para su construcción de kilómetro cero y de esta forma reducir su huella de carbono relativa al transporte de materiales.



*Imagen 4: Municipio de Requena. Fuente Google Maps.*

Para el cálculo y su posterior comparación se realiza el modelo con dos materiales, el acero mediante perfiles laminados en caliente y en madera aserrada con secciones cuadradas y rectangulares. Habiendo ubicado el pabellón en Requena, se opta por diseñar la estructura con madera del Pino Negral (*Pinus nigra*) cuya clase resistente es la C22 tras contactar con una empresa de comercialización de madera estructural (Ayuntamiento de Cuenca Maderas S.A.) la cual garantiza esta resistencia C22 según el ANEXO 1 y su suministro.

## 2.2 MODELO ESTRUCTURAL

El modelo estructural se ha realizado a partir de las imágenes de alzados secciones y plantas encontradas en la página web del despacho de Carme Pinos, Imagen 5, 7 y 9.

A partir de estas imágenes se ha obtenido el modelo de la estructura 3D que será utilizado en el procedimiento de cálculo, Imagen 11 y 12

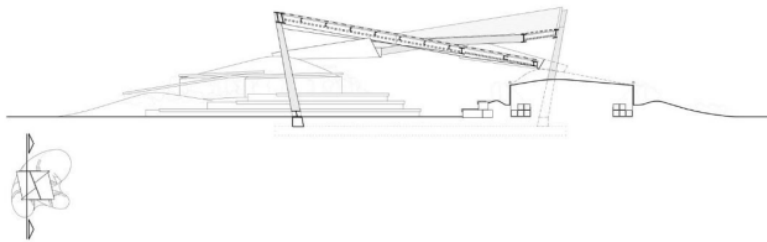


Imagen 5: Sección MPavilion 2018, Fuente ([www.cpinos.com](http://www.cpinos.com))

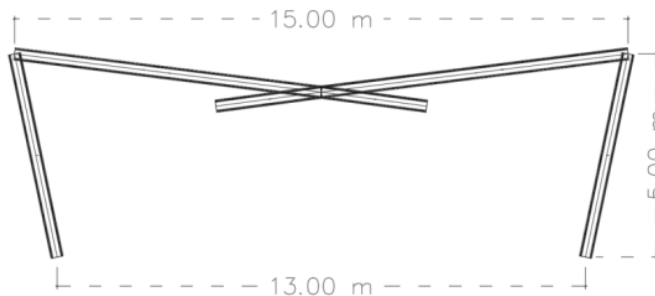


Imagen 6 Cotas de la sección de la Imagen 5, Dibujo propio

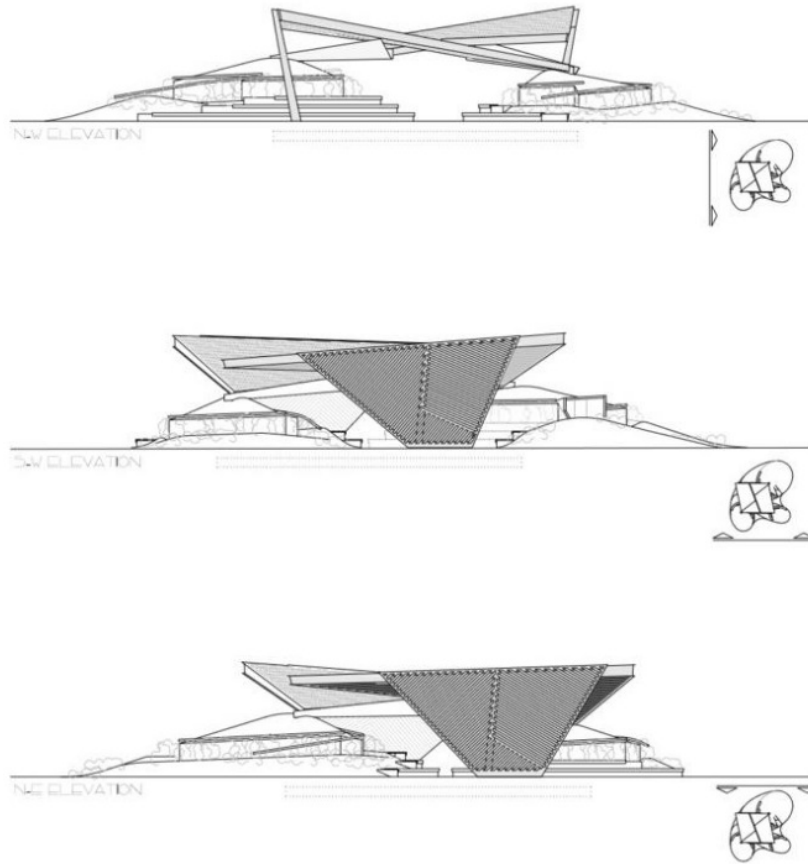


Imagen 7: Alzados MPavilion 2018, Fuente ([www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl))

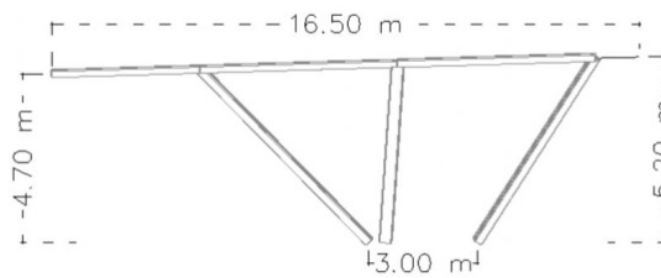


Imagen 8: Cotas del Alzado, Dibujo propio



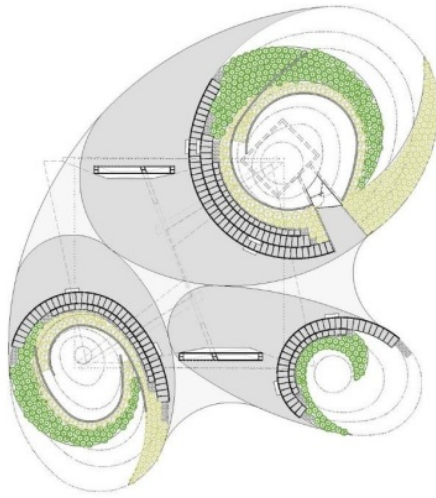


Imagen 9: Planta MPavilion 2018, Fuente ([www.cpinos.com](http://www.cpinos.com))

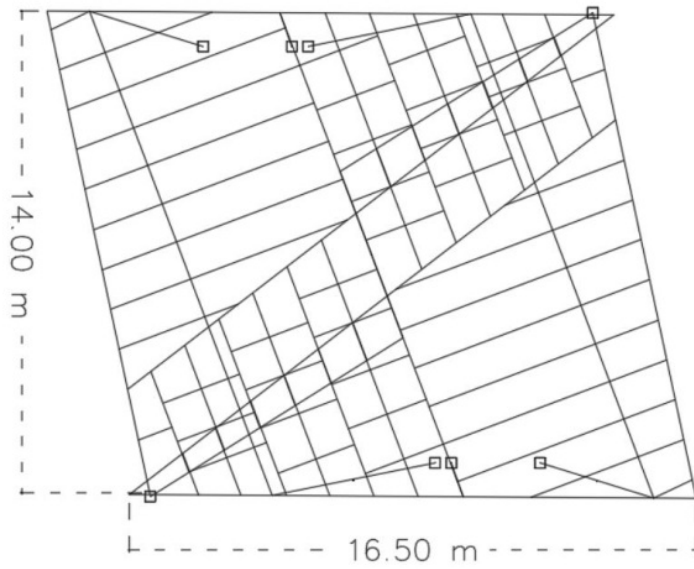
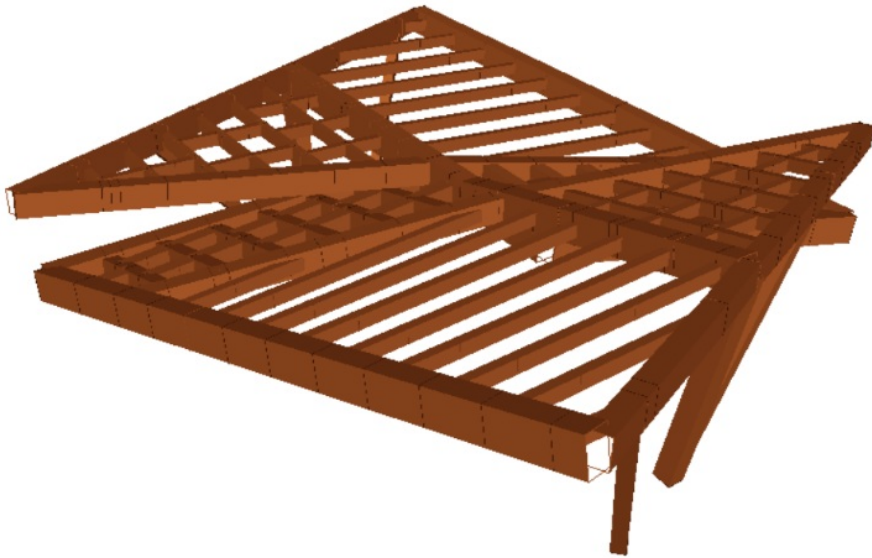


Imagen 10: Cotas de la planta de la Imagen 9, Dibujo propio



*Imagen 11: Modelo de la estructura de acero, Realizado con Architrave®*



*Imagen 12: Modelo de la estructura de madera, Realizado con Architrave®*

### 3.ACCIONES EN LA EDIFICACION (DB-SE-AE)

Según el código técnico de la edificación (CTE) dentro del documento básico, seguridad estructural, acciones en la edificación (DB-SE-AE) las cargas que actúan sobre un edificio y su estructura se clasifican en acciones permanentes y acciones variables.

#### 3.1. ACCIONES PERMANENTES

En la estructura a calcular se consideran como acciones permanentes únicamente el peso propio de los elementos de la estructura y del cerramiento. En este proyecto se tienen en cuenta el peso propio de las lamas de madera de los cerramientos, el peso de las placas de policarbonato transparente de la cubierta y el peso propio de los elementos estructurales.

##### 3.1.1 Peso propio

Cerramiento de lamas de madera: se consideran como una superficie homogénea de 32mm de espesor con un peso específico aparente de 3,5 kN/m<sup>3</sup> según el CTE, lo que se transforma en una carga de peso propio de 0,112 kN/m<sup>2</sup>. Al tener dos hojas de cerramiento hay que duplicar ese valor cuyo resultado es **0,224 kN/m<sup>2</sup>**.

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m <sup>3</sup>
<b>Madera</b>	
Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Laminada encolada	3,7 a 4,4
Tablero contrachapado	5,0
Tablero cartón gris	8,0
Aglomerado con cemento	12,0
Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Tablero ligero	4,0

Tabla 1: Valores pesos específicos, Fuente tabla C.1 DB-SE-AE

Placas Policarbonato compacto plano de espesor 8mm cuyo valor de carga es de **0,12 KN/m<sup>2</sup>**

Espesor (mm)	2	3	4	5	6	8	10	12
Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	9,6	12,0	14,4
Anchura (mm)	2.050 - 2.500							
Longitud (mm)	6.100							

Tabla 2: Valores de pesos de las placas de policarbonato, Fuente (www.aisluxgalicia.com)

**18** El peso propio de los elementos estructurales lo considera directamente el programa de cálculo Architrave®.

### **3** 3.2. ACCIONES VARIABLES

#### 3.2.1 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Los valores característicos de la sobrecarga de uso se toman de la **2** tabla 3.1 del DB-SE-AE. El valor de la carga de uso es **0,4 KN/m<sup>2</sup>**

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

**8** Tabla 3: Valores sobrecarga de uso, Fuente Tabla 3.1 CTE DB-SE-AE

### 8 3.2.2 Sobrecarga de viento.

La carga de viento es una fuerza perpendicular a todas las superficies expuestas del edificio, o presión estática  $q_e$ .

$$Q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

La presión dinámica del viento ( $q_b$ ) tiene un valor de forma simplificada para cualquier punto del territorio español igual a  $q_b = 0,5 \text{ KN/m}^2$ .

El coeficiente de exposición ( $c_e$ ) depende de la altura del proyecto y el grado de aspereza del entorno. Se determina según el punto 3.3.3 DB-SE-AE, y el valor es resultante es  $c_e = 1,3$ .

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

11 Tabla 4: Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ , Fuente tabla 3.4 CTE DB-SE-AE

El coeficiente eólico o de presión para estructuras diáfnas o naves viene expresado en el punto 3.3.5 del DB-SE-AE. Al tener un área de huecos superior al 30% del área total para cada uno de sus lados se considera la cubierta de la estructura como una marquesina. Por otro lado, al tener grandes huecos la sobrecarga de viento genera en los paramentos presión exterior y presión interior.

Para calcular el coeficiente de presión interior se utiliza la tabla 3.6 del DB-SE-AE, donde con un área de huecos en succión respecto al área total de huecos del 50% (0,5), y una esbeltez  $<1$  el coeficiente de presión interior  $c_{pi} = 0,1$ .

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
$\geq 4$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

3 1 Tabla 5: Coeficiente de presión interior, Fuente CTE DB-SE-AE

Entonces  $q_{ei} = 0,5 \times 1,3 \times 0,1 = 0,065 \text{ KN/m}^2$ .

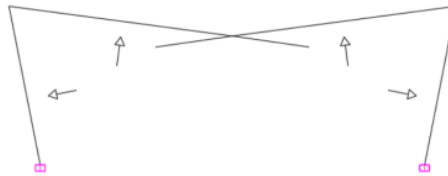


Imagen 13: Dirección del viento en presión interior ( $q_{ei}$ ), Dibujo propio

Para el cálculo de los coeficientes de presión exterior sobre los paramentos se consideran los valores del Anejo D.3 del DB-SE-AE.

Ejemplos de alzados

Planta

$e = \min(b, 2h)$

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
$\leq 1$	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Tabla 6: Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales,

Fuente tabla D.3 CTE-DB-SE-AE

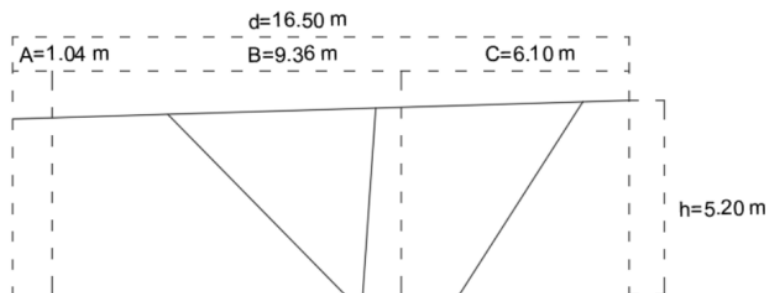


Imagen 14: Cotas de las áreas de viento en paramentos verticales, Dibujo propio

Paramentos verticales					
	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
$q_{ee}$ (KN/m <sup>2</sup> )	-0,78	-0,52	-0,325	0,52	-0,32

Tabla 7: Valores de la carga de viento en paramentos verticales, Elaboración propia

La carga de viento con dirección Norte-Sur es de presión en la superficie D, y de succión en la superficie E.

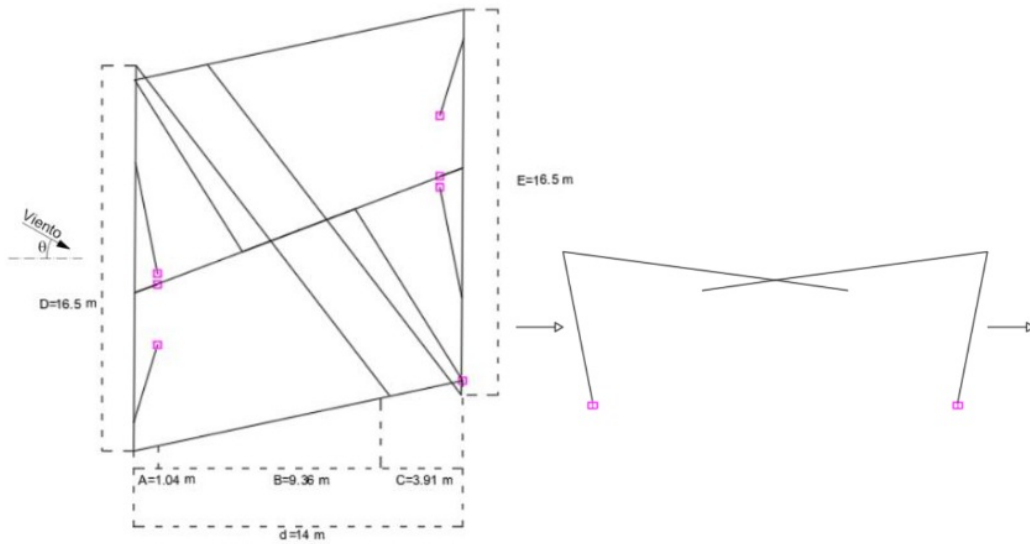


Imagen 15: Viento Norte-Sur, Dibujo propio

La carga de viento con dirección Sur-Norte es de presión en la superficie E y de succión en la superficie D.

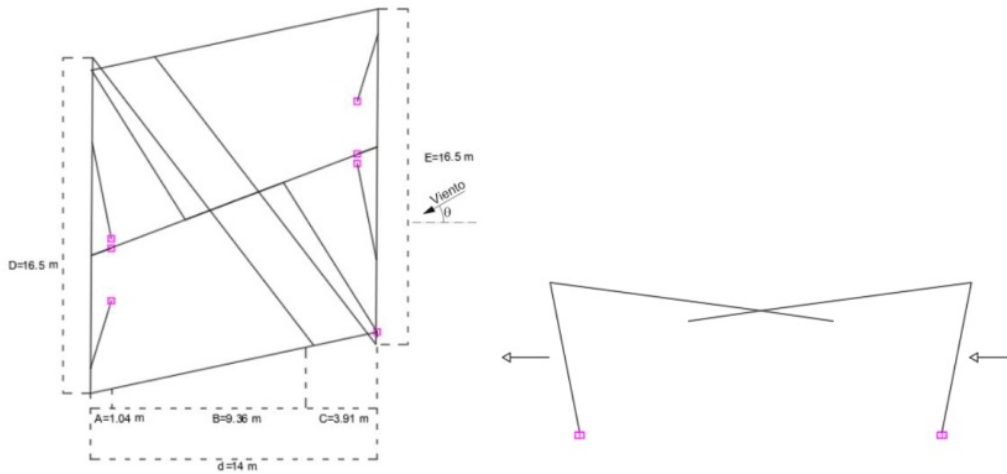


Imagen 16: Viento Sur-Norte, Dibujo propio

La carga de viento con dirección Este-Oeste y Oeste-Este es de succión en las superficies A, B, y C. Por la geometría del paramento vertical, el área A es nula, ya que no coincide con la superficie del cerramiento.

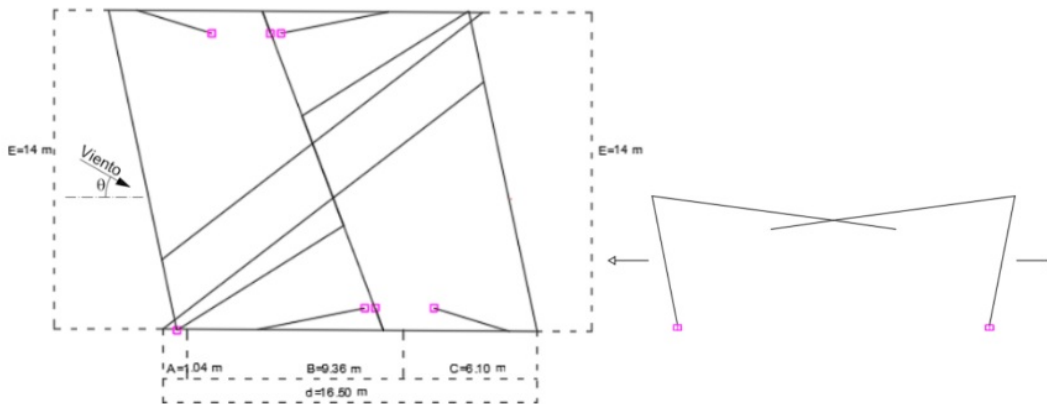
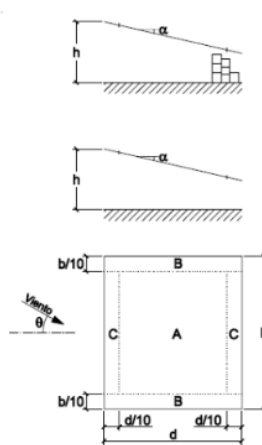


Imagen 17: Viento Este-Oeste, Dibujo propio

Por la geometría de la estructura se considera que la estructura está formada por dos marquesinas independientes, tomando los valores de la tabla de marquesinas a un agua.





Coeficientes de presión exterior					
$c_{pe,10}$					
Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Zona (según figura)		
			A	B	C
$\varphi=1$	0°	Abajo	0,5	1,8	1,1
		Arriba	0	-1,3	-1,4
		Arriba	1	-1,5	-1,8
	5°	Abajo	0,8	2,1	1,3
		Arriba	0	-1,1	-1,7
		Arriba	1	-1,6	-2,2
$\varphi=0$ Aizados	10°	Abajo	1,2	2,4	1,6
		Arriba	0	-1,5	-2,0
		Arriba	1	-2,1	-2,6
	15°	Abajo	1,4	2,7	1,8
		Arriba	0	-1,8	-2,4
		Arriba	1	-1,6	-2,9
	20°	Abajo	1,7	2,9	2,1
		Arriba	0	-2,2	-2,8
		Arriba	1	-1,6	-2,9
	25°	Abajo	2,0	3,1	2,3
		Arriba	0	-2,6	-3,2
		Arriba	1	-1,5	-2,5
30°	Abajo	2,2	3,2	2,4	
	Arriba	0	-3,0	-3,6	
	Arriba	1	-1,5	-2,2	

Tabla 8: Valor del coeficiente de presión exterior en marquesinas,

Fuente tabla D.10 CTE DB-SE-AE

Paramentos horizontales			
	A	B	C
$c_{pe}$	1,2	2,4	1,6
$q_{ee}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,78	1,56	1,04

Tabla 9: Valores de la carga de viento en paramentos horizontales, Elaboración propia

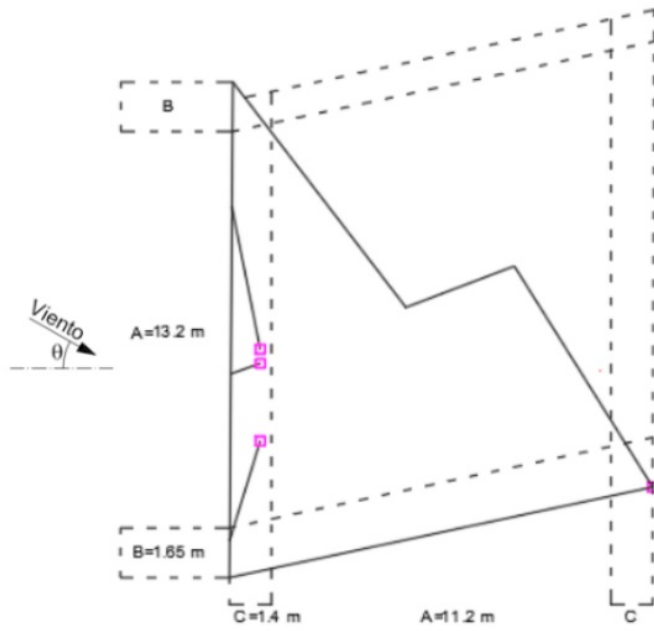


Imagen 18: Areas del viento Norte-Sur en paramento horizontal, Dibujo propio

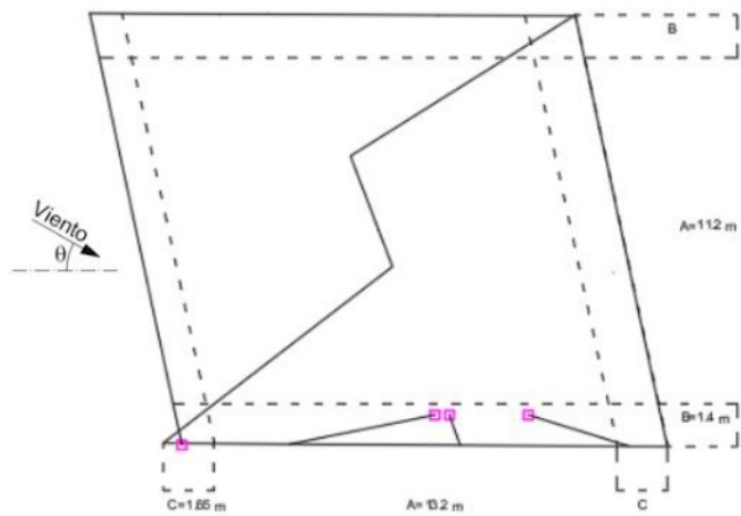


Imagen 19: Areas del viento Este-Oeste en paramento horizontal, Dibujo propio

Viento Norte-Sur		
Paramentos verticales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ D (KN/m <sup>2</sup> )	0,52 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ E (KN/m <sup>2</sup> )	0,32 KN/m <sup>2</sup>	succión
Paramentos horizontales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ A (KN/m <sup>2</sup> )	0,78 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ B (KN/m <sup>2</sup> )	1,56 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ C (KN/m <sup>2</sup> )	1,04 KN/m <sup>2</sup>	presión
Viento Sur-Norte		
Paramentos verticales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ E (KN/m <sup>2</sup> )	0,52 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ D (KN/m <sup>2</sup> )	0,32 KN/m <sup>2</sup>	succión
Paramentos horizontales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ A (KN/m <sup>2</sup> )	0,78 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ B (KN/m <sup>2</sup> )	1,56 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ C (KN/m <sup>2</sup> )	1,04 KN/m <sup>2</sup>	presión
Viento Este-Oeste		
Paramentos verticales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ B (KN/m <sup>2</sup> )	0,52 KN/m <sup>2</sup>	succión
$q_{ee}$ C (KN/m <sup>2</sup> )	0,325 KN/m <sup>2</sup>	succión
Paramentos horizontales		
$q_{ei}$ (KN/m <sup>2</sup> )	0,065 KN/m <sup>2</sup>	presión interior
$q_{ee}$ A (KN/m <sup>2</sup> )	0,78 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ B (KN/m <sup>2</sup> )	1,56 KN/m <sup>2</sup>	presión
$q_{ee}$ C (KN/m <sup>2</sup> )	1,04 KN/m <sup>2</sup>	presión

Tabla 10: Tabla resumen de las cargas de viento, Elaboración propia

### 3.2.3 Sobrecarga de nieve.

El valor de la carga de nieve se calcula mediante la fórmula:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

En cubiertas con pendientes <30% y sin limitación frente al deslizamiento de la nieve  $\mu = 1$  según 3.5.3 Coeficiente de forma del DB-SE-AE.

Al no estar situado en capital de provincia el valor de  $S_k$  viene dada, según la zona y la altitud de la ubicación del proyecto, en el Anejo E del DB-SE-AE. Requena se encuentra a una altitud de 700 m y pertenece a la zona climática 5, con lo que se obtiene un valor de  $S_k = 0,6 \text{ KN/m}^2$ .



Imagen 20: Zonas climáticas de invierno, Fuente Figura E.2 CTE DB-SE-AE

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 11: Valor de carga de nieve, Fuente Tabla E.2 CTE DB-SE-AE

El resultado de la carga de nieve por unidad de superficie es  $q_n = 0,6 \text{ KN/m}^2$ .

## 4. COMBINACIONES DE CARGAS

Hipótesis de Cargas	
HIP 01	Peso propio
HIP 02	Uso
HIP 03	Nieve
HIP 04	Viento fachada Norte-Sur
HIP 05	Sismo
HIP 06	Viento fachada Sur-Norte
HIP 07	Viento fachada Este-Oeste
HIP 08	Viento cubierta Norte-Sur
HIP 09	Viento cubierta Este-Oeste

Tabla 12: Hipótesis de carga usadas en Architrave®, Elaboración propia

El dimensionado de la estructura se realiza mediante las verificaciones basadas en coeficientes parciales, según el cual se combinan las distintas hipótesis de cargas correspondientes a una situación persistente o transitoria. Este valor se obtiene de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

siendo:

$(\gamma_G \cdot G_k)$  todas las acciones permanentes.

$(\gamma_Q \cdot Q_k)$  una acción variable cualquiera, se deben calcular distintos análisis para cada acción variable.

$(\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k)$  el resto de las acciones variables.

$\gamma$  coeficientes de seguridad según tabla 4.1 del CTE DB-SE.

$\Psi$  coeficientes de seguridad según tabla 4.2 del CTE DB-SE.

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 13: Coeficientes de seguridad para acciones, Fuente Tabla 4.1 CTE DB-SE

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

<sup>(1)</sup> En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 14: Coeficientes de simultaneidad, Fuente Tabla 4.1 CTE DB-SE

Las combinaciones de cargas deben realizarse para los dos tipos de estados límites. “Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.” Según el CTE DB-SE apartado 3.2.

#### 4.1 Combinación de los Estados Limite Últimos.

“Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.” <sup>1</sup> Según el CTE DB-SE apartado 3.2.1.

ELU 01 -- Resistencia, Persistente: Gravitatoria Uso
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP02}) + (0,75 \times \text{HIP03})$
ELU 02 -- Resistencia, Persistente: Gravitatoria Nieve
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02})$
ELU 03 -- Resistencia, Persistente: Uso: Viento N-S
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP02}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP04}) + (0,60 \times \text{HIP08})$
ELU 04 -- Resistencia, Persistente: Uso: Viento S-N
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP02}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP06}) + (0,60 \times \text{HIP08})$
ELU 05 -- Resistencia, Persistente: Uso: Viento E-O
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP02}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP07}) + (0,60 \times \text{HIP09})$
ELU 06 -- Resistencia, Persistente: Nieve: Viento N-S
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,50 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP04}) + (0,60 \times \text{HIP08})$
ELU 07 -- Resistencia, Persistente: Nieve: Viento S-N
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,50 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP06}) + (0,60 \times \text{HIP08})$
ELU 08 -- Resistencia, Persistente: Nieve: Viento E-O
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,60 \times \text{HIP07}) + (0,60 \times \text{HIP09})$
ELU 09 -- Resistencia, Persistente: Viento N-S
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,50 \times \text{HIP08}) + (1,50 \times \text{HIP04})$
ELU 10 -- Resistencia, Persistente: Viento S-N
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,50 \times \text{HIP08}) + (1,50 \times \text{HIP06})$
ELU 11 -- Resistencia, Persistente: Viento E-O
Factores de carga: $(1,35 \times \text{HIP01}) + (0,70 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,50 \times \text{HIP09}) + (1,50 \times \text{HIP07})$

Tabla 15: Listado de combinaciones de hipótesis (ELU), Fuente Architrave®

## 4.2 Combinación de los Estados Límites de Servicio

“Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.” Según el CTE DB-SE apartado 3.2.2.

Se deben considerar los estados límite de servicio relativos a las deformaciones por flechas de los elementos de la estructura.

Según el apartado 4.3.3.1 Flechas del CRE DB-SE “Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que: a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas; b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas; c) 1/300 en el resto de los casos.”

En este trabajo se usará la consideración c) 1/300 como límite de la flecha relativa.

No se consideran las limitaciones de confort de los usuarios ni la apariencia de la obra.

La primera por no tener sentido en una cubierta accesible sólo para mantenimiento, y la segunda por ser menos restrictiva que la que va a considerar al ser la carga de la combinación cuasi-permanente menor que la carga de la combinación característica.

ELS 01 – Característica: Gravitatoria Uso

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03})$

ELS 02 – Característica: Gravitatoria Nieve

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02})$

ELS 03 – Característica: Uso: Viento N-S

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,50 \times \text{HIP04}) + (0,50 \times \text{HIP08})$

ELS 04 – Característica: Uso: Viento S-N

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,50 \times \text{HIP06}) + (0,50 \times \text{HIP08})$



ELS 05 -- Característica: Uso: Viento E-O

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,50 \times \text{HIP07}) + (0,50 \times \text{HIP09})$

ELS 06 -- Característica: Nieve: Viento N-S

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,50 \times \text{HIP04}) + (0,50 \times \text{HIP08})$

ELS 07 -- Característica: Nieve: Viento S-N

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,50 \times \text{HIP06}) + (0,50 \times \text{HIP08})$

ELS 08 -- Característica: Nieve: Viento E-O

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP07}) + (0,50 \times \text{HIP09})$

ELS 09 -- Característica: Viento N-S

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP04}) + (1,00 \times \text{HIP08})$

ELS 10 -- Característica: Viento S-N

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP06}) + (1,00 \times \text{HIP08})$

ELS 11 -- Característica: Viento E-O

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP07}) + (1,00 \times \text{HIP09})$

ELS 12 -- Frecuente: Uso

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP02})$

ELS 13 -- Frecuente: Nieve

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,20 \times \text{HIP03})$

ELS 14 -- Frecuente: Viento N-S

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP04}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP08})$

ELS 15 -- Frecuente: Viento S-N

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP06}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP08})$

ELS 16 -- Frecuente: Viento E-O

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP09}) + (0,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP07})$

ELS 17 -- Casi Permanente

Factores de carga:  $(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02})$

Tabla 16: Listado de combinaciones de hipótesis (ELS), Fuente Architrave®

## 5. DIMENSIONADO ARCHITRAVE®.

### 5.1 Modelización de la estructura

Para realizar el cálculo y las comprobaciones de la estructura mediante *Architrave*® primero se debe realizar un modelo de barras en *AutoCAD*® sobre el cual se configuraron las diferentes acciones mediante la aplicación *Architrave*® para *AutoCAD*®.

Se asigna a cada barra una sección del material seleccionado. En este trabajo se utilizan secciones de perfiles metálicos IPE y HEB y secciones de madera aserrada de geometría rectangular y cuadrada.

Las cargas de pesos propios y las cargas variables de uso y nieve se aplican mediante áreas de reparto unidireccionales o de voladizo.

Las cargas variables del viento se asignan como cargas perpendiculares a cada una de las áreas de reparto.

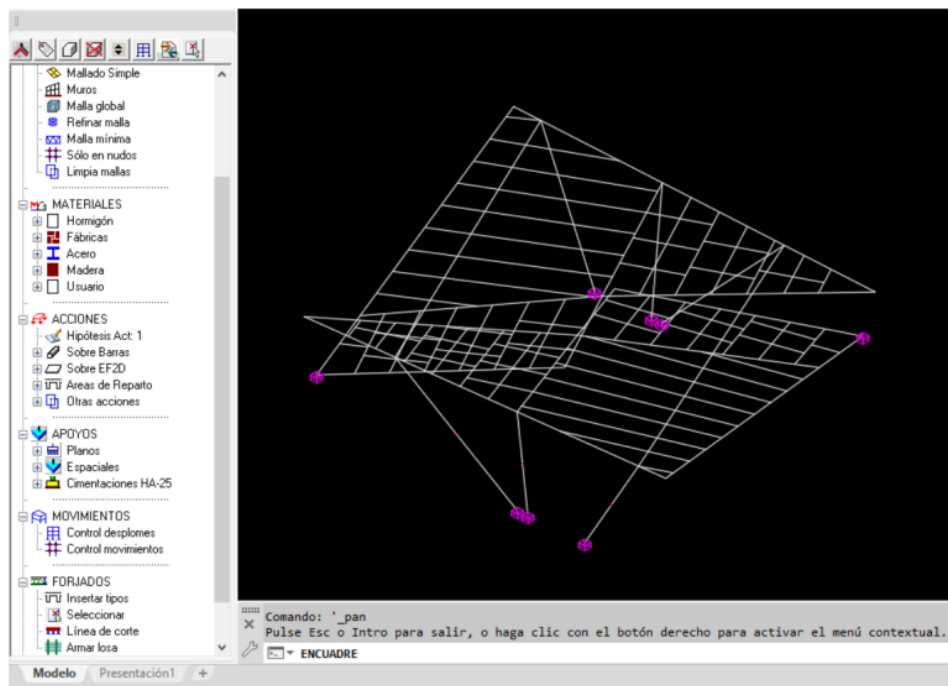


Imagen 21: Modelización de la estructura, Fuente Captura de pantalla de *AutoCAD*®

y la aplicación *Architrave*®

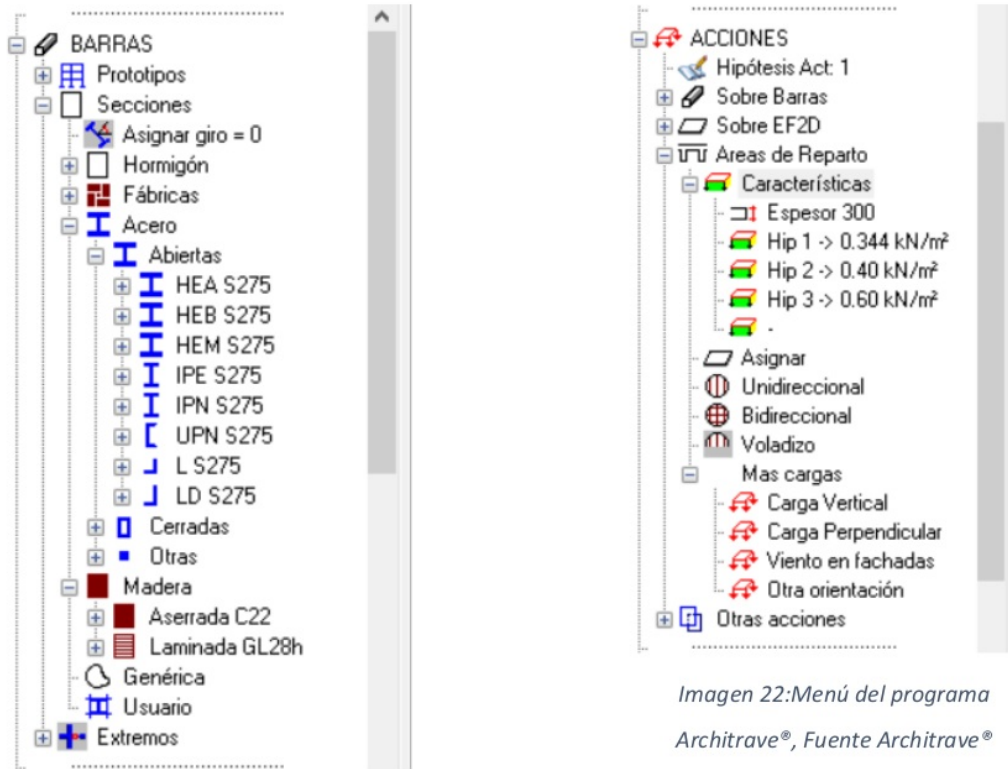


Imagen 22: Menú del programa Architrave®, Fuente Architrave®

Imagen 23: Menú del programa Architrave®,

Fuente Architrave®

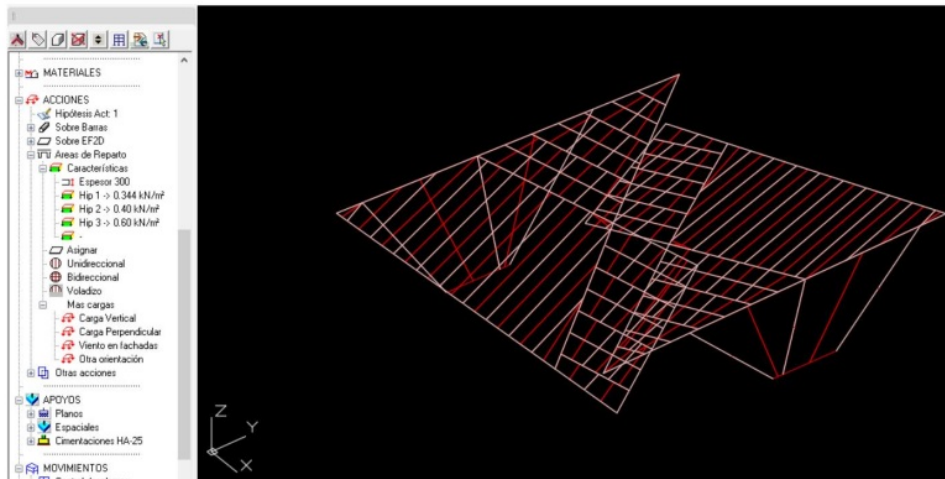


Imagen 24: Modelo estructural con las áreas de reparto asignadas, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave®

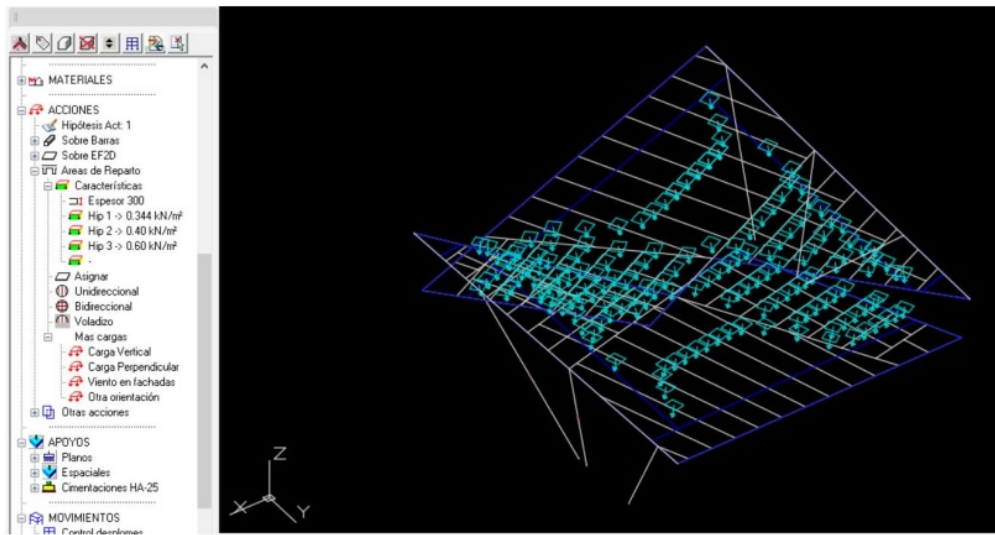


Imagen 25: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal A, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave®

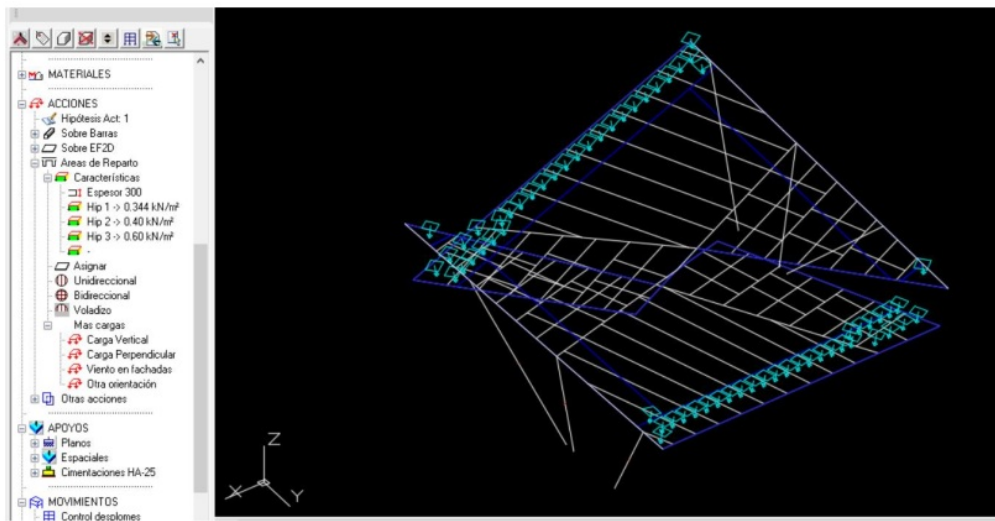


Imagen 26: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal B, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave®

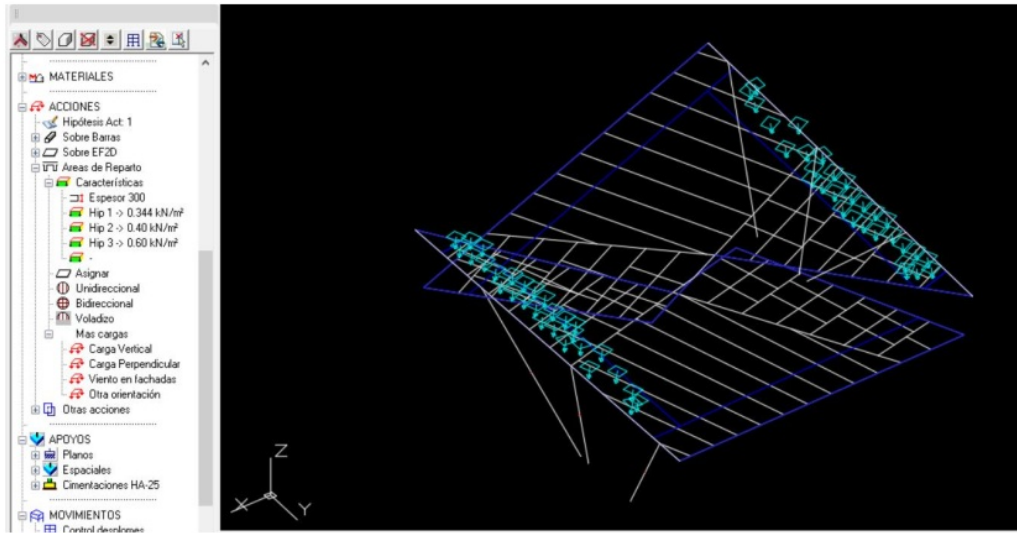


Imagen 27: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal C, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave®

## 5.2. Cálculo y dimensionado de los elementos estructurales

Finalizado el modelo estructural en AutoCAD® se genera el archivo de intercambio .avex que permite exportar la estructura al módulo de cálculo del programa Architrave®. Una vez importado el archivo de intercambio en el módulo de cálculo de Architrave® se revisan las combinaciones de hipótesis de carga que propone el programa por defecto, para que se ajusten a las calculadas en los apartados 4.1 y 4.2 de este trabajo.

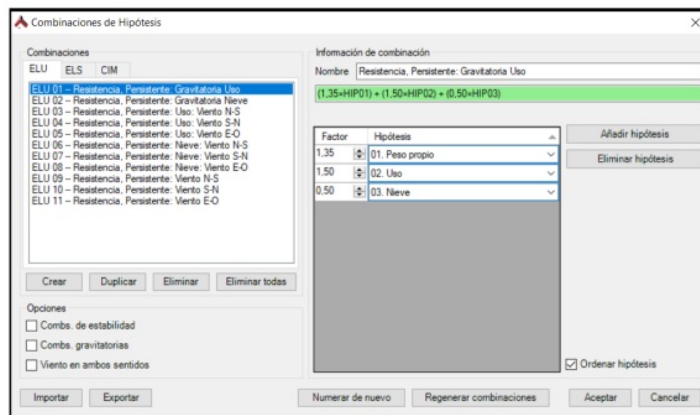


Imagen 28: Combinaciones de hipótesis (ELU), Fuente Captura de pantalla de Architrave®

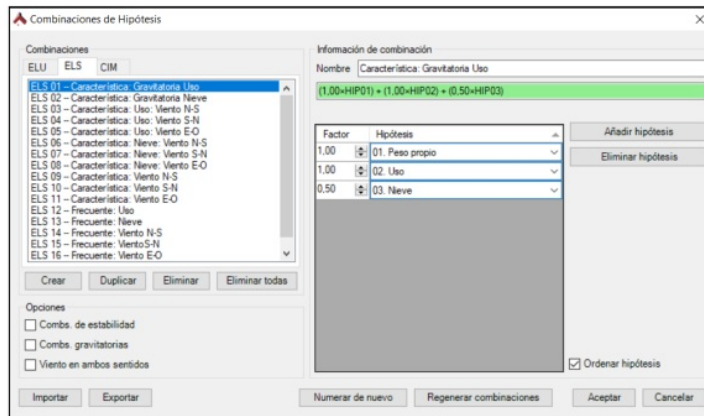


Imagen 29: Combinaciones de hipótesis (ELS), Fuente Captura de pantalla de Architrave®

Tras el análisis de la estructura (obtención de solicitaciones y movimientos) se dimensionan los elementos estructurales teniendo en cuenta el material y las limitaciones de flecha.

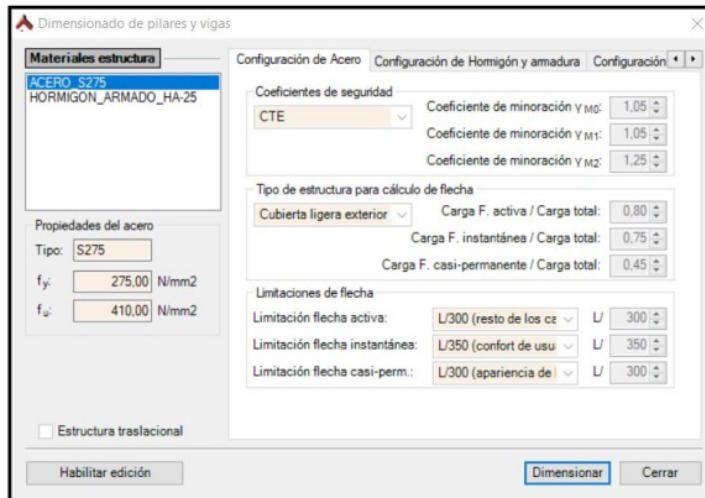


Imagen 30: Cuadro dialogo dimensionado de pilares y vigas, Fuente Captura de pantalla de Architrave®

Cuando se ha especificado todo se procede a dimensionar la estructura. En esta fase el programa indica que elementos no cumplen las condiciones de resistencia, pandeo y deformación. En el caso de no cumplir alguna barra, el propio programa permite optimizar dichas barras, proponiendo una nueva sección que cumpla las condiciones anteriores (la de menor peso, y por tanto, la más económica)

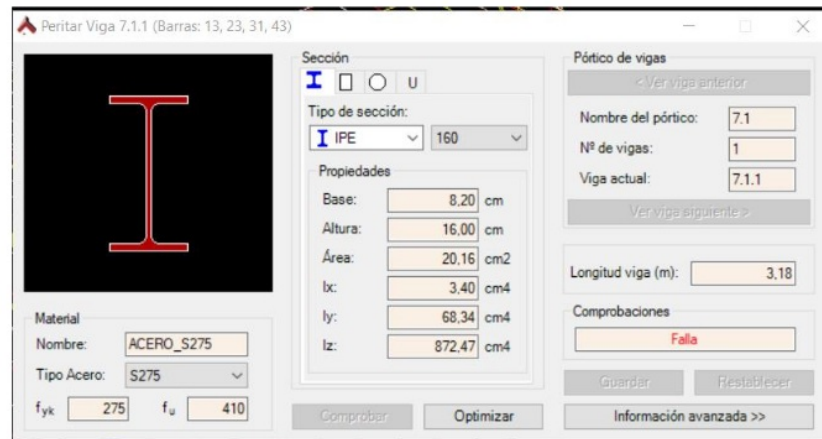


Imagen 31: Cuadro de peritar viga, Fuente Captura de pantalla de Architrave®

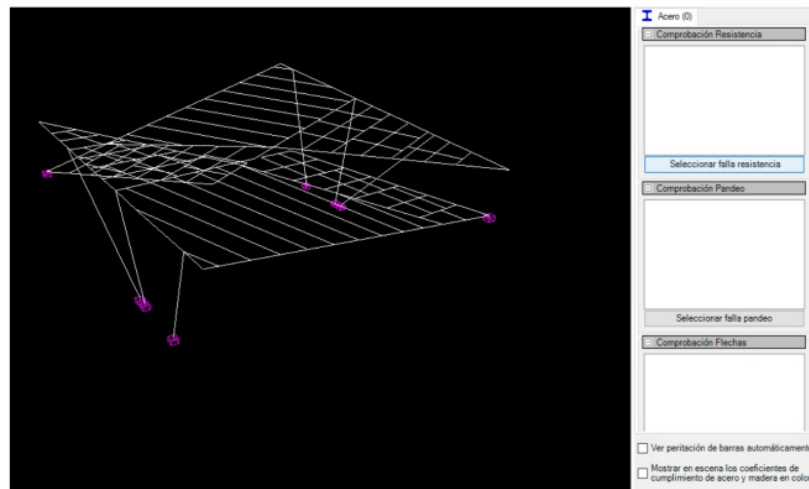


Imagen 32: Columna cumplimiento a las comprobaciones, Fuente Captura de pantalla de Architrave®

En el caso de la imagen 32 se considera que el dimensionado de la estructura cumple, dado que no aparece ningún fallo.

### 5.2.1 Dimensionado en acero

La estructura se ha calculado y dimensionado para el cumplimiento de las distintas combinaciones con perfiles de acero 275 IPE 160, 180, 220,240, 360,400, 500, 550 y perfiles HEB 200, 300, y 500. Al ser una estructura simétrica a continuación se muestra solo una mitad de la estructura completa, la otra mitad se construye con los mismos elementos.

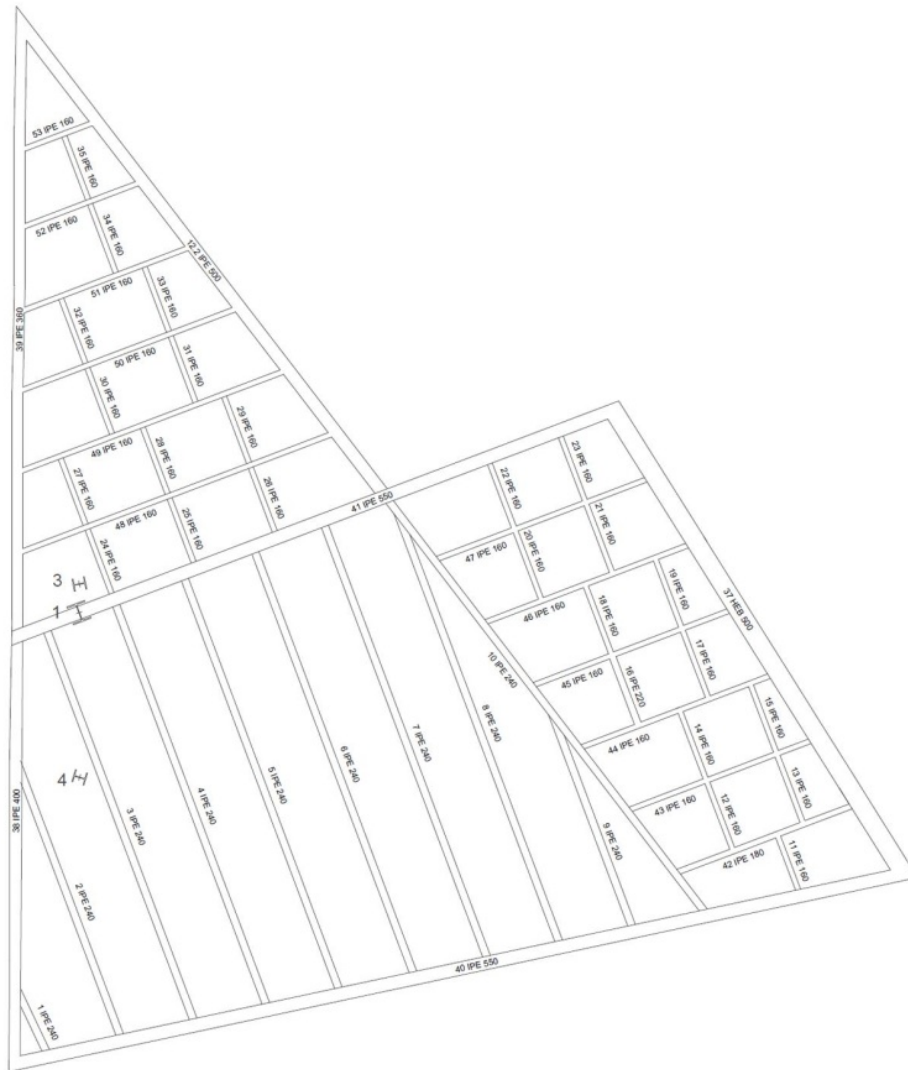


Imagen 33: Planta de vigas numeradas con sección de acero, Dibujo propio



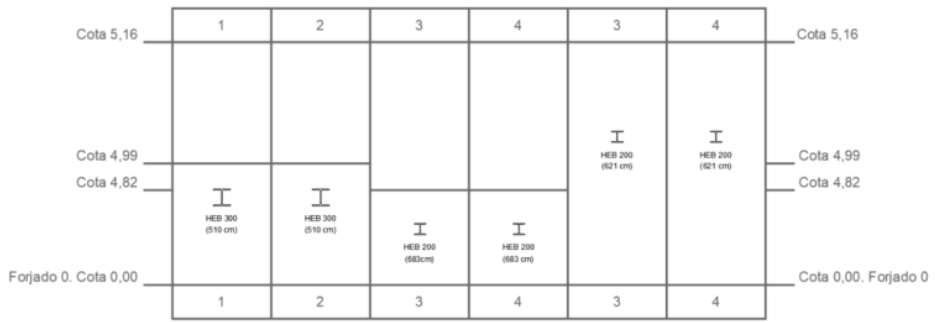


Imagen 34: Cuadro de pilares, Dibujo propio

## 5.2.2 Dimensionado madera

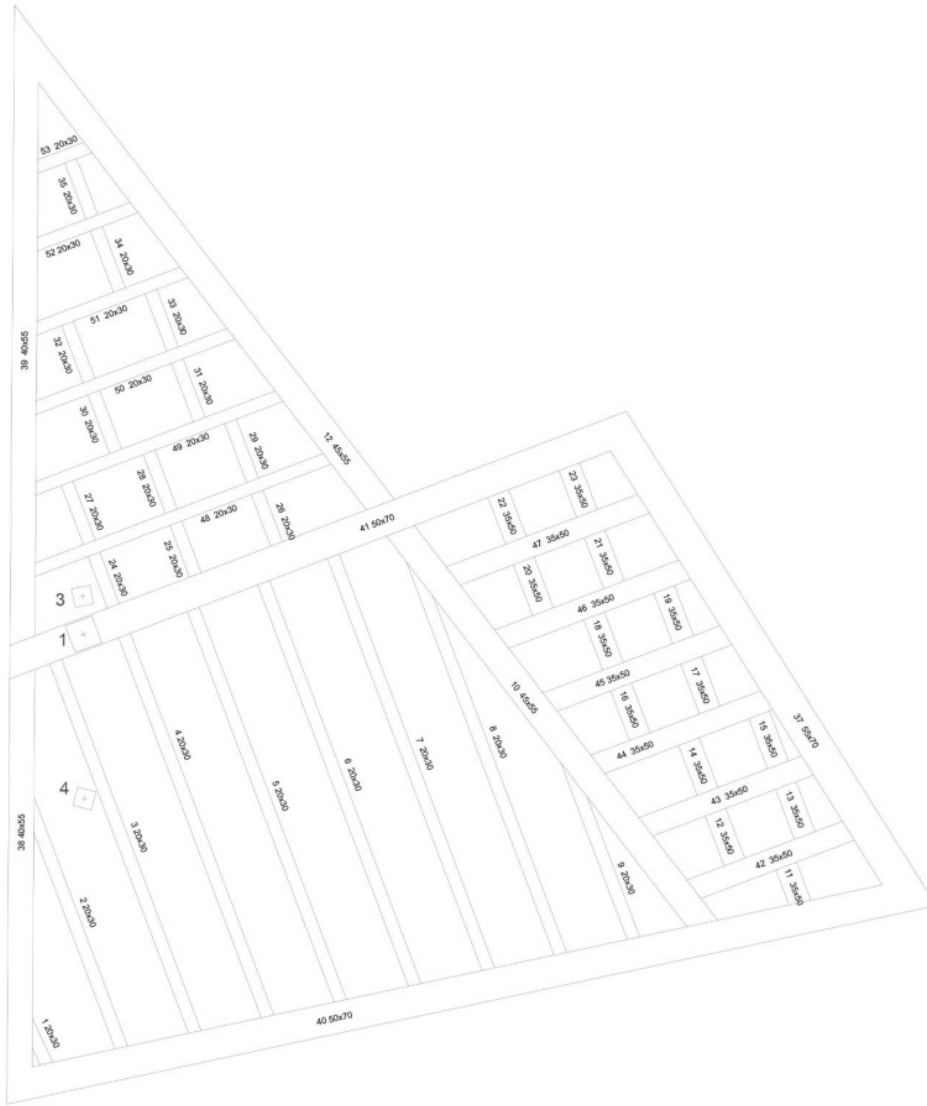
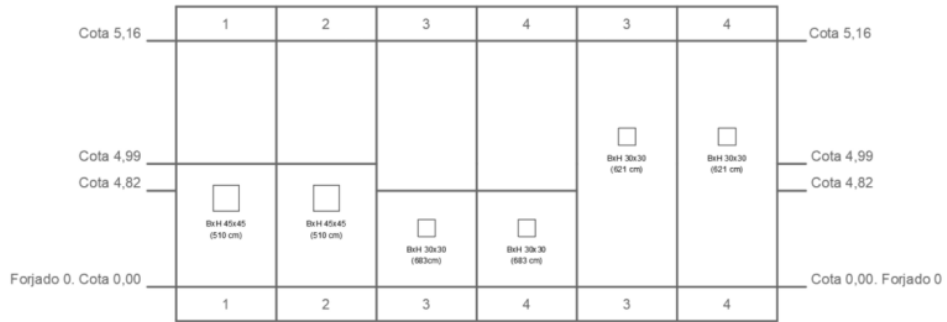


Imagen 35: Planta de vigas numeradas con sección de madera, Dibujo propio



*Imagen 36: Cuadro de pilares, Dibujo propio*

## 6. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Después del análisis y dimensionado se consideran válidas las dos estructuras: la original de acero y la propuesta de madera. Y se procede a calcular la huella de carbono. Para ello se tiene en cuenta el peso de los elementos.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a cada modelo se calculan considerando los valores facilitados por el <sup>16</sup> *banco de datos del Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña (BEDEC, ITeC, [www.itec.es](http://www.itec.es))*.

Según el BEDEC, en este cálculo se obtienen solamente las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por las barras de acero y de madera una vez colocadas en obra, ya que no se consideran las emisiones del transporte.

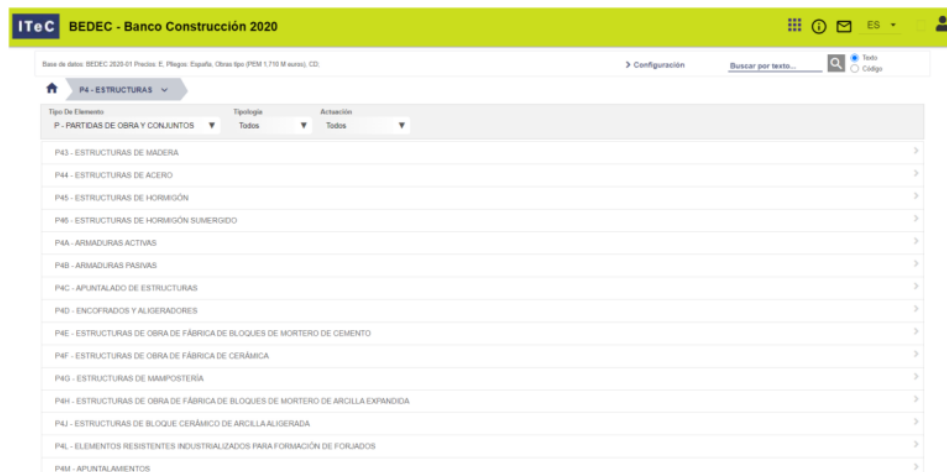


Imagen 37: BEDEC- Banco construcción 2020, Fuente [www.itec.es](http://www.itec.es)

INFORMACIÓN AMBIENTAL					
T	Consumo	Coste energético		Emisión CO2	
		MJ	kW-h	kg	
B44Z601A	Acero S275J0 según UNE-EN 10025-2, formado por pieza simple, en perfiles laminados en caliente serie	1,0000 kg	41,50	11,53	4,00
	B44Z-0LY6 IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, trabajado en el taller para colocar con soldadura y con una capa de imprimación antioxidante				
C200P000	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,0180 h	2,51	0,70	0,34
C206-00DW					
Total			44,01	12,23	4,33
T	Materia prima	Contenido materia primaria (%)	Contenido reciclado (%)		
			Pre-consumo	Post-consumo	
B44Z601A	Acero S275J0 según UNE-EN 10025-2, formado por pieza simple, en perfiles laminados en caliente serie IPN,	1,0000 kg	100,00%	0,00%	0,00%
	B44Z-0LY6 IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, trabajado en el taller para colocar con soldadura y con una capa de imprimación antioxidante				
Total		100,00%	0,00%	0,00%	

Imagen 38: Captura del valor de las emisiones de CO2 del acero en perfiles laminados en caliente, Fuente [www.itec.es](http://www.itec.es)

En la página del BEDEC no se han encontrado datos de la madera C22, por lo que se ha tomado el valor de emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de volumen de la madera C24.

INFORMACIÓN AMBIENTAL					
T	Consumo	Coste energético		Emisión CO2	
		MJ	kW-h	kg	
B433F250	Viga de madera de pino flandes C24 acabado aserrada, de 10x20 a 14x24 cm de sección y longitud hasta 5	1,0000 m3	1.260,00	350,00	36,04
	B430-12XI m, trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP2 (UNE-EN 351-1)				
Total			1.260,00	350,00	36,04
T	Materia prima	Contenido materia primaria (%)	Contenido reciclado (%)		
			Pre-consumo	Post-consumo	
B433F250	Viga de madera de pino flandes C24 acabado aserrada, de 10x20 a 14x24 cm de sección y longitud hasta 5	1,0000 m3	100,00%	0,00%	0,00%
	B430-12XI m, trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP2 (UNE-EN 351-1)				
Total		100,00%	0,00%	0,00%	

Imagen 39: Captura del valor de las emisiones de CO2 de la madera C24, Fuente [www.itec.es](http://www.itec.es)

De este modo, las emisiones de CO<sub>2</sub> calculadas para <sup>22</sup> cada uno de los elementos que constituyen la estructura analizada se detallan en las Tablas 17 y 18, para la estructura a base de perfiles de acero y perfiles de madera respectivamente.

IPE 160		16,116 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
11	1,05	16,9218	67,6872
12	1,2	19,3392	77,3568
13	1,2	19,3392	77,3568
14	1,2	19,3392	77,3568
15	1,2	19,3392	77,3568
17	1,2	19,3392	77,3568
18	1,2	19,3392	77,3568
19	1,2	19,3392	77,3568
20	1,22	19,66152	78,64608
21	1,22	19,66152	78,64608
22	1,22	19,66152	78,64608
23	1,22	19,66152	78,64608
24	1,22	19,66152	78,64608
25	1,22	19,66152	78,64608
26	1,22	19,66152	78,64608
27	1,22	19,66152	78,64608
28	1,22	19,66152	78,64608
29	1,22	19,66152	78,64608
30	1,19	19,17804	76,71216
31	1,19	19,17804	76,71216
32	1,19	19,17804	76,71216
33	1,19	19,17804	76,71216
34	1,2	19,3392	77,3568
35	1,2	19,3392	77,3568
43	3,3	53,1828	212,7312
44	3,42	55,11672	220,46688
45	3,54	57,05064	228,20256
46	3,66	58,98456	235,93824
47	3,78	60,91848	243,67392
48	5,44	87,67104	350,68416
49	4,61	74,29476	297,17904
50	3,78	60,91848	243,67392
51	2,96	47,70336	190,81344
52	2,1	33,8436	135,3744
53	1,3	20,9508	83,8032
IPE 180		19,176 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
42	3,18	60,97968	243,91872
IPE 220		26,724 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
16	1,7	32,0688	128,2752

IPE 240		31,114 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
1	1,25	39,1425	156,57
2	4,76	149,05464	596,21856
3	6,78	212,30892	849,23568
4	6,96	217,94544	871,78176
5	7,14	223,58196	894,32784
6	7,33	229,53162	918,12648
7	7,51	235,16814	940,67256
8	7,39	231,41046	925,64184
9	3,72	116,48808	465,95232
10	8,46	264,91644	1059,66576
IPE 360		58,242 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
39	9,73	566,69466	2266,77864
IPE 400		67,626 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
38	6,78	458,50428	1834,01712
IPE 500		92,514 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
36	9,48	877,03272	3508,13088
IPE 550		108,12 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
40	14,67	1586,1204	6344,4816
41	10,19	1101,7428	4406,9712
HEB 200		62,526 (Kg/m)	
Pilar	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
3	6,83	427,05258	1708,21032
4	6,21	388,28646	1553,14584
5	6,21	388,28646	1553,14584
6	6,83	427,05258	1708,21032
HEB 300		119,34 (Kg/m)	
Pilar	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
1	5,1	608,634	2434,536
2	5,1	608,634	2434,536
HEB 500		190,74 (Kg/m)	
Viga	Longitud (m)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)
37	8,76	1670,8824	6683,5296

Tabla 17: Cálculo de la huella de carbono de la estructura en acero, Elaboración propia

40x55		0,22 m2	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
38	6,78	1,4916	53,757264
39	9,73	2,1406	77,147224
45x55		0,2475 m2	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
10	8,46	2,09385	75,462354
36	9,48	2,3463	84,560652
55x70		0,385 m2	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
37	8,76	3,3726	121,548504
50x70		0,35 m3	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
40	14,67	5,1345	185,04738
41	10,19	3,5665	128,53666
20x30		0,06 m3	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
1	1,25	0,075	2,703
2	4,76	0,2856	10,293024
3	6,78	0,4068	14,661072
4	6,96	0,4176	15,050304
5	7,14	0,4284	15,439536
6	7,33	0,4398	15,850392
7	7,51	0,4506	16,239624
8	7,39	0,4434	15,980136
9	3,72	0,2232	8,044128
24	1,22	0,0732	2,638128
25	1,22	0,0732	2,638128
26	1,22	0,0732	2,638128
27	1,22	0,0732	2,638128
28	1,22	0,0732	2,638128
29	1,22	0,0732	2,638128
30	1,19	0,0714	2,573256
31	1,19	0,0714	2,573256
32	1,19	0,0714	2,573256
33	1,19	0,0714	2,573256
34	1,2	0,072	2,59488
35	1,2	0,072	2,59488
48	5,44	0,3264	11,763456
49	4,61	0,2766	9,968664
50	3,78	0,2268	8,173872
51	2,96	0,1776	6,400704
52	2,1	0,126	4,54104
53	0,7	0,078	2,81112

35x50		0,175 m3	
Viga	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
11	1,05	0,18375	6,62235
12	1,2	0,21	7,5684
13	1,2	0,21	7,5684
14	1,2	0,21	7,5684
15	1,2	0,21	7,5684
16	1,2	0,21	7,5684
17	1,2	0,21	7,5684
18	1,2	0,21	7,5684
19	1,2	0,21	7,5684
20	1,22	0,2135	7,69454
21	1,22	0,2135	7,69454
22	1,22	0,2135	7,69454
23	1,22	0,2135	7,69454
42	3,18	0,5565	20,05626
43	3,3	0,5775	20,8131
44	3,42	0,5985	21,56994
45	3,54	0,6195	22,32678
46	3,66	0,6405	23,08362
47	3,78	0,6615	23,84046
30x30		0,09 m3	
Pilar	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
P1	5,1	0,459	16,54236
P2	5,1	0,459	16,54236
45x45		0,2025 m3	
Pilar	Longitud (m)	Volumen (m3)	CO <sub>2</sub> (Kg)
P3	6,83	1,383075	49,846023
P4	6,21	1,257525	45,321201
P5	6,21	1,257525	45,321201
P6	6,83	1,383075	49,846023

Tabla 18: Cálculo de la huella de carbono de la estructura en madera, Elaboración propia

## 7. DISCUSION Y CONCLUSIONES

En este trabajo final de grado se ha modelizado el MPavilion 2018 de Carmen Pinós proyectado y construido inicialmente con estructura de acero, con una estructura resuelta con madera de pino.

Además, se ha propuesto una ubicación alternativa y se ha contactado con una empresa de comercialización de madera estructural de la zona que garantiza un suministro de km cero.

Para la modelización, el análisis y el dimensionado se han tenido en cuenta <sup>2</sup> los siguientes documentos básicos del Código Técnico:

- DB SE
- DB SE AE
- DB SE A
- DB SE M

Siendo una las principales complicaciones la evaluación de la acción del viento sobre los cerramientos y la cubierta pabellón, teniendo en cuenta la peculiaridad de la forma además de la permeabilidad del mismo.

Se ha utilizado el programa de cálculo de estructuras Architrave® para calcular y dimensionar los dos modelos estructurales, y para finalizar se ha calculado la huella de carbono en función del peso de los elementos estructurales de cada una de las soluciones teniendo en cuenta <sup>21</sup> los datos proporcionados por la base de datos del BEDEC.

En cuanto a los resultados obtenidos, las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a la estructura proyectada y construida por Carme Pinós superan las 86 Toneladas, mientras que el mismo pabellón construido con madera de pino apenas produciría unas emisiones de 2,5 Toneladas de CO<sub>2</sub>, tal y como puede observarse en las tablas 17 y 18.

Es decir, la huella de carbono de la estructura de madera apenas representa el 2.9% de la correspondiente a la estructura de acero.

Adicionalmente, considerando que el <sup>2</sup> peso total de la estructura de acero es de 21545 kg y el de la alternativa propuesta construida en madera de 70 m<sup>3</sup> (equivalente a 23800



kg), el dimensionado de la cimentación de hormigón requerirá algo menos de volumen de hormigón para la propuesta de acero, lo que dará lugar a una menor diferencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> al considerar el hormigón de la cimentación.

Finalmente, tal y como se ha dicho en el apartado anterior, en los cálculos realizados no se han tenido en cuenta las emisiones generadas por el transporte, sin embargo, al haber elegido un tipo de madera de km cero para el proyecto alternativo, la diferencia con la huella de carbono de la estructura de acero será aún mayor.

## 8. REFERENCIAS

Ministerio de Fomento. (2019). *Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad Estructural*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Ministerio de Fomento. (2009). *Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Ministerio de Fomento. (2008). *Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad Estructural: Acero*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Ministerio de Fomento. (2019). *Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad Estructural: Madera*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Alonso Durá, Adolfo, Cabrera i Fausto, Iván, Fenollosa Forner, Ernesto, Martínez Boquera, Arturo, Pérez García, Agustín, Serrano Lanzarote, Begoña. (2012). *Introducción a las estructuras de edificación, Prontuario*. Valencia: Editorial UPV.

Pérez-García, Agustín, Alonso Durá, Alfonso, Gómez-Martínez, Fernando; Alonso Avalos, José Miguel and Lozano Lloret, Pau. *Architrave® 2019* [online]. 2019. Valencia (Spain), Universitat Politècnica de València. 2019. Available from: [www.architrave.es](http://www.architrave.es)

Vignote Peña, Santiago. *Principales maderas de coníferas en España*

Estudio Carme Pinós [www.cpinos.com](http://www.cpinos.com)

Naciones unidas, Objetivos de desarrollo sostenible  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Banco de datos BEDEC del instituto de tecnología de la construcción de Cataluña – IteC  
[www.itec.es](http://www.itec.es)

Iniciativa MPavilion [www.mpavilion.org](http://www.mpavilion.org)

Plataforma arquitectura, MPAVILION 2018 / Estudio Carme Pinós (2019)  
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/910674/mpavilion-2018-estudio-carme-pinos>

Aislux Galicia [www.aisluxgalicia.com](http://www.aisluxgalicia.com)

## 9.ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente (www.un.org) .....	4
Imagen 2: MPavilion 2018, Fuente (www.cpinos.com) .....	6
Imagen 3: MPavilion 2018, Fuente (www.cpinos.com) .....	7
Imagen 4: Municipio de Requena. Fuente Google Maps .....	7
Imagen 5: Sección MPavilion 2018, Fuente (www.cpinos.com) .....	8
Imagen 6 Cotas de la sección de la Imagen 5, Dibujo propio.....	8
Imagen 7: Alzados MPavilion 2018, Fuente (www.plataformaarquitectura.cl).....	9
Imagen 8: Cotas del Alzado, Dibujo propio .....	9
Imagen 9: Planta MPavilion 2018, Fuente (www.cpinos.com) .....	10
Imagen 10: Cotas de la planta de la Imagen 9, Dibujo propio .....	10
Imagen 11: Modelo de la estructura de acero, Realizado con Architrave®.....	11
Imagen 12: Modelo de la estructura de madera, Realizado con Architrave®.....	11
Imagen 13: Dirección del viento en presión interior ( $q_{ei}$ ), Dibujo propio .....	15
Imagen 14: Cotas de las áreas de viento en paramentos verticales, Dibujo propio.....	15
Imagen 15: Viento Norte-Sur, Dibujo propio .....	16
Imagen 16: Viento Sur-Norte, Dibujo propio .....	17
Imagen 17: Viento Este-Oeste, Dibujo propio.....	17
Imagen 18:Áreas del viento Norte-Sur en paramento horizontal, Dibujo propio .....	19
Imagen 19:Áreas del viento Este-Oeste en paramento horizontal, Dibujo propio.....	19
Imagen 20: Zonas climáticas de invierno, Fuente Figura E.2 CTE DB-SE-AE .....	21
Imagen 21:Modelización de la estructura, Fuente Captura de pantalla de AutoCAD®	27
Imagen 22:Menú del programa Architrave®, Fuente Architrave® .....	28
Imagen 23: Menú del programa Architrave®,.....	28
Imagen 24: Modelo estructural con las áreas de reparto asignadas, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave® .....	28
Imagen 25: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal A, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave® .....	29
Imagen 26: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal B, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave® .....	29
Imagen 27: Carga de viento Norte-Sur en paramento horizontal C, Captura de pantalla de AutoCAD® y la aplicación Architrave® .....	30
Imagen 28: Combinaciones de hipótesis (ELU), Fuente Captura de pantalla de Architrave® .....	30
Imagen 29: Combinaciones de hipótesis (ELS), Fuente Captura de pantalla de Architrave® .....	31
Imagen 30: Cuadro dialogo dimensionado de pilares y vigas, Fuente Captura de pantalla de Architrave® .....	31
Imagen 31: Cuadro de peritar viga, Fuente Captura de pantalla de Architrave® .....	32

Imagen 32: Columna cumplimiento a las comprobaciones, Fuente Captura de pantalla de Architrave® .....	32
Imagen 33: Planta de vigas numeradas con sección de acero, Dibujo propio .....	33
Imagen 34: Cuadro de pilares, Dibujo propio .....	34
Imagen 35: Planta de vigas numeradas con sección de madera, Dibujo propio .....	35
Imagen 36: Cuadro de pilares, Dibujo propio .....	36
Imagen 37: BEDEC- Banco construcción 2020, Fuente <a href="http://www.itec.es">www.itec.es</a> .....	37
Imagen 38: Captura del valor de las emisiones de CO2 del acero en perfiles laminados en caliente, Fuente <a href="http://www.itec.es">www.itec.es</a> .....	38
Imagen 39: Captura del valor de las emisiones de CO2 de la madera C24, Fuente <a href="http://www.itec.es">www.itec.es</a> .....	38

## 10.ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Valores pesos específicos, Fuente tabla C.1 DB-SE-AE.....	12
Tabla 2: Valores de pesos de las placas de policarbonato, Fuente (www.aisluxgalicia.com).....	13
Tabla 3: Valores sobrecarga de uso, Fuente Tabla 3.1 CTE DB-SE-AE.....	13
Tabla 4: Valores del coeficiente de exposición $c_e$ , Fuente tabla 3.4 CTE DB-SE-AE .....	14
Tabla 5: Coeficiente de presión interior, Fuente CTE DB-SE-AE.....	14
Tabla 6: Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales, .....	15
Tabla 7: Valores de la carga de viento en paramentos verticales, Elaboración propia .	16
Tabla 8: Valor del coeficiente de presión exterior en marquesinas,.....	18
Tabla 9: Valores de la carga de viento en paramentos horizontales, Elaboración propia .....	18
Tabla 10: Tabla resumen de las cargas de viento, Elaboración propia .....	20
Tabla 11: Valor de carga de nieve, Fuente Tabla E.2 CTE DB-SE-AE.....	21
Tabla 12: Hipótesis de carga usadas en Architrave®, Elaboración propia .....	22
Tabla 13: Coeficientes de seguridad para acciones, Fuente Tabla 4.1 CTE DB-SE .....	23
Tabla 14:Coeficientes de simultaneidad, Fuente Tabla 4.1 CTE DB-SE .....	23
Tabla 15:Listado de combinaciones de hipótesis (ELU), Fuente Architrave® .....	24
Tabla 16:Listado de combinaciones de hipótesis (ELS), Fuente Architrave® .....	26
Tabla 17:Calculo de la huella de carbono de la estructura en acero, Elaboración propia .....	39
Tabla 18: Calculo de la huella de carbono de la estructura en madera, Elaboración propia.....	40

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE  
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universitat Politècnica de València	4%
	Trabajo del estudiante	
2	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid	1%
	Trabajo del estudiante	
3	biblioteca.unirioja.es	1%
	Fuente de Internet	
4	mpavilion.org	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to 53250	1%
	Trabajo del estudiante	
6	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
7	docplayer.es	1%
	Fuente de Internet	
8	upcommons.upc.edu	<1%
	Fuente de Internet	
9	academica-e.unavarra.es	<1%
	Fuente de Internet	

---

10	<a href="http://repositorio.ufpe.br">repositorio.ufpe.br</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="http://uvadoc.uva.es">uvadoc.uva.es</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://salud.edomex.gob.mx">salud.edomex.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1%
13	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	<1%
15	<a href="http://www.wartaardhia.com">www.wartaardhia.com</a> Fuente de Internet	<1%
16	<a href="http://www.elcano.com">www.elcano.com</a> Fuente de Internet	<1%
17	<a href="http://futur.upc.edu">futur.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1%
18	<a href="http://m.riunet.upv.es">m.riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1%
19	<a href="http://www.adingor.es">www.adingor.es</a> Fuente de Internet	<1%
20	<a href="http://www.em-consulte.com">www.em-consulte.com</a> Fuente de Internet	<1%
21	<a href="http://allies.alliance21.org">allies.alliance21.org</a>	

---

	Fuente de Internet	<1%
22	soko.com.ar Fuente de Internet	<1%
23	epale.ec.europa.eu Fuente de Internet	<1%
24	ddd.uab.cat Fuente de Internet	<1%
25	oa.upm.es Fuente de Internet	<1%
26	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
27	Submitted to Universidad de Vigo Trabajo del estudiante	<1%
28	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
29	pinturasonline.es Fuente de Internet	<1%
30	pdc.diputaciodelatarragona.cat Fuente de Internet	<1%



Excluir bibliografía

Activo