



- Listones y rastreles
- Molduras
- Palo Redondo
- Tableros
- Celosías
- Vigas laminadas
- Tarimas y friso
- Baldas de pino - abeto

HUMEDAD DE LA MADERA

EL AGUA EN LA MADERA:

El agua en la madera puede presentarse bajo tres formas diferentes, que de mayor o menor ligazón con ésta son las siguientes:

AGUA DE CONSTITUCIÓN: Forma parte de la constitución química de la madera y su disminución supone la destrucción del material.

AGUA DE IMPREGNACIÓN: Es el agua que esta contenida en las paredes celulares. Tiene gran influencia sobre las propiedades físico-mecánicas.

AGUA LIBRE: Es la que se encuentra rellenando las cavidades del lumen celular. No tiene influencia sobre las propiedades mecánicas.

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MADERA:

Se define como la relación entre la cantidad de agua y el peso seco o anhidrido de la madera, y se expresa en %. Según el contenido de humedad de la madera se suelen emplear las siguientes denominaciones:

MADERA VERDE: Para contenidos de humedad comprendidos entre el 30% (punto de saturación de la pared celular) hasta la humedad del árbol vivo (del 70 al 150% según la especie).

MADERA HÚMEDA: Para contenidos de humedad entre el 20 y el 30%.

MADERA SECA AL AIRE: Cuando el contenido de humedad se encuentra en el entorno del 13 al 18% que es limite para este tipo de secado.

MADERA SECA EN CÁMARA: Para contenidos de humedad por debajo del 12%, que solo se pueden alcanzar mediante secado artificial en cámara.

CONTRACCIÓN TANGENCIAL, RADIAL Y LONGITUDINAL: Dado el carácter anisótropo de la madera estas variaciones dimensionales no son iguales en todas direcciones sino claramente diferentes según las tres direcciones principales tangencial, radial o longitudinal. El comportamiento (estabilidad) de las maderas puestas en obra depende de su mayor o menor facilidad para intercambiar humedad con el ambiente (higroscopicidad) y de las variaciones dimensionales que acompañan a estos intercambios de humedad (contracción/hinchazón). De forma simplificada se pueden clasificar las diversas maderas como: poco nerviosas, medianamente nerviosas, y nerviosas.

IMPORTANCIA DE CONOCER EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MADERA

La madera, como un material proveniente de seres vivos que son los árboles, contiene desde su origen una gran cantidad de agua en su interior. Cuando se pone a secar, la madera pierde una elevada cantidad de agua mas no toda, ya que como materia prima se comporta como un material "higroscópico", esto es, que tiene la propiedad de ceder o ganar humedad en intercambio con la humedad existente en el medio ambiente que la rodea, hasta alcanzarse un estado de equilibrio entre el valor de la humedad relativa del aire y el contenido de



humedad de la madera. Esta propiedad (higroscopicidad), hace que la madera en condiciones normales de uso siempre contenga una cierta cantidad de agua en las paredes de las células que la conforman pero además y lo más importante, es que la variación de esa cantidad de agua tiene grandes implicaciones en las demás propiedades como son su resistencia mecánica, su aptitud para el trabajo con máquinas y herramientas, su aptitud para recibir acabados y adhesivos, el poder calorífico que puede generar, su resistencia al ataque de hongos cromógenos (manchadores) y xilófagos (de pudrición), su aptitud para la impregnación, en el peso y, sobre todo, en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia precisamente de la variación en su contenido de humedad.

En sí, el contenido de humedad (CH) es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera, expresada como un porcentaje del peso que tendría ésta en condición totalmente anhidra; se representa mediante la siguiente relación:

$$CH (\%) = \frac{\text{Peso del agua contenida}}{\text{Peso de la madera anhidra}} * 100$$

Por estar el contenido de humedad referido a un porcentaje del peso anhidro de la madera, su valor puede ser superior al 100 %, por ejemplo, una pieza de madera verde que pesara 12.5 kg y registrara un 150 % de CH, significaría que la cantidad de agua que contiene pesa 1.5 veces lo que pesa la pura madera, es decir, que en esa madera 5 kg son madera y 7.5 kg son agua.

La madera en servicio presenta un contenido de humedad que generalmente oscila entre 6 y 18 %, dependiendo del tipo de uso, de si está expuesta a la intemperie y dependiendo de la época del año; dicha variación de humedad en la madera puede ocasionar, entre otros aspectos, los siguientes inconvenientes o problemas en un mueble si no se encuentra la madera a su contenido de humedad en equilibrio y si no se toman las debidas medidas previsoras:

- **Problemas de manchado.** Cuando la madera se mantiene a altos contenidos de humedad se desarrollarán los hongos que manchan la madera en tonalidades grisáceas, verdes o azules, depreciando la madera y limitando su utilización para muebles en acabado natural, o en todo caso obligando a entintar la madera para ocultar la mancha elevando costos de producción.
- **Deformaciones.** Si se utiliza madera con elevado contenido de humedad, ésta posteriormente se secará ya en el mueble terminado, haciendo que las contracciones que experimenta la madera, que son de diferente magnitud en cada dirección respecto a sus fibras, provoque la deformación de las piezas y del mueble en su conjunto, siendo obviamente motivo de rechazo, además del aflojamiento de los ensambles por la reducción de espesor de las espigas, pernos o lengüetas.
- **Grietas y rajaduras.** Cuando las contracciones por la pérdida de humedad en la madera son intensas, los esfuerzos de tensión que en ella se producen tienden también a provocar la separación de las fibras, lo que se conoce como grieta y/o rajadura, desmeritando la calidad del mueble y fracturando el acabado.
- **Desprendimiento de acabados.** El exceso de humedad en la madera evita que los recubrimientos como lacas, barnices, pinturas, etc., se puedan fijar o anclar adecuadamente en la superficie de la madera. La falta de compatibilidad entre el agua y los solventes, así como el ocupamiento de los poros de la madera por agua son las principales limitantes para la fijación de los recubrimientos, haciendo que éstos se desprendan, en todo caso, en breve tiempo.
- **Uniones débiles con adhesivos.** Los principales adhesivos que se utilizan para pegar la madera en la fabricación de muebles son a base de acetato de polivinilo, el cual es susceptible de diluirse con agua; si la madera tiene exceso de humedad habrá una dilución del adhesivo, bajará su concentración de sólidos y, como



consecuencia, las uniones en los ensambles, acoplamientos y empalmes serán de baja resistencia mecánica y con ello todo el mueble.

• **Superficies lanosas.** Cuando se habilita una pieza de madera húmeda, el proceso de corte con sierras, cuchillas o fresas no será uniforme debido a la "flexibilidad" de las fibras de la madera húmeda, ya que éstas, en vez de cortarse uniformemente, son más bien aplastadas al paso de la cuchilla levantándose posteriormente dando una superficie lanosa o "apelusada". Para lograr que el cepillado, moldurado o lijado produzca una superficie lisa y tersa. La madera debe estar adecuadamente seca, solo así serán cortadas las fibras uniformemente.

Como se indicó en un principio, la madera tiende a estabilizarse o mantenerse en un determinado contenido de humedad, llamado contenido de humedad en equilibrio (CHE) cuando está en servicio. Ese CHE estará en relación con el nivel de humedad relativa y temperatura del aire, pero sobre todo, lo que se debe considerar es que cuando se alcanza el CHE la madera se mantiene estable también dimensionalmente, evitándose todos los problemas antes indicados. Todo ello se refleja en la calidad del mueble, calidad que se manifiesta desde el proceso de corte, cepillado, pulido y, sobre todo, del comportamiento del artículo o mueble cuando ya está en uso.

Por lo anterior, es muy importante que el fabricante pueda cerciorarse de qué contenido de humedad tiene la madera que va a cortar o maquinar y decidir si ya está en condiciones de procesarse. Igualmente, es importante que conozca cual es el CHE al cual debe procesarse su madera, CHE que estará en relación con el tipo de artículo –para exteriores o interiores- que fabricará y con los valores de humedad relativa y temperatura prevalecientes en el lugar donde se expondrá o comercializará el artículo fabricado. Para conocer estos valores, se dan como referencia los siguientes cuadros:

Rangos de CHE al que debe usarse la madera, según tipo de artículo a fabricar

Muebles de interiores	6 a 10 %
Muebles para exteriores, pero no expuestos a la lluvia	10 a 14 %
Muebles para exteriores, expuestos a la lluvia (jardines, parques, etc.)	12 a 17 %
Puertas y ventanas para exteriores	12 a 14 %
Puertas y ventanas para interiores	8 a 10 %
Pisos de madera	8 a 10 %
Cocinas integrales	8 a 10 %

Si se conoce el nivel de humedad relativa del aire y la temperatura del lugar, se puede determinar con mayor precisión el nivel de contenido de humedad que debe tener la madera para su procesamiento, habilitado, y puesta en servicio, mediante los valores de la tabla de contenido de humedad en equilibrio (CHE) que se presenta.

CHE (%) al que se estabiliza la madera, según el nivel de humedad relativa (HR) y temperatura del aire (°C)

Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)									
	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
10	7.2	7.8	8.6	9.4	10.3	11.2	12.5	13.8	15.2	17.0
15	7.0	7.7	8.5	9.3	10.2	11.0	12.2	13.5	14.9	16.8
20	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.9	12.0	13.4	14.6	16.5
25	6.5	7.4	8.2	9.0	9.8	10.8	11.8	13.2	14.4	16.1
30	6.4	7.3	8.0	8.8	9.6	10.6	11.5	12.9	14.2	15.8
35	6.3	7.1	7.8	8.5	9.4	10.3	11.2	12.5	13.8	15.4
40	6.2	6.8	7.5	8.3	9.2	10.0	11.0	12.2	13.4	15.0



- Listones y rastreles
- Molduras
- Palo Redondo
- Tableros
- Celosías
- Vigas laminadas
- Tarimas y friso
- Baldas de pino - abeto

HIGROSCOPICIDAD

La madera es un material higroscópico y por tanto tiende a absorber o perder agua según las condiciones del ambiente que la rodea, es decir según las condiciones de humedad relativa y temperatura del aire, de tal forma que a cada estado ambiental le corresponde un grado de humedad en la madera, llamado humedad de equilibrio higroscópico.

HIGROSCOPICIDAD DE LA MADERA EN ESPAÑA

Teniendo en cuenta esta propiedad de la madera se ha elaborado un mapa con la humedad de equilibrio higroscópico de la madera en exposición exterior, basado en las medias anuales de las temperaturas y humedades relativas de todas las capitales de provincia de España.

Conviene señalar que esta humedad corresponde a la que alcanzaría la madera expuesta a las variaciones higrotérmicas bajo cubierta. Si la madera está a la intemperie (es decir, expuesta al agua de lluvia o al sol) su contenido de humedad no se corresponderá necesariamente con las condiciones higrotérmicas, pudiendo ser mayor o menor. Las capitales de provincia de España se pueden agrupar según el riesgo máximo de cambio dimensional como se indica en la tabla 2.2.



Fig 2.2 Mapa de higroscopiedad de la madera en España

MOVIMIENTOS DE LA MADERA

En los intercambios de humedad con el ambiente, la madera nunca puede rebasar el contenido de humedad del 30 % conocido como **punta de saturación de la fibra**, ni puede bajar del umbral del 4-5% (próximo al estado anhidro). En toda esa franja el agua que se cede o se absorbe se fija en la pared celular y provoca fenómenos de hinchazón y merma según se absorba o se ceda humedad respectivamente.



- Listones y rastreles
- Molduras
- Palo Redondo
- Tableros
- Celosías
- Vigas laminadas
- Tarimas y friso
- Baldas de pino - abeto

Tabla 2.2 Clasificación de las capitales de provincia españolas según el riesgo de cambio dimensional de las maderas puestas en obra.

Riesgo bajo o despreciable	Riesgo mediano	Riesgo alto o muy alto
Castellón	Bilbao	Palencia
Oviedo	Logroño	Córdoba
Tarragona	Cádiz	Madrid
La Coruña	Huelva	Huesca
Las Palmas	Pamplona	Segovia
Almería	Zaragoza	Toledo
Alicante	Lugo	Albacete
S.C. Tenerife	Orense	Cáceres
Valencia	Sevilla	Badajoz
Barcelona	Vitoria	Soria
Santander	Cuenca	Salamanca
Málaga	Granada	Ávila
S. Sebastián		Zamora
Teruel		León
Gerona		Guadalajara
Murcia		Lérida
Ciudad Real		Burgos
Pontevedra		Valladolid
P. Mallorca		

Entonces, en cuanto al contenido de humedad en la madera podemos concluir que:

- Propiedades físicas tales como el peso, encogimiento y resistencia dependen del contenido de humedad.
- El contenido de humedad esta referido al peso seco.
- La humedad de la madera puede ser adherida o libre:
 - La humedad adherida esta pegada a las paredes de las células por fuerzas de absorción.
 - La humedad libre esta condensada o en vapor en la cavidad de las células.
- No hay humedad libre a menos que las paredes estén saturadas.
- El nivel de humedad para el cual las paredes están saturadas pero no hay humedad libre se llama punto de saturación de la fibra (FSP).
- FSP varía entre 21-32%.
- Añadir o remover humedad por debajo del FSP hace variar las propiedades físicas y mecánicas.
- Añadir o remover humedad por encima del FSP no afecta las propiedades físicas o mecánicas.
- El contenido de humedad depende de la temperatura y la humedad del aire.
- El cambio en humedad de la madera es un proceso lento y la humedad tiende a equilibrarse con la del aire.
- El contenido de humedad de la madera correspondiente a las condiciones atmosféricas promedios se llama contenido de humedad en equilibrio (EMC).
- EMC varia desde menos de 1% a T>130F y RH=5% hasta mas de 20% a T<80F y RH=90%..