

## INDICE DE MATERIAS

### CAPITULO I

Página

|    |   |   |
|----|---|---|
| 1. | Propiedades de la madera en relación con el secado..... | 1 |
| 2. | Estructura.....   | 1 |

### CAPITULO II

#### HUMEDAD DE LA MADERA

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.      | Introducción.....  | 5  |
| 2.      | Expresión de la humedad en la madera.....  | 6  |
| 3.      | Punto de saturación de la fibra.....   | 6  |
| 4.      | Variación del porcentaje de humedad.....   | 6  |
| 4.1.    | En madera verde.....   | 6  |
| 4.2.    | En madera secada al aire.....  | 7  |
| 4.3.    | En madera secada artificialmente.....  | 7  |
| 4.4.    | En almacén.....  | 8  |
| 4.5.    | En servicio.....   | 8  |
| 5.      | Otra explicación de la relación entre madera y humedad.....                                    | 8  |
| 6.      | Bases de la determinación del contenido de humedad y consideraciones relacionadas con la misma | 8  |
| 7.      | Aparatos eléctricos para medir la humedad de la madera.....                                    | 9  |
| 7.1.    | Aparatos del tipo de resistencia.....  | 9  |
| 7.1.1.  | Relación entre el contenido de humedad y resistencia.....                                      | 9  |
| 7.1.2.  | Electrodos.....  | 10 |
| 7.1.3.  | Variación de los valores del contenido de humedad.....   | 11 |
| 7.2.    | Aparatos para determinar la humedad del tipo de capacidad y radio frecuencia.....              | 11 |
| 7.2.1.  | Características dieléctricas de la madera.....   | 11 |
| 7.2.2.  | Electrodos.....  | 11 |
| 7.2.3.  | Límites entre los que puede determinarse el porcentaje de humedad.....                         | 11 |
| 7.2.4.  | Control automático de la medición de la humedad  | 11 |
| 7.3.    | Exactitud de las determinaciones.....  | 12 |
| 7.3.1.  | Especie.....   | 12 |
| 7.3.2.  | Densidad.....  | 12 |
| 7.3.3.  | Distribución de la humedad.....  | 12 |
| 7.3.4.  | Espesor del material.....  | 13 |
| 7.3.5.  | Temperatura.....   | 13 |
| 7.3.6.  | Contacto de los electrodos.....  | 13 |
| 7.3.7.  | Dirección de la fibra.....   | 13 |
| 7.3.8.  | Electrolitos.....  | 14 |
| 7.3.9.  | Humedad relativa alta.....   | 14 |
| 7.3.10. | Número de determinaciones.....   | 14 |
| 7.3.11. | Factor personal.....   | 14 |
| 7.4.    | Mantenimiento.....   | 15 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 7.4.1.  | Consideraciones generales.....  | 15 |
| 7.4.2.  | Reposiciones.....   | 15 |
| 7.5.    | Elección de un aparato.....   | 15 |
| 7.5.1.  | Límites de la determinación de la humedad.....                        | 15 |
| 7.5.2.  | Tolerancia de los agujeros pequeños del electrodo                     | 16 |
| 7.5.3.  | La determinación de la humedad sobre superficies estrechas.....       | 16 |
| 7.5.4.  | Determinación de madera muy gruesa.....                               | 16 |
| 7.5.5.  | Grado de presión en gradientes de humedad.....                        | 16 |
| 7.5.6.  | Superficies curvadas.....   | 17 |
| 7.5.7.  | Chapa .....   | 17 |
| 7.5.8.  | Contrachapados.....   | 17 |
| 7.5.9.  | La rapidez en la determinación.....                                   | 17 |
| 7.5.10. | Necesidades.....  | 17 |
| 7.5.11. | Consideración de precio .....   | 17 |
| 7.5.12. | Determinación del porcentaje de humedad en la madera de deshecho..... | 18 |
| 7.5.13. | Conclusiones.....   | 18 |
| 8.      | Como se seca la madera.....   | 18 |
| 8.1.    | Movimiento del agua.....  | 18 |
| 8.1.1.  | Volumen de los elementos conductores.....                             | 19 |
| 8.1.2.  | Canales principales.....  | 19 |
| 8.2.    | Fuerzas que favorecen el movimiento de la humedad                     | 20 |
| 8.3.    | Factores que influyen en la marcha del secado....                     | 21 |
| 8.4.    | Densidad y peso de la madera.....                                     | 21 |
| 9.      | Porcentaje de humedad de la madera según su empleo.....               | 22 |
| 9.1.    | Madera verde.....   | 24 |
| 9.2.    | Madera secada al aire.....  | 24 |
| 9.3.    | Madera secada en secaderos.....                                       | 24 |
| 9.4.    | Recomendaciones generales.....  | 25 |

CAPITULO III

|  |    |
|--|----|
| PORCENTAJE DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO HIGROSCOPICO | 27 |
|--|----|

CAPITULO IV

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | La merma y sus causas.....  | 29 |
| 2.   | Variabilidad de las contracciones.....  | 30 |
| 3.   | Tensiones que se producen en el secado de la madera.....                                | 31 |
| 4.   | Tensiones en el endurecimiento.....   | 32 |
| 5.   | Efectos de los esfuerzos del secado.....  | 34 |
| 5.1. | La deformación como elemento de trabajo en el des envolvimiento del plan de secado..... | 34 |
| 5.2. | La deformación, un elemento para disminuir la merma y la curvatura.....                 | 34 |
| 5.3. | Fendas superficiales, de testa y rajadas.....   | 35 |
| 5.4. | Hundimiento de fibras o colapso.....  | 36 |
| 5.5. | Apanamiento,.....   | 37 |
| 5.6. | Tensión o condición final de deformación permanente.....                                | 38 |
| 5.7. | Inversión de tensiones.....   | 39 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.     | Tensiones y sus relaciones con los planes de secado artificial.....   | 40 |
| 6.1.   | Factores de temperatura.....  | 40 |
| 6.1.1. | La temperatura durante la iniciación del secado.....  | 40 |
| 6.1.2. | Temperaturas intermedias y finales.....   | 41 |
| 6.1.3. | Efectos de la temperatura en la merma.....  | 42 |
| 6.2.   | Variación de la humedad relativa.....   | 42 |
| 6.2.1. | Humedad relativa inicial.....   | 42 |
| 6.2.2. | La humedad relativa mínima después de la inversión de tensiones.....  | 43 |
| 6.2.3. | Reducciones intermedias de la humedad relativa..  | 43 |
| 6.3.   | Los efectos del tiempo.....   | 44 |
| 6.3.1. | Reducción de la resistencia de la madera en relación con el tiempo y temperatura de secado.....                 | 44 |
| 6.3.2. | Los efectos de la deformación continua.....   | 44 |
| 7.     | Relajamiento de tensiones.....  | 45 |
| 7.1.   | Requisitos para llevar a cabo un perfecto relajamiento de tensiones.....  | 45 |
| 7.2.   | Principios del relajamiento de tensiones.....   | 46 |
| 7.3.   | Tratamientos recomendados para la igualación y el acondicionamiento.....  | 47 |
| 7.3.1. | Tratamiento de igualación.....  | 48 |
| 7.3.2. | Tratamiento de acondicionamiento.....   | 48 |
| 7.4.   | Limitaciones y modificaciones de los procesos recomendados.....   | 50 |
| 7.5.   | Efectos del tratamiento de vapor o de una humedad relativa excesivamente alta durante el acondicionamiento..... | 50 |
| 7.6.   | Aflojamiento de tensiones por inmersión o regado  | 51 |
| 7.7.   | Investigaciones recientes sobre el relajamiento de tensiones.....   | 51 |
| 7.8.   | Pruebas de tensiones.....   | 52 |
| 7.8.1. | Condiciones de las pruebas.....   | 52 |
| 7.8.2. | Valoración de las secciones de prueba de tensiones.....   | 53 |

CAPITULO V  
EL SECADO DE LA MADERA AL AIRE LIBRE 55

CAPITULO VI  
PRESECADO 59

|   |    |
|---|----|
| Presecadero de paso simple sin la utilización de calor..... | 59 |
|---|----|

CAPITULO VII  
SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Razones para el secado de la madera.....                         | 61 |
| 2. | Problemas asociados con el secado artificial....                 | 62 |
| 3. | La madera aserrada en almacenamiento con ambiente seco.....      | 63 |
| 4. | Problemas típicos de las relaciones de humedad..                 | 63 |
| 5. | Relación entre la resistencia de la madera y la temperatura..... | 65 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 5.1. | Efecto inmediato.....   | 65 |
| 5.2. | Efecto permanente derivado de la exposición a altas temperaturas..... | 65 |

CAPITULO VIII

SECADEROS DE MADERA ASERRADA

|   |    |
|---|----|
| Clases o tipos de secaderos y sus rasgos principales..... | 67 |
| Introducción.....   | 67 |
| Secaderos de compartimiento.....                          | 68 |
| Secaderos de compartimiento con circulación natural.....  | 68 |
| Secaderos de compartimiento de circulación forzada.....   | 69 |
| Secaderos de ventilador externo.....                      | 69 |
| Secaderos de ventilador interno.....                      | 71 |
| Secaderos progresivos.....                                | 72 |
| Secaderos progresivos de circulación natural.....         | 72 |
| Secaderos progresivos de circulación forzada.....         | 72 |
| Secaderos de ventilador externo.....                      | 72 |
| Secaderos de ventilador interno.....                      | 73 |
| Calefacción.....  | 73 |
| Calefacción directa.....                                  | 73 |
| Calefacción indirecta.....                                | 73 |
| Superficies de radiación.....                             | 74 |
| Válvulas de control y purgadores automáticos.....         | 75 |
| Purgadores automáticos.....                               | 75 |
| Válvulas de control.....                                  | 77 |
| Sistemas de pulverización.....                            | 78 |
| Pulverizadores de vapor.....                              | 78 |
| Pulverizadores de agua.....                               | 78 |
| Sistemas de ventilación.....                              | 78 |
| Ventilación en los secaderos de ventilación natural.....  | 79 |
| Ventilación en los secaderos de ventilación forzada.....  | 79 |
| Sistemas de circulación de aire.....                      | 79 |
| Cálculo de la velocidad de circulación.....               | 80 |
| Secaderos de circulación natural.....                     | 82 |
| Secaderos de circulación forzada.....                     | 82 |
| Equipo para controlar las condiciones del secado.....     | 83 |
| Equipo de control automático.....                         | 83 |
| Termostatos autónomos.....                                | 84 |
| Termostatos auxiliares.....                               | 84 |
| Equipos de control manual.....                            | 85 |
| Aparatos para medición de temperaturas.....               | 85 |
| Construcción de un secadero de madera aserrada.....       | 86 |
| Características de un secadero.....                       | 87 |
| Rasgos distintivos de la construcción.....                | 87 |
| Materiales de construcción.....                           | 88 |
| Cimientos y suelos.....                                   | 88 |
| Paredes.....  | 88 |
| Tejado.....   | 88 |
| Revestimiento contra el vapor.....                        | 89 |
| Puertas.....  | 89 |
| Secaderos prefabricados.....                              | 89 |

## OPERACION DEL SECADO ARTIFICIAL

|  |     |
|--|-----|
| El apilado de la madera aserrada y otros detalles para el secado artificial..... | 91  |
| Selección.....   | 91  |
| Selección por especies.....  | 91  |
| Selección por porcentaje de humedad.....   | 92  |
| Selección por duramen y albura.....  | 92  |
| Selección por aserrado.....  | 92  |
| Selección por calidad.....   | 93  |
| Selección por gruesos.....   | 93  |
| Madera aserrada con grueso variable.....   | 93  |
| Selección por longitud.....  | 93  |
| Apilado y colocación de los rastreles de la madera aserrada.....                 | 94  |
| Material de los rastreles.....   | 94  |
| Porcentaje de humedad de los rastreles.....                                      | 94  |
| Tamaño de los rastreles.....   | 94  |
| Ancho del rastrel.....   | 95  |
| Grueso del rastrel.....  | 95  |
| Soporte de la carga.....   | 95  |
| Colocación, espaciamento y alineamiento de los rastreles.....                    | 95  |
| Colocación de los rastreles.....   | 96  |
| Espaciamento de los rastreles.....   | 96  |
| Soportes cruzados de los rastreles.....  | 96  |
| Alineación de rastreles.....   | 96  |
| Hileras auxiliares de rastreles en los paquetes de madera aserrada.....          | 97  |
| Rastreles guías.....   | 97  |
| Cuidado de los rastreles.....  | 97  |
| Equipo de apilado y desapilado mecánico.....                                     | 98  |
| Apiladores mecánicos.....  | 98  |
| Desapiladores de madera aserrada.....  | 98  |
| El apilado "en caja", de madera de varias longitudes.....                        | 98  |
| Método I.....  | 99  |
| Método II.....   | 99  |
| Método III.....  | 100 |
| Apilado de madera aserrada para diversos tipos de secaderos.....                 | 100 |
| Apilado para los secaderos de circulación natural.....                           | 100 |
| Apilado de la madera.....  | 100 |
| Manufacturas especiales.....   | 100 |
| Apilado para los secaderos de circulación forzada.....                           | 101 |
| Secaderos de ventilador externo.....   | 101 |
| Secaderos de ventilador interno.....   | 101 |
| Apilado múltiple de la madera aserrada.....                                      | 102 |
| Bolsillos para las muestras del secadero.....                                    | 102 |
| Protección de las cargas apiladas para el secado artificial.....                 | 102 |
| Otros dispositivos para el apilado.....  | 102 |
| Muestras del secadero.....   | 103 |
| Variabilidad del material.....   | 103 |
| Especies.....  | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| Grueso.....  | 104 |
| Porcentaje de humedad.....   | 104 |
| Duramen y albura.....  | 104 |
| Fibra o veta.....  | 105 |
| Secado de cargas mixtas.....   | 105 |
| Número de muestras.....  | 105 |
| Secado de una carga según un plan establecido.....   | 105 |
| Perfeccionamiento de una cédula tiempo-temperatura.....  | 105 |
| Comprobación del funcionamiento de un secadero.....  | 106 |
| Momento en que deben seleccionarse las muestras o testigos   | 106 |
| Preparación de las muestras.....   | 107 |
| El corte de las secciones de humedad y de las muestras del<br>secadero.....                        | 107 |
| Determinación del porcentaje de humedad y del peso de las<br>muestras secadas en el horno.....     | 107 |
| Pesado de las secciones de humedad.....  | 108 |
| Pesado de las muestras del secadero.....   | 108 |
| Secado al horno de las secciones de humedad.....   | 108 |
| Pesado de las secciones de humedad secadas en el horno....   | 109 |
| Cálculo del porcentaje de humedad de las secciones.....  | 109 |
| Método I.....  | 109 |
| Metodo II.....   | 110 |
| Cálculo de los pesos secos de las muestras del secadero...   | 110 |
| Colocación de las muestras en las cargas del secadero.....   | 110 |
| Uso de las muestras del secadero durante el secado.....  | 111 |
| Cálculo del porcentaje de humedad "actual" de la muestra..   | 112 |
| Uso de las muestras para seguir una cédula de secado.....  | 112 |
| Pruebas intermedias de determinación del porcentaje de hu-<br>medad.....                           | 112 |
| Cuando deben realizarse las pruebas intermedias.....   | 112 |
| Como deben realizarse las pruebas intermedias.....   | 113 |
| Porcentaje de humedad final y pruebas de tensión.....  | 113 |
| Registro del secado.....   | 113 |
| Data de tensión y humedad.....   | 114 |
| Representación grafica de la data.....   | 114 |
| El uso de instrumentos eléctricos de medición para mues-<br>treo durante el período de secado..... | 115 |
| Carga del secadero.....  | 116 |
| Carga de un secadero de compartimiento de circulación natu-<br>ral.....                            | 116 |
| Carga de los secaderos de compartimiento de circulación --<br>forzada.....                         | 116 |
| Carga de los secaderos de ventilador externo.....  | 117 |
| Secaderos de apilado longitudinal.....   | 117 |
| Secaderos de apilado transversal.....  | 117 |
| Carga de los secaderos de ventilador interno.....  | 117 |
| Secaderos de apilado transversal.....  | 117 |
| Secaderos de apilado longitudinal.....   | 118 |
| Colocación de los paquetes en las vagonetas del secadero..   | 119 |
| Carga de los paquetes en los secaderos de ventilador inter-<br>no.....                             | 119 |
| Carga de los secaderos progresivos (túneles).....  | 120 |
| Cédulas de secado y tiempo.....  | 120 |

|   |     |
|---|-----|
| Cédulas de frondosas.....                                   | 121 |
| General.....  | 121 |
| Porcentaje de humedad, como principio fundamental.....      | 122 |
| Consideraciones de material.....                            | 122 |
| Consideraciones sobre la operación del secado.....          | 122 |
| Cédulas que se sugieren y recomiendan.....                  | 123 |
| Formación de una cédula de secado.....                      | 124 |
| Ejemplos de cédulas formadas.....                           | 125 |
| Uso de las cédulas para material secado al aire.....        | 125 |
| Modificaciones de las cédulas generales para frondosas....  | 126 |
| Cambio de cédula de la depresión de bulbo húmedo.....       | 126 |
| Cédulas "H" de depresión de bulbo húmedo.....               | 126 |
| Cambio de cédulas de temperatura.....                       | 127 |
| Modificaciones en las cédulas.....                          | 127 |
| Cédulas especiales para frondosas.....                      | 128 |
| Cédulas para conservar la resistencia de la madera.....     | 128 |
| Cédulas para madera fina.....                               | 128 |
| Cédulas para productos específicos.....                     | 129 |
| Cédulas para maderas tratadas químicamente.....             | 129 |
| Cédulas para maderas extranjeras.....                       | 130 |
| Cédulas basadas en el porcentaje de humedad, para resinosas | 130 |
| Bases del porcentaje de humedad.....                        | 130 |
| Consideraciones sobre material.....                         | 130 |
| Consideraciones sobre la operación.....                     | 131 |
| Cédulas del porcentaje de humedad.....                      | 131 |
| Secado artificial de resinosas previamente secadas al aire  | 132 |
| Modificación de las cédulas de porcentaje de humedad para   |     |
| resinosas.....  | 132 |
| Cédulas comerciales de tiempo para resinosas.....           | 132 |
| Bases de tiempo.....  | 133 |
| Consideraciones sobre materiales y operación.....           | 133 |
| Muestras de secadero.....                                   | 133 |
| Cédulas de tiempo.....                                      | 133 |
| Formación de una cédula de tiempo.....                      | 134 |
| Ejemplos de cédulas de tiempo ya formadas.....              | 134 |
| Control de la mancha marrón.....                            | 134 |
| Solidificación de la resina, retención de aceites esencia-  |     |
| les.....  | 135 |
| Madera tratada químicamente.....                            | 135 |
| Cédulas para conservar la máxima resistencia.....           | 135 |
| Persianas, tarima, artesonado.....                          | 135 |
| Maderas enfardadas en paquete.....                          | 135 |
| Troncos, postes, traviesas.....                             | 136 |
| Madera para tanques o depósitos.....                        | 136 |
| Madera de pino nudosa.....                                  | 136 |
| Tratamientos de esterilización, igualación y acondiciona-   |     |
| miento.....   | 137 |
| Moho.....   | 137 |
| Mohos, mancha y pudrición.....                              | 137 |
| Insectos.....   | 137 |
| Tratamiento de igualación y acondicionamiento.....          | 138 |
| Tratamiento de igualación.....                              | 138 |
| Tratamiento de acondicionamiento.....                       | 139 |
| Tiempo del secado.....                                      | 140 |

## C Á P I T U L O   V I I

### SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA

#### 1. Razones para el secado de la madera

El secado artificial tiene diversos propósitos, alguno de los cuales podemos decir, son indispensables, para conseguir un acabado satisfactorio de los productos. El secado artificial de la madera, verde aserrada, en las serrerías se lleva a cabo, al menos por una o varias de las siguientes razones:

- (1) Para reducir su peso y reducir a su vez los gastos de transporte.
- (2) Para evitar la formación de azulado, manchas y el ataque de los insectos.
- (3) Ahorrar los costes de un largo curado o secado al aire libre.
- (4) Evitar rajás, fendas superficiales y combamientos que se producen por el secado al aire.
- (5) Hacer frente a las demandas de los consumidores de madera seca artificialmente.

La madera se seca artificialmente en una factoría de madera para, (1) Reducir merma natural y el combamiento para que conserve la forma dada una vez trabajada. (2) Ahorrar el tiempo tan largo, necesario para su secado, en almacén. (3) Reducir el porcentaje de humedad a un punto al que resulta generalmente imposible llegar con el secado al aire. (4) Para conseguir un encolado y acabado satisfactorio. (5) Ahorrar los costes de un largo secado al aire libre y; (6) Eliminar defectos tales como fendas, combamientos, y manchado, que acompañan al secado realizado en el patio, preliminar al secado artificial.

Como el proceso de secado al aire, el secado artificial REDUCE el PESO de la madera y REDUCE la posibilidad de los ataques de los INSECTOS y de los MOHOS, pero



su propósito principal es acondicionar la madera para que las distorsiones posteriores, en el producto terminado quede reducida a mínimos tolerables.

La merma acompaña siempre al secado y la hinchazón sigue a la sorción. La madera retiene siempre una pequeña cantidad de humedad, y esta cantidad depende de la condición de la humedad del aire en la que está colocada. Esta cantidad varía, de estación en estación y depende de las variaciones locales y del sistema y potencia de la calefacción empleada.

Para trabajarla mecánicamente, para conseguir un buen pegado, teñido y acabado, la madera debe estar lo suficientemente seca y la merma y contenido de humedad, lo más estabilizado posible. Los procesos y sistemas de secado han sido perfeccionados para que con ellos se pueda conseguir no solo estos resultados, sino también asegurarse con ellos el menor coste, reduciendo al mínimo las pérdidas de tiempo, mano de obra y materiales. El secado artificial reduce la madera a un porcentaje de humedad mucho más bajo que el que puede lograrse mediante el secado al aire, y además, realizándolo en cuestión de días o semanas, en lugar de meses y hasta años. Prácticamente todas las maderas de ebanistería se secan artificialmente aún después de que ellas hayan sido secadas al aire, siempre que se quieran conseguir productos de calidad.

Desde el punto de vista del aserrador resulta no solo factible sino también económicamente aconsejable, secar, su madera aserrada de mejor calidad en secaderos sin tener que esperar al secado al aire. El calor y la fuerza motriz en el secado son muy baratos, siempre que se utilicen como combustibles, los residuos de la manufactura. Las múltiples operaciones manuales, que generalmente acompañan al proceso de secado al aire, quedan reducidas cuando la madera se seca en el secadero a unos días o semanas, si se le compara con los varios meses necesarios en el secado al aire. La más rápida rotación de existencias reduce las inversiones de capital. Las demandas del mercado pueden ser atendidas rápidamente; además, el producto resulta más comercial, más brillante en color, libre de pudrición, manchas y ataque de los insectos, con mínimo de combamiento, fendas y de rajaduras. El secado artificial proporciona una madera aserrada de más alta calidad, que da lugar a conseguir mayores beneficios.

## 2. Problemas asociados con el secado artificial.

El porcentaje de humedad deseado de la madera generalmente depende de la atmósfera que la rodea durante su último uso. Sin embargo también se debe tener en cuenta el tiempo y las condiciones atmosféricas que han prevalecido durante el proceso industrial.

Mientras es relativamente sencillo determinar el contenido de humedad óptimo final del producto mediante un estudio de las condiciones de la atmósfera en donde este artículo va a ser utilizado, no resulta tan sencillo reducir su porcentaje de humedad a esa condición. Durante el proceso de secado el exterior de la tabla se seca más rápidamente y a un porcentaje de humedad más bajo que las partes centrales. La albura generalmente se seca más rápidamente. Y el peso seco volumétrico está relacionado con la

velocidad del secado por cuanto las piezas más ligeras secan generalmente más deprisa. Todas estas condiciones están presentes en una carga de madera, y esto complica el proceso de secado.

Se añaden a estas dificultades la desigual temperatura y humedad que frecuentemente se encuentran en el secadero. Estas condiciones producen una variedad de condiciones de humedad en la madera aserrada.

Utilizando buenos aparatos de secado y llevando a cabo una inteligente operación es posible conseguir madera secada artificialmente, que no varía más que el 2 %, siempre que el secado se realice en un punto entre el 5 y el 9 % de porcentaje de humedad. Es mucho más difícil conseguir una uniformidad cuando el secado sea por encima del 9 % y esto se debe a las características individuales de las tablas y a las variaciones de velocidad de evaporación como también a las variables condiciones del secado artificial. Hay muy pequeña diferencia en el porcentaje de humedad de equilibrio final de las diferentes especies o texturas de tablas, pero estas varían considerablemente en lo que se refiere al tiempo necesario para conseguir este porcentaje de humedad.

### 3. La madera aserrada en un almacenamiento con ambiente seco.

Lo anteriormente dicho, puede sugerir la práctica de mantener la madera aserrada almacenada en ambiente seco, durante un período de tiempo suficiente que permita la igualación de su humedad. La duración recomendada de esta práctica debe ser proporcional al cuidado con que se ha efectuado el secado artificial. Si se tiene gran necesidad del material que se está secando, es preferible conseguir que la madera aserrada alcance un porcentaje de humedad uniforme mientras está en el secadero, ya que esto se consigue más rápidamente que la igualación en un cuarto calentado. Cuando se ha conseguido un apropiado aflojamiento de tensiones, la uniformidad de la distribución de la humedad se ha conseguido igualmente. Cada factoría puede determinar sus necesidades particulares lo que se refiere a este problema.

### 4. Problemas típicos de las relaciones de humedad

Algunos productos requieren un porcentaje de humedad más bajo que la HEH de la atmósfera circundante.

Las herramientas manuales se secan a un porcentaje bajo para que la ligera hinchazón que se produce, con posterioridad al ensamblaje, mantenga a las piezas perfectamente unidas. A aquella madera a la que haya que aplicarse colas solubles en agua se seca generalmente por debajo del porcentaje de humedad deseado a causa del incremento de éste que tendrá lugar durante su manufactura. El uso de nuevos adhesivos sintéticos con poca agua, o sin ella, permite que el secado se haga hasta el porcentaje de humedad final deseado.

Los elementos deben de tener exactas proporciones de humedad para evitar la fractura de las juntas o extremos combados, mientras se encuentran en almacén o en ex-

posición. Las espigas debe esperarse que se hinchen ligeramente después de su uso, lo que permitirá mantenerlos unidos fuertemente. Ciertos tipos de brochas, deben de ser secados entre un 1 ó 2 % de humedad porque el esmaltado debe realizarse a altas temperaturas. Por el contrario existen otros productos que se secan a un porcentaje de humedad más alto que el que adquieren en el uso, a causa de los métodos con que van a ser trabajados. Un ejemplo es la chapa usada en cestos de frutos, que se dejan con un porcentaje elevado de humedad para que puedan moldearse fácilmente y sin producir roturas. El secado del 15 al 20 % después del ensamblaje, evita la producción de manchas y reduce el peso de transporte.

Las pinzas de ropa y las patas que se utilizan en muebles baratos, son trabajadas con madera verde o parcialmente seca, principalmente porque la madera húmeda se trabaja en la máquina más fácilmente que la madera seca. El torneado de calidad se hace a un porcentaje de humedad del 6 al 8 % consiguiéndose excelentes resultados si se la trabaja apropiadamente.

La madera curvada está secada al aire completamente antes de ser vaporizada y curvada. El agrietamiento superficial y el apanamiento, así como un ligero combamiento pueden desarrollarse en proceso de secado final de los productos curvados porque se hace frecuentemente con menos cuidado y atención que el proceso de secado normal. En la construcción de casas y factorías la mayor parte de las juntas, postes de los tabiques y subsuelos se utilizan a un porcentaje de humedad entre los 15 y el 25 %, a causa de la mayor facilidad de fabricación a este porcentaje de humedad. Después de un período de servicio en un edificio con calefacción se secarán al 6 ó 8 % y mermarán. Estas prácticas pueden dar como resultado tabiques agrietados, suelos combados, marcos de puertas des-nivelados, etcétera.

La figura 7 ilustra el promedio de variación anual del porcentaje de humedad de las maderas usadas en interiores, en diversas regiones de los EE. UU. Aunque existen variaciones locales en el porcentaje de humedad, estos valores resultarán una guía muy satisfactoria para la distribución de productos de madera para uso interior en los EE. UU.

Aunque la madera aserrada secada al aire, raramente alcanza un porcentaje de humedad por debajo del 12 %, aún después de años de tratamiento, esta madera aserrada puede lograr un porcentaje de humedad del 6 al 8 %, sin haber sido secada artificialmente. Esto tiene lugar si se toma una madera que haya sido perfectamente secada al aire y se la coloca en el edificio de la factoría, y se la almacena en naves que siempre están calientes y secas. Después de un prolongado almacenaje de este tipo, la madera se seca a un porcentaje bajo de humedad. Esta condición de porcentaje de humedad, es comparable a la madera secada artificialmente. Algunos fabricantes todavía creen que el secado artificial daña la estructura de la madera, lo que da lugar al uso de estos métodos anticua-dos.

## 5. Relación entre la resistencia de la madera y la temperatura.

### 5.1. Efecto inmediato.

Cuando se eleva la temperatura de la madera, esta se debilita por lo que se refiere a sus propiedades mecánicas o resistencia. A la inversa, cuando aquella se reduce a la normal su fuerza o resistencia aumenta. Este efecto es inmediato y su magnitud está influida por el porcentaje de humedad; un alto porcentaje de humedad está en relación con una gran pérdida de resistencia.

Un ejemplo de la utilización de este principio lo encontramos en el proceso de curvar la madera. Las piezas de los muebles curvados adquieren su forma fácilmente, tratadas por vapor que si se las quisiera dar dicha forma partiendo de la madera normal y sin haber sido así tratada. Ese corto tratamiento por vapor reduce la resistencia de la madera que adquiere una especie de condición plástica, que facilita la consecución de la forma deseada. Esta pérdida de resistencia, rara vez tiene consecuencias graves.

### 5.2. Efecto permanente derivado de la exposición a altas temperaturas.

La hidrólisis de la madera se acelera cuando está sometida a altas temperaturas, una humedad relativa alta y a prolongados períodos de exposición. Las reducciones permanentes de resistencia que pueden ocurrir durante el secado, son insignificantes, siempre que las temperaturas finales máximas que usen y que excedan de 93° C. se utilicen únicamente durante un corto período de tiempo, es decir, durante unas horas, únicamente.