



# Programas de secado

más adecuados

# para las maderas

más usadas en España

HUMBERTO ALVAREZ NOVES  
 JUAN IGNACIO FERNÁNDEZ-GOLFÍN  
 SECO  
 DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS  
 FORESTALES  
 LABORATORIOS DE MADERAS  
 CIFOR-INIA  
 CARRETERA DE LA CORUÑA KM 7  
 28040 MADRID

Seguidamente se proponen lo programas de secado más adecuados para el secado de las maderas comerciales de mayor demanda en España.

Los programas de secado que se proponen están basados en las tablas de secado utilizadas por el CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement de Francia), de gran arraigo en la industria de la madera europea.

Los programas adjuntos pueden ser empleados para todos los métodos de secado y para todos los gruesos de cada especie, excepto para el secado a alta temperatura y al vacío, para los que se emplearán programas especiales (Alvarez Noves y Fernández-Golfín, 1993;

Fernández-Golfín y Alvarez Noves, 1997) o las recomendaciones aportadas por los fabricantes de los secaderos.

En el caso de que no sea posible alcanzar las exigencias de temperatura seca propuestas por los programas (lo que frecuentemente ocurre en los sistemas de secado por bomba de calor), se conservará en cada etapa el valor propuesto para la humedad de equilibrio de la madera y se empleará la temperatura seca más cercana, ajustándose en consecuencia la temperatura húmeda o humedad relativa del aire median-

te el empleo de gráficas de humedades de equilibrio como la adjunta.

Ejemplo: supongamos que se quiere secar una madera de haya (programa 7) oreada, que está al 30% de humedad, para lo cual es necesario programar en el secado una temperatura de 60°C y una humedad relativa del 70%. Si empleamos una bomba de calor que llega a 55°C, mantendremos esta temperatura así como la humedad de equilibrio de la tabla, 11%, y calcularemos en la gráfica de humedades de equilibrio la humedad relativa que para

una temperatura seca de 55°C produce una humedad de equilibrio del 11%, da 68%. Por tanto las condiciones a programar en el secadero serán de 55°C y 68% Hr.

En el listado de especies comerciales que se propone, se incluye su denominación comercial más conocida, su nombre botánico, su densidad básica (Masa anhidra dividida por el volumen en verde), el programa sugerido y la velocidad de secado, de acuerdo esta última con la terminología adoptada en la tabla siguiente.

Tabla  
Velocidad de secado

Velocidad	Nº de programa
Muy lenta	1
Muy lenta-Lenta	6
Lenta	3
Lenta-Normal	2
Normal	7
Normal-Rápida	9
Rápida	5
Rápida-Muy rápida	8
Muy rápida	4, 10, 11, 12

Cuando la especie a secar no figure entre las incluídas en este listado, se elegirá como primera aproximación el programa correspondiente a una especie de densidad básica similar. En el caso de figurar varias se



## TECNOLOGÍA

elegirá el correspondiente a la especie de secado más lento.

Estos programas deben ser considerados como orientativos y de referencia. El conductor del secadero elaborará sus propios programas en función de los aquí expuestos, de su experiencia y del equipo que disponga.

Los programas de secado propuestos por el CTBA (por nosotros recomendados por su sencillez y corrección) son los que figuran a continuación, numerados del 1 al 12.

### BIBLIOGRAFÍA RECOMENDABLE

ALVAREZ NOVES, H; FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I. (1993). APTITUD DE DIFERENTES MADERAS DE CONÍFERAS Y FRONDOSAS AL SECADO CON VAPOR SOBRECALENTADO. DETERMINACIÓN DEL PUNTO FINAL DEL SECADO. REVISTA DE INVESTIGACIÓN AGRARIA, VOL 2(2):245-252.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; ALVAREZ NOVES, H. (1997). MANUAL DE SECADO DE MADERA. EDITA AITIM. ISBN 84-87381-15-4

HUMBERTO ALVAREZ NOVES  
JUAN IGNACIO FERNÁNDEZ-GOLFÍN  
SECO  
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS FORESTALES  
LABORATORIOS DE MADERAS  
CIFOR-INIA  
CARRETERA DE LA CORUÑA KM 7  
28040 MADRID

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE BOTÁNICO	PROGRAMA DE SECADO	DENSIDAD BÁSICA (kg/m <sup>3</sup> )mo/ys	VELOCIDAD DE SECADO
Abedul	Betula pubescens-b. verrucosa	9	530	normal - rápida
Abedul amarillo	Betula alleghaniensis	2	540	lento - normal
Abedul americano	Betula papyrifera	8	510	rápida - muy rápida
Abeto	Abies alba-a. pectinata	11	385	muy rápida
Abeto americano del este	Abies balsamea	12	340	muy rápida
Abeto americano del oeste	Abies amabilis-a. concolor	12	320	muy rápida
Abeto rojo	Picea abies-p. excelsa	11	380	muy rápida
Abura	Hallea ciliata	11	460	muy rápida
Afromosia	Pericopsis elata	8	560	rápida - muy rápida
Aiele	Canarium schweinfurthii	8	420	rápida - muy rápida
Ako	Antiaris africana	6	380	muy lenta - lenta
Aliso	Alnus glutinosa	5	440	rápida
Aliso rojo	Alnus rubra	8	345	rápida - muy rápida
Andiroba	Carapa guianensis	6	505	muy lento - lento
Aningre	Aningeria robusta	2	408	lento - normal
Arce	Acer pseudoplatanus	2	520	lento - normal
Arce blando	Acer rubrum-a. negundo	3	460	lento
Azobe	Lophira alata	1	810	muy lenta
Bosse claro	Guarea cedrata	7	480	normal
Bosse oscuro	Guarea thompsonii	7	560	normal
Bubinga	Guibourtia demeusei	2	670	lento - normal
Calabo	Pycnanthus angolensis	1	400	muy lenta
Caoba de africa	Khaya ivorensis	9	430	normal - rápida
Caoba de	Americanawietenia humilis	9	430	normal - rápida
Castaño	Castanea sativa	3	480	lento
Cedro americano	Cedrela fissilis	8	400	rápida - muy rápida
Cedro rojo del pacífico	Thuja plicata	5	310	rápida
Ceiba	Ceiba pentandra	5	275	rápida
Cerejeira	Amburana cearensis	3	490	lento
Cerezo	Prunus avium	3	500	lento
Cerezo americano	Prunus serotina	3	415	lento
Cumarú	Dipterix odorata	6	810	muy lento - lento
Chopo americano	Populus deltoides	3	385	lento
Chopo europeo	Populus nigra	3	370	lento
Dabema	Piptadeniastrium africanum	1	570	muy lento
Dibetou - embero	Lovoa brownii	7	450	normal
Doussie	Alzella africana	7	635	normal
Elondo	Erythrapaleum ivorense	6	720	muy lento - lento
Etimoe	Copaifera salikounda	3	570	lento
Eucalipto blanco	Eucalyptus globulus	1	620	muy lento
Eucalipto rojo	Eucalyptus camaldensis	1	600	muy lento
Faro	Daniellia klainei	8	410	rápida - muy rápida
Framire	Terminalia ivorensis	7	450	normal
Fresno blanco	Fraxinus americana	3	500	lento
Fresno europeo	Fraxinus excelsior	3	590	lento
Guatambu	Balfouridendron riedelianum	3	650	lento
Haya europea	Fagus sylvatica	7	570	normal
Hemlock occidental	Tsuga heterophylla	11	410	muy rápida
Iroko	Chlorophora excelsa	7	530	normal
Jatoba	Hymenaea courbaril	1	745	muy lenta
Katibe	Nesagordia papaverifera	3	585	lento
Kato	Pterygota bequaertii	8	460	rápida - muy rápida
Lapacho	Tabebuia ipe	3	800	lento
Limba	Terminalia superba	9	460	normal - rápida
limbali	Gilbertidendron preussii	7	640	normal
Longhi	Gambeya africana	7	590	normal
Louro	Nectandra spp-ocotea spp	8	445	rápida - muy rápida
Louro rojo	Ocotea rubra	3	510	lento
Makore	Tieghemella heckelii	9	540	normal - rápida
Mansonia	Mansonia altissima	9	505	normal - rápida
Merbau	Intsia bijuga	1	635	muy lento
Movingui	Distemonanthus benthamianus	7	570	normal
Naga	Baobabstegia leonensis	3	500	lento
Niangon	Heritiera utilis	7	550	normal
Nagal europeo	Juglans regia	2	540	lento - normal
Nagal negro americano	Juglans nigra	2	505	lento - normal
Okume	Aucoumea klaineana	7	370	normal
Padouk de africa	Pterocarpus soyauxii	7	590	normal
Picea americana del este	Picea glauca - p. alba	11	380	muy rápida
Picea americana del oeste	Picea engelmannii	11	340	muy rápida
Picea de sitka	Picea sitchensis	8	370	rápida - muy rápida
Pino blanco del oeste	Pinus monticola	12	380	muy rápida
Pino carrasco	Pinus halepensis	10	420	muy rápida
Pino insignis	Pinus radiata	11	420	muy rápida
Pino laricio	Pinus nigra	10	480	muy rápida
Pino negro	Pinus uncinata	10	470	muy rápida
Pino oregon	Pseudotsuga menziesii	10	420	muy rápida
Pino pinaster	Pinus pinaster	11	445	muy rápida
Pino piñonero	Pinus pinea	10	480	muy rápida
Pino rígido	Pinus rigida	10	480	muy rápida
Pino silvestre	Pinus sylvestris	10	430	muy rápida
Platano	Platanus hybrida	7	470	normal
Roble blanco americano	Quercus alba	1	590	muy lento
Roble europeo	Quercus robur-q. petraea	1	570	muy lento
Roble rojo americano	Quercus rubra	1	540	muy lento
Samba	Triplachiton scleroxylon	10	330	muy rápida
Sapelli	Entandrophragma cylindricum	1	530	muy lento
Silver pine	Dacrydium colensoi	2	450	lento - normal
Sipo	Entandrophragma utile	7	520	normal
Tchitola	Oxytigma oxypyllum	7	500	normal
Tiama	Entandrophragma angolense	1	485	muy lento
Tola	Gossweilerodendron balsamiferum	7	415	normal
Tulipifero	Liriodendron tulipifera	7	380	normal
Virola	Virola koschnyi	6	370	muy lento - lenta

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	30	27,5	82	17	-
35	30	27	80	16	-
30	40	36,5	80	15	2
28	45	41	77	14	2
25	50	44	70	11,5	2,2
22	55	48	67	11	2,2
20	60	50	57	8,5	2,4
18	60	47,5	50	7,5	2,4
15	65	49	42	6	2,5

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	50	47	85	17	-
35	50	46	80	15	-
32	55	50	75	13	-
30	60	53	70	11	2,7
25	65	55,5	62	9	2,8
20	70	57	52	7	2,9
15	70	50	35	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	50	47	85	17	-
35	50	46	80	15	-
30	55	50,5	77	13,5	2,2
28	55	49	72	12	2,3
25	60	52	65	10	2,5
20	65	53,5	55	7,5	2,7
15	70	50	35	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	60	57	85	16	-
35	60	56	80	14	-
32	60	53	70	11	-
30	65	57	67	10	3
28	65	55,5	62	9	3,1
25	70	60	60	8	3,1
20	70	57	52	7	2,9
15	70	50	35	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	50	47	85	17	-
35	50	45	75	13	-
30	50	44	70	11,5	2,6
25	60	52	65	9,5	2,6
20	60	47,5	50	7,5	2,7
15	65	47	37	5,5	2,7

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	50	47	85	17	-
35	55	50	75	12,5	-
30	60	52	65	9,5	3,2
25	65	54	55	7,8	3,3
20	70	54	45	6	3,3
15	75	53	35	4,3	3,5

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	80	77,5	90	16	-
35	80	76,5	85	14	-
30	80	75	80	12	2,5
25	80	73	75	10	2,5
20	80	68	58	7	2,9
15	80	60	40	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	70	66,5	85	15	-
35	70	66	83	14	-
32	70	65	80	13	-
30	70	62,5	70	10	3
28	75	66	65	9	3,1
25	75	64	60	8	3,1
20	75	59	47	6	3,3
15	80	58	35	4,3	3,5

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	60	57	85	15,5	-
35	60	56	80	13,5	-
30	65	59	75	11,5	2,6
25	65	57	65	9,5	2,6
20	70	57	52	7	2,9
15	70	50	35	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	70	66,5	85	15	-
35	70	66	83	14	2,5
32	70	63	72	10,7	3
30	75	66	65	8,6	3,5
28	75	64	60	7,8	3,6
25	75	60	50	6,5	3,8
20	80	60	40	5	4
15	80	54	28	3,7	4

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	40	37,5	85	18	-
35	40	36	75	14	-
32	40	34	65	11	-
30	45,4	37	60	11	2,7
25	55	45,5	58	9	2,7
20	60	47	48	7	2,9
15	70	50	35	5	3

Humedad de la madera %	Temperaturas		Humedad relativa del aire %	Humedad de E.higroscópico %	Gradiente de secado G
	Seca °C	Húmeda °C			
Verde	65	62	85	15	-
35	65	59	75	12	-
32	65	57	65	9,5	-
30	70	58	55	7,5	4
28	70	57	52	7	4
25	75	60	48	6,2	4
20	80	60	40	5	4