

# Índice

## Capítulo 1 Tableros derivados de la madera 13

1.1 Introducción .....	13
1.2 Materias primas .....	14
1.2.1 La madera .....	14
1.2.1.1 Chapas de madera .....	14
1.2.1.2 Partículas de madera .....	15
1.2.1.3 Tiras-virutas de madera .....	15
1.2.1.4 Fibras de madera .....	16
1.2.1.5 Piezas de madera .....	16
1.2.2 Adhesivos .....	17
1.2.3 Recubrimientos-rechapados-revestidos .....	18
1.3 Clasificación general .....	18
1.3.1 Tableros de madera maciza .....	18
1.3.2 Tableros de chapas .....	19
1.3.3 Tableros de partículas .....	20
1.3.4 Tableros de virutas orientada .....	20
1.3.5 Tableros de fibras .....	20
1.3.6 Tableros de madera-cemento .....	21
1.3.7 Tableros mixtos .....	21
1.3.8 Tableros a base de tiras de madera .....	22
1.4 Clasificación por aplicaciones .....	23

## Capítulo 2 Reseña histórica ..... 25

Nacimiento y evolución de los tableros estructurales .....	25
2.1 Tablero contrachapado .....	25
Antecedentes e historia remota del tablero contrachapado .....	25
Primeros desarrollos del contrachapado a partir del siglo XVII .....	26
La producción industrial del contrachapado .....	27
El contrachapado en el mueble, la aviación y la automoción .....	29
La evolución del contrachapado .....	32
2.2 Tablero laminado .....	35
El LVL en Europa .....	38
2.3 Tablero de fibras .....	38
Tableros de fibras aislantes .....	39
Tableros de fibras obtenidos por el proceso húmedo (tableros de fibras duros) .....	39
Tableros de fibras obtenidos por el proceso de vía seca .....	41
2.4 Tablero de partículas .....	42
2.5 Tablero de virutas orientadas-OSB .....	46

2.6 Tablero de madera maciza .....	48
2.7 Tablero de partículas de madera aglomeradas con cemento .	51
2.8 Tablero PSL (parallel strand lumber) PARALLAM .....	52

## Capítulo 3 Dimensiones ..... 59

3.1 Introducción.....	59
3.1.1 Espesor, anchura y longitud .....	59
3.1.2 Escuadría y rectitud de cantos .....	59
3.2 Dimensiones comerciales y tolerancias dimensionales .....	60
3.2.1 Tableros de madera maciza .....	60
3.2.2 Tableros contrachapados .....	61
3.2.3 Tableros laminados .....	61
3.2.4 Tableros de partículas .....	62
3.2.5 Tableros de virutas orientadas-OSB .....	63
3.2.6 Tableros de fibras de densidad media .....	63
3.2.7 Tableros de fibras duros .....	63
Normativa .....	64

## Capítulo 4 Propiedades físicas ..... 65

4.1 Introducción.....	65
4.2 Densidad .....	67
4.2.1 Tableros de madera maciza .....	67
4.2.2 Tableros contrachapados .....	67
4.2.3 Tableros laminados .....	67
4.2.4 Tableros de partículas .....	67
4.2.5 Tableros de virutas orientadas-OSB .....	67
4.2.6 Tableros de fibras de densidad media-MDF .....	68
4.3 Contenido de humedad .....	68
4.4 Estabilidad dimensional .....	69
4.5 Resistencia a la humedad .....	70
4.6 Conductividad térmica .....	70
4.7 Aislamiento acústico .....	71
4.8 Resistencia al vapor de agua .....	72
4.9 Contenido de formaldehído .....	73
4.9.1 Tableros de madera maciza de interior .....	73
4.9.2 Tableros contrachapados .....	73
4.9.3 Tableros laminados .....	74
4.9.4 Tablero de partículas .....	74
4.9.5 Tableros de virutas orientadas-OSB .....	75
4.9.6 Tableros de fibras de densidad media-MDF .....	75

4.10 Normas de especificaciones para los tableros .....	75
4.10.1 Tableros de madera maciza .....	76
4.10.2 Tableros contrachapados .....	77
4.10.3 Tableros laminados .....	77
4.10.4 Tableros de partículas .....	78
4.10.5 Tableros de virutas orientadas-OSB .....	79
4.10.6 Tableros de fibras de densidad media-MDF .....	80
4.10.7 Tableros de fibras duros .....	81
Referencias .....	82

## Capítulo 5 Propiedades mecánicas.....85

5.1 Introducción .....	85
5.2 Valores característicos de los tableros contrachapados .....	88
5.2.1 Tableros contrachapados de pino radiata fabricados en España .....	89
5.2.2 Finlandia. Valores característicos de los tableros contrachapados .....	90
5.2.3 Estados Unidos. Valores característicos de los tableros contrachapados .....	91
5.2.4 Borrador del proyecto de norma prEN 12.369-2 (mayo 2002) .....	92
5.3 Valores característicos de los tableros laminados .....	95
5.4 Valores característicos de los tableros de partículas .....	96
5.4.1 Tableros de partículas. Tableros estructurales en ambiente seco .....	97
5.4.2 Tableros de partículas. Tableros estructurales en ambiente húmedo .....	97
5.4.3 Tableros de partículas. Tableros estructurales de alta prestación en ambiente seco .....	98
5.4.4 Tableros de partículas. tableros estructurales de altas prestaciones para utilización en ambiente húmedo .....	99
5.5 Valores característicos de los tableros de fibras obtenidos por el proceso seco MDF .....	101
5.5.1 MDF.LA: Tableros de fibras MDF estructurales en ambiente seco .....	101
5.5.2 MDF.HLS Tableros de fibras MDF estructurales en ambiente húmedo .....	102
5.6 Valores característicos de los tableros de fibras duros y semiduros .....	103
5.6.1 Tableros de fibras duros (HB.LHA.2). Tableros estructurales en ambiente húmedo .....	103
5.6.2 Tableros de fibras semiduros (MHB.LA2). Tableros estructurales en ambiente húmedo .....	104
5.7 Valores característicos de tableros OSB .....	105
5.7.1 Tableros de virutas orientadas OSB-2/OSB-3 .....	105
5.7.2 Tableros de virutas orientadas OSB 4 .....	106
5.8 Valores característicos de tableros de lsl .....	107
5.9 Valores característicos de los tableros de madera maciza ...	108



Referencias bibliográficas .....	109
Normativa .....	109
<b>Capítulo 6. Cálculo .....</b>	<b>111</b>
6.1 Introducción .....	111
6.2 Bases de proyecto .....	111
6.2.1. Estados límite de cálculo .....	111
6.2.2 Propiedades del material .....	112
6.2.3 Acciones .....	115
6.2.4 Deformación y fluencia .....	116
6.3 Elementos estructurales de tablero .....	118
6.3.1 Forjados .....	119
6.3.2 Cubiertas .....	120
6.3.3 Muros .....	123
6.3.4 Suelos de vehículos industriales .....	123
6.3.5 Viguetas mixtas .....	124
6.3.6 Paneles con caras en tensión .....	126
6.3.7 Diafragmas .....	128
6.3.8 Encofrados .....	130
Referencias bibliográficas .....	131
Normativa .....	132
<b>Capítulo 7. Comportamiento al fuego .....</b>	<b>133</b>
7.1 Introducción .....	133
7.2 Reacción, resistencia y estabilidad al fuego .....	134
7.2.1 Reacción al fuego .....	134
7.2.2 Resistencia al fuego .....	136
7.3 Especificaciones de la normativa .....	137
7.3.1 Estabilidad al fuego exigida a los elementos estructurales .....	137
7.3.2 Resistencia al fuego exigida .....	139
7.3.3 Clase de reacción al fuego exigida en la normativa .....	140
7.4 Tratamientos de protección contra el fuego .....	141
7.5 Estabilidad al fuego .....	142
7.5.1 Introducción .....	142
7.5.2 Velocidad de carbonización .....	142
7.5.3 Bases de proyecto .....	143
7.5.3.1 Valores de cálculo de las propiedades del material .....	143
7.5.3.2 Valores de cálculo de las acciones .....	144
7.5.3.3 Método de la sección reducida .....	145
7.5.3.4 Ejemplo de la determinación de la estabilidad al fuego .....	145
7.6 Los tableros como elementos de protección .....	149
7.6.1 Introducción .....	149

7.6.2 Determinación de la eficacia de la protección .....	150
7.6.3 Longitud de penetración de los elementos de fijación .....	156
7.6.4 Ejemplo de tablero como protección contra el fuego .....	157

## Capítulo 8. Durabilidad ..... 161

8.1. Introducción .....	161
8.2 Clases de riesgo .....	161
8.3 Clases de riesgo de los tableros derivados de madera .....	163
8.4 Métodos de tratamiento .....	168
8.5 Eficacia del producto y del tratamiento .....	169
8.6 Medidas de tipo constructivo y de saneamiento .....	170
8.6.1 Precipitaciones atmosféricas en cubiertas y aleros .....	170
8.6.2 Precipitaciones atmosféricas en la carpintería exterior .....	171
8.6.2.1 Recubrimientos exteriores de tableros .....	172
8.6.2.2 Suelos de tableros al exterior .....	174
8.6.3 Encuentro de piezas de madera con el suelo y piezas expuestas al exterior .....	175
8.6.4 Interior del edificio. Ventilación de los elementos de madera .....	177

## Capítulo 9. Certificación y marcas de calidad ..... 179

9.1 Introducción .....	179
9.2 Mercado CE .....	180
9.2.1 Introducción .....	180
9.2.2 Sistemas de evaluación de la conformidad .....	181
9.2.3 Norma armonizada UNE EN 13986 .....	183
9.2.4 Sistemas de certificación de la conformidad para la Directiva de la Construcción para los tableros .....	186
9.2.5 El camino hacia el mercado CE .....	186
9.3 Sellos de calidad .....	189
9.3.1 Ensayo inicial .....	190
9.3.2 Seguimiento de los productos .....	191
9.3.3 Mercado .....	192

## Anexo A. Normas sobre tableros ..... 193

A.1.- Normas comunes a todos los tipos de tableros .....	194
A.1.1.- Ensayos .....	194
A.1.2.- Relacionadas con el contenido de formaldehído .....	194
A.2.- Tableros de madera maciza (alistonados) .....	195
A.2.1.- Clasificación y terminología .....	195

A.2.2.- Ensayos .....	195
A.2.3.- Especificaciones .....	195
<b>A.3.- Tableros contrachapados .....</b>	<b>195</b>
A.3.1.- Chapas .....	195
A.3.2.- Terminología. Clasificaciones .....	195
A.3.2.- Ensayos .....	196
A.3.3.- Especificaciones .....	196
<b>A.4.- Tableros laminados .....</b>	<b>196</b>
<b>A.5.- Tableros de partículas .....</b>	<b>196</b>
A.5.1.- Definiciones .....	196
A.5.2.- Ensayos (ver también tableros de fibras) .....	196
A.5.3.- Especificaciones .....	196
A.5.4.- Tableros de partículas melaminizados .....	196
<b>A.6.- Tableros OSB .....</b>	<b>197</b>
A.6.1.- Definiciones - Especificaciones .....	197
A.6.2.- Ensayos .....	197
<b>A.7.- Tableros de fibras .....</b>	<b>197</b>
A.7.1.- Definiciones .....	197
A.7.2.- Ensayos (ver también tableros de partículas) .....	197
A.7.3.- Especificaciones .....	197
<b>A.8.- Tableros de madera cemento .....</b>	<b>198</b>
A.8.1.- Definiciones .....	198
A.8.2.- Ensayos .....	198
A.8.3.- Especificaciones .....	198
<b>A.9.- Tableros derivados de la madera estructurales .....</b>	<b>198</b>
<b>A.10.- Fuego .....</b>	<b>199</b>
<b>A.11.- Protección de la madera .....</b>	<b>199</b>
<b>A.12.- Acústica .....</b>	<b>199</b>
<b>A.13.- Aislamiento térmico .....</b>	<b>199</b>



## Anexo B. Especificaciones de los tableros ..... 201

### B.1.- Tableros de partículas

B.1.1.- P1 Especificaciones de los tableros para uso general en ambiente seco .....	203
B.1.2.- P2 Especificaciones de los tableros de interior en ambiente seco .....	203
B.1.3.- P3 Especificaciones de los tableros no estructurales en ambiente húmedo ..	204
B.1.4.- P4 Especificaciones de los tableros estructurales en ambiente seco .....	204
B.1.5.- P5 Especificaciones de los tableros estructurales en ambiente húmedo .....	205
B.1.6.- P6 Especificaciones de los tableros estructurales de altas prestaciones en ambiente seco .....	206
B.1.7.- P7 Especificaciones de los tableros estructurales de alta prestación en ambiente húmedo .....	207

### B.2.- Tableros de virutas orientadas - OSB ..... 208

### B.3.- Tableros de fibras de densidad media - MDF

B.3.1.- MDF Especificaciones de los tableros de uso general en ambiente seco ..	210
B.3.2.- MDF-H Especificaciones de los tableros de uso general en ambiente húmedo	210
B.3.3.- MDF-LA Especificaciones de los tableros estructurales en ambiente seco .....	211
B.3.4.- MDF-HLS Especificaciones de los tableros estructurales en ambiente húmedo .....	211

### B.4.- Tableros contrachapados ..... 212

### B.5.- Tableros laminados ..... 212

### B.6.- Tableros de madera maciza ..... 213

## Anexo C. Determinación de las propiedades mecánicas de los tableros estructurales.... 215

C.1 Introducción .....	215
C.2 Ensayo de flexión .....	217
C.3 Ensayo de compresión .....	218
C.4 Ensayo de tracción .....	220
C.5 Ensayo de cortante de rodadura .....	221
C.6 Modificaciones a la norma de ensayo .....	222

## Anexo D. Ejemplos de cálculo ..... 223

Ejemplo 1: Tablero como entrevigado de un forjado .....	223
a) Actuación de la carga uniforme de uso .....	225

a.1) Flexión .....	225
a.2) Cortante .....	226
a.3) Flecha .....	227
b) Actuación de la carga concentrada .....	229
b.1) Flexión .....	229
b.2) Cortante .....	232
b.3) Flecha .....	233
c) Resumen de resultados .....	234
<b>Ejemplo 2: Tablero como entrevigado de cubierta .....</b>	<b>235</b>
a) Actuación de la carga uniforme de uso .....	236
a.1) Flexión .....	236
a.2) Cortante .....	237
a.3) Flecha .....	240
b) Actuación de la carga concentrada .....	241
b.1) Flexión .....	241
b.2) Cortante .....	242
b.3) Flecha .....	243
c) Resumen de resultados .....	244

## **Anexo E. Ejemplos de marcado CE .....245**

Tableros estructurales .....	245
Tableros no estructurales .....	246
Explicaciones de los datos comunes de todos los ejemplos .....	246
Ejemplo 1 .....	247
Ejemplo 2 .....	248
Ejemplo 3 .....	249
Ejemplo 4 .....	250
Ejemplo 5 .....	251
Ejemplo 6 .....	252



# Capítulo 4

## Propiedades físicas

### 4.1.- Introducción

En este capítulo se exponen, para los principales tipos de tableros derivados de la madera, los datos recogidos en la normativa y bibliografía técnica de las siguientes propiedades físicas

- densidad.
- contenido de humedad.
- estabilidad dimensional.
- resistencia a la humedad.
- conductividad térmica.
- aislamiento acústico.
- resistencia al vapor de agua.
- contenido de formaldehído.

Así mismo se relacionan las propiedades que definen las diferentes clases de cada tipo de tablero, cuyos valores particulares se especifican en el anexo «Especificaciones de los tableros derivados de la madera». Hay que resaltar que las especificaciones de los valores de estas propiedades definidas en las normas son sólo útiles para el control de la calidad de los tableros o para las marcas voluntarias de calidad. Estos valores nunca se deben emplear para el cálculo de estructuras ya que los ensayos se realizan sobre probetas de pequeñas dimensiones y no reflejan la acción de las cargas estructurales. Los valores que se han de utilizar en el cálculo de estructuras se exponen en el capítulo 5.

Los diferentes tipos de tableros derivados de la madera, junto con las clases asociadas a cada uno de ellos, son los siguientes:

#### Tableros de madera maciza

- SWP/1 para ambiente seco.
- SWP/2 para ambiente húmedo.
- SWP/3 para ambiente exterior.

## Tableros contrachapados

- Para su utilización en ambiente seco.
- Para su utilización en ambiente húmedo.
- Para su utilización en exterior.

## Tableros laminados

- LVL para usos generales y para su utilización en interior en ambientes seco (incluyendo mobiliario).
- LVL / 1 para aplicaciones estructurales en ambiente seco.
- LVL / 2 para aplicaciones estructurales en ambiente húmedo.
- LVL / 3 para aplicaciones estructurales en exterior a la intemperie.

## Tableros de partículas [\*]

- P1 - tableros para utilización general en ambiente seco
- P2 - tableros para aplicaciones de interior (incluyendo mobiliario) en ambiente seco
- P3 - tableros no estructurales utilizados en ambiente húmedo
- P4 - tableros estructurales para uso en ambiente seco
- P5 - tableros estructurales para uso en ambiente húmedo
- P6 - tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente seco
- P7 - tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo

[\*] Se va a aprobar la nueva norma UNE EN 312, que refunde en una sola norma todas las antiguas normas de la serie UNE EN 312 - 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. En la nueva norma se han modificado las denominaciones y especificaciones de los tableros, por lo que se ha optado por incluir las denominaciones de la nueva norma.

## Tableros de virutas orientadas - OSB

- OSB/1      tableros para uso general y aplicaciones de interior (incluyendo mobiliario) utilizados en ambiente seco.
- OSB/2      tableros estructurales para utilización en ambiente seco.
- OSB/3      tableros estructurales para utilización en ambiente húmedo.
- OSB/4      tableros estructurales de alta prestación para utilización en ambiente húmedo.

## Tableros de fibras de densidad media - MDF.

- MDF      tableros para utilización general en ambiente seco.
- MDF.H    tableros para utilización general en ambiente húmedo.
- MDF.LA    tableros estructurales para utilización en ambiente seco.
- MDF.HLS    tableros estructurales para utilización en ambiente húmedo.

## 4.2 Densidad

La densidad expresa la masa del tablero por unidad de volumen, normalmente se expresa en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ).

La norma UNE EN 323 especifica la forma de realizar las mediciones. Las dimensiones de la probetas normalizadas, para determinar posteriormente su volumen, se realizarán con un micrometro o instrumento similar que tenga una precisión de 0,01 mm para medir el espesor y de 0,1 mm para medir la longitud y la anchura. En la medición de la masa se utilizará una balanza que tenga una precisión de 0,1 gramo. El tamaño habitual de las probetas es de 50 x 50 mm

### 4.2.1.- Tableros de madera maciza

Su densidad dependerá de las especies utilizadas y su valor se determinará después de acondicionar el tablero a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $65\% \pm 5\%$  de HR. Las clases de densidad más habituales son: 300, 500, 700 y  $1.000 \text{ kg/m}^3$ . Cuando los tableros están formados por mezclas de especies se tomará el valor determinado en el laboratorio después del acondicionamiento.

### 4.2.2.- Tableros contrachapados.

Su densidad dependerá de la/s especie/s utilizada/s, para cálculos aproximados se puede considerar con carácter general  $500 \text{ Kg/m}^3$ . La densidad será la correspondiente a la de la especie (acondicionado a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $65 \pm 5\%$ ) de la cuál se han obtenido las chapas. Cuando los tableros están formados por mezclas de especies se tomará el valor determinado en el laboratorio para el conjunto, después de su acondicionamiento.

### 4.2.3.- Tableros laminados

Su densidad dependerá de la/s especie/s utilizada/s. Los procedentes de Finlandia fabricados con abeto tienen una densidad de  $480 \text{ Kg/m}^3$ . Lo único que especifica el proyecto de norma prEN 14.279 es que la tolerancia sobre la densidad media dentro del un tablero debe ser  $\pm 10\%$ .

### 4.2.4.- Tableros de partículas

La norma UNE EN 312 (nueva versión) solamente especifica que la tolerancia sobre la densidad media dentro de un tablero debe ser de  $\pm 10\%$

### 4.2.5.- Tableros de Virutas Orientadas - OSB

La norma UNE EN 300 no especifica una densidad mínima, ni siquiera de referencia, lo único que exige es que la variación de la densidad en el interior del tablero debe ser  $\pm 10\%$ . Como recomendación, los tableros de virutas que se utilicen en la construcción deberán tener una densidad mínima de  $650 \text{ kg/m}^3$ .



#### 4.2.6.- Tableros de fibras de densidad media - MDF

La norma UNE EN 316 especifica que su densidad debe ser igual o superior a 450 kg/m<sup>3</sup>, y la norma UNE EN 622-1 que la tolerancia sobre la densidad media en el interior del tablero será  $\pm 7\%$ .

### 4.3.- Contenido de humedad

El contenido de humedad expresa la masa de agua que contiene el tablero y se expresa en tanto por ciento (%).

Para calcularla se pesa previamente la probeta ( $m_n$ ), posteriormente se coloca en una estufa a una temperatura de  $103 \pm 2$  °C hasta masa constante, e inmediatamente después de que se haya enfriado se vuelven a pesar ( $m_o$ ). Se considera que la masa es constante cuando los resultados de dos pesadas sucesivas realizadas en un intervalo de 6 horas no difieren en más de 0,1% en peso con relación a la masa inicial de la probeta. El contenido de humedad se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$H = (m_n - m_o) \cdot 100 / m_o$$

La norma UNE EN 322 detalla el procedimiento de ensayo y los equipos necesarios.

En la tabla 4.3 se exponen los contenidos de humedad definidos en las normas para cada tipo de tablero en el momento de su suministro.

TIPO DE TABLERO	NORMA ESPECIFICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD
Madera maciza		
- ambiente seco	prEN 13.353	$8 \pm 2\%$
- ambiente húmedo		$10 \pm 3\%$
- exterior		$12 \pm 3\%$
Contrachapado	UNE EN 315	$10 \pm 2\%$
Laminado	prEN 14.279	6 al 12%
Partículas	UNE EN 312	5 al 13%
Virutas Orientadas - OSB	UNE EN 300	
- OSB 1 / OSB 2		2 al 12%
- OSB 3 / OSB 4		5 al 12%
Fibras de densidad media - MDF	UNE EN 622-1	4 a 10%
Fibras duros	UNE EN 622-1	4 a 9%

Tabla 4.3 Contenido de humedad de los tableros derivados de la madera en el momento del suministro.

## 4.4.- Estabilidad dimensional

Los datos de estabilidad dimensional indican las variaciones dimensionales, aumentos o disminuciones, que se producen en los tableros cuando varían las condiciones ambientales, humedad relativa y temperatura del aire. Normalmente se expresan en las variaciones dimensionales que se producen cuando aumenta o disminuye el contenido de humedad del tablero en una unidad, «Variación dimensional unitaria».

La norma utilizada para comprobar y calcular la estabilidad dimensional de los tableros es la UNE EN 318. El procedimiento de ensayo consiste en comprobar los cambios dimensionales de las probetas normalizadas cuando se someten a diferentes condiciones ambientales (20 °C y 30%; 20°C y 65%; y 20°C y 85%).

En la tabla 4.4.1 se exponen los datos para cada tipo de tablero.

Tipo	Variación dimensional (aumentos / disminuciones de un 1% del contenido de humedad del tablero)		
	longitud (%)	anchura (%)	espesor (%)
Madera maciza	(1)	(1)	(1)
Contrachapado de picea, pino	0,015	0,015	0,2
Contrachapados de haya	0,025	0,025	0,3
Laminado (2)	0,01	0,32	0,24
Partículas seco (P4, P6)	0,05	0,05	0,7
Partículas húmedo (P5, P7)	0,03	0,04	0,5
Virutas Orientadas seco - OSB 2	0,03	0,04	0,7
Virutas Orientadas húmedo - OSB 3	0,02	0,03	0,5
Virutas Orientadas húmedo estructural - OSB 4	0,02	0,03	0,5
Fibras densidad media	0,15	0,05	0,7

(1) Dependerá de los coeficientes de contracción volumétrica, radial y tangencial de la especie de madera y de la composición del tablero. Hay que tener en cuenta que en las piezas de madera encolada el valor de estos coeficientes es ligeramente inferior al de la madera maciza. Las clases que se establecen en función del coeficiente de contracción volumétrica «v» (expresado en %) de la madera maciza son las que se indican en la tabla 4.4.2.

(2) Datos suministrados por los fabricantes

Tabla 4.4.1 Variaciones dimensionales de los tableros contrachapados. Fuente: ENV 12872.

Coefficiente de contracción volumétrica «v» (%)	Clase
0,75 - 1	Muy nerviosa
0,55 - 0,75	Nerviosa
0,35 - 0,55	Medianamente nerviosa
0,15 - 0,35	Poco nerviosa

Tabla 4.4.2 Coeficiente de contracción de la madera maciza

## 4.5.- Resistencia a la humedad

La resistencia a la humedad de los tableros derivados de la madera evalúa la calidad y durabilidad del encolado, y va ligada a sus aplicaciones en exterior o en ambientes húmedos. La resistencia a la humedad de los tableros estándar suele ser relativamente baja, por lo que se deben emplear tableros en los que se ha mejorado este comportamiento con la incorporación de un adhesivo adecuado y de otros aditivos.

Algunas veces todavía se sigue usando denominaciones comerciales incorrectas como «hidrófugos», que significa que repelen el agua, o «fenólicos», que hacen referencia al adhesivo utilizado. Se deben utilizar las denominaciones que hacen referencia a su uso y que se recogen en las normas de producto. La resistencia del encolado a la acción del agua se comprueba mediante las pruebas de envejecimiento acelerado que se mencionan a continuación:

- En los tableros de madera maciza, contrachapados y laminados se realizan una serie de pretratamientos (inmersión en agua a temperatura ambiente, inmersión en agua caliente, secado en estufa con ventilación forzada, etc.) y posteriormente se evalúa la resistencia a esfuerzo cortante de cada línea de adhesivo y el porcentaje de madera que queda adherido (arrastre).
- En los tableros de partículas, de fibras y de virutas orientadas se realizan una serie de ciclos (inmersión en agua 20° C, introducción en un congelador frigorífico entre -12 y - 25 °C, secado de las probetas en una estufa a 70°C, acondicionamiento, etc) y posteriormente se evalúa su resistencia a tracción y su hinchazón o su resistencia a flexión, en función del tipo de tablero y del método de ensayo utilizado.

Este tipo de tableros se utiliza cuando las condiciones higrotérmicas sean tales que el contenido de humedad de los tableros nunca sobrepase el 18%. Cuando exista riesgo de salpicaduras de agua se recomienda protegerlos superficialmente (papeles melamínicos, pinturas, etc). El hecho de que un tablero haya mejorado su comportamiento frente a la acción de la humedad no le faculta para que sea expuesto a la intemperie sin protecciones adecuadas.

## 4.6.- Conductividad térmica

Los tableros derivados de la madera, al igual que otros materiales celulósicos, son malos conductores del calor debido a la escasez de electrones libres y a su porosidad. Para evaluar la conductividad térmica se utiliza un coeficiente que mide la transmisión de calor y su propagación a toda la masa del material. El coeficiente de conductividad térmica define las kilocalorías que hay que aportar a una pieza de 1 metro de espesor, para que en un tiempo de una hora, la temperatura de la cara no expuesta al foco calorífico aumente en un grado Celsius.

En la tabla 4.6 se exponen los valores del coeficiente de conductividad térmica de los tableros derivados de la madera.



Tipo tablero	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente de conductividad térmica Kcal/mh °C = W/ (m·K)
Madera maciza y contrachapados	1.000	0,24
	700	0,17
	500	0,13
	300	0,09
Partículas	900	0,18
	600	0,12
	300	0,07
Virutas orientadas	650	0,13
Fibras de densidad media	250	0,05
	400	0,07
	600	0,10
	800	0,14

Tabla 4.6 Conductividad térmica de los tableros derivados de la madera. Fuente: EN 13.986. Elaboración propia.

## 4.7.- Aislamiento acústico

En el aislamiento acústico hay que tener en cuenta las fuentes de sonido, ya sea aéreo (la fuente de sonido produce una vibración de las partículas del medio que se transmite por el aire) o de impacto (las fuentes de ruido son objetos que golpean los elementos constructivos: pisadas, portazos, etc).

El aislamiento acústico es la diferencia entre el nivel de intensidad acústica incidente y el nivel de intensidad acústica transmitida. Cada elemento constructivo tiene un aislamiento acústico específico y se evalúa habitualmente mediante dos parámetros:

- Absorción acústica: es la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora incide sobre un objeto determinado.
- Coeficiente de absorción: es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material por unidad de superficie.

El aislamiento acústico aéreo de los tableros se puede determinar mediante ensayo, norma ISO 140 - 3, o de forma teórica mediante la siguiente fórmula, que es válida para un intervalo de frecuencia de 1 a 3 kHz y una masa superficial  $> 5 \text{ kg/m}^2$

$$R = 13 \cdot \lg(m) + 14$$

donde: R = pérdida de transmisión de sonido del tablero  
m = masa superficial en  $\text{kg/m}^2$

Tipo tablero	Espesor mm	Decibelios A	Decibelios B (dB)
		dB A	índice de reducción de sonido
Contrachapado	30	27	
	6,5	-	20,0 (2)
	18	-	23,8 (2)
	24	-	25,3 (2)
Partículas	10 - 16	25	
	17- 22	26	
	22- 30	27	
Fibras de densidad media	10- 16	25	
	17 - 22	27	

(2) índice de reducción de sonido dB (para una frecuencia que oscila entre 100 - 320 Hz)

Tabla 4.7.1 Aislamiento acústico aéreo de los tableros derivados de la madera. Elaboración propia. Fuente EN 13.986 con datos de la bibliografía técnica

El Coeficiente de absorción acústica de los tableros se puede determinar mediante ensayo (EN 20.354) o utilizar los valores que se recogen en la tabla 4.7.2.

Tipo tablero	Coeficiente de absorción acústico según rango de frecuencias	
	250 - 500 Hz	1.000 - 2.000 Hz
	Madera maciza y Contrachapado	0,10
Partículas y Virutas orientadas	0,10	0,25
Fibras con densidad < 400 kg/m <sup>3</sup>	0,10	0,30
Fibras con densidad ≥ 400 kg/m <sup>3</sup>	0,10	0,20

Tabla 4.7.2 Coeficiente de absorción acústica de los tableros derivados de la madera. Elaboración propia Fuente EN 13.986 con datos de la bibliografía técnica

## 4.8.- Resistencia al vapor de agua

La resistencia al vapor de agua es una característica necesaria para calcular las condensaciones que se pueden producir en el interior de los materiales. En los tableros depende del espesor, como se refleja en la fórmula,  $R_v = e \cdot r_v$ , en donde « $R_v$ » es la resistencia a la difusión del vapor de agua, « $e$ » es el espesor del tablero y « $r_v$ » es la resistencia al vapor de agua. Se puede determinar mediante ensayo (EN ISO 12572) o utilizar los valores del factor « $F = r_v$ » de resistencia al vapor de agua en función de la densidad del tablero que se recogen en la tabla 4.8.

Tipo tablero	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Coeficiente de resistencia al vapor de agua $\mu = \text{mmHg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{día} / \text{g}$	
		Seco	Húmedo
Madera maciza,	300	150	50
Contrachapados	500	200	70
y Laminados	700	220	90
	1000	250	110
Partículas	300	50	10
	600	50	15
	900	50	20
Virutas orientadas	650	50	30
Fibras densidad media	250	5	2
	400	10	5
	600	20	12
	800	30	20

Tabla 4.8 Resistencia al vapor de agua de los tableros derivados de la madera. Elaboración propia. Fuente: EN 13986

## 4.9.- Contenido de formaldehído

Como hemos visto en otros apartados de esta publicación, en la fabricación de los tableros derivados de la madera se pueden utilizar adhesivos que contienen formaldehído; por lo tanto en función de la cantidad de formaldehído del adhesivo utilizado, el tablero tendrá a su vez un determinado contenido de formaldehído que irá emitiendo al exterior.

El contenido de formaldehído de los tableros se puede calcular por el método del perforador (UNE EN 120), por el método de cámara (UNE EN 717-1) o por el método de análisis de gas (UNE EN 717-2).

### 4.9.1.- Tableros de madera maciza de interior

No se ha definido de momento ninguna especificación.

### 4.9.2.- Tableros contrachapados

Existen dos normas para clasificar el contenido de formaldehído, la EN 1084 y la 13986, siendo esta última la que tiene mayor rango al ser la norma armonizada.

En la norma UNE EN 1084 se especifican las siguientes clases, determinadas con el método de análisis de gas (UNE EN 717-2):

- Clase A  $\leq 3,5 \text{ mg HCHO} / \text{m}^2 \text{ h}$
- Clase B  $\geq 8 \text{ mg HCHO} / \text{m}^2 \text{ h}$
- Clase C  $> 8 \text{ mg HCHO} / \text{m}^2 \text{ h}$



En la norma UNE EN 13.986 se especifican las siguientes clases:

- Clase E1
  - determinado con el valor de análisis de gas, UNE EN 717-2
    - $\leq 3,5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  ó
    - $\leq 5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  dentro de los 3 días siguientes a su fabricación.
  - determinado con el método de cámara, UNE EN 717-1
    - $\leq 0,14 \text{ mg /m}^3$  de aire
- Clase E2
  - determinado con el valor de análisis de gas, UNE EN 717-2
    - $> 3,5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  a  $> 8 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  ó
    - $> 5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  a  $\leq 12 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  dentro de los 3 días siguientes a su fabricación.
  - determinado con el método de cámara, UNE EN 717-1
    - $> 0,14 \text{ mg /m}^3$  de aire

#### 4.9.3.- Tableros laminados

En la norma UNE EN 13.986 se especifican las siguientes clases:

- Clase E1
  - determinado con el valor de análisis de gas, UNE EN 717-2
    - $\leq 3,5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  ó
    - $\leq 5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  dentro de los 3 días siguientes a su fabricación.
  - determinado con el método de cámara, UNE EN 717-1
    - $\leq 0,14 \text{ mg /m}^3$  de aire
- Clase E2
  - determinado con el valor de análisis de gas, UNE EN 717-2
    - $> 3,5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  a  $> 8 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  ó
    - $> 5 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  a  $\leq 12 \text{ mg HCHO /m}^2\text{h}$  dentro de los 3 días siguientes a su fabricación.
  - determinado con el método de cámara, UNE EN 717-1
    - $> 0,14 \text{ mg /m}^3$  de aire

#### 4.9.4.- Tableros de partículas

En las normas UNE EN 312 y UNE EN 13.986 se especifican las siguientes clases determinadas con el método del perforador UNE EN 120:

- Clase E1    contenido  $\leq 8 \text{ mg/ 100 g}$   
emisión  $\leq 0,124 \text{ mg/m}^3$  aire
- Clase E2    contenido  $> 8 \text{ mg/ 100 g}$  e  $\leq 30 \text{ mg/ 100 g}$   
emisión  $> 0,124 \text{ mg/m}^3$  aire