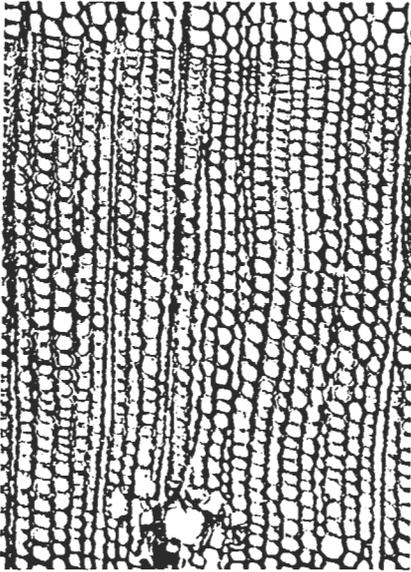


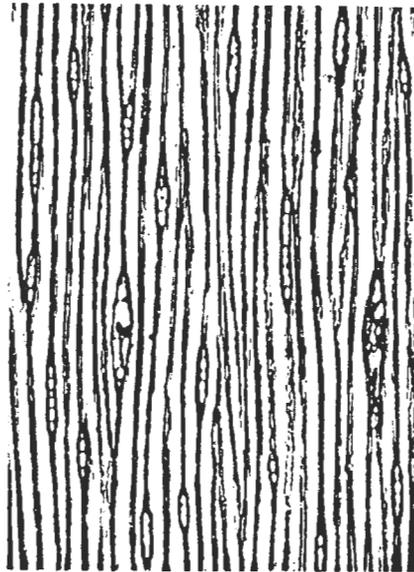
PINO INSIGNIS

Santiago Vignote Peña
Ingeniero de Montes, de AITIM

Nombre botánico: *Pinus radiata* D. Don
Sinonimia: *Pinus insignis* Dougl
Nombres vulgares: Pino insignis, pino de Monterrey
Orden: Coniferales
Familia: Pinaceae



Sección transversal $\times 75$



Sección tangencial $\times 75$



Sección radial $\times 550$

1. INTRODUCCION.

El *Pinus radiata* D. Don, vulgarmente llamado pino insignis o de Monterrey, es un pino cuya área natural se reduce a menos de 4.000 Ha. de la costa californiana, con tres pequeños núcleos en Swanton, Cambria y Monterrey, además de las islas de Santa Rosa, Santa Cruz y Guadalupe.

Actualmente se le ha difundido artificialmente por el Suroeste de Europa, Nueva Zelanda, Chile, Sudáfrica y Suroeste de Australia, superando las masas de repoblación el millón de Ha.

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 insignis.

El pino insignis fué introducido por primera vez en España, a mediados del siglo XIX por el ilustre dendrólogo D. Carlos Adan de Yarza, que logró reunir en su parque de Zubieta, inmensidad a la villa de Lequeitio, multitud de especies exóticas, sobre todo coníferas. Su hijo, D. Mario Adan de Yarza, viendo la perfecta adaptación y rápido crecimiento de alguna de estas especies, repobló algunos montes con estas coníferas. Al cabo de unas décadas se pudo confirmar el éxito de estas especies y sobre todo, del pino insignis, iniciando con ello el camino de su extensión. En menos de tres cuartos de siglo la extensión de esta especie alcanzaba el cuarto de millón de Ha.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA.

2.1. Características morfológicas del árbol.

El pino insignis 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, bastante cónico, coeficiente mórfico a los 25 años de edad alrededor de 0,45, aumentando con la menor calidad de la masa, no teniendo relación el coeficiente mórfico con la densidad de la masa. (*)

Ramas verticiladas en forma de brazos de candelabro, horizontales o erecto patentes en el arranque, vertical y ascendente en sus extremos, cortas en relación a los entrenudos, dando al árbol un aspecto característico. El número de brotes anuales suele ser de dos, si bien en ocasiones pueden ser más. Las ramas son bastantes persistentes aún con falta de luz, por lo que para su eliminación no basta con buscar una máxima espesura, sino que es necesario realizar las podas artificialmente. Si bien con la

espesura no se eliminan las ramas, esta si tiene influencia en su desarrollo y, por tanto, en el tamaño de los nudos de la madera.

La distancia entre ramas oscila bastante según las condiciones del terreno, no obstante se puede establecer una media de alrededor de medio metro. Esta distancia puede modificarse, con la espesura de la masa en alrededor de un 20% (**), siendo a mayor espesura, mayor el entrenudo.

2.2. Características de las trozas.

Las trozas poseen una buena conformación general, son derechas y medianamente cilíndricas, con el único defecto específico de la abundancia de nudos, según lo señalado en el apartado anterior.

La sección transversal es muy regular y circular, con el corazón bastante centrado.

La corteza pardo rojiza gruesa, prematuramente agrietada, rugosa, al final color pardo oscuro.

Porcentaje de corteza en volumen 15% aproximadamente.

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

El peso específico de las trozas varía bastante con la época de apeo, oscilando entre 1.075 Kgr/m³ en el mes de julio y 936 Kg/m³ en el mes de marzo. El peso de las trozas baja rápidamente por la acción de su secado al aire libre, dado que en dos meses el peso de las trozas pasa a ser de 700 Kg/m³.

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

2.3. Características anatómicas.

2.3.1. Características macroscópicas.

Madera con crecimiento de los anillos anuales bien diferenciados, delimitándose por una franja estrecha de madera de verano más oscura. Anillos exageradamente grandes, de 1 a 5 por cm. si bien la media se sitúa alrededor de 1,5 anillos/cm.

La madera de primavera varía de muy ancha a ancha, según la calidad del medio y la estación y sobre todo de la edad. La transición entre la madera de verano y de primavera se realiza

(*). Tratamiento del *Pinus insignis*. Ed. IFIE 1944, pág. 39.

(**). Tratamiento del *Pinus insignis*. Ed. IFIE 1944, pág. 41.

gradualmente. La madera de verano es en general muy estrecha, sobre todo si se compara con la de primavera, siendo bastante constante.

Grano medio a fino. Fibra recta.

Es esponjosa, de ligera a mediana de peso, medianamente dura y muy poco resinosa.

2.3.2. Características microscópicas.

Tranqueidas:

De sección poligonal. Punteaduras areoladas en las paredes radiales en una sola línea, diámetro tangencial medio de 35μ , variando entre las 20μ y las 40μ , longitud media $3,06$ mm., variando entre $4,24$ y $1,25$ mm. Relación entre longitud, anchura $87,5$. No presenta punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas de otoño.

Radios leñosos:

Uniseriados y fusiformes. Los primeros de 4-10 células por término medio, y los valores extremos encontrados son de una célula con 30μ y de 23 células con 420μ ; son heterogéneos con traqueidas radiales, con marcada tendencia marginal. Las punteaduras del campo de cruce de las células del parénquima radial con las traqueidas verticales son de forma lenticular o escasamente ovaladas. Pinoides con reborde muy grueso.

Por lo general tienen dos por cruce y pueden presentarse, aunque raramente, cinco. Mayor número por alineación, tres; generalmente existe una alineación horizontal, pero no es raro el encontrar dos. Las traqueidas radiales están muy poco dentadas y diseminadas. Canales

resiníferos horizontales presentes, característicos del género pinus, alojados en el interior de algunos radios.

Canales resiníferos verticales:

Los canales, en número variable de 0-4 por mm^2 , tienen diámetros de $100-200\mu$.

2.4. Características químicas.

La característica más notable de la madera de pino insignis es el bajo porcentaje de contenido de resinas, que oscila entre 0,25 y 3% siendo su valor medio 1,18%.

También es destacable el contenido en celulosa, que oscila alrededor del 57,5%. (*)

2.5. Características físico-mecánicas.

Las características físico-mecánicas de la madera de pino insignis se resumen en los cuadros 1 y 2.

En cuanto a características físicas, cabe destacar su relativa alta densidad, si se la compara con los resultados que hasta ahora se disponían y su dureza, la más alta de los pinos peninsulares.

En cuanto a sus características mecánicas, si bien en valores absolutos de resistencia a la rotura son bajos, sus cotas indican la buena disposición de esta madera a los esfuerzos mecánicos; es resiliente, elástica, muy flexible, medianamente tenaz y adherente.

2.6. Tensiones básicas.

Las tensiones básicas de la madera de pino insignis para el 12% de humedad son las siguientes:

CUADRO N.º 1 - CARACTERISTICAS FISICAS

Característica	media	desviación estandar	desviación típica	n.º de ensayos	Interpretación según la norma
Peso específico anhidro ρ_0	0,466	0,063	0,0625	138	
Peso específico al 12% $\rho_{12} \Rightarrow D$	0,495	0,064	0,0640	138	Entre ligera y semipesada
Higroscopicidad h_i	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,29 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	138	Normal a pequeña
Punto de saturación de la fibra	34,58	7,93	7,89	91	Normal.
Contracción volumétrica					
- total B	16,53	3,79	3,77	91	Gran contracción.
- unitario V	0,478	0,145	0,1446	138	Medianamente nerviosa.
Contracción lineal					
a.- Tangencial					
- total BT_g	7,15	2,04	2,04	183	
- unitario V_{T_g}	0,206	0,058	0,058	183	Normal a pequeña.
b.- Radial					
- total B_r	4,77	1,7	1,7	183	
- unitario V_r	0,137	0,049	0,049	183	Normal a grande.
Dureza					
a.- Tangencial					
- valor de N	3,16	1,64	1,64	132	Semidura.
- cota de dureza N/D^2	13,13	6,81	6,78	132	Alta.
b.- Radial					
- valor de N'	4,15	2,495	2,486	132	Dura.
- cota de dureza N'/D^2	17,80	11,721	11,676	132	Alta.

nota: - el peso específico viene expresado en gramos/cm³
- las resistencias vienen expresadas en Kg/cm²

(*). Datos basados en el estudio "Pinus insignis, crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pastas de celulosa". Ed. IFIE, 1944.

CUADRO N° 2 – CARACTERÍSTICAS MECANICAS: 1.— En el sentido de la fibra de la madera

Característica	media	desviación estandar	desviación típica	n° de ensayos	Interpretación según la norma
Compresión axial					
— valor al 12% C ₁₂	407,49	90,58	90,43	301	Madera de clase mediana.
— cota de calidad específica $C_e = \frac{C_{12}}{100 D}$	8,20	1,76	1,76	300	
Flexión estática					
— valor al 12% σ	850,13	199,43	198,81	161	Madera de clase mediana.
— cota de rigidez $C_r = \frac{L}{\delta}$	35,14	13,13	13,09	160	Madera de calidad medianamente elástica.
— cota de flexión $C_f = \frac{\sigma}{100 D}$	17,13	3,92	3,91	160	Madera de calidad grande.
— cota de tenacidad $C_t = \frac{\sigma}{C}$	2,05	0,41	0,41	160	La calidad de la madera se encuentra entre medianamente tenaz y muy tenaz.
Tracción paralela a la fibra H	954,23	1,98	1,98		
Flexión dinámica					
— resistencia unitaria al choque K	0,38	0,19	0,19	132	Madera de clase mediana.
— cota dinámica K/D^2	1,64	0,82	0,81	132	Madera de calidad resiliente. Madera que puede resistir choques violentos.
Módulo de elasticidad E	88.316,05	27.993,41	27.877,5	121	
Esfuerzo cortante Z					
— Radial	109,79	18,40	17,85	17	
— Tangencial	121,71	23,58	22,72	14	

nota: todas las tensiones vienen expresadas en Kg/cm²

CUADRO N° 2 (Cont.)— CARACTERÍSTICAS MECANICAS: 2.— Transversales a la fibra de la madera

Característica	media	desviación estandar	desviación típica	n° de ensayos	Interpretación según la norma
Fenda					
— Tangencial					
resistencia unitaria R _H	8,36	2,21	2,20	110	Madera de calidad baja.
cota de laminabilidad C _l	0,17	0,07	0,07	110	Madera muy hendible o laminable. Madera de raja.
— Radial					
resistencia unitaria R _H	13,62	5,65	5,62	102	Madera de calidad baja.
cota de laminabilidad C _l	0,24	0,05	0,05	102	Madera medianamente hendible o laminable.
Tracción perpendicular a las fibras					
— Tangencial					
resistencia unitaria H	17,96	4,74	4,73	152	Madera de baja calidad.
cota de adherencia C _a	0,36	0,097	0,097	152	Madera de mediana adherencia.
— Radial					
resistencia unitaria H'	18,69	5,05	5,03	134	Madera de calidad baja.
cota de adherencia C _a '	0,38	0,1	0,1	134	Madera de mediana adherencia.

nota: todas las tensiones vienen expresadas en Kg/cm²

CUADRO N° 3—Cédula europea de secado y tiempos en horas necesarias para cada intervalo

Fase	Humedad de la madera	Cédula de secado para gruesos de hasta 4 cm.		Tiempos de secado según gruesos (*)						
		Temperatura bulbo seco	Humedad de Eq. Higr.	1,5	2	2,5	3	3,5	4	
										húmedo
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 _{final}	88	65,5	4,2	8	12	17	21	25,5	30
Total					22	33,5	47	59,5	73	86

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

NOTA:

No se ha iniciado el programa propio para la realización del HOMOGENIZADO y del ACONDICIONADO.

Flexión paralela a las fibras	170 kg/cm ²
Tracción paralela a las fibras	191 kg/cm ²
Compresión axial	140 kg/cm ²
Esfuerzo cortante	16 kg/cm ²
Compresión perpendicular a las fibras	23 kg/cm ²
Módulo de elasticidad medio	88,316
Módulo de elasticidad mínimo	23,091

2.7. Características tecnológicas.

De acuerdo con los datos teóricos dados en las anteriores características, la tecnología del pino insignis es la siguiente:

2.7.1. Lejiación.

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

Lejiación a lo 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, la madera de pino insignis es una materia prima muy especialmente indicada para ese proceso.

De acuerdo con el estudio "Pinus insignis, crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pastas de celulosa" la longitud de rotura del papel obtenido a partir de la pasta es de alrededor de 10.140 m., (la de abeto es de 6.340 m.), confirma la especial aptitud de esta especie a este proceso tecnológico.

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

Lejiación a la base (pastas a la sosa o pastas al sulfato). Las características que exige este proceso tecnológico a la materia prima son las propias a la mejora del rendimiento del proceso y de calidad de la materia prima. Así, se recomienda longitud de fibra larga, alto contenido en celulosa, facilidad de lejiación, facilidad de blanqueo. El pino insignis proporciona un rendimiento normal de la operación, sin dificultades tecnológicas, debidas a su relativa blandura, sus especiales características de longitud de la 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 consumo de cloro necesita.

2.7.2. Desfibrado.

La escasa adherencia de las fibras puesto de relevancia en los resultados de características mecánicas transversales a la fibra (hienda y tracción), hace que la operación de desfibrado se realice fácilmente y con relativa escasez de consumo de energía.

Los tableros resultantes poseen unas características mecánicas elevadas, como consecuencia de la elevada esbeltez de las fibras 87,5 muy superior a la de cualquier otro pino de aprovechamiento en España. En cuanto a sus características superficiales, también son bastantes destacables, por su blancura y por su relativa dureza, debida a la propia dureza de la madera.

El papel resultante de la pasta mecánica obtenida, también posee elevadas características mecánicas; sin embargo, pierde calidad en su aspecto, al producirse un moteado con alguna partícula oscura, precedente de los nudos.

Los rendimientos industriales de esta operación son los siguientes:

Para 1 m³ de madera con corteza se obtiene:

- 450 Kg. de pasta mecánica seca.
- 0,475 m³ de tablero de fibras duro.
- 0,600 m³ de tablero de fibras de media densidad.

2.7.3. Astillado.

Para la realización del astillado, juegan dos factores característicos de la madera: la dureza, en la penetración de la cuchilla, y la hienda, en el desgarrar de la madera por la cuchilla. Al ser madera de pino insignis medianamente dura y de fácil hienda, su astillado se realizará relativamente fácil, con consumo de energía mediano.

Las características de 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 medianas 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 una alta característica 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 un moteado de su superficie.

El rendimiento industrial de la fabricación

de tableros aglomerados con madera de pino insignis es la siguiente:

1 m³ de madera c/c. produce 0,700 m³ de tablero.

2.7.4. Características del desarrollo.

La elevada proporción de nudos de esta madera, hace que no se aplique para este proceso tecnológico, ya que el resultado sería la obtención de una chapa con abundantes agujeros procedentes de los nudos de la madera.

El desarrollo en sí sería fácilmente realizable, e incluso su elevada elasticidad permitiría obtener una chapa continua con relativa facilidad.

2.7.5. Características del aserrado.

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

La mayor o menor facilidad de penetración de las herramientas de corte en la madera viene determinado por su dureza. La relativa alta dureza del pino insignis hace recomendable que para el aserrado se utilicen sierras con ángulo de ataque no muy elevado y el paso muy corto, de forma que disminuyan los esfuerzos sobre los dientes, logrando una mejor calidad en el aserrado y una mayor dureza de las sierras.

A modo indicativo, se relaciona el ángulo de ataque "a", ángulo de afilado "b" y la profundidad del diente "p", en relación con la anchura de la cinta. (*).

CARACTERISTICAS DE LAS SIERRAS DE CINTA

Anchura de la cinta (mm)	80-100	110	130	150 ó más
a	22°	25°	28°	30°
b	54°	53°	53°	51°
p (mm)	11°	13°	15°	17°

Respecto al paso, no se da una cifra indicativa, porque depende también de la velocidad de avance de la madera y de la velocidad de la cinta, aumentando con la primera y disminuyendo con la segunda.

La homogeneidad de los troncos, tanto en calidades como en dimensiones y forma y la elevada concentración de estos en un espacio relativamente pequeño, permitiría la instalación de líneas de aserrado totalmente automati-

zadas, de producción y rendimientos muy elevados. No obstante, dicha homogeneidad de los troncos permite que aún las unidades de aserrado más pequeñas puedan automatizarse con pequeña inversión y con notables beneficios en el rendimiento de su producción.

Aspecto y calidades de la madera aserrada.

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

La madera aserrada de pino insignis se caracteriza fundamentalmente por la abundancia de nudos, consecuencia de su exuberante ramaje. Su fibra es recta, no siendo corriente la presencia de algún otro defecto.

Los nudos se presentan de una forma regularmente espaciada, alrededor de cada 50 cm.; su tamaño es grande, sobre todo si es sano, abundando también los nudos viciosos y saltadizos.

La clasificación por calidades, según la norma UNE 56 525 de una muestra de 85 tablas de diferentes partidas, obtenidas en las fábricas de "Lana, Sociedad Cooperativa" y "Maderas Lekeitio, S. A.", consiguiéndose los siguientes resultados:

CALIDADES DE MADERA ASERRADA

		porcentaje
Número de muestras	de III - 2	2%
Número de muestras	de IV - 45	53%
Número de muestras	de VI - 38	45%
Total	85	100%

No es de extrañar que en los porcentajes de calidades de madera exista una discontinuidad entre la madera de clase IV y la VI, ya que la única diferencia que presentan las calidades IV y VI es el porcentaje de azulado y desviación de la fibra, defectos bastante inusuales en esta madera.

2.7.6. Características del secado de la madera aserrada.

Como ya se indicó anteriormente, la disposición de esta madera al ataque de los hongos cromógenos, su elevada contracción volumétrica y su relativa facilidad por 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.

— Secado al aire libre: Se realiza de forma re-

(*) Manual para el afilado y conservación de sierras de cinta y circulares. Ed. AITIM.

lativamente rápida (*), no obstante, se recomienda un apilado de forma que se favorezca la buena circulación del aire, pues de lo contrario, la madera corre el riesgo de azularse. En este sentido, las pilas de madera deben presentar las siguientes características:

— Orientación perpendicular a los vientos dominantes.

— Situar sobre un soporte rígido elevado al menos 50 cm. del suelo.

— Separarse cada piso de madera mediante rastreles de al menos 3,5 cm. de altura y 25 de anchura. Dentro de un mismo piso los rastreles deben de ir distanciados 90 cm. como máximo, de forma que no se produzca combamiento de la madera aserrada.

— Proteger la pila de la lluvia y el sol, mediante un tejadillo.

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, 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 los meses de primavera, verano y otoño, mientras que si se inicia a mediados de otoño, invierno, la madera no alcanzará ese grado de humedad hasta la primavera siguiente.

Por debajo del 13 ó 14% la madera es prácticamente imposible de secar, debiéndose realizar en condiciones de temperatura y humedad controlada.

— Secado en secaderos tradicionales. (Secado por temperatura). La elevada 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 las elevadas tensiones causantes de las fendas.

En base a estas consideraciones, las condiciones de humedad y temperatura del secadero deben tener en cuenta lo siguiente:

— La temperatura durante todo el proceso no debe ser excesivamente elevada, aún a costa de una mayor duración del secado.

— La humedad relativa del secadero debe corresponder a una humedad de equilibrio higroscópico, ligeramente inferior a la humedad que en ese momento posea la madera, sobre todo en las últimas fases del secado.

En los cuadros números 3 y 4 se dan las cédulas y tiempos aconsejables para el secado de la madera de pino insignis, en función del espesor, humedad inicial y final de la madera (*). Como se puede comprobar, la cédula europea es mucho más rigurosa, tanto en temperatura, como en humedad de equilibrio higroscópico, y por tanto de menor duración. La cédula americana es mucho más laboriosa y cuidadosa, para obtener una mejor calidad de la madera.

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

— Secado por deshumificación o bomba de calor: Este proceso de secado se adapta perfectamente a las características de la madera de pino insignis, ya que, por una parte, el secado se realiza mucho más lentamente que por calor y, por tanto, existen menos riesgos de que se produzcan fendas. Por otra parte, la relativa facilidad de esta madera a perder agua hace que sea posible secar la madera dentro de un tiempo razonable, a valores de condiciones de interior.

Así, madera de 50 mm. de espesor puede pasar del 60 al 10% de humedad en aproxi-

CUADRO N.º 4-Cédula americana de secado y tiempos en horas, necesarios para cada intervalo

Fase	Humedad de la madera	Cédula de secado según distintos gruesos						Tiempos de secado según distintos gruesos (*)							
		Hasta 5 cm. de grueso			De 6 a 10 cm. de grueso			1,5	2,5	4	5	6,5	8	10	
		Temperatura bulbo		Humedad Eq. Higr.	Temperatura bulbo		Humedad Eq. Higr.								
		seco	húmedo		seco	húmedo									
1	> 35%	54,5	49	12	49	47	18,1	7	15	30	61	68	88	129	
2	35 - 30%	54,5	46,5	9,9	49	47	18,1	3	6	12	17	28	36	54	
3	30 - 25%	60	49	8,1	54,5	51,5	15,6	5	11	23	32	51	66	98	
4	25 - 20%	65,5	51,5	6,9	60	55,5	13,2	5	10	21	29	47	61	90	
5	20 - 15%	71	54,5	5,9	65,5	57,5	9,7	4	9	19	26	43	56	83	
6	15 - H _{final}	71	43	5,5	71	43	5,5	4	9	19	36	40	52	77	
Total								28	60	124	201	277	359	531	

(*) 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%.

NOTA:
No se ha incluido el programa propio de las operaciones del HOMOGENIZADO y del ACONDICIONADO.

(*) Según se pudo constatar con opiniones de varios fabricantes.

(*) Según el Princes Rinsborough Laboratory y Forests Products Laboratory, Madison, respectivamente y publicado por AITIM "Manual del Secado de la Madera".

madamente 20 días. Para madera de 35 mm. de espesor, la duración del secado sería de alrededor de 13 días.

Dado que las necesidades de condensación del agua varían considerablemente de la primera fase del secado a la última, conviene que pueda regularse la capacidad de condensación del equipo deshumificador, ya que de lo contrario, podría producirse defectos de azulado o fenómenos de cementación, según si la capacidad de condensación es insuficiente o excesiva, respectivamente.

Por ello, conviene establecer varias fases durante el secado, de forma que al principio actúe toda la capacidad del deshumificador, para después, de forma progresiva, ir perdiendo capacidad de condensación.

La calidad del secado es bastante buena, pues es difícil la aparición de fendas u otros defectos. El único defecto que se puede señalar es la irregularidad de los valores de la humedad final.

2.7.7. Tecnología de la unión.

La relativa dureza de esta madera hace que los clavos, tornillos y clavijas metálicas penetren con cierta dificultad, sobre todo si se compara con la de otros pinos de aprovechamiento en España. Es por ello aconsejable introducirlos después de un pretaladrado de diámetro hasta $3/4$ el diámetro del calvo o tornillo, para así evitar la aparición de fendas.

Si bien no se han realizado ensayos de arranque de tornillos y clavos, del conocimiento de su densidad se pueden sacar los siguientes valores aproximados.

Resistencia al arranque perpendicular a la fibra, en Kg. por mm. de penetración.

— En clavos: $0,82 \times d$.

— En tornillos: $2,39 \times d$.

siendo d el diámetro del clavo o tornillo.

La resistencia al arranque paralelo a la fibra es aproximadamente el 67% de los valores anteriores.

En cuanto a las uniones por encolado, no se conoce antagonismo con ninguna de las colas existentes actualmente, siendo la calidad de la unión general muy buena. Únicamente en los nudos se han detectado ciertos problemas en la calidad de la unión que incluso quedan descolados.

2.7.8. Acabados.

La mayor o menor facilidad del cepillado, regresado y moldurado depende fundamentalmente de la facilidad de penetración de las cuchillas, esto es de la dureza, y en menor medida de la hienda, por tanto, la madera de pino

insignis se elabora en estas máquinas con mediana facilidad.

La calidad de acabado de estas máquinas es bastante buena, no suele aparecer repelo, sin embargo es frecuente la aparición de madera como desfibrada alrededor de los nudos.

Si la superficie se destina a barnizar, es conveniente realizar un acabado más perfecto de su superficie, mediante su lijado.

El lijado debe empezarse con lija de grano 40, aumentando el grano en esta cantidad hasta la calidad que se desee. También puede operarse con 40, 60, 80 y 120 si se desea mayor calidad. Esta operación se realiza fácilmente, no produciéndose embotamientos, dada la escasez de resina de esta madera.

Las pinturas y barnices se adhieren bien, no conociéndose incompatibilidad con los productos actuales. No obstante, dada la gran capacidad de absorción de esta madera, conviene aplicar previo al barnizado y pintado un tapaporos, que limite esta absorción. También conviene incorporar un tinte que de más estabilidad al color de la madera, cuando esta debe barnizarse.

Estas dos últimas operaciones se pueden reunir en una sola, aplicando una masilla de protección ultravioleta, que a la vez hace de tapaporos. Esta masilla se aplica en una cantidad de alrededor de 40 gr/m^2 , mediante cilindros de contacto.

2.7.9. Tratamiento.

Por una parte, la elevada porosidad de esta madera

$$\left(1 - \frac{P_0}{1,5}\right) = 0,69\%$$

por otra parte su alto contenido en celulosa (y por tanto el bajo contenido en lignina) y su escaso contenido en resina hace que esta madera tenga elevada capacidad de absorción, siendo relativamente fácil el tratamiento protector sea cual fuere el sistema de aplicación elegido.

3. APLICACIONES.

Como ya se ha visto anteriormente la madera de pino insignis encuentra perfecta aplicación en la obtención de pasta tanto química como mecánica, tableros de fibras y tableros aglomerados.

En cuanto a la madera aserrada de acuerdo con las características físico-mecánicas, las tensiones básicas y la calidad de los aserrados, los destinos posibles son los siguientes:

— Madera estructural: Su característica de madera medianamente nerviosa y sus altos valores obtenidos en las tensiones básicas hacen

de esta madera especialmente indicada para la construcción con fines estructurales, no obstante se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

— Si existen riesgos de ataque por agentes xilófagos, tanto hongos como insectos, la madera debe tratarse con productos protectores, acorde con el riesgo a que van a estar expuestos.

— La madera clasificada como de VI calidad no podrá aplicarse a éste destino sin un saneado previo de sus defectos.

— En cualquier caso, y debido a la merma de resistencia que producen los nudos, resulta aconsejable el saneado previo de la madera y su posterior unión mediante juntas dentadas.

— Madera para carpintería: Los valores obtenidos en las cotas de rigidez y flexión hacen de esta madera propia para carpintería. El único inconveniente que presenta el pino insignis es el de su carácter de medianamente nervioso, que no aconseja su aplicación al caso un tanto infrecuente, en donde existan grandes variaciones de las condiciones de humedad relativa.

Sus notables defectos de aspecto, hacen que el tipo de carpintería al que se puede aplicar, es a la carpintería no vista.

Al igual que en el caso anterior, su aplicación en carpintería deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

— Si existen riesgos de ataques por agentes xilófagos la madera deberá tratarse preventivamente con productos protectores, acorde con el riesgo a que va a estar expuesta.

Si existe riesgo de humidificación por agua de una forma intermitente, conviene proteger la madera con productos repelentes al agua.

— La madera de calidad VI no podrá aplicarse a este destino sin un saneado previo de sus defectos.

— En cualquier caso, los nudos no sanos deben ser sustituidos por piezas de madera.

— Parquet: Este caso particular de carpintería es especialmente indicado para esta madera, primero por su dureza, la más dura de las coníferas aprovechadas en España y segundo porque la exigencia de medida de longitud del parquet es siempre mucho menor a la distancia entre nudos y por tanto, se puede realizar el saneado conjuntamente con dimensionamiento de las tablillas.

Al igual que en los casos anteriores es conveniente tratar la madera con algún producto insecticida.

— Envases de madera y palets: La característica de resistencia a la flexión dinámica de esta madera y por tanto, su buena disposición a resistir los choques violentos, la hacen muy indicada para este tipo de aplicación.

Si bien, mecánicamente es una madera muy apropiada para envases y palets, posee los inconvenientes siguientes:

— Densidad relativamente alta, que hace que el envase sea por sí mismo pesado.

— Disposición de azularse (a no ser que se seque previamente la madera), perdiendo calidad de aspecto, imprescindible para el envasado de ciertos productos.

— Traviesas: Las características que se exigen a una madera para su aplicación en traviesas son las siguientes:

— Resistencia al esfuerzo cortante perpendicular a las fibras.

— Dureza.

— Elasticidad.

— Resistencia al arranque de tirafondos.

— Durabilidad.

Como ya se ha visto anteriormente el pino insignis es medianamente duro a duro, medianamente elástico y de mediana resistencia al esfuerzo cortante. No se conoce su resistencia al arranque de tirafondos, pero a juzgar por su densidad, también debe ser mediano. Por último no posee durabilidad natural, pero mediante tratamiento protector se puede hacer muy durable.

En consecuencia, el pino insignis puede aplicarse perfectamente en traviesas.

— Muebles: Las buenas características mecánicas que en general presenta esta madera, su relativa facilidad de mecanizado, encolado y acabado hacen que se pueda aplicar perfectamente en la construcción de muebles.

Presenta como únicos defectos su carácter de medianamente nerviosa y su aspecto, que hace que sus aplicaciones se restrinjan únicamente a las partes ocultas de muebles que vayan a situarse en condiciones de humedad relativa no muy variables.

OTRAS APLICACIONES.

La madera de pino insignis convenientemente tratada puede aplicarse en postes de líneas eléctricas y telefónicas, pudiendo cumplir tanto la normativa referente a medidas como a defectos (norma UNE 21.003).

En cuanto a medidas las calidades I, II y III definidas por I. Echevarría pueden aplicarse en los tipos I, II, III, IV, V y VI; la calidad IV a los tipos I, II y III, y la calidad V únicamente al tipo I.

En cuanto a calidades, los defectos que podrían limitar su utilización son los nudos, que no pueden ser superiores a 1/4 del diámetro del poste donde estén situados, o superiores a 25 mm. en el caso de que no sean sanos. Así mismo, pueden originarse fendas demasiado profundas si su secado no se realiza cuidadosamente.

Igualmente, convenientemente tratada, la madera de pino insignis puede aplicarse en apeas de minas, postes para cercas, etc.