

# **EFFECTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE TABLEROS MDF**

**J. I. FERNANDEZ-GOLFIN**

**M. R. DIEZ**

Dpto. de Industrias Forestales. CIFOR-INIA  
Apartado 8111, 28080 Madrid. ESPAÑA

## **RESUMEN**

Cuatro tipos de acabados superficiales distintos, aplicados sobre tableros MDF comerciales de 19 mm de espesor, son empleados en el estudio del comportamiento de los tableros MDF ante diferentes condiciones de humedad ambiental.

Para el análisis de este comportamiento se consideran los valores del Módulo de Rotura (MOR) y de Elasticidad (MOE) a flexión, así como de la Resistencia a la Tracción Perpendicular a las caras (RTP), de la Humedad de Equilibrio Higroscópico (HEH) y de la densidad. Todos estos valores son determinados al comienzo y al final de cada tratamiento, estudiándose en algunos casos su evolución a lo largo del proceso de acondicionamiento.

De las cuatro condiciones ambientales consideradas, tres de ellas constantes (20° C/65 p. 100 Hr, 20° C/90 p. 100 Hr, 20° C/35 p. 100 Hr) y una variable (20° C/35-90 p. 100 Hr), la que parece influir más negativamente en las propiedades físico-mecánicas de los tableros MDF es la estable a 20°C y 90 p. 100 Hr. Las condiciones cíclicas de humedad relativa (35-90 p. 100) parecen afectar a estos tableros mucho menos intensamente, siendo comportamiento el contrario del exhibido por el tablero de partículas (datos de un trabajo anterior).

**PALABRAS CLAVE:** MDF  
Tableros  
Envejecimiento.

## **INTRODUCCION**

En muchas ocasiones la decisión sobre el empleo de un tipo de tablero u otro para una aplicación concreta se toma considerando casi exclusivamente el valor de las propiedades iniciales. Tal medida puede llevar, en algunas situaciones, a decisiones inadecuadas.

Esta situación se hace especialmente patente con los tableros MDF y de partículas, que compiten, con propiedades distintas, por el mismo segmento de mercado.

Se hace, pues, necesario conocer no sólo las propiedades iniciales, sino la evolución de éstas, y del propio tablero, a lo largo del tiempo y bajo las condiciones de utilización.

Para una correcta toma de decisiones se necesita saber acerca de las variaciones de la humedad de equilibrio (HEH) de los tableros, sus variaciones dimensionales asociadas, la degradación de sus propiedades físico-mecánicas, así como la influencia que en todas ellas

---

Recibido: 4-3-97  
Aceptado para su publicación: 17-10-97

puedan tener los revestimientos superficiales aplicados, todas ellas en función de las distintas condiciones de uso.

Este trabajo se plantea, para tableros MDF, profundizar en este conocimiento y, haciendo uso de datos previos, compararlo con el comportamiento conocido del tablero de partículas.

La bibliografía es amplia en todo lo referente a las propiedades físico-mecánicas de tableros de partículas sometidos a condiciones “fijas” de humedad, pero no lo es tanto en condiciones alternantes (McNatt, 1982; Boehme, 1992). En la mayoría de los estudios en los que se ha sometido al material a condiciones alternantes, sólo los cambios de humedad y de dimensiones han sido las variables estudiadas. En este sentido, todos los resultados son concluyentes al demostrar un incremento de la humedad de equilibrio del tablero con el número de ciclos de sorción/desorción efectuados.

Existe un consenso general en el sentido de que la durabilidad de los tableros de partículas y de fibras encolados con resinas aminoplásticas (UF y MF) viene limitada, en primer lugar, por la susceptibilidad hidrolítica de dichas resinas ya fraguadas (Myers, 1982) y en segundo lugar por las tensiones internas originadas por los ciclos de hinchazón y merma sufridas por las partículas de madera (Ginzel, 1973; Dinwoodie, 1979).

Desde Halligan (1970) se conoce que la hinchazón que se produce en el tablero de partículas por acción de la humedad es debida a dos fenómenos: la hinchazón de las partículas de madera, que será recobable, y la debida a la relajación de las tensiones interiores introducidas en el tablero en el momento del prensado de la manta, que no será recobable. Lógicamente, conforme la granulometría del material sea menor (tableros MDF), mayor influencia tendrá la segunda de estas componentes y peor será el comportamiento del tablero ante la humedad. La bibliografía en este apartado es amplia y viene perfectamente analizada por McNatt (1982).

La degradación mecánica, medida por la pérdida de MOR, MOE y de otras propiedades mecánicas, ante condiciones cíclicas de humedad ha sido estudiada por Chen, Tsaih (1986) sobre tableros de partículas de diversas procedencias, habiendo demostrado que estos parámetros son buenos estimadores de la degradación real del material.

Suchsland (1973) demostró que parte de los cambios que mostraban los tableros en sus propiedades después de ser sometidos a condiciones cíclicas de humedad relativa no se producían si el acondicionado final del material se llevaba hasta su contenido inicial de humedad en vez de a las condiciones iniciales de humedad relativa y temperatura. Fraipont (1974) demostró para tableros de fibras duros y aislantes, que después de un ciclo de 42 días de duración en condiciones de 65 p. 100-95 p. 100-40 p. 100-65 p. 100, el contenido final de humedad era del 7,2 p. 100, mientras que el inicial fue del 6 p. 100.

Los resultados obtenidos cuando se trabaja en condiciones alternantes pueden variar notablemente en función del tipo de material ensayado, sus dimensiones, duración de cada ciclo, número de ciclos y rangos extremos de humedad relativa y temperatura empleados. Gressel (1980) obtuvo, para tableros de partículas, incrementos del contenido de humedad del 2-3 p. 100 e hinchazones del 0,4 p. 100 al ser sometidos a ciclos 45-85 p. 100 de 24 h, a 20° C. Este mismo estudio pero a 25-95 p. 100 detectó un incremento residual del contenido de humedad del 3,5-5 p. 100 e hinchazones del 1,5-2 p. 100.

Boehme (1992), trabajando con tableros MDF sometidos a condiciones alternantes de humedad, analizó la influencia de estas condiciones en las propiedades instantáneas y a largo plazo (fluencia) del tablero, comprobando la mayor “sensibilidad” de estos tableros frente a los de partículas.

Por otra parte, los diferentes tipos de tableros de madera toman y ceden humedad del medio circundante a diferentes ritmos en función del tipo de materia prima utilizada y de las variables de fabricación. Fraipont (1974) y McNatt (1974) demostraron para tableros de partículas y de fibras duros que la humedad de equilibrio final del tablero no se alcanza hasta las 6-7 semanas de exposición. Por tanto, exposiciones más cortas conllevan humedades de equilibrio intermedias. Lundgren (1969) encontró que en tableros de fibras duros y de partículas inicialmente acondicionados a 20 %/65 p. 100 y posteriormente reubicados a 20%/90 p. 100, la humedad de equilibrio se alcanzaba a los 40-50 días, si bien a los 3-6 días se alcanzaba la mitad de la ganancia total. Para las condiciones cíclicas este autor sugirió el empleo de ciclos de siete días a 30 p. 100 seguidos de otros siete días al 90 p. 100, empleados asimismo en este trabajo.

Los tratamientos y revestimientos superficiales del tablero modifican el momento en el que este alcanza su humedad de equilibrio con el medio. Así, si los revestimientos son barreras de vapor eficaces (papel melamínico, barniz, plásticos) la velocidad de sorción del tablero base se ve notablemente reducida, si bien a largo plazo el contenido final de humedad del tablero será el mismo.

Comparando ambas circunstancias (Fernández-Golfín *et al.*, 1992) se observa que el efecto del revestimiento es ligeramente más importante en la desorción que en la sorción, lo que justifica que los tableros revestidos presenten un contenido de humedad medio más alto y que sus variaciones a lo largo del tiempo sean menos intensas.

Otra forma de degradación mecánica es la correspondiente a la deformación y pérdida de resistencia mecánica por fluencia bajo la acción de la carga. En este sentido, los estudios llevados a cabo por los autores (Fernández-Golfín *et al.*, 1992; Fernández-Golfín, Díez, 1997) demuestran la acción positiva de los revestimientos melamínicos en condiciones alternantes de humedad relativa (30 p. 100 a 90 p. 100) y fijas de temperatura (20° C).

## MATERIAL Y METODOS

Se emplearon tableros MDF comerciales, de 2440x1220x19 mm, encolados con cola de Urea-Formaldehído (UF), estando la mitad de los tableros recubiertos superficialmente con revestimiento melamínico de 80g/m<sup>2</sup>.

Para poder analizar la influencia que el revestimiento melamínico tiene en el proceso degradativo del tablero base, este recubrimiento fue aplicado sobre tableros procedentes del mismo lote de fabricación que los desnudos.

Los tableros fueron despiezados, obteniéndose los diferentes tipos de probetas de ensayo (tres tamaños) que figuran en la Tabla 1. Las probetas de ensayo fueron seleccionadas aleatoriamente entre todas las obtenidas de cada tablero, de forma que fueran representativas de la variabilidad intra-tablero.

Parte de las probetas fueron canteadas lateralmente con un revestimiento de tipo plástico de características similares al empleado en el revestimiento de las superficies. De esta manera se obtuvieron cuatro tipos distintos de recubrimiento (D, C, M y B, en la Tabla 1) y tres tamaños de probetas (50x50, 100x100 y 525x50 mm). En la Tabla 1 se recoge un resumen del material de ensayo.

**TABLA 1**  
**MATERIAL DE ENSAYO**  
*Testing material*

Tipo de recubrimiento	Tamaño de probeta por tipo de ensayo		
	Tracción (RTP)	Densidad/humedad	Flexión
<b>Desnudo (D)</b>	50 x 50	100 x 100	525 x 50
<b>Desnudo-canteado (C)</b>	50 x 50	100 x 100	525 x 50
<b>Recubierto-sin cantos (M)</b>	50 x 50	100 x 100	525 x 50
<b>Recubierto-canteado (B)</b>	50 x 50	100 x 100	525 x 50

Todo el material de ensayo fue acondicionado a 20° C y 65 p. 100 Hr, durante dos semanas, antes de proceder a efectuar los ensayos y procesos de envejecimiento que seguidamente se citan.

### **Determinación de las propiedades iniciales**

Sobre 10 muestras y tanto para el material desnudo y recubierto en sus caras, se procedió a determinar las siguientes características:

- Densidad (en probetas de 100 x 100).
- Humedad (en probetas de 100 x 100, por desecación en estufa).
- Resistencia a la tracción perpendicular (en probetas de 50 x 50).
- Módulos de rotura (MOR) y elasticidad (MOE) a flexión (en probetas de 525 x 50).

### **Procesos de envejecimiento**

#### *En condiciones estables*

Las probetas fueron mantenidas, durante un plazo máximo de 30 semanas, en las siguientes condiciones:

- 20° C y 65 p. 100 Hr.
- 20° C y 90 p. 100 Hr
- 20° C y 35 p. 100 Hr.

#### *En condiciones alternantes*

Se efectuaron ciclos semanales de 20 °C/90 p. 100 Hr-20° C/35 p. 100 Hr.

Para todos los casos y con periodicidad diaria durante las dos primeras semanas y semanal a partir de la tercera se determinaron los contenidos de humedad y variaciones dimensionales en las probetas de 100 x 100 mm.

En todos los casos, al terminar el tiempo prescrito de estancia en cámara de envejecimiento, las probetas fueron reacondicionadas durante 15 días a 20° C y 65 p. 100 Hr como paso previo a la determinación de las propiedades residuales del material.

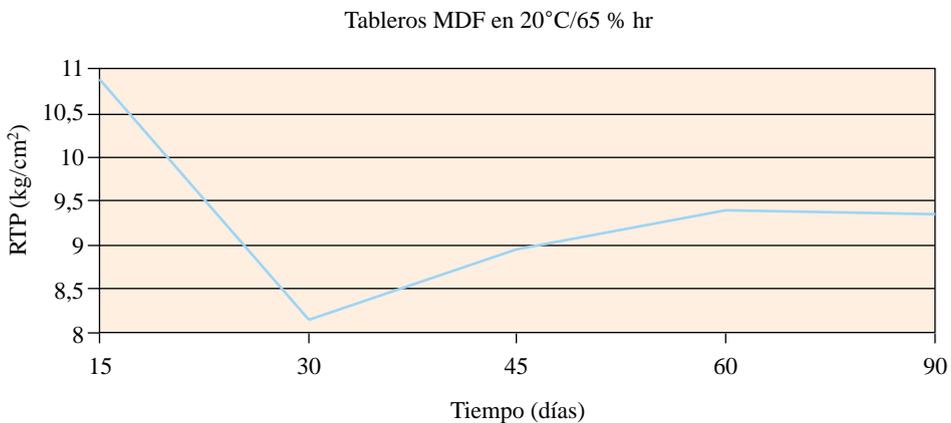
Por la directa incidencia que tiene el contenido de humedad del tablero en sus propiedades físico-mecánicas, se efectuó, simultáneamente al anterior, el estudio de la evolución del contenido de humedad del tablero con el tiempo de exposición a cada una de las condiciones ambientales anteriormente mencionadas. Este estudio se realizó mediante pesadas semanales de las probetas de 100 x 100 mm y posterior cálculo de su contenido de humedad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 figuran las propiedades iniciales del material, obtenidas previo acondicionado a 20° C y 65 %p. 100 Hr durante diez días.

Llama la atención en la Tabla 2 que la resistencia a la tracción perpendicular en el tablero melaminado (M) es notablemente inferior que en el tablero desnudo (D). Este hecho, comprobado por repeticiones del mismo ensayo, debe ser debido al proceso degradativo introducido por el sistema de aplicación de la melamina (calentamiento superficial del tablero a 165° C). El menor valor del MOR y mayor del MOE se atribuye a una menor resistencia y mayor rigidez del revestimiento superficial melamínico que del propio tablero.

Como complemento a los datos aportados en la Tabla 2, en la Figura 1 puede verse, de forma gráfica, cómo evoluciona, en tableros MDF desnudos, la RTP con el tiempo de acondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr. Los datos no coinciden con los aportados en la Tabla 2, ya que fueron determinados con tableros procedentes de otro muestreo, mucho más intenso.



**Fig. 1.—Evolución de la resistencia a la tracción perpendicular**  
*Internal bonding evolution with time (days)*

**TABLA 2**  
**PROPIEDADES INICIALES DEL MATERIAL**

*Initial properties*

Tablero	Propiedad				
	Humedad (%)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	RTP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>D</b>	7,8 (0,9 %)	718 (1,2 %)	7,2 (10,4 %)	346,7 (2,46 %)	30.300 (3,31 %)
<b>C</b>	—	—	—	—	—
<b>M</b>	8,01 (3,1 %)	718 (1,2 %)	6,3 (11,1 %)	282,8 (3,47 %)	36.300 (1,73 %)
<b>B</b>	—	—	—	—	—

(En paréntesis, coeficiente de variación).

En la Tabla 3 se dan los valores de las propiedades del material al final de su proceso de envejecimiento, antes y después del reacondicionado a 20° C y 65 p. 100 Hr.

Un curioso fenómeno, para el que aún no hay explicación concluyente, queda patente en la primera columna de la Tabla 3 (tableros D, C, M y B a 20 °C/65 p. 100 Hr) al constatar que tanto el MOE como la RTP, y en menor medida el MOR, crecen de valor con el tiempo de acondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr. Este fenómeno se constata en todos los tableros estudiados pero especialmente en los melaminados superficialmente (M y B).

Este fenómeno se ha puesto también de manifiesto en varios laboratorios europeos y nacionales que trabajan en el control de calidad de estos tableros, y es totalmente coherente con el observado en el presente trabajo, ya que las denominadas “propiedades iniciales” fueron determinadas tras diez días de acondicionamiento a 20° C/65 p. 100 Hr, momento que coincide prácticamente con el mínimo constatado en la Figura 1. En la citada figura 1 queda recogida la evolución de la RTP con el tiempo de acondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr, si bien para tableros MDF desnudos (que resultan ser los menos sensibles al fenómeno) muestreados al mismo fabricante en diferente ocasión a la de este estudio (de ahí que los valores de la RTP no coincidan con los aportados en la Tabla 2).

Si se contrasta este comportamiento con los valores de la HEH iniciales y finales, se deduce con claridad que el fenómeno no es imputable a la humedad, ya que al haber aumentado con el tiempo de acondicionamiento a 20° C/65 p. 100 Hr, debería haber implicado una disminución, y no un aumento, en los valores de las propiedades mecánicas.

Lo anteriormente mencionado lleva a sugerir la conveniencia de establecer un tiempo de reposo mínimo de sesenta días (punto de inflexión en la Figura 1) antes de proceder a efectuar los ensayos mecánicos de control de calidad del tablero. Sería, asimismo, interesante comprobar la existencia de una posible relación que ligase el valor obtenido en un momento dado (por ejemplo, en el día de fabricación, a los siete días, etc.) con el valor estabilizado.

Las condiciones de humedad relativa baja (20° C/35 p. 100 Hr) parecen no influir en las propiedades estudiadas, salvo en la RTP de los tableros melaminados, que se recuperan

**TABLA 3**  
**PROPIEDADES FINALES DEL MATERIAL**  
*Final properties*

Propiedad	Proceso de envejecimiento (6 meses en cada condición)															
	20° C/65 p. 100 Hr				20° C/35 p. 100 Hr				20° C/90 p. 100 Hr				20° C/35-90 p. 100 Hr			
	D	C	M	B	D	C	M	B	D	C	M	B	D	C	M	B
<b>Densidad</b> (kg/m <sup>3</sup> )	713	—	—	—	707	—	—	—	690	—	—	—	695	—	—	—
<b>Humedad</b> (%)	8,87	8,95	8,81	8,84	7,00	6,65	6,95	6,60	17,25	16,10	16,45	15,60	—	—	—	—
	—	—	—	—	8,75	8,30	8,50	8,15	11,40	10,65	11,10	10,60	10,34	9,88	9,62	8,75
<b>Hinchazón</b> (%)	1,71	—	—	—	1,47	—	—	—	5,42	—	—	—	2,73	—	—	—
	1,69	—	—	—	1,52	—	—	—	5,36	—	—	—	2,52	—	—	—
<b>MOR</b> % <sup>1</sup> (kg/cm <sup>2</sup> %)	358/103	318/92	291/103	299/106	327/94	336/97	267/94	279/99	262/76*	279/80*	233/82*	260/92	325/94	330/95	279/99	296/105
<b>MOE</b> % <sup>1</sup> (kg/cm <sup>2</sup> %)	36.800/121	33.900/112	46.500/128*	38.000/105	30.000/99	32.200/106	35.200/97	39.700/109	22.300/74*	30.000/99	27.400/78*	31.000/85	23.700/78	25.300/83	32.500/90	34.100/94
<b>RTP</b> % <sup>3</sup> (kg/cm <sup>2</sup> %)	7,8108	8,9124*	7,3116*	8,0127*	7,7107	7,6106	8,0127*	8,7138*	4,765*	5,171*	5,181*	5,790*	6,793	8,1112*	6,298	7,7122*

<sup>1</sup>: El valor superior corresponde a la humedad de equilibrio en las condiciones de envejecimiento, el inferior después de reacondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr.

<sup>2</sup>: El valor superior corresponde a la hinchazón, respecto de las dimensiones iniciales, al final del envejecimiento. El inferior a la hinchazón remanente después del reacondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr.

<sup>3</sup>: Porcentaje respecto del valor inicial de la propiedad.

\* Diferencias significativas con respecto al valor de la propiedad en el material sin envejecer.

significativamente (127 p. 100 y 138 p. 100, para M y B). El descenso en la RTP inicial de los tableros M y B, que se detecta en la tabla 2, parece parcialmente recuperable con el tiempo de acondicionado en condiciones favorables, ya que tanto en 20° C/35 p. 100 Hr como en 20° C/65 p. 100 Hr se produce una mejora muy significativa.

Las condiciones de humedad relativa elevada (20° C/90 p. 100 Hr) parecen ser las más agresivas para este material, afectando en mayor medida a los tableros D, C y M, aunque el tablero B no está totalmente exento de los efectos degradativos.

El efecto negativo de las condiciones de humedad alternante sobre las propiedades mecánicas, parece centrarse, en mayor medida, en el valor del MOE, si bien puede deducirse de los resultados habidos que su comportamiento general ante dichas condiciones es muy satisfactorio, especialmente en los tableros recubiertos superficialmente con melamina (M y B).

Respecto de la densidad, sólo se observan diferencias significativas en las condiciones de humedad elevada y humedad alternante, considerándose que la pérdida de densidad es debida a una hidrolización de la cola.

En el valor de la humedad de equilibrio (HEH) se observan diferencias muy significativas entre los valores iniciales y los finales, obtenidos una vez envejecidos y reacondicionados los tableros a 20° C/65 p. 100 Hr.

La condición de humedad relativa elevada es la que más afecta al valor de la HEH residual (después del reacondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr), observándose que las diferencias con los valores iniciales son tanto menores conforme mayor es el grado de protección superficial aplicado.

En la Tabla 4 quedan recogidos los valores de la velocidad inicial de sorción (calculados en el paso de 20° C/65 p. 100 a 20° C/90 p. 100) y de desorción (calculados en el paso de 20° C/65 p. 100 a 20° C/35 p. 100) de tableros MDF y de partículas desnudas. Los datos correspondientes a los tableros de partículas proceden de un estudio anterior de estos mismos autores (Fernández-Golfin *et al.*, 1992).

**TABLA 4**  
**VELOCIDAD INICIAL DE SORCION/DESORCION**  
*Sorption/Desorption velocity*

Proceso	MDF		Partículas	
	Desnudo	Melamina	Desnudo	Melamina
<b>Sorción</b>	0,18	0,16	0,95	0,25
<b>Desorción</b>	1,72	1,22	4,15	1,37

(%/día).

Del análisis de los datos de esta Tabla se deduce que en ambos tipos de tableros el proceso de desorción es más rápido que el de sorción y que la melamina ralentiza ambos procesos, si bien su influencia es notablemente más acusada en el tablero de partículas que en el MDF.

Otro hecho que se hace evidente con el análisis de la Tabla 4 es que, cuantitativamente, el proceso de desorción en tableros MDF es mucho más rápido (7,6 a 9,5 veces) que en tableros de partículas (4,4 a 5,4 veces). Lo cual significa que las condiciones de humedad relativa alternante afectan mucho más intensamente a los tableros de partículas que a los MDF (desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas), ya que los valores elevados de la humedad de equilibrio (que son los que más degradan a las colas) se mantienen durante menos tiempo.

Siguiendo con datos comparativos entre tableros MDF y de partículas, y para tableros sometidos a condiciones alternantes de humedad relativa, en la Tabla 5 pueden leerse los valores de las humedades de equilibrio al final de la última fase húmeda y seca, así como con posterioridad al reacondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr (un mes).

**TABLA 5**

**HEH DE TABLEROS SOMETIDOS A CONDICIONES ALTERNANTES DE HR (%)**

*Moisture content of boards under alternating humidity conditions (%)*

Tablero	Condición	MDF	Partículas
<b>Desnudo</b>	Inicial (20°/65%)	7,90	10,60
	20°C/90%Hr	10,80	15,70
	20°C/35%Hr	5,96	9,50
	Variación (90-35)	4,84	6,20
	Reacondicionado (20 °/65%)	10,07	11,70
	Incremento (reacond.-inicial)	2,17	1,10
<b>Canteado</b>	Inicial (20°/65%)	7,80	—
	20°C/90%Hr	10,55	—
	20°C/35%Hr	5,92	—
	Variación (90-35)	4,63	—
	Reacondicionado (20 °/65%)	9,83	—
	Incremento (reacond.-inicial)	2,03	—
<b>Melamina</b>	Inicial (20°/65%)	8,70	10,30
	20°C/90%Hr	10,79	13,80
	20°C/35%Hr	7,41	9,50
	Variación (90-35)	3,38	4,30
	Reacondicionado (20 °/65%)	9,44	11,20
	Incremento (reacond.-inicial)	0,74	0,90
<b>Blindado</b>	Inicial (20°/65%)	8,50	—
	20°C/90%Hr	9,19	—
	20°C/35%Hr	8,28	—
	Variación (90-35)	0,91	—
	Reacondicionado (20 °/65%)	8,63	—
	Incremento (reacond.-inicial)	0,13	—

Un detallado estudio de los valores de la HEH de la Tabla 3 y de los máximos y mínimos citados en la Tabla 5 (condiciones alternantes), lleva a la conclusión de que los table-

ros C y M tienen un comportamiento muy similar, similitud que, incluso, es extrapolable al tablero D. El que parece escaparse totalmente de esta regla es el tablero B.

Del análisis de la Tabla 5 se puede deducir que la variación de la HEH en cada ciclo sorción/desorción es mayor en tableros de partículas (6,20 p. 100 frente al 4,84 p. 100) pero que al final del reacondicionado a 20° C/65 p. 100 Hr el incremento permanente en la HEH es mayor en MDF que en los tableros de partículas (2,17 p. 100 frente al 1,10 p. 100), lo que se traduce en valores ligeramente mayores (2,5 p. 100 frente al 2,1 p. 100) de la hinchazón permanente en los tableros MDF. Todas estas diferencias se mitigan, e incluso anulan, con la aplicación del revestimiento melamínico en las caras.

Por todo lo anterior, parece claro concluir que cuando el tablero vaya a trabajar en condiciones de humedad variable y a efectuar funciones portantes, en las que la retención a lo largo del tiempo de las propiedades mecánicas es algo fundamental, deberá elegirse con preferencia a los tableros MDF. Por contra, cuando las funciones sean netamente decorativas (en las que, además, suelen incorporar tratamientos superficiales de gran efectividad frente a la migración de humedad al tablero) será indiferente el uso de uno u otro, ya que las mayores variaciones de la HEH producen “movimientos” similares en ambos tableros.

## CONCLUSIONES

De los datos y análisis expuestos en el apartado anterior, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- El proceso de la desorción en MDF se efectúa más rápidamente que el de la adsorción, si bien cuantitativamente es menor, por lo que la repetición de ciclos adsorción/desorción lleva a un incremento de la HEH media del tablero. En este proceso de condiciones cíclicas de humedad relativa, se ha constatado una posible hidrólisis de la cola, que se manifiesta en una pérdida continuada de la cohesión interior (RTP) y de la densidad.
- El fenómeno de la sorción en MDF viene influenciado por el tamaño y forma de las probetas, afectando a su velocidad. El recubrimiento melamínico de caras y cantos afecta a la velocidad del proceso pero no al valor límite obtenido. El papel de los cantos en este proceso es similar al de las caras, por lo que su importancia relativa decrece conforme el tamaño de las probetas aumenta, siendo irrelevante en los tableros de tamaño estructural.
- El comportamiento general del tablero MDF ante la sorción es muy similar al del tablero de partículas, si bien la velocidad inicial de la sorción es menor, lo que le convierte en un material menos sensible ante las condiciones de corta duración (por ejemplo, las alternantes). En este sentido, los recubrimientos melamínicos, al constituir barreras temporales contra el paso del vapor de agua, son más efectivas en el tablero de partículas que en el MDF.
- La aplicación de recubrimientos melamínicos en las caras de los tableros parece afectar adversamente a las propiedades resistentes iniciales (MOR y RTP) del tablero MDF, al contrario que en tableros de partículas. La explicación de este hecho debe adjudicarse a la diferente degradación a la que es sometida el tablero MDF y el de partículas por la acción de la temperatura aplicada en el proceso de melaminización de las superficies.

- El tablero MDF presenta un Módulo de Rotura (MOR) inicial notablemente superior al del tablero de partículas, si bien la RTP y el MOE de ambos tableros son más similares. Tras el proceso degradativo, el MOR en MDF se sigue manteniendo muy superior, si bien la RTP y el MOE de ambos tableros llegan a igualarse.
- El recubrimiento melamínico de caras afecta positivamente a la degradación del tablero en humedades relativas elevadas y cíclicas, si bien esta acción benefactora resulta ser más efectiva aún en el tablero de partículas que en el MDF. La explicación de esta diferencia puede ser motivada por el diferente papel que parecen desempeñar los cantos de ambos tableros en el proceso de la sorción, mucho más permeables en el tablero MDF. En este sentido, la protección de caras y cantos en el tablero MDF viene a ser equivalente a la de caras en el de partículas.
- Las condiciones de humedad relativa alternante resultan ser menos agresivas, en MDF, que las condiciones de humedad elevada sostenida. Estas condiciones alternantes parecen afectar en mayor medida a las propiedades elásticas (MOE) que a las resistentes (MOR y RTP) del tablero MDF. Este comportamiento resulta ser el opuesto que el referido para tableros de partículas, más afectados por las humedades relativas variables. Este diferente comportamiento puede llevar a aconsejar el uso de MDF en condiciones alternantes y de tableros de partículas en condiciones de humedad elevada sostenida, aunque esta conclusión debería ser matizada en función de los valores de resistencia residuales exigidos al tablero, siempre superiores en MDF.
- El tablero MDF parece sufrir un proceso de postcurado, de duración superior a 60 días, que hace que sus propiedades elastomecánicas varíen con la "edad" del propio tablero. Este hecho debe ser muy tenido en cuenta en el proceso de control de calidad, ya que produce una notable discordancia entre los resultados obtenidos por el fabricante y los laboratorios externos de control. Este hecho lleva a sugerir un reposo mínimo del tablero de 60 días.

## SUMMARY

### Effect of climatic conditions on the physico-mechanical properties of MDF boards

Four types of surface coating, on commercial MDF 19 mm thick panels, are used to study the behaviour of MDF panels under four different conditions of relative humidity.

The behaviour of the panels is studied by means of the comparison between the initial and final (after conditioning) values of the Modulus of Rupture (MOR), Modulus of Elasticity (MOE), Internal Bonding (RTP), Equilibrium Moisture Content (HEH) and density. In some cases the evolution of some properties is monitored during the conditioning treatment.

Four different environmental conditions are considered, three of them constant (20° C/65 p. 100 rh, 20° C/90 p. 100 rh, 20° C/35 p. 100 rh) and one variable (20° C/35-90 p. 100 rh). Boards under a constant environment of 20° C/90%rh used to exhibit a clear worse behaviour than under variable climate of 20° C/ 35-90 p. 100 rh. This general behaviour is just the opposite than the one exhibited by particleboards in a previous work.

**KEY WORDS:** MDF  
Boards  
Ageing

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BOEHME C., 1992. Creep behaviour of UF bonded MDF. Holz als Roh-und Werkstoff 50:158-162.  
CHEN T.Y., Tsaih D.C., 1986. Effect of artificial weathering on the properties of particleboard. Forest Products Industries 5(2):11-27.

- DINWOODIE J. M., 1979. The properties and performance of particle board adhesives. *Journal of the Institute of Wood Science* 8(2):59-68.
- FARIPONT L., 1974. Modification of the physical and mechanical properties of fiberboards caused by a longterm immersion in water at 20° C and by natural and artificial aging test. *Rapport d'activité. Station de Technologie Forestière. Belgique* pp.155-207.
- FERNANDEZ-GOLFIN J. I., DIEZ BARRA M. R., MIRANDA FONTES M. M., 1992. Comportamiento reológico del tablero de partículas. Influencia del tipo de encolado y del revestimiento superficial aplicado. *Comunicaciones INIA. Serie Tecnología Agraria n° 20*: 95 pp.
- FERNANDEZ-GOLFIN J. I., DIEZ BARRA M. R., 1997. Long term deformation of MDF panels under alternating humidity conditions. *Wood Science and Technology* (accepted for publication).
- GINZEL W., 1973. Zur frage der hydrolyse harnstoffharzgebundener holzspanplatten. *Holz als roh-und Werkstoff* 31:18-24.
- GRESSEL P., 1980. Testing and judging the durability of particleboard adhesives. A proposal for the establishment of generally valid testing guidelines. Part 2: Discussion of results. *Holz als Roh-und Werkstoff* 38(2):61-71.
- HALLIGAN A. F., 1970. A review of thickness swelling in particleboard. *Wood Science and Technology* 4(4): 301-312.
- McNATT J. D., 1974. Properties of particleboards at various humidity conditions. *USDA Forest Service. Res. Paper FPL 225. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.*
- McNATT J. D., 1982. How cyclic humidity affects static bending and dimensional properties of some wood-based panel products. *Proceedings of a workshop on the durability of structural panels.* 67-76.
- MYERS G. E., 1982. Hydrolytic stability of cured Urea-Formaldehyde resins. *Wood Science* 15(2): 127-138.
- SUCHSLAND O., 1973. Hygroscopic thickness swelling and related properties of select commercial particleboards. *Forest Products Journal* 23(7): 26-30.