

Estabilidad dimensional frente al agua de las principales maderas empleadas en España sometidas a tratamiento químico protector

Por: José Antonio Rodríguez Barreal
Dr. Ingeniero de Montes
Profesor Titular de Universidad

(y II)

y Arturo López de la Osa Bustamante
Ingeniero de Montes

Madera de P. Radiata. Influencia de 4 factores de la madera, en la estabilidad dimensional.

a) Madera con alta proporción de duramen

	Tiempos de medición			valores de hinchazón (0,01 mm)
	5 minutos	15 minutos	30 minutos	
Madera no tratada	11,20	21,92	35,40	
Madera tratada	5,80	13,00	22,96	
Estabilidad dimensional (%)	54,64	40,70	35,14	

La humedad media inicial de las probetas, fue del 10,09 % y la que tuvieron tras la inmersión fue del 26,58 % para la madera no tratada y del 17,66 %

para la tratada, lo que implica un incremento de humedad en el proceso de inmersión del 16,49 y 7,57 % respectivamente.

b) Madera laminada muy azulada (afectada de hongo Cromógeno).

	Tiempos de medición			valores de hinchazón (0,01 mm)
	5 minutos	15 minutos	30 minutos	
Madera no tratada	59,36	91,64	113,76	
Madera tratada	9,28	20,80	33,56	
Estabilidad dimensional (%)	84,37	77,30	70,50	

La humedad media inicial de las probetas fue del 9,06 % y tras el proceso de inmersión, la madera no tratada alcanzó un 37,35 % mientras que la tratada tan sólo fue del 20,67 %, lo que implica unos incrementos de humedad del 28,29 y 11,61 %

respectivamente.

Es de destacar el incremento de humedad más acusado en este caso, lo cual, se debe al incremento de permeabilidad frente a los líquidos de la madera atacada por hongos cromógenos.

c) Madera azulada y con cierto porcentaje de duramen

	Tiempos de medición y valores medios de hinchazón (0,01 mm)			Humedad de la madera		
	5 minutos	15 minutos	30 minutos	H. inicial (%)	H. tras la inmersión (%)	Incr. de H. en la inmersión
No tratada _____	23,00	38,00	51,32	7,97	26,25	18,28
Tratada _____	7,48	18,28	31,16	8,05	16,06	8,01
Estabilidad dimensional media (%)	67,48	51,89	39,28			

d) Madera laminada con nudos

	Tiempos de medición y valores medios de hinchazón (0,01 mm)			Humedad de la madera		
	5 minutos	15 minutos	30 minutos	H. inicial (%)	H. tras la inmersión (%)	Incr. de H. en la inmersión
No tratada _____	67,64	111,80	134,80		34,63	25,20
Tratada _____	7,48	20,72	34,20	9,42	15,39	5,96
Estabilidad dimensional media (%)	88,94	81,47	74,63			

De todo lo expuesto parece deducirse que los factores abióticos (duramen, nudos, etc.) tienen mayor importancia que los de tipo biótico (hongos, etc.) estudiados, pudiendo alcanzarse, tal como se ve en el caso final, valores superiores a los de la madera normal.

6. RESULTADOS

Se exponen los resultados gráficos y medios matemáticos de los valores obtenidos, tanto para madera maciza como laminada, en los casos en que se ha estudiado ésta última.

Se trabaja con 10 probetas tratadas y otras tantas sin tratar por cada especie de madera, obteniéndose la representación gráfica de la curva media de estabilidad dimensional. Igualmente se calcula la ecuación de dicha curva mediante la aplicación de mínimos cuadrados obteniéndose a la par el correspondiente coeficiente de correlación.

Se han estudiado las siguientes especies, tanto con madera maciza como con madera laminada.

Frondosas

- *Populus nigra* L.
- *Fagus sylvatica* L.
- *Castanea sativa* Mill.
- *Eucalyptus globulus* Labill.
- *Quercus robur* L.

Coníferas

- *Pinus radiata* D. Dont.

Mientras que tan sólo con madera maciza se han estudiado las especies siguientes:

Frondosas

- *Betula pendula* Rothm.

Coníferas

- *Pinus sylvestris* L.
- *Pinus pinaster* Ait.
- *Pseudotsuga taxifolia* (Poir) Britt.

Con el fin de no hacer demasiado extenso este apartado, sólo se incluyen los cuadros completos de los valores de hinchazón tomados en 12 tiempos diferentes (30", 1', 1,30", 2', 2,30", 3', 3,30", 4', 4,30", 5', 5,15' y 30'), así como los valores de estabilidad dimensional de la madera tratada frente a la sin tratar, tras los 30' de inmersión en agua. Estos cuadros corresponden a una especie de frondosa, el *Populus nigra* L., y a otra de conífera, la *Pseudotsuga taxifolia* (Poir) Britt. En los restantes casos, correspondientes a las demás especies de madera citadas anteriormente, tan sólo se verán los valores de hinchazón a los 30', tal como indica la norma de evaluación o la estabilidad dimensional.

MADERAS DE FRONDOSAS

1. *Populus nigra* L. (chopo)

Aun cuando su madera no se emplea al exterior (construcción, carpintería, etc.), por presentar un alto valor de permeabilidad a los líquidos y

un bajo grado de dureza, se ha estudiado, siendo los valores de hinchazón y de estabilidad dimensional obtenidos los expuestos seguidamente:

1.1. Cuadro de madera no laminada de chopo

(grado de hinchazón/tiempos de inmersión)

N.º de probeta	Tiempos de medición y valores de hinchazón (0,01 mm) correspondientes												E. Dimensional	
	30"	1'	1'30"	2'	2'30"	3'	3'30"	4'	4'30"	5'	15'	30'	E.D. = $\frac{L_{ST} - L_T}{L_{ST}} \times 100$	Valor medio de E.D.
1	2	4	5	6,5	7	8	9	10	11	13	25	37	24,32	20,94%
1'	0	1	2	3	4	4,5	5	6	6,5	7	17	28		
2	2	4	5	6	7,5	8	9,5	10,5	12	13	26	36	16,66	
2'	0	1	2	3	4	5	5,5	6	6,5	7,5	18	30		
3	2	4	5	6	7,0	8	9	10	11,5	13	24	38	21,05	
3'	0,5	1	2	3	4	4,5	5	6	7	7,5	17	30		
4	2,5	4	5	6	7,5	8,5	9	10,5	11	12	25	38	23,68	
4'	0	0,5	1,5	2	3	4	4,5	5	6	6,5	16	29		
5	2	3,5	4,5	5,5	7	8	9	10	11	12,5	24	37	21,62	
5'	1	1,5	2,5	3	4,0	5	5,5	6	7	7,5	17	29		
6	1,5	3	4	5,5	6,5	7,5	8,5	9	10,5	12	24	36	22,22	
6'	0	1	2	3	4	4,5	5	6	6,5	7	16	28		
7	3	4	4,5	5	6	7,5	8	9,5	11	13	21	34	20,59	
7'	0	1	2	3	4	4,5	5	5,5	6	6,5	14	27		
8	2	3,5	4	5	6,5	8	9	10	11,5	12	26	38	21,05	
8'	1	2	2,5	3	4	5	5,5	6	6,5	7	17	30		
9	2	4	5	6	7	8	9,5	11	12	12,5	25	38	21,05	
9'	1	1,5	2,5	3	4,5	5	5,5	6	6,5	7	17	30		
10	1,5	3	4,5	5,5	6	7,5	8,5	9,5	11	12	26	35	17,14	
10'	0	1	2	3	3,5	4	5	5,5	6	6,5	18	29		

En todos los casos las probetas numeradas del 1 al 10 son las no tratadas, mientras que las 1' a 10' son las tratadas.

1.2. Cuadro de madera laminada de chopo

(grado de hinchazón/tiempos de inmersión)

N.º de probeta	Tiempos de medición y valores de hinchazón (0,01 mm) correspondientes												E. Dimensional	
	30"	1'	1'30"	2'	2'30"	3'	3'30"	4'	4'30"	5'	15'	30'	E.D. = $\frac{L_{ST} - L_T}{L_{ST}} \times 100$	Valor medio de E.D.
1	3	5	7	8	9	11	12	13	14	15	31	53	45,28	45,57%
1'	0	1	2	2,5	3,5	4,5	5	5,5	6	6,5	14	29		
2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	32	49	44,90	
2'	0	1	2	2,5	3	4	4,5	5	5,5	6	13	27		
3	2	3,5	5	6,5	8	9	10	11	12	13	25	44	56,82	
3'	0,5	1	2	3	4	4,5	5	6	6,5	7	16	29		
4	2	3,5	5	6	7,5	9	10	11	12	13	27	43	39,53	
4'	0	0,5	1,5	2,5	3	4	4,5	5,5	6	6,5	14	26		
5	2	4	5	6	8	9	10	11	12	14	30	48	41,66	
5'	0	1	2	3	3,5	4	5	5,5	6,5	7	15	28		
6	3	4	5	7	8	10	11	12	13	15	30	51	45,10	
6'	0,5	1,5	3	3,5	4,5	5	5,5	6	6,5	7	15	28		
7	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	29	50	42,00	
7'	0,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5	5,5	6	16	29		
8	2	4	5	6	7	8	9	10	11,5	13	30	51	41,17	
8'	0	1,5	2	2,5	3,0	4	5	5,5	6	6,5	16	30		
9	2	3,5	5	6	7	9	10	11	12,5	14	28	48	54,16	
9'	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	14	22		
10	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	28	51	45,09	
10'	1	2	3	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	16	28		

Se observa un bajo valor de estabilidad dimensional para la madera tratada de chopo no laminada de un 20,94 %, el más bajo de todos los obtenidos, pudiéndose pensar que es debido a su alta permeabilidad a los líquidos. Con la madera laminada los valores prácticamente se duplican, alcanzando el valor

de 45,57 %, lo que indica el magnífico efecto del laminado en la estabilidad dimensional de esta madera frente al agua. Dada la importancia que la humedad de la madera presenta inicialmente en este tipo de ensayo, se adjunta un cuadro con estos valores:

Especie	Tratamiento de la madera	Humedad inicial (%)	Humedad tomada en el test (%)
Chopo no laminado.....	No tratada	10	28,22
	Tratada	11,5	18,26
Chopo laminado.....	No tratada	9,70	18,78
	Tratada	10,30	7,49

Se debe de resaltar que los valores de humedad tomado en el test de inmersión para la madera tratada no laminada son muy próximos a los correspondientes a la madera no tratada y laminada. La manera laminada tratada tan sólo toma en el

test la cuarta parte de humedad que la madera no laminada sin tratar.

En el cuadro siguiente se incluyen las ecuaciones de las curvas hinchazón-tiempo, así como el coeficiente de correlación correspondiente.

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Chopo no laminado. . .	No tratada	$y = 3,6076 \cdot X^{0,7104}$	$r = 0,9975$	0,0582
	Tratada	$y = 0,1307 X^2 + 1,3438X$	$r = 0,9986$	0,4595
Chopo laminado.	No tratada	$y = 4,2853 \cdot X^{0,7947}$	$r = 0,9990$	0,0356
	Tratada	$y = -0,0074 X^2 + 1,1137$	$r = 0,9969$	0,6341

2. Betula pendula Rothm (Abedul)

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

En primer lugar se indican los valores de hinchazón a los 30 minutos, así como los de estabilidad dimensional correspondientes.

Madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
	Sin tratar.	100	79	103	99	92	88	81	87	87
Tratada.....	32	38	43	33	27	36	33	33	25	24
Estabilidad dimensional (%)	68,00	51,90	58,25	63,63	70,65	59,90	60,00	62,07	71,26	73,33
Valor medio (%).	63,90									

Es de destacar que para ser una madera de frondosa el grado de estabilidad dimensional media alcanzado de 63,90 % es muy alto, demostrando no sólo la gran efectividad de la impregnación realizada sino también de la cédula aplicada. Los valores porcentuales mínimo, medio

y máximo de estabilidad dimensional de la madera tratada son: 51,90; 63,90 y 71,26, valor éste último que supera el del límite del 70 % que indica la efectividad en estabilidad dimensional para las maderas de coníferas. La humedad inicial media de las probetas, antes del test de inmersión, fue del 12,60 %.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo		Coefficiente correlación	Desviac. típica
Abedul no laminado. . .	No tratada	$y = -0,0197$	$X^2 + 3,4693X$	$r = 0,9982$	1,5407
	Tratada	$y = -0,0049$	$X^2 + 1,2599X$	$r = 0,9896$	0,2769

3. *Fagus sylvatica* L (Haya)

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

Al igual que con la madera de abedul, el tratamiento con el producto orgánico repelente al agua, es de una gran efectividad, según se puede apreciar seguidamente.

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
Haya no laminada.	No tratada	57	61	107	71	68	71	65	72	66	78
	Tratada	28	26	39	27	25	26	25	26	27	27
Estabilidad dimensional (%).		50,88	57,38	63,55	61,97	63,23	63,38	61,54	63,89	59,09	65,38
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		61,03 %									
Haya laminada.	No tratada	64	81	70	74	64	68	75	72	65	65
	Tratada	24	23	24	25	24	25	25	30	26	27
Estabilidad dimensional (%).		62,50	71,61	65,71	66,21	62,50	63,23	66,66	58,33	60,00	58,46
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		63,52 %									

Entre las frondosas estudiadas es la que mayores valores de estabilidad dimensional muestra, tan sólo superada mínimamente por el abedul.

El estudio de humedades de la madera, fue el siguiente:

Madera	Tratamiento de la madera	Humedad inicial (%)	Humedad tras la inmersión (%)	Incremento de humedad en la inmersión (%)
Haya no laminada	No impregnada	10,35	31,58	21,23
	Impregnada	10,39	16,48	6,09
Haya laminada	No impregnada	13,24	25,89	12,65
	Impregnada	13,74	17,59	3,85

del cual se debe destacar:

— La humedad tomada en el test de inmersión por la madera no laminada no tratada supera en casi 7 veces a la correspondiente laminada y tratada.

— Los valores de madera impregnada y no impregnada, en cada caso, prácticamente se duplican.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Haya no laminada	No tratada	$y = 7 \cdot X^{0,6324}$	$r = 0,9930$	0,0868
	Tratada	$y = -0,01099 X^2 + 1,2451X$	$r = 0,9996$	0,2086
Haya laminada	No tratada	$y = 12,3797 \cdot X^{0,5154}$	$r = 0,9975$	0,0421
	Tratada	$y = -0,0282 X^2 + 1,083X$	$r = 0,9991$	0,3292

4. *Castanea sativa* (Castaño)

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

hinchazón, para 30 minutos de inmersión en agua, tanto de madera laminada como sin laminar, así como con tratamiento repelente al agua y sin él.

En el siguiente cuadro se indican los valores de

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
Castaño no laminado	No tratada	28	48	28	40	22	24	40	34	36	30
	Tratada	16	30	13	21	16	18	25	12	22	13
Estabilidad dimensional (%).		16,30	37,50	53,57	47,05	27,27	20,13	37,50	55,88	56,66	39,67
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		39,67 %									
Castaño laminado	No tratada	19	20	24	19	21	20	24	22	22	21
	Tratada	12	12,5	14	12	14	11	13	12,5	12	11
Estabilidad dimensional (%).		36,84	37,50	41,66	36,84	33,33	45,00	45,83	43,18	45,45	47,62
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		41,32 %									

Como puede apreciarse, los valores medios de estabilidad dimensional frente al agua de la madera laminada y sin laminar, tratadas,

difieren poco. El estudio de humedad en relación con el test fue el siguiente:

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Humedades medias de la madera	
		Humedad inicial media (%)	Humedad media tomada en el test de inmersión (%)
Castaño no laminado	No impregnada	12,41	13,05
	Impregnada	15,19	4,87
Castaño laminado	No impregnada	12,80	9,32
	Impregnada	15,69	3,74

Es de destacar la diferencia existente entre la humedad tomada en el test de inmersión por la madera no laminada, no impregnada, y la

correspondiente a la madera laminada, siendo la 1.ª superior en cuatro veces a la 2.ª.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Castaño no laminado. . .	No tratada	$y = -0,0064 X^2 + 1,2179X$	$r = 0,9950$	0,9306
	Tratada	$y = -0,0030 X^2 + 0,7121X$	$r = 0,9996$	0,1559
Castaño laminado.	No tratada	$y = -0,0190 X^2 + 1,2335X$	$r = 0,9904$	0,8680
	Tratada	$y = -0,0094 X^2 + 0,6836X$	$r = 0,9932$	0,4373

5. *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto)

a) Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
		Eucalipto no laminado	No tratada	16	21	17	32	18	32	15,5	30
	Tratada	10	9	9	18	9	19	11	15	19	10
Estabilidad dimensional (%).		37,30	57,14	47,05	43,75	50,00	40,62	30,03	50,00	44,12	44,44
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		44,76 %									
Eucalipto laminado	No tratada	22	23	22	21	22	22	23	23	24	21
	Tratada	12	12	13	11	13	12	12	13	12	12
Estabilidad dimensional (%).		45,45	47,82	40,91	47,62	40,91	45,45	47,82	43,48	50,00	42,86
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		46,23 %									

En relación con las variaciones de humedad de la madera estudiada, se tiene:

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Humedades medias de la madera	
		Humedad inicial media (%)	Humedad media tomada en el test de inmersión (%)
Eucalipto no laminado	No impregnada	10,81	7,84
	Impregnada	11,68	3,67
Eucalipto laminado	No impregnada	9,63	5,38
	Impregnada	10,48	2,50

Fácilmente se puede apreciar que la cantidad de humedad tomada por la madera en el test de inmersión es mucho menor que la vista con las especies anteriores, aunque la correspondiente a

la madera laminada, no impregnada, triplica a la correspondiente a la madera laminada impregnada.

b) Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo		Coefficiente correlación	Desviac. típica
Eucalipto no laminado	No tratada	$y = -0,0129 X^2 + 1,1368X$		$r = 0,9981$	0,4251
	Tratada	$y = -0,00012 X^2 + 0,4657X$		$r = 0,9994$	0,1340
Eucalipto laminado	No tratada	$y = -0,01446 X^2 + 1,1465X$		$r = 0,9957$	0,6136
	Tratada	$y = -0,00041 X^2 + 0,4529X$		$r = 0,9986$	0,1961

6. *Quercus robur* L. (Roble)

a) Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
		Roble no laminado	No tratada	37	42	45	43	39	34	31	42
	Tratada	25	23	20	22	23	20	19	23	22	25
Estabilidad dimensional (%).		30,55	45,24	55,55	48,83	41,02	41,18	38,71	45,24	50,00	45,65
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		44,19 %									

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
Roble laminado	No tratada	26	23	26	26	25	29	27	27	26	28
	Tratada	13	12	14	13	12	14	15	13	13	14
Estabilidad dimensional (%).		50,00	47,82	46,15	50,00	52,00	51,72	44,44	51,85	50,00	50,00
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		49,40 %									

En relación con los cambios de humedad que sufren las maderas ensayadas tenemos:

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Humedades medias de la madera	
		Humedad inicial media (%)	Humedad media tomada en el test de inmersión (%)
Roble laminado	No impregnada	12,71	7,20
	Impregnada	13,05	3,53
Roble laminado	No impregnada	9,27	7,05
	Impregnada	10,09	3,39

Se observa que a la par que los valores de humedad tomados en el test de inmersión son bajos, se encuentran próximos los de madera laminada y sin laminar.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Roble no laminado	No tratada	$y = 4,0264 \cdot X^{0,7137}$	$r = 0,9943$	0,0880
	Tratada	$y = -0,0049 X^2 + 0,8552X$	$r = 0,9995$	
Roble laminado	No tratada	$y = -0,0127 X^2 + 1,2506X$	$r = 0,9996$	0,2176
	Tratada	$y = -0,0029 X^2 + 0,5354X$	$r = 0,9997$	0,0877

MADERA DE CONIFERAS

Se estudian 3 especies de pino y una de Pseudotsuga.

Es una especie de pino introducida en España, al igual que el Eucaliptus globulus Labill, ya hace bastantes años.

7. *Pinus radiata* D. Don (Pino insignis)

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
Pino no laminado	No tratada	220	220	175	181	240	242	225	224	200	225
	Tratada	55	62	50	56	49	50	57	52	60	64
Estabilidad dimensional (%).		74,72	71,82	71,43	68,06	79,58	78,33	74,66	76,78	70,00	71,55
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		73,89 %									
Pino laminado	No tratada	165	161	152	164	128	135	156	155	148	146
	Tratada	35	38	38	44	33	39	45	46	31	33
Estabilidad dimensional (%).		78,79	76,39	75,00	73,17	74,22	71,11	71,15	70,32	79,05	77,40
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		74,66 %									

Los cambios de humedad de las probetas ensayadas se recogen seguidamente.

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Humedades medias de la madera %	
		Humedad inicial media (%)	Humedad media tomada en el test de inmersión (%)
Pino no laminado	No tratada	12,50	32,52
	Tratada	13,00	7,50
Pino laminado	No tratada	10,01	25,57
	Tratada	10,01	5,83

Es de destacar que la humedad media tomada por la madera no laminada no tratada, sextuplica a la de la madera laminada tratada.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Pino no laminado	No tratada	$y = 37,67 \cdot X^{0,5439}$	$r = 0,9962$	0,0548
	Tratada	$y = 2,328 \cdot X^{0,9257}$	$r = 0,9998$	0,0179
Pino laminado	No tratada	$y = 46,974 \cdot X^{0,350}$	$r = 0,9892$	0,0668
	Tratada	$y = 2,268 \cdot X^{0,83367}$	$r = 0,9996$	0,0289

8. *Pinus pinaster* Ait (Pino gallego)

Los resultados de estabilidad dimensional frente al agua de la madera tratada de esta especie, se encuentran muy influenciados por la cantidad de resina que posea.

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
		165	120	112	110	150	148	129	130	143	150
Pino no laminado	No tratada	165	120	112	110	150	148	129	130	143	150
	Tratada	40	29	30	30	39	37	31	30	39	39
Estabilidad dimensional (%)		75,75	75,83	73,21	72,73	74,00	75,00	75,97	76,92	72,73	74,00
Valor medio de Estabilidad dimensional (%)		74,61 %									

Las probetas presentaron una humedad inicial del 12 %.
La presencia de importantes cantidades de

resina hace descender el valor de la estabilidad dimensional, pudiendo ser inferior al del límite considerado para las coníferas del 70 %.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Pino no laminado	No tratada	$y = 19,4328 \cdot X^{0,726}$	$r = 0,9470$	0,2851
	Tratada	$y = 0,86769 \cdot X^{1,067}$	$r = 0,9983$	0,0721

9. *Pinus sylvestris* L. (Pino blanco)
Madera de gran importancia económica muy empleado en carpintería de construcción.

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

Tipo de madera	Tratamiento de la madera	Valores de hinchazón (0,01 mm) a los 30 minutos									
		314	175	268	178	290	182	292	172	290	217
Pino no laminado	No tratada	08	45	79	51	90	73	71	52	81	50,5
	Tratada	08	45	79	51	90	73	71	52	81	50,5
Estabilidad dimensional (%).		78,34	74,28	70,52	71,34	68,96	59,89	75,68	69,76	72,07	76,73
Valor medio de Estabilidad dimensional (%).		71,76 %									

Se debe destacar que con esta especie se han de todas las especies 3,14 mm a los 30' de inmersión.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Pino no laminado	No tratada	$y = 79,627 \cdot X^{0,1694}$	$r = 0,8582$	0,3251
	Tratada	$y = 2,3024 \cdot X^{1,0169}$	$r = 0,9976$	0,0810

10. *Pseudotsuga taxifolia* (Poir) Britt
(Pino Oregon)

Aún siendo una especie importada, tiene una gran importancia comercial, dado su gran empleo en carpintería de construcción y ebanistería.

Seguidamente se da el cuadro de valores de hinchazón a lo largo del proceso de inmersión de 30 minutos.

a) *Valores del test de hinchazón: estabilidad dimensional media*

N.º de probeta	Tiempos de medición y valores de hinchazón (0,01 mm) correspondiente												E. Dimensional		Valor medio de E.D.
	30"	1'	1'30"	2'	2'30"	3'	3'30"	4'	4'30"	5'	15'	30'	E.D.= $\frac{L_{ST} - L_T}{L_{ST}} \times 100$		
1	7	12	16	21	25	29	32	35	38	40	73	86	75,00	72,58%	
1'	0,5	1,5	2	2,25	2,75	3	3,5	4	4,25	5	13	21,5			
2	8	15	20	25	31	36	38	42	45	49	81	90	70,00		
2'	0,75	2	3	3,50	4,5	5	6	7	7,25	7,5	17	27			
3	9	17	24	30	36	42	50	53	59	63	110	126	75,39		
3'	0,25	1,25	1,75	2,50	3,25	4	5,0	5,5	6,5	7	18	31			
4	6	10,5	16	21	24	29	32	36	40	43,5	78	92	69,56		
4'	1,0	1,75	2,50	3,50	4,25	5	5,5	6	6,5	7	16,50	28			
5	7	11,5	18	23	29	33,5	39	44	48	53	100	116	75,00		
5'	0,5	1,50	2,25	3,0	3,50	4	4,75	5,5	6,5	7	17	29			
6	4	6,5	10	12	15	17,5	16,5	21	23	25	47	68	72,05		
6'	0,75	1,50	2	2,50	3	3,5	4	4,5	5	5,5	12	19			
7	2	3	5	7,5	9	12	13,5	15	17	18	48	61	72,13		
7'	0,50	1	1,50	2,50	3	3,5	3,75	4	4,5	5	13,5	17			
8	5	8,0	10	13	15	16	18	21	23	25	48	64	76,56		
8'	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	3,5	5	8	15			
9	3	6,5	9	11	14	16	17,5	19	21	22	46	62	69,35		
9'	0,50	1,0	2,0	3,5	3,75	4	4,25	4,5	5	5,5	12,5	19			
10	4	7	10	12	14	16	18	20	21	22,5	47	65	70,76		
10'	0,75	0,75	1,25	2	2,50	3	3,5	4	4,5	4,75	12	19			

Nota: Las probetas numeradas del 1 al 10 son las no tratadas y las del 1' al 10' las tratadas.

Tal como se puede observar los valores de estabilidad dimensional frente al agua de las distintas probetas, se presentan muy agrupados, lo que sugiere que esta madera es bastante uniforme respecto a esta característica.

b) *Curvas hinchazón-tiempo. Ecuaciones*

Especie de madera	Tratamiento de la madera	Curvas hinchazón-tiempo	Coefficiente correlación	Desviac. típica
Pino no laminado.	No tratada	$y = 10,7456 \cdot X^{0,68}$	$r = 0,9858$	0,1342
	Tratada	$y = 1,2800 \cdot X^{0,90}$	$r = 0,9935$	0,1193

7. CONCLUSIONES

Se pueden concretar en las siguientes:

- 1) Las maderas de coníferas tratadas presentan más altos valores de estabilidad dimensional frente al agua que los correspondientes de frondosas, en razón de su propia estructura.
- 2) Entre las maderas de frondosas, los mejores grados de estabilidad dimensional frente al agua lo alcanzan el abedul y el haya, quedando próximas a los de las coníferas.
- 3) La presencia de alteraciones en la madera (alto tanto por ciento de duramen, nudos, resinas, etc.) o bien de hongos o insectos xilófagos, hacen variar en una elevada cuantía los valores de su estabilidad dimensional frente al agua.
- 4) La madera laminada tratada presenta un más elevado grado de estabilidad dimensional frente al agua, que la no laminada, para una misma especie, siendo esta diferencia más

acusada en las especies de más baja densidad.

5) Al sobrepasar el valor del 70 % todas las maderas de coníferas estudiadas presentan un buen grado de estabilidad dimensional frente al agua.

6) Los mayores valores de estabilidad dimensional media frente al agua encontrados para las maderas de frondosas y de coníferas estudiados son:

Frondosas:

- *Betula pendula* Rohtm (Abedul) 63,90 %
- *Fagus sylvatica* L. (Haya) 61,03 %

Coníferas:

- *Pinus pinaster* Ait. (Pino gallego) 74,61 %
- *Pinus radiata* D. Don (Pino insignis) 73,89 %