

SOLUCION TECNOLÓGICA

USO DE TABLA PSICROMETRICA EN LA INDUSTRIA DE LA MADERA

Freddy Muñoz Acosta¹

Resumen

Se presenta y se explica el uso de una tabla psicrométrica como una herramienta básica para el industrial, para saber o conocer a que condición de humedad se encuentra la madera y a que condiciones ambientales deberá estar para que mantenga cierto contenido de humedad y que parámetros deberá controlar para que la madera seca en horno no pierda ni gane humedad después de este proceso.

Palabras clave: Tabla psicrométrica, Contenido de humedad, madera, madera seca al horno.

Abstract

A psychrometric chart and how to use it is presented as a basic tool to determine the moisture content of wood and what environmental conditions would maintain a specific moisture in wood and also to determine the necessary parameters to be controlled so wood maintain a constant moisture content.

Key words: Psychrometric chart, Moisture content, Wood, Oven dry wood.

INTRODUCCION

El almacenamiento correcto de la madera seca, es un proceso bastante importante pues permite, aparte de, proteger a la madera de agentes de biodeterioro como los rayos solares, lluvia, insectos, hongos; acondicionar o mantener la madera a un contenido de humedad necesario para procesos industriales posteriores y/o contenidos de humedad de producto terminado. También mantener la estabilidad dimensional de las piezas. Por otra parte, un buen tiempo de almacenaje bajo condiciones controladas y constantes de humedad relativa y temperatura permitirá a la madera llegar al contenido de humedad de equilibrio, necesario para que la madera cumpla un buen desempeño en el lugar donde prestará servicio en un futuro.

A menudo es deseable y/o necesario acondicionar a varios niveles de contenido de humedad la madera (aserrada y seca) y productos de madera (producto terminado, semielaborado, en proceso, productos encolados). Investigaciones y pruebas han demostrado que el contenido de humedad debe ser controlado, porque muchas de las propiedades de la madera dependen del contenido de humedad, dado que la humedad relativa y la temperatura son las principales variables que afectan el contenido de humedad de equilibrio de la madera. Este control de la humedad, también es de suma importancia cuando la madera y/o producto terminado es transportado a su destino final (exportación), en donde se debe cuidar que las condiciones de transporte no afecten el nivel de humedad de la madera.

Una forma de verificar y/o controlar las condiciones ambientales de la madera que se desea almacenar y la vez mantener o acondicionar su contenido de humedad final, es mediante la utilización de aparatos o dispositivos que ayudan a medir las condiciones de humedad relativa y temperatura como por ejemplo los higrómetros (humedad relativa), termómetros

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica: fmunoz@itcr.ac.cr

(temperatura), y los psicrómetros mediante los cuales podemos medir la humedad relativa y temperatura de bulbos (húmedo y seco). Complementario a este tipo de equipo están las tablas o cartas psicrométricas que han sido desarrolladas matemáticamente, las cuales permiten observar rápidamente y en determinado instante a que contenido de humedad de equilibrio se encuentra la madera, conociendo las condiciones ambientales de humedad relativa y temperatura.

La finalidad de esta publicación, es brindarle al industrial de la madera una herramienta básica de cómo saber o conocer a que condición de humedad se encuentra la madera y también a que condiciones ambientales deberá estar la madera seca para que mantenga cierto contenido de humedad y que parámetros deberá controlar para que la madera seca en horno no pierda ni gane humedad después de este proceso, que por lo general tiene un alto costo económico.

HUMEDAD RELATIVA

Tanto en un secado en estufa como en el secado al aire, el agua es removida de la superficie de la madera por evaporación (especialmente al inicio de estos procesos). La evaporación es controlada por la temperatura, la humedad del ambiente y la velocidad del aire que pasa a través de la pila de secado.

Un aumento de la temperatura incrementa el movimiento de la humedad dentro de la madera. Por otra parte, la temperatura y la humedad relativa (HR) del aire son factores decisivos para el proceso de secado. La HR puede definirse como la relación de la humedad relativa del aire entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen determinado de aire y la mayor cantidad posible de vapor de agua que pueda hallarse en ese volumen de aire a la misma temperatura. Matemáticamente se expresa así:

$$\%HR = (P/P_o) * 100$$

De acuerdo a esta definición, la humedad relativa del aire será del 100% si la presión parcial del vapor de agua en la atmósfera es igual a la presión del vapor saturado, situación que se presenta cuando el aire está saturado con vapor de agua; y será del 0% si el aire está completamente seco.

RELACIÓN ENTRE LA HR DEL AIRE Y LA HUMEDAD DE LA MADERA

La humedad relativa del aire influye directamente la humedad de la madera. Si la humedad relativa del aire, entonces aumenta la humedad de la madera de igual forma se presenta esa influencia de manera inversa. Siempre y cuando la temperatura sea constante y el proceso se lleve a cabo en un sistema cerrado.

La madera es un material higroscópico que reacciona siguiendo las leyes que rigen para los cuerpos porosos, por lo tanto, en contacto con un ambiente determinado ésta absorberá o perderá humedad, hasta tanto no exista igualdad entre las presiones parciales de vapor del aire circundante y el cuerpo húmedo, de lo contrario se dará una transferencia de humedad de la madera al medio o viceversa.

La magnitud de esta transferencia depende de la HR del aire. Para un cuerpo saturado de agua, la transferencia será nula si la HR=100% y máxima cuando la HR=0%; mientras que si el cuerpo poroso está seco la absorción de humedad será máxima si la HR=100% y nula si la HR=0%. Cuando una pieza de madera se deja cierto tiempo bajo condiciones de temperatura y HR constantes se establece un equilibrio entre la presión de vapor de agua del aire y la que existe en el interior de la pieza de madera. Cuando este equilibrio se presenta la humedad de la madera no varía más, o sea, se alcanza un punto de equilibrio que corresponde a un estado de humedad llamado contenido de humedad en equilibrio de la madera (CHE).

MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

Existen varias formas de medir la humedad relativa del aire, como las que se muestran en las siguientes figuras.

Higrómetro: bajo condiciones naturales y para temperaturas inferiores a 80 °c, la humedad relativa del aire se puede medir con el higrómetro. Este aparato funciona basado en las propiedades que tienen ciertos materiales como el cabello humano, láminas de celulosa, de alargarse cuando el aire está húmedo y contraerse si el aire esta seco. La contracción o elongación del material se transmite mediante un sistema mecánico y una aguja indicará en un dial la humedad del aire circundante.



Figura 1. Higrómetro (con lámina de celulosa), mide en porcentaje la HR
(Laboratorio de propiedades físico-mecánicas de la madera CIIBI)

Psicrómetro: Este instrumento consta de dos termómetros, uno es el bulbo seco permanece siempre seco e indica la temperatura real del aire; el otro es el bulbo húmedo que mantiene su parte sensitiva cubierta por una tela de algodón húmeda, el agua debe mantenerse en un nivel constante, este bulbo indica la temperatura a la cual el agua se esta evaporando.

La temperatura del bulbo húmedo será menor que la del bulbo seco, debido a que el bulbo húmedo sufre un enfriamiento como consecuencia de la evaporación de parte del agua de la tela, midiendo por lo tanto la temperatura ambiente menos la pérdida de calor causada por la evaporación.



Figura2. Psicrómetro, mide las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco
(Laboratorio de propiedades físico-mecánicas de la madera CIIBI)

Tabla psicrométrica: La humedad relativa también puede obtenerse de tablas elaboradas a partir de los datos de temperatura del bulbo seco y depresión de bulbo húmedo (diferencia psicrométrica). La tabla psicrométrica, relaciona valores de %HR, %CHE y temperaturas de bulbo seco y húmedo (en °C y °F), dada la combinación de estos datos podremos saber a que condiciones de humedad se encontrará la madera en determinado momento.

El uso de la tabla se realiza de la siguiente forma:

1. Se hace la lectura en el psicrómetro de la temperatura del bulbo seco (TBS), por ej: 22 °C
2. Se hace la lectura en el psicrómetro de la temperatura del bulbo húmedo (TBH), por ej: 17 °C
3. Se calcula la diferencia psicrométrica $TBS - TBH = (22 - 17)°C = 5 °C$
4. Conociendo estos datos, nos remitimos a la tabla y en la columna de TBS °C, ubicamos los 22 °C, nos desplazamos sobre esa fila hasta coincidir con el valor de la diferencia psicrométrica de 5°C (fila superior de la tabla psicrométrica), sobre esa intersección encontraremos los valores de %HR= 60 y %CHE= 11.0
5. Esto significa que si las condiciones de TBS, TBH y %HR se mantienen constantes la madera se estará acondicionando a un %CHE de 11.0%. Si las condiciones de temperatura y humedad relativa cambian el valor de %CHE será diferente.
6. Si se desea obtener un buen control sobre estos parámetros, se hace necesario tener un cuarto o galera cerrada acondicionada con equipo como el de la Figura 3.



(A)



(B)

Figura3. Equipo para control de condiciones ambientales
(A) Sistema de aire acondicionado proporciona entrada de aire fresco
(B) Deshumidificador controla la proporción de aire seco/húmedo
(Laboratorio de propiedades físico-mecánicas de la madera CIIBI)



TBS (°C)	TBS (°F)	DP (°C) (°F)	DIFERENCIA PSICROMETRICA (°C) / DIFERENCIA PSICROMETRICA (°F)																																			
			0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0			
			0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0	19.8	21.6	23.4	25.2	27.0	28.8	32.4	36.0	39.6	43.2	46.8	50.4	54.0	57.6	61.2	64.8	68.4	72.0			
54.0	129.2	%HR	97	95	92	90	87	85	82	80	78	76	71	67	63	59	56	52	49	45	42	39	36	31	26	21	17	13										
		%CHE	22.6	21.1	19.2	18.1	16.7	15.9	14.7	14.0	13.4	12.8	11.5	10.6	9.8	9.1	8.6	7.9	7.5	6.9	6.6	6.2	5.8	5.2	4.6	3.9	3.4	2.8										
66.0	132.8	%HR	97	95	92	90	87	85	83	80	78	76	72	68	64	60	57	53	50	46	43	40	38	32	27	23	19	15	11									
		%CHE	22.4	20.9	19.1	18.0	16.5	15.7	14.9	13.9	13.2	12.6	11.6	10.7	9.8	9.1	8.6	8.0	7.5	7.0	6.6	6.2	5.9	5.2	4.6	4.1	3.6	3.0	2.4									
68.0	136.4	%HR	97	95	93	90	88	85	83	80	79	77	72	68	64	61	57	54	51	47	44	42	39	33	29	24	20	16	12									
		%CHE	22.2	20.7	19.5	17.8	16.8	15.5	14.7	13.7	13.4	12.8	11.4	10.5	9.7	9.1	8.5	8.0	7.6	7.0	6.6	6.4	6.0	5.3	4.8	4.2	3.7	3.1	2.5									
60.0	140.0	%HR	98	95	93	90	88	86	83	81	79	77	73	69	65	62	58	55	52	48	45	43	40	35	30	26	21	18	14	11								
		%CHE	22.8	20.6	19.3	17.6	16.6	15.7	14.5	13.8	13.2	12.6	11.5	10.6	9.8	9.2	8.5	8.0	7.6	7.0	6.6	6.4	6.0	5.4	4.8	4.3	3.7	3.3	2.8	2.3								
62.0	143.6	%HR	98	95	93	91	88	86	84	81	79	78	73	69	66	62	59	56	53	49	46	43	41	36	31	27	23	19	15	12								
		%CHE	22.6	20.4	19.1	17.9	16.4	15.5	14.7	13.7	13.0	12.7	11.4	10.4	9.8	9.1	8.5	8.1	7.6	7.0	6.7	6.3	6.0	5.4	4.8	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4								
64.0	147.2	%HR	98	95	93	91	88	86	84	82	80	78	74	70	66	63	59	56	53	50	47	44	42	37	32	28	24	20	17	13								
		%CHE	22.4	20.2	18.9	17.7	16.2	15.3	14.6	13.8	13.2	12.5	11.4	10.5	9.7	9.1	8.4	7.9	7.5	7.1	6.7	6.3	6.0	5.5	4.9	4.4	4.0	3.5	3.1	2.5								
66.0	150.8	%HR	98	95	93	91	89	86	84	82	80	78	74	70	67	64	60	57	54	51	48	45	43	38	33	29	25	21	18	15	12							
		%CHE	22.2	20.0	18.7	17.5	16.5	15.2	14.4	13.6	13.0	12.4	11.3	10.3	9.7	9.1	8.4	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	6.1	5.5	4.9	4.5	4.0	3.5	3.2	2.8	2.4							
68.0	154.4	%HR	98	95	93	91	89	87	85	83	81	79	75	71	67	64	61	58	55	52	49	46	44	39	34	30	26	22	19	16	13							
		%CHE	22.0	19.7	18.5	17.3	16.3	15.4	14.6	13.8	13.1	12.5	11.4	10.4	9.6	9.0	8.5	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	6.1	5.5	4.9	4.5	4.0	3.6	3.2	2.9	2.4							
70.0	158.0	%HR	98	96	93	91	89	87	85	83	81	79	75	71	68	65	61	58	55	52	50	47	44	40	35	31	27	23	20	17	14	11						
		%CHE	21.8	20.2	18.3	17.1	16.1	15.2	14.4	13.6	12.9	12.3	11.2	10.3	9.6	9.0	8.3	7.9	7.4	7.0	6.7	6.3	6.0	5.5	5.0	4.5	4.1	3.6	3.3	2.9	2.5	2.1						
72.0	161.6	%HR	98	96	94	92	89	87	85	83	81	80	76	72	69	65	62	59	56	53	50	48	45	40	36	32	28	24	21	18	15	12						
		%CHE	21.6	20.0	18.7	17.5	16.5	15.0	14.2	13.4	12.8	12.4	11.3	10.3	9.7	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	6.6	6.4	6.0	5.4	5.0	4.5	4.1	3.7	3.3	3.0	2.6	2.2						
74.0	165.2	%HR	98	96	94	92	90	87	85	84	82	80	76	72	69	66	63	60	57	54	51	48	46	41	37	33	29	25	22	19	16	13	11					
		%CHE	21.4	19.8	18.5	17.3	16.2	14.8	14.0	13.6	12.9	12.3	11.1	10.2	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	6.6	6.2	6.0	5.4	5.0	4.6	4.1	3.7	3.4	3.0	2.7	2.3	2.0					
76.0	168.8	%HR	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	76	73	70	66	63	60	57	54	52	49	47	42	38	34	30	26	23	20	17	14	12					
		%CHE	21.2	19.6	18.2	17.0	16.0	15.0	14.2	13.4	12.7	12.1	11.0	10.2	9.6	8.8	8.3	7.8	7.3	6.9	6.6	6.3	6.0	5.4	5.0	4.6	4.2	3.7	3.4	3.1	2.8	2.4	2.1					
78.0	172.4	%HR	98	96	94	92	90	88	86	84	82	81	77	73	70	67	64	61	58	55	52	50	47	43	38	34	30	27	24	21	18	15	13	10				
		%CHE	20.9	19.4	18.0	16.8	15.8	14.8	14.0	13.2	12.5	12.2	11.1	10.1	9.4	8.8	8.3	7.8	7.3	6.9	6.5	6.3	5.9	5.4	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5	3.1	2.8	2.5	2.2	1.8				
80.0	176.0	%HR	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	77	74	71	67	64	61	58	56	53	50	48	43	39	35	31	28	24	22	19	16	14	11				
		%CHE	20.7	19.2	17.8	16.6	15.6	14.6	13.8	13.0	12.7	12.0	10.9	10.1	9.5	8.7	8.2	7.7	7.2	6.9	6.5	6.2	5.9	5.3	4.9	4.5	4.1	3.8	3.4	3.2	2.9	2.5	2.3	1.9				
82.0	179.6	%HR	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	49	44	40	36	32	29	25	22	20	17	15	12	10			
		%CHE	20.5	18.9	17.6	16.4	15.4	14.4	13.6	12.9	12.5	11.9	10.7	10.0	9.3	8.7	8.2	7.7	7.2	6.8	6.5	6.2	5.9	5.4	4.9	4.5	4.1	3.8	3.4	3.1	2.9	2.6	2.3	2.0	1.7			
84.0	183.2	%HR	98	96	94	92	90	88	86	85	83	81	78	74	71	68	65	62	59	57	54	52	49	45	40	37	33	29	26	23	20	18	16	13	11			
		%CHE	20.3	18.7	17.4	16.2	15.2	14.2	13.4	13.0	12.3	11.7	10.8	9.8	9.2	8.6	8.0	7.6	7.1	6.8	6.4	6.2	5.8	5.4	4.8	4.5	4.1	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.1	1.8			
86.0	186.8	%HR	98	96	94	92	91	89	87	85	83	82	78	75	72	69	66	63	60	57	55	52	50	45	41	37	34	30	27	24	21	19	16	14	12			
		%CHE	20.0	18.5	17.1	16.0	15.0	14.5	13.6	12.8	12.1	11.8	10.6	9.9	9.2	8.6	8.1	7.6	7.1	6.7	6.4	6.1	5.8	5.3	4.8	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.7	2.4	2.1	1.9			
88.0	190.4	%HR	98	96	95	93	91	89	87	85	83	82	78	75	72	69	66	63	60	58	55	53	51	46	42	38	34	31	28	25	22	19	17	15	13			
		%CHE	19.8	18.3	17.8	16.3	15.2	14.3	13.4	12.7	12.0	11.6	10.5	9.7	9.1	8.5	7.9	7.4	7.0	6.7	6.3	6.1	5.8	5.3	4.8	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0			
90.0	194.0	%HR	98	97	95	93	91	89	87	85	84	82	79	76	73	69	67	64	61	58	56	53	51	47	42	39	35	32	28	26	23	20	18	16	14			
		%CHE	19.6	18.8	17.3	16.1	15.0	14.1	13.2	12.5	12.1	11.5	10.6	9.8	9.1	8.3	8.0	7.5	7.0	6.6	6.3	5.9	5.7	5.3	4.7	4.4	4.1	3.8	3.4	3.2	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0			
92.0	197.6	%HR	98	97	95	93	91	89	87	86	84	82	79	76	73	70	67	64	61	59	56	54	52	47	43	39	36	32	29	26	24	21	19	16	14			
		%CHE	19.3	18.5	17.1	15.9	14.8	13.9	13.0	12.6	11.9	11.3	10.4	9.6	9.0	8.4	7.8	7.3	6.9	6.6	6.2	6.0	5.7	5.2	4.7	4.4	4.1	3.7	3.4	3.2	3.0	2.7	2.5	2.2	2.0			
94.0	201.2	%HR	99	97	95	93	91	89	88	86	84	83	79	76	73	70	67	65	62	59	57	54																