

**Proyecto de
Tecnología de Ensayo
de Productos Forestales
LATU-JICA
(1998-2003)**

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA**

Luciano Benites Maciel

Ing. Agr. Federico Lussich

Informe de Investigación N° 13

Setiembre 2003



PRÓLOGO

El presente trabajo es el decimotercero de la serie: “Informes de investigación”, que reunirá estudios realizados como parte del “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales” entre el Sector Productos Forestales del LATU y JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) en Montevideo, Uruguay desde 1998 hasta 2003.

Con esta serie el LATU pretende la difusión tecnológica como una contribución al desarrollo de la industria forestal.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Hiromu Kajita por el invaluable apoyo brindado en la planificación, estudio y ejecución de los trabajos.

Al Ing. Quím. Raúl de Castro, Jefe del Sector Productos Forestales del LATU, por su supervisión.

Al Ing. Toshinari Tanaka, líder del Proyecto de Cooperación JICA-LATU.

Al Sr. Kazuo Shiono por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Al equipo técnico del Sector Productos Forestales del LATU.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1. MATERIALES.....	6
3.2. MÉTODOS.....	7
3.2.1. ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	8
3.2.2. DENSIDAD.....	8
3.2.2.1. DENSIDAD DE PROBETAS ELABORADAS PARA OTROS ENSAYOS.....	9
3.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	9
3.2.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y DE ROTURA EN FLEXIÓN (MOE Y MOR).....	10
3.2.5. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO DEL TABLERO (ADHERENCIA INTERNA).....	11
3.2.6. RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO POR TRACCIÓN DE LAS UNIONES ENCOLADAS EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA.....	12
3.2.7. HINCHAMIENTO EN EL ESPESOR POR ABSORCIÓN DE AGUA.....	14
3.2.8. ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....	15
3.2.8.1. PROBETAS.....	15
3.2.8.2. EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN LINEAL.....	15
3.2.8.3. CAMBIOS EN EL ESPESOR DEL TABLERO.....	16
3.2.9. ABRASIÓN TABER.....	17
3.2.10. DUREZA JANKA.....	18
3.2.11. DELAMINACIÓN EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA.....	18
3.2.12. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE CLAVOS.....	19
3.2.13. RESISTENCIA A LA SOLICITACIÓN DE LA CABEZA DEL CLAVO A TRAVÉS DEL TABLERO.....	20
3.2.14. RESISTENCIA DEL TABLERO AL MOVIMIENTO LATERAL DE CLAVOS.....	21
3.2.15. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE TORNILLOS.....	21
3.2.16. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y CABADO SUPERFICIAL MELAMÍNICO.....	22
3.2.17. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y LÁMINAS DECORATIVAS DE MADERA NATURAL.....	23
4. RESULTADOS	24
4.1. DENSIDAD.....	24
4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	24
4.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	24

4.4. MÓDULO DE ROTURA.....	25
4.5. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO DEL TABLERO (ADHERENCIA INTERNA).....	25
4.6. RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO POR TRACCIÓN DE LAS UNIONES ENCOLADAS EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA	25
4.7. HINCHAMIENTO EN EL ESPESOR POR ABSORCIÓN DE AGUA.....	27
4.8. ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....	27
4.9. ABRASIÓN TABER	28
4.10. DUREZA JANKA.....	29
4.11. DELAMINACIÓN DE TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA	29
4.12. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE CLAVOS.....	29
4.13. RESISTENCIA A LA SOLICITACIÓN DE LA CABEZA DEL CLAVO A TRAVÉS DEL TABLERO.....	29
4.14. RESISTENCIA DEL TABLERO AL MOVIMIENTO LATERAL DEL CLAVOS.....	30
4.15. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE TORNILLOS.....	31
4.16. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LA UNIÓN ENTRE TABLERO Y ACABADO SUPERFICIAL MELAMÍNICO O DE LÁMINAS DECORATIVAS DE MADERA NATURAL	31
5. DISCUSIÓN.....	32
6. CONCLUSIONES	36
7. REFERENCIAS	38

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA

RESUMEN

En el trabajo que aquí se presenta, se analizan las propiedades físicas y mecánicas de cuatro tipos de tableros: de madera contrachapada (MCCH), de partículas (PB), de virutas orientadas (OSB) y de fibras de densidad media (MDF) y la resistencia de la unión encolada entre dichos tableros y láminas decorativas de madera natural así como la adherencia entre tableros de partículas y dos tipos de acabados superficiales melamínicos.

El estudio se realizó a partir de la realización de ensayos de pequeñas probetas, utilizando métodos basados en las normas que se indican al describir los mismos.

La evaluación de los resultados se realizó tomando en cuenta las especificaciones de las normas utilizadas y prestando atención a la relación entre las propiedades mecánicas y la densidad de las probetas.

PALABRAS CLAVE : Tableros derivados de la madera, Propiedades mecánicas, Densidad, Contenido de humedad.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD BASED PANELS

SUMMARY

In the present report, physical and mechanical properties of four kinds of panels were investigated: plywood (PW), particleboard (PB), oriented strand board (OSB) and medium density fiberboard (MDF). The strength of the glued joint between the boards and natural wood decorative veneers was also studied as well as the bonding strength between particleboards and two types of melamine surface finishing.

The tests were carried out according to test methods obtained from different standards which are discussed in the results section.

Evaluation of the results was taking into account the specifications from the considered standards, and giving special attention to relationships between mechanical properties and the density of the specimens.

KEY WORDS: Wood based panels, mechanical properties, density and moisture content.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mercado existe una amplia gama de tableros derivados de la madera elaborados utilizando diferentes principios, procesos industriales y adhesivos. Los mismos se pueden comercializar con variados acabados superficiales en sus caras: sin pulir, pulidos, con laminados decorativos de madera natural o acabados en base a resinas melamínicas entre otros.

La utilización de cada uno de estos productos en pequeña o gran escala ya sea para la fabricación de muebles, aberturas, pisos, tabiques o muros perimetrales etc., requiere el conocimiento de los valores de alguno o varios parámetros físico mecánicos de los mismos.

Es así que para la realización de este trabajo se han estudiado los tableros tratando de determinar los valores de los siguientes parámetros: Densidad, Contenido de humedad, Módulo de elasticidad en flexión, Módulo de rotura en flexión, Resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero (adherencia interna), Resistencia al cizallamiento por tracción de las uniones encoladas en tableros de madera contrachapada, Hinchamiento en el espesor por absorción de agua, Estabilidad dimensional, Abrasión, Dureza Janka, Delaminación de tableros de madera contrachapada, Resistencia del tablero a la extracción de clavos, Resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo a través del tablero, Resistencia del tablero al movimiento lateral de clavos, Resistencia del tablero a la extracción de tornillos, Resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y acabado superficial melamínico y Resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y láminas decorativas de madera natural encoladas con adhesivos termoplásticos.

Los trabajos se realizaron de acuerdo a técnicas basadas en normas internacionales que se indicarán en **3. MATERIALES Y MÉTODOS**.

2. OBJETIVO

Siendo el propósito de esta publicación proporcionar a los usuarios la información necesaria para una adecuada utilización de los tableros en una variedad de aplicaciones, se han planteado los siguientes objetivos:

- ✓ **Determinar valores de parámetros físico-mecánicos de tableros derivados de la madera.**
- ✓ **Evaluación de resultados de acuerdo a las especificaciones de las normas internacionales más relevantes.**

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Para la realización de este trabajo fueron seleccionados los siguientes tableros:

- 1. Tableros de Madera Contrachapada Fenólica (MCCh) de pino, de 12 mm de espesor, compuestos por 5 láminas.**

2. **Tableros de Madera Contrachapada Fenólica (MCCh)** de pino, de 15 mm de espesor, compuestos por 7 láminas.
3. **Tableros de Partículas (PB)**, de adhesivo ureico, de 12 y 15 mm de espesor.
4. **Tableros de Virutas Orientadas (OSB)** de pino, de 12 mm de espesor.
5. **Tableros de Fibras de Densidad Media (MDF)**, de adhesivo desconocido, de 12 y 15 mm de espesor.

El número de unidades ensayadas fue de tres de cada uno de los tipos anteriormente indicados. Los tableros fueron adquiridos en una empresa comercial de plaza, con las dimensiones originales de fábrica.

3.2. MÉTODOS

Las propiedades físico-mecánicas se determinaron por medio del ensayo de pequeñas probetas. El número mínimo de ensayos para cada tipo, espesor de tablero y condición (o tratamiento) se indica a continuación.

Ensayo	número de ensayos
Densidad	10
Contenido de Humedad	10
Módulo de Elasticidad y de Rotura en flexión (MOE y MOR)	10
Resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero (Adherencia Interna)	8
Resistencia al cizallamiento por tracción de las uniones encoladas en tableros de madera contrachapada	40 (12 mm de espesor) 60 (15 mm de espesor)
Hinchamiento en el espesor por absorción de agua	12
Estabilidad dimensional	20
Abrasión Taber	5
Dureza Janka	20
Delaminación de tableros de madera contrachapada	10
Resistencia del tablero a la extracción de clavos	5
Resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo a través del tablero	5
Resistencia del tablero al movimiento lateral de clavos	28
Resistencia del tablero a la extracción de tornillos	5
Resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y acabado superficial melamínico	10
Resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y láminas decorativas de madera natural encoladas con adhesivos termoplásticos	10

Notas:

1. En el caso del ensayo de Flexión estática para la determinación del MOE y MOR, debido a que éstos dependen de que la orientación del eje longitudinal de las probetas sea paralelo a una u otra de las direcciones principales del tablero, en la columna “número de ensayos” se indica la la cantidad de probetas cuyo eje longitudinal era paralelo a cada una de las direcciones principales mencionadas.
2. La determinación del MOE de tableros de madera contrachapada se puede realizar por método no destructivo, utilizando pesas; De todos modos la realización de ensayos para determinar otros parámetros físico-mecánicos se hace a partir de pequeñas probetas, razón por la cual también en este caso se optó por el ensayo destructivo de pequeñas probetas a flexión en la máquina universal de ensayos.

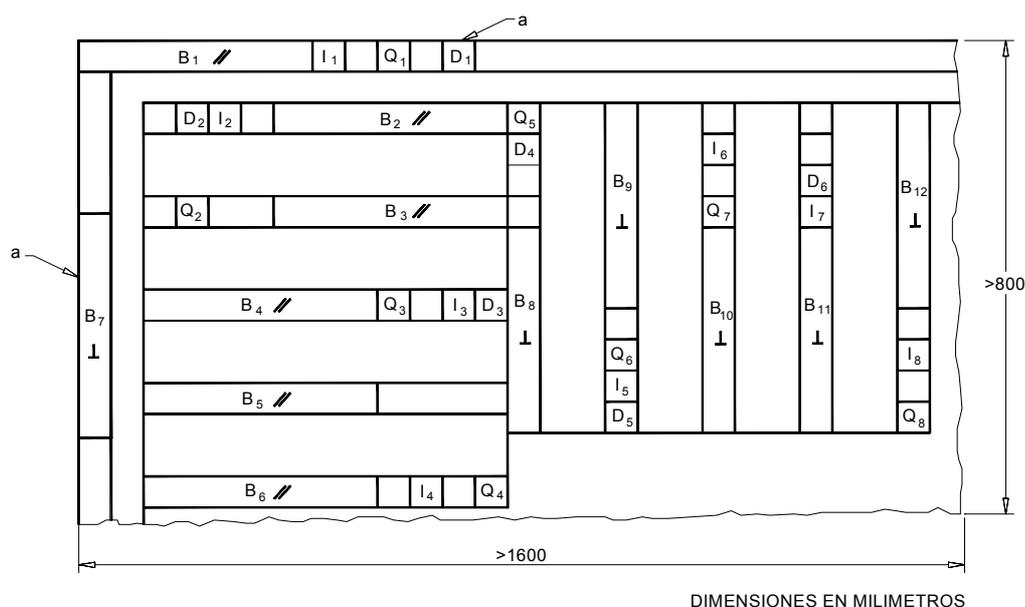
3. En el caso de la determinación de la resistencia de la unión encolada (en tableros de madera contrachapada) al cizallamiento por tracción, en la columna “número de ensayos” se indica la cantidad de probetas ensayadas para cada par de uniones encoladas y en cada condición, la mitad de las cuales se elaboran a partir de la zona central del tablero mientras la otra mitad se elabora a partir de las zonas laterales del mismo.

4. Para la determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y acabado superficial melamínico se utilizaron tableros de partículas de 18 mm de espesor que no figuran en 3.1 dado que con ellos solamente se realizó este ensayo.

Los métodos de ensayo utilizados se basaron en normas internacionales existentes y se indican a continuación.

3.2.1. ELABORACIÓN DE PROBETAS

Para la elaboración de probetas se utilizó un Plan de corte similar al que se muestra en la Figura 1, descartándose 10 cm contra cada uno de los cantos del tablero. El descarte realizado se debe a que dicha zona es la más afectada por las variaciones de las condiciones (fundamentalmente la humedad relativa) a que están expuestos los tableros durante su almacenamiento y transporte hasta la utilización.



NOTAS:

- // - Orientación del eje longitudinal de probetas paralelo a la dirección de producción del tablero.
- ⊥ - Orientación del eje longitudinal de probetas perpendicular a la dirección de producción del tablero.
- a - canto recortado

Figura 1: Ejemplo de plan de corte de probetas

3.2.2. DENSIDAD

La densidad de cada tablero se determinó a partir de la densidad de pequeñas probetas elaboradas con los mismos en estado de recepción.

El método utilizado está basado en las normas ANSI/91 (American National Standards Institute), ISO/PWI 16893 (International Organization for Standardization), EN 300:1997 (European Committee for Standardization), EN 622-1/97, JIS A5905-1994 (Japanese Industrial Standard), JIS

A5908-1994, **ASTM D 1037/99** (American Society for Testing and Materials) y **JAS** (Japanese Agricultural Standard).

Para cada probeta, se calculó la densidad aplicando la siguiente fórmula:

$$d = M / V$$

donde: **d** = densidad (g/cm³); **M** = masa (g); **V** = volumen (cm³).

Para determinar el volumen de cada probeta, se midió directamente cada una de sus dimensiones utilizando un micrómetro digital **Mitutoyo** con precisión de 0,001mm para la medida del espesor y un calibre digital **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión para la medida de las demás dimensiones.

La masa de las probetas se determinó en una balanza **Mettler Toledo PG503-S** con una precisión de 0,001g. Para cada tablero se obtuvo la densidad como promedio de la de sus probetas.

En el resultado, se indicará el promedio y desvío estándar (s).

3.2.2.1. DENSIDAD DE PROBETAS ELABORADAS PARA OTROS ENSAYOS

Para establecer una comparación entre los valores de las propiedades mecánicas de los tableros de diferentes espesores es imprescindible asegurarse que por lo menos la densidad de las probetas es similar por lo que ésta se determinó en cada una de las probetas a ensayar.

En el caso particular de la abrasión, con posterioridad a la realización del ensayo se determinó la densidad correspondiente a la zona eliminada durante el mismo.

Los equipos utilizados en cada caso fueron los indicados en **3.2.2.** salvo para el largo de probetas a utilizar en el ensayo de flexión estática el que se determinó con Pie de Rey **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión debido a que el mismo era superior a 34 cm.

3.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

El método utilizado está basado en las normas **ANSI/91**, **EN 300:1997**, **EN 622-1/97**, **ISO/PWI 16893**, **JIS A5905-1994**, **JIS A5908-1994**, **ASTM D 1037/99**, y **JAS**.

Para cada tablero, se calculó el contenido de humedad como promedio del contenido de humedad de 10 probetas de **50 mm x 50 mm** obtenidas del mismo.

El contenido de humedad de las probetas, se determinó por el método de Secado en estufa mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$C.H.(%) = 100 \cdot (m_1 - m_0) \div m_0$$

donde:

m₁ es la masa de las probetas en estado de recepción (en gramos),

m₀ es la masa de las probetas (en gramos) luego de llegar a masa constante en estufa a (103±2)°C.

Se consideró que la masa era constante, cuando la diferencia entre dos “pesas” consecutivas realizadas con un intervalo de tiempo de 6 horas, no difería en más del 0,1%.

Los equipos utilizados fueron: Estufa **Yamato DK 600** con circulación forzada, en el rango de temperatura (103±2)°C y Balanza **Mettler Toledo PG503-S** de 0,001g de precisión.

3.2.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y DE ROTURA EN FLEXIÓN (MOE Y MOR)

El **MOE** y el **MOR** se determinaron a través del ensayo de Flexión estática de 20 probetas de **350 mm** de largo (**L**), **50 mm** de ancho (**b**) y espesor (**t**) igual al espesor del tablero. Debido a que los valores de estas propiedades mecánicas pueden diferir según el eje longitudinal de la probeta sea paralelo a una u otra dirección principal del tablero, se deben obtener el **MOE** y el **MOR** para cada caso. En virtud de ello, la mitad de las probetas ensayadas tenían eje longitudinal paralelo a la dirección principal del tablero y la otra mitad eje longitudinal perpendicular a dicha dirección.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la Norma **JAS** (Japanese Agricultural Standard), que es técnicamente igual (o equivalente) a las normas **ISO/DIS 16978:2001**, **ASTM D 1037-99**, **JIS A5905:1994** y **JIS A5808:1994**. Se utilizó una máquina universal de ensayos **Minebea NMB TG 50 kN**, con un punto de aplicación de carga, distancia entre apoyos de 300 mm y velocidad de aplicación de carga constante e igual a 10 mm/minuto. Ver Figura 2.

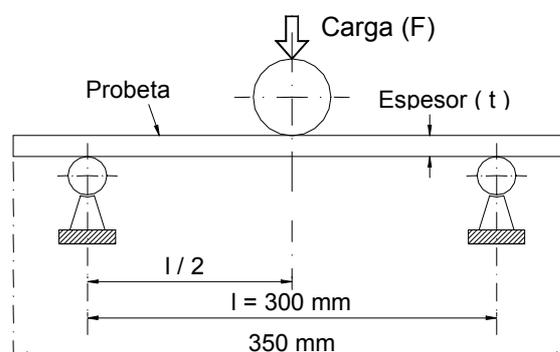


Figura 2: Ensayo de Flexión en máquina universal y Esquema del ensayo.

Se registraron: distancia entre apoyos, ancho, espesor, **MOE**, **MOR** y Carga máxima.

El software del controlador de la máquina universal de ensayos proporciona directamente los valores

de **MOE** y **MOR** en N/mm^2 y la carga máxima, utilizando las siguientes fórmulas de cálculo:

$$MOE = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{4b(a_2 - a_1)t^3} \qquad MOR = \frac{3lF_{m\acute{a}x.}}{2bt^2}$$

donde:

l = distancia entre apoyos (medida en mm),

b = ancho de probetas (medida en mm), **t** = espesor de probetas (medida en mm),

F₂ - F₁ = intervalo de fuerzas en el diagrama Fuerza-Deflexión en el que hay proporcionalidad entre fuerza aplicada y deflexión (desplazamiento vertical del punto medio de la probeta debido a la acción de la fuerza aplicada); **F₁** y **F₂** medidas en Newtons.

a₁, a₂ = valores de deflexión debidos a la acción de **F₁** y **F₂** respectivamente, medidas en mm.

F_{máx.} = Carga máxima aplicada (carga de rotura) medida en Newtons.

Las cargas aplicadas se midieron con precisión de 1 Newton mientras que las deflexiones se midieron en mm con deflectómetro comparador de 0,01 mm de precisión.

Las dimensiones de las probetas fueron medidas con Pie de Rey **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión, calibre digital **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión y micrómetro digital **Mitutoyo** de 0,001 mm de precisión respectivamente.

3.2.5. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO DEL TABLERO (ADHERENCIA INTERNA)

Este ensayo se realizó con probetas elaboradas a partir de tableros de partículas (**PB**), de fibras de densidad media (**MDF**) y de virutas orientadas (**OSB**).

El método utilizado está basado en las normas **ANSI / 91**, **CSA 0437.0** (Canadian Standard Association), **ISO/DIS 16984:2001**, **JANS** (Japón, Australia y Nueva Zelandia) 4:2000, **ASTM D 1037-99**, **JIS A5905:1994** y **JIS A5908:1994**.

Para cada tablero se elaboraron 10 probetas de **50 mm x 50 mm**.

Las dimensiones de las probetas se determinaron utilizando: calibre digital **Mitutoyo** para la medida de los lados, con precisión de 0,01mm y micrómetro digital **Mitutoyo** de 0,001 mm de precisión para la medida del espesor.

Las caras de las probetas se pegaron a bloques metálicos para su colocación en el accesorio de la máquina universal de ensayos **Minebea NMB TG 50kN** que se muestra en la Figura 3.

El ensayo se realizó aplicando tracción, perpendicular a las caras de las probetas, con velocidad constante de 2 mm/minuto.

Se registraron las dimensiones de cada probeta (en mm) y la Fuerza máxima, **F_{máx.}** (en Newtons) para luego determinar por cálculo el área de la misma y su resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero (Adherencia Interna).

Para el cálculo de la Adherencia Interna (Esfuerzo Unitario) se utilizó la siguiente fórmula:

$$E.U. (N/mm^2) = F_{m\acute{a}x.}(N) / \text{Área de la probeta (mm}^2)$$



DETALLE DE BLOQUES METÁLICOS



Figura 3: Accesorio para el Ensayo y Detalle de bloques metálicos y probetas.

3.2.6. RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO POR TRACCIÓN DE LAS UNIONES ENCOLADAS EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

Este ensayo es aplicable únicamente a los tableros de madera contrachapada. El método utilizado está basado en las normas **ASTM D 906-98**, **ISO 6237:1987**, **JAS: 2000 JIS K 6848-1987** y **JIS K 6851-1994**. El mismo consiste en la aplicación de carga de tracción a las uniones encoladas de las probetas en dirección paralela al eje longitudinal de las mismas hasta llegar a la rotura.

La aplicación de carga se realiza desplazando a velocidad constante el cabezal móvil de una máquina universal de ensayos al que se ha fijado un extremo de la probeta, mientras el otro extremo se mantiene unido por medio de una mordaza al cabezal fijo de dicha máquina.

Se ensayaron probetas en las siguientes condiciones:

- En condiciones de recepción, o sea sin acondicionamiento previo.
- Luego de baño en agua a $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ durante 3 horas y enfriamiento en agua corriente.
- Luego de tratamiento húmedo-seco-húmedo(**H**) consistente en : baño en agua hirviendo durante 4 horas, secado a $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ durante 20 horas, baño en agua hirviendo durante 4 horas y enfriamiento en agua corriente.

Se ensayaron 20 probetas por cada par de uniones encoladas en cada una de las condiciones anteriormente indicadas. Ver Figura 4.

De cada una de las probetas mostradas en la Figura 4, se ensayaron 5 de la zona central del tablero y 5 de la zona adyacente a los bordes recortados del tablero.

Como se indicó en **3.1.**, se utilizaron tableros de madera contrachapada fenólica de pino, de 12 mm de espesor compuesta de 5 láminas (120 probetas en total, o sea 40 en cada condición) y de 15 mm de espesor compuesta de 7 láminas (180 probetas en total, o sea 60 en cada condición).

Se midieron las dimensiones del área de ensayo con calibre digital **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión.

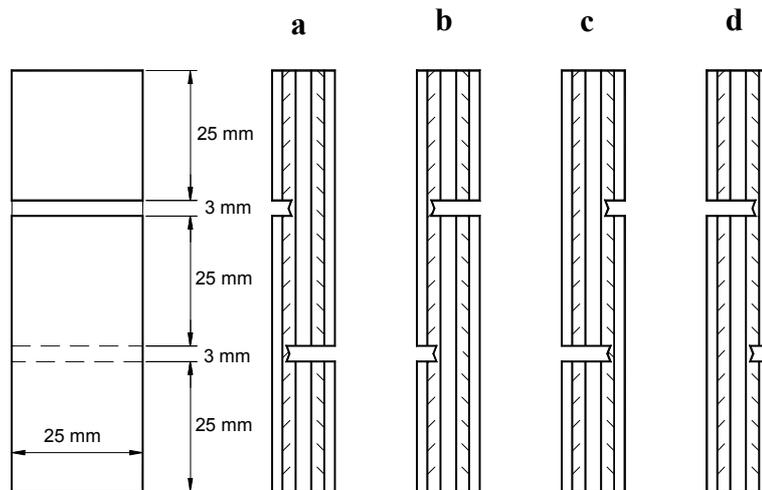


Figura 4 : Geometría de probetas de tableros de 12 mm de espesor (5 láminas).

El ensayo se realizó en una máquina universal de ensayos **Minebea NMB TG 50kN**, desplazando el cabezal móvil a 5 mm/minuto hasta la rotura de la probeta. Se registró la carga máxima en Newtons y las dimensiones del área de ensayo. Luego del ensayo se determinó el porcentaje de Falla en madera de cada probeta. Éste se determina visualmente y corresponde al cociente entre el área de ensayo donde se produjo rotura en la madera y el área de ensayo de la probeta.

$$F.M.(%) = 100 \cdot \text{Área donde se produjo rotura en madera} / \text{Área de ensayo}$$



Madera contrachapada fenólica de pino de 15 mm de espesor:
Porcentaje de Falla en madera

1c1: FM = 100%; 1c2: FM = 95%;

1c3: FM = 95%; 1c4: FM = 85%;

1c5: FM = 95%

Figura 5: Ensayo de probetas y porcentaje de falla en madera.

3.2.7 HINCHAMIENTO EN EL ESPESOR POR ABSORCIÓN DE AGUA

Este ensayo se realizó con probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en 3.1. El método utilizado está basado en las normas **ASTM D 1037-99**, **ISO/DIS 16983: 2001**, **JANS 7: 2000**, **JIS A5905: 1994** y **JIS A5908: 1994**. Se ensayaron 12 probetas de **50 mm x 50 mm** por cada tipo y espesor de tablero.

Previamente a la realización del ensayo se midió el espesor de cada probeta, con micrómetro digital **Mitutoyo** de 0,001mm de precisión y se determinó su masa con balanza digital **Mettler Toledo PG503 S** con precisión de 0,001 gramos.

Las probetas se colocaron en un baño termostatzado **THOMAS T104 C** sumergidas en agua a $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, con sus caras verticales. Se mantuvieron aisladas entre sí, así como del piso y costados del baño durante 24 horas, con el canto superior cubierto por (25 ± 5) mm de agua.

Una vez retiradas del baño, se eliminó el exceso de agua de cada probeta para inmediatamente determinar su espesor y su masa con los equipos ya mencionados.

El hinchamiento en el espesor de cada probeta se calculó aplicando la fórmula:

$$H (\%) = 100 \cdot (t_2 - t_1) / t_1$$

donde:

t_1 es el espesor de las probetas antes de la inmersión en agua (mm).

t_2 es el espesor de las probetas luego de la inmersión en agua (mm).

El porcentaje de absorción de agua en cada probeta se calculó aplicando la fórmula:

$$M (\%) = 100 \cdot (m_2 - m_1) / m_1$$

donde:

m_1 es la masa de las probetas antes de la inmersión en agua (mm).

m_2 es la masa de las probetas luego de la inmersión en agua (mm).



Figura 6: Disposición de probetas para su colocación en baño termostatzado; probetas de **PB** y **OSB** de 12 y 15 mm de espesor ensayadas y sin ensayar.

3.2.8. ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Este ensayo se realizó en probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en 3.1. de 12 mm de espesor. El método utilizado está basado en las normas ASTM D 1037-99, CSA 0437.0, ISO/DIS 16985: 2001, JANS 8: 2000, JIS A5905: 1994 y JIS A5908: 1994.

Las dimensiones de los tableros dependen del contenido de humedad de equilibrio de los mismos en las condiciones ambientales a las que están expuestos (especialmente de la humedad relativa). Conocer esas variaciones es fundamental para múltiples aplicaciones, en particular cuando se deben ejecutar montajes de áreas importantes cubiertas con tableros como es el caso de entresijos y techos entre otros. En virtud de ello y a los efectos de obtener los verdaderos cambios en las tres dimensiones de los tableros, se forman dos grupos compuestos por probetas cuyo eje longitudinal es paralelo a cada una de las direcciones principales del mismo. Luego de su acondicionamiento inicial a masa constante a 20°C / 65%H.R., éstas se acondicionan sucesivamente a masa constante en las condiciones que se indican a continuación:

Grupo 1

- a) 20°C / 30%H.R.
- b) 20°C / 65%H.R.
- c) 20°C / 85%H.R.

Grupo 2

- a) 20°C / 85%H.R.
- b) 20°C / 65%H.R.
- c) 20°C / 30%H.R.

3.2.8.1 PROBETAS

Se cortaron probetas de **300 mm** de largo, **60 mm** de ancho y espesor igual al de los tableros. Para determinar la estabilidad dimensional según cada una de las dimensiones principales del tablero cada uno de los grupos de probetas mencionados anteriormente estaba compuesto por 5 probetas con eje longitudinal paralelo al largo del tablero y 5 probetas con eje longitudinal paralelo al ancho del tablero o sea, en total 20 probetas por tipo de tablero..

3.2.8.2. EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN LINEAL

Una vez cortadas las probetas, se determinó su densidad; luego se perforaron dos agujeros, separados 240 mm y ubicados sobre el eje longitudinal. En dichos agujeros se fijaron tuercas metálicas “onime” donde se apoyarían las puntas cónicas de un calibre digital especial **Mitutoyo** como se muestra en la Figura 7. La distancia entre centros de las tuercas “onime” fue medida inicialmente y luego de cada acondicionamiento.

Para las mediciones, las probetas fueron colocadas en el soporte metálico que se muestra en la Figura 7 y ajustadas firmemente, con la finalidad de asegurar su planicidad. La variación dimensional en la longitud se calculó utilizando las siguientes fórmulas:

$$\delta l_{65,85} = 100(l_{85} - l_{65}) / l_{65}$$

$$\delta l_{65,30} = 100(l_{30} - l_{65}) / l_{65}$$

donde:

l_{85} es la longitud entre tuercas “onime” a 20°C / 85%H.R.

l_{65} es la longitud entre tuercas “onime” a 20°C / 65%H.R.

l_{30} es la longitud entre tuercas “onime” a 20°C / 30%H.R.

$\delta l_{65,85}$ es la variación en la longitud debida a cambios en la H.R desde 65% a 85%, expresada en % (valores positivos indican que hubo expansión lineal y en caso de obtenerse valores negativos ello indica que hubo contracción lineal).

$\delta l_{65,30}$ es la variación en la longitud debida a cambios en la H.R desde 65% a 30%, expresada en % (valores positivos indican que hubo expansión lineal y en caso de obtenerse valores negativos ello indica que hubo contracción lineal).

Debido a que se obtienen valores diferentes para δl según las mediciones se realicen luego de acondicionamientos con humedad relativa creciente o decreciente (histéresis), los cálculos se han realizado por separado para cada caso.

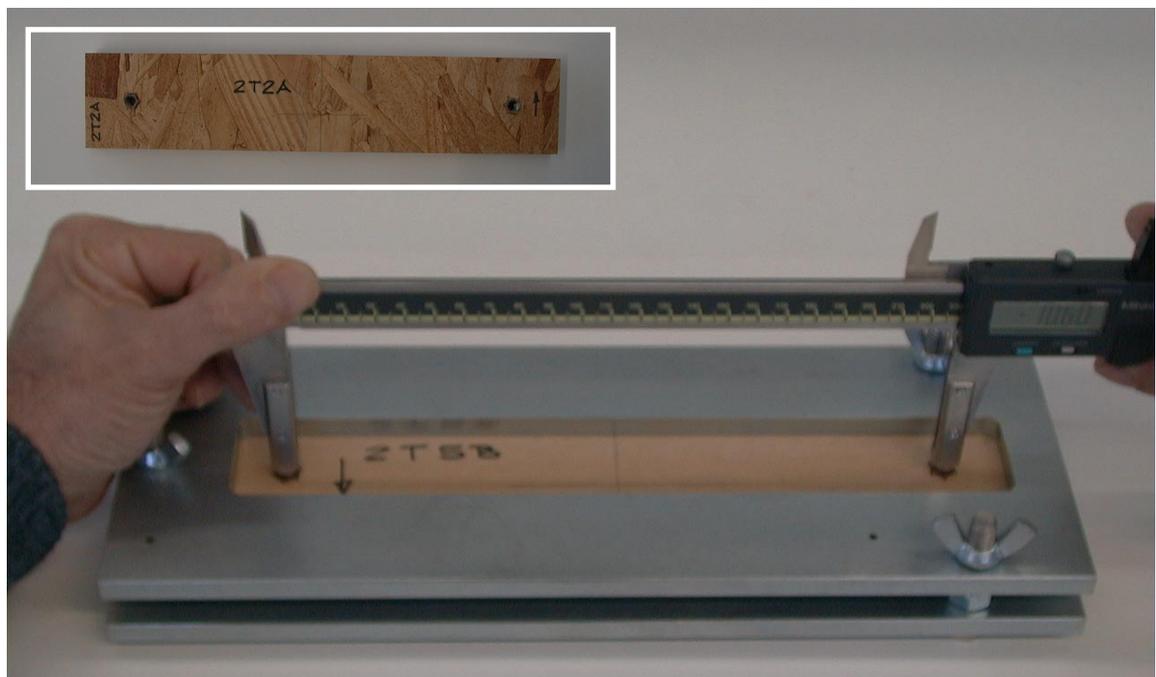


Figura 7 : Probetas y medición de distancia entre tuercas “onime”.

3.2.8.3. CAMBIOS EN EL ESPESOR DEL TABLERO

En el punto medio de cada probeta (Ver Figura 7) se determinó el espesor en cada una de las condiciones con el fin de obtener los cambios debidos a las variaciones en la humedad relativa a que está sometido el mismo.

$$\delta t_{65,85} = 100(t_{85} - t_{65}) / t_{65}$$

$$\delta t_{65,30} = 100(t_{30} - t_{65}) / t_{65}$$

donde:

t_{85} es el espesor a 20°C / 85%H.R. t_{65} es el espesor a 20°C / 65%H.R.

t_{30} es el espesor a 20°C / 30%H.R.

$\delta t_{65,85}$ es la variación en el espesor debida a cambios en la H.R desde 65% a 85%, expresada en % (valores positivos indican que hubo expansión lineal y en caso de obtenerse valores negativos ello indica que hubo contracción lineal).

$\delta t_{65,30}$ es la variación en el espesor debida a cambios en la H.R desde 65% a 30% (valores positivos indican que hubo expansión lineal y en caso de obtenerse valores negativos ello indica que hubo contracción lineal).

Los acondicionamientos se realizaron en las cámaras climatizadas **ADVANTEC AG-327** y **NIHON FREEZER**, utilizándose una balanza **Mettler Toledo PG 503S** con precisión de 0,001g para determinar la masa de las probetas.

3.2.9 ABRASIÓN TABER

Se ensayaron probetas elaboradas a partir de todos los tableros indicados en 3.1.

El método utilizado está basado en las normas **ASTM D 1037-99**, **ISO 9352** y **JIS K 7204**.

Para cada tipo y espesor de tablero se utilizaron 5 probetas de **100 mm x 100 mm** las que fueron acondicionadas a masa constante en una cámara climatizada **ADVANTEC AG-327** a 20°C/65%HR.

Para el ensayo se utilizó un equipo **Taber Type ABRASION TESTER** (Yasuda Seiki) con velocidad angular de (60 ± 2) rpm con pesas de 250 g (500 g en total) y papel abrasivo **S42**. aplicándose 500 revoluciones a cada probeta.

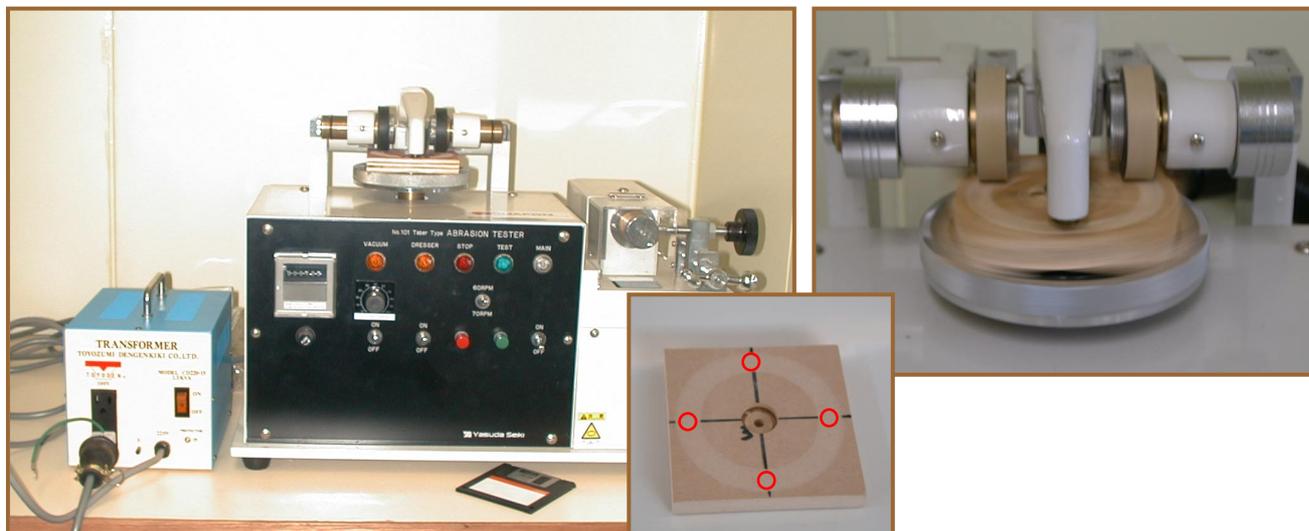


Figura 8: Equipo de abrasión **TABER**, Ensayo y probeta de MDF ensayada (En el centro de los círculos dibujados en rojo, se midió el espesor antes y después de la abrasión).

Cada uno de los tableros sobre los que se realizó este ensayo presenta sus particularidades cuando consideramos la densidad a lo largo de una línea perpendicular a las caras.

En los tableros de partículas (**PB**) la densidad en la zona cercana a las caras es mayor que en la zona central; en tableros de fibras de densidad media (**MDF**) la variación es similar. En tableros de virutas orientadas es aleatoria, lo mismo que en tableros contrachapados dependiendo del leño de que está

compuesta la viruta (caso de **OSB**) o la lámina superficial (caso de **MCCH**). Por lo tanto, es necesario considerar la densidad de la capa afectada, la pérdida de masa o la disminución del espesor durante la abrasión al evaluar los resultados. Esto condujo a que en este caso además de la pérdida de masa se midiera el espesor en cuatro puntos de la línea media de la huella producida durante la abrasión (antes y después que la misma se produjera). A partir de las pérdidas de masa y de espesor se estudiaron los efectos de la abrasión. Ver Figura 8.

3.2.10. DUREZA JANKA

De cada uno de los tipos y espesores de tableros indicados en **3.1** se ensayaron 5 probetas. El método utilizado está basado en la norma **ASTM D 1037-99**.

En cada probeta se realizaron 4 determinaciones utilizando el accesorio que se muestra en la Figura 9, en el que la esfera que penetra en el tablero es de 11,28 mm de diámetro lo que significa que el área de la proyección de la misma sobre el plano de la probeta es de 1cm^2 . Se utilizó la máquina universal de ensayos **Minebea NMB TG50kN** con una velocidad de desplazamiento de su cabezal móvil de 6 mm/minuto y se registró la carga correspondiente al instante en que la semiesfera del accesorio había penetrado completamente en la probeta. La dureza del tablero se determinó como promedio de los valores de carga máxima obtenidos para las probetas.



Figura 9 : Accesorio para el ensayo de dureza Janka.

3.2.11. DELAMINACIÓN EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

Este ensayo es aplicable únicamente a tableros de madera contrachapada.

Se utilizaron 10 probetas de **75 mm x 75 mm** de lado para cada espesor de tablero y cada tratamiento aplicado a las mismas. El método utilizado está basado en la norma **JAS**. El tratamiento aplicado a las probetas depende del adhesivo con que se ha elaborado el tablero. En este caso los tableros eran

de adhesivo fenólico como se indicó en **3.1**.

Los tratamientos aplicados fueron:

- a) baño en agua a **70°C** durante **2** horas
secado en estufa a **60°C** durante **3** horas
- b) baño en agua hirviendo durante **4** horas
secado en estufa a **60°C** durante **20** horas
baño en agua hirviendo durante **4** horas
secado en estufa a **60°C** durante **3** horas

Las probetas se ensayaron en estado de recepción o sea, sin acondicionamiento previo y luego de una inspección visual para seleccionar las que no presentaran defectos que pudieran influir en el resultado del ensayo (grietas en láminas superficiales, huecos debidos a madera faltante en láminas interiores entre otros).

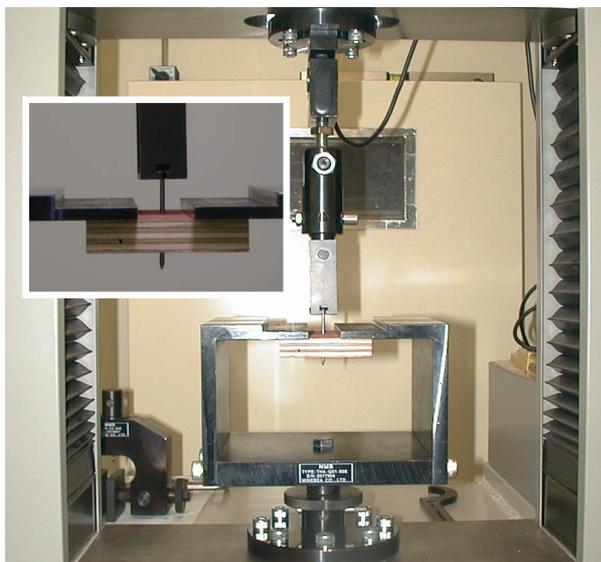
Se midió la longitud de los cantos de las probetas con calibre digital **Mitutoyo** de 0,01 mm de precisión al igual que las delaminaciones luego de los tratamientos.

Inmediatamente de terminado el secado se midió la delaminación producida en cada línea de encolado y en los 4 cantos de cada probeta.

Para el ensayo se utilizaron: Baño termostatzado **THOMAS T140 C** y estufa **Yamato DK600** con circulación forzada en el rango de temperatura $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$.

3.2.12. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE CLAVOS

Este ensayo se realizó con probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en **3.1**. El método utilizado está basado en las normas **JAS: 2000**, **ASTM D 1037-99** y **CSA Standard CAN3-0188.0-M78**. Para cada tipo y espesor de tablero se ensayaron 5 probetas de **50 mm x 50 mm** de lado. Las mismas fueron ensayadas en estado de recepción o sea, sin acondicionamiento previo. Se utilizaron



clavos de 2,8 mm de diámetro y 50 mm de largo (En la norma **ASTM** el diámetro del clavo es de 0,113 pulgadas, equivalente a 2,8 mm mientras que la norma **JAS** para tableros estructurales utiliza el CN 50, de 2,8 mm de diámetro y 50 mm de largo). Los clavos se introdujeron perpendicularmente a las probetas hasta que la distancia del extremo de la cabeza del mismo hasta la probeta fuera de por lo menos 13 mm.

Figura 10: Extracción de clavos, ensayo y accesorio utilizado.

Para la extracción de los clavos se utilizó un accesorio provisto con la máquina universal de ensayos

MINEBEA NMB TG 50kN (Ver Figura 10) acoplado al cabezal móvil de la misma, empleándose una velocidad de 2mm/minuto para su desplazamiento.

Se registró la carga máxima aplicada para extraer el clavo (en N) tomando el promedio de las determinaciones realizadas como la resistencia del tablero a la extracción directa del clavo.

3.2.13 RESISTENCIA A LA SOLICITACIÓN DE LA CABEZA DEL CLAVO A TRAVÉS DEL TABLERO

Este ensayo se realiza con la finalidad de simular la condición producida por fuerzas que tienden a desprender a los tableros de los elementos estructurales a los que están fijados. Se utilizaron probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en 3.1. El método utilizado está basado en las normas **JAS: 2000**, **ASTM D 1037-99** y **CSA Standard CAN3-0188.0-M78**.

Para cada tipo y espesor de tablero se ensayaron 5 probetas de **50 mm x 50 mm** de lado. Las mismas fueron ensayadas en estado de recepción o sea, sin acondicionamiento previo. Se utilizaron clavos de 2,8 mm de diámetro y 50 mm de largo los que se introdujeron perpendicularmente a las probetas. Los ensayos se realizaron en la máquina universal **MINEBEA NMB TG 50 kN**, traccionando desde el extremo del clavo (sujeto mediante una mordaza al cabezal móvil de la máquina) hasta forzar la cabeza del clavo a través de la probeta (que se sujeta al cabezal fijo de la máquina). La velocidad de desplazamiento del cabezal móvil fue constante e igual a 2mm/minuto. Se registró la fuerza máxima aplicada (en N). Ver Figura 11. La resistencia a la sollicitación del clavo a través del tablero se determinó por cálculo, tomándose como tal el promedio de los valores obtenidos para las probetas.

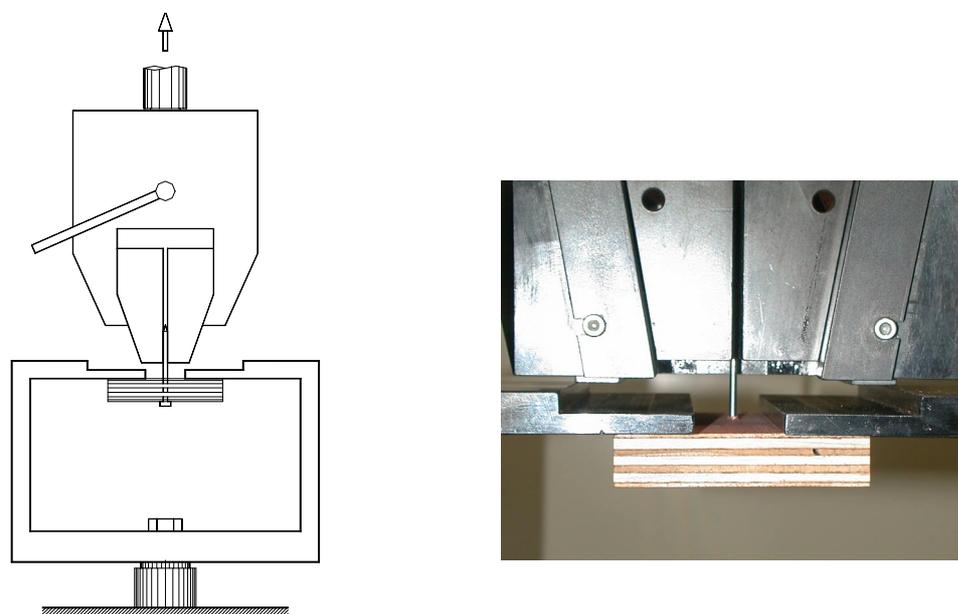


Figura 11: Sollicitación de la cabeza del clavo a través del tablero: esquema del ensayo y detalle.

3.2.14 RESISTENCIA DEL TABLERO AL MOVIMIENTO LATERAL DE CLAVOS

El ensayo se realizó con probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en 3.1. El método utilizado está basado en la norma ASTM D 1037-99. El mismo consiste en la aplicación de una fuerza de tracción lateral sobre un clavo, que atraviesa una probeta que se mantiene fija, en dirección paralela al plano de la misma hasta obtener la carga máxima que ésta resiste.

Las probetas de **75 mm x 150 mm** se ensayaron en estado de recepción o sea, sin acondicionamiento previo y la fuerza de tracción se aplicó según las dos direcciones principales del tablero.

Se utilizaron clavos de 2,8 mm de diámetro y 50 mm de largo. Los mismos se introdujeron perpendicularmente a las probetas, a 9 y a 12 mm de los cantos.

La aplicación de fuerza se realizó usando un accesorio en forma de estribo en la máquina universal de ensayos **MINEBEA NMB TG 50 kN** con el cabezal móvil desplazándose a velocidad constante de 2mm/minuto. Ver figura 12. Debido a que los resultados de este ensayo dependen entre otros, del espesor de las probetas pero no hay relación lineal entre fuerza máxima aplicada y espesor de las mismas, los resultados obtenidos en ensayos de diferentes tableros solamente son comparables si las probetas (y por lo tanto los tableros) tienen igual espesor y además si la distancia desde los clavos hasta los cantos de las probetas son iguales. Se registró la carga máxima aplicada a cada probeta (en N) y se determinó la resistencia del tablero al movimiento lateral del clavo tomándose como tal el promedio de los valores obtenidos para las probetas.

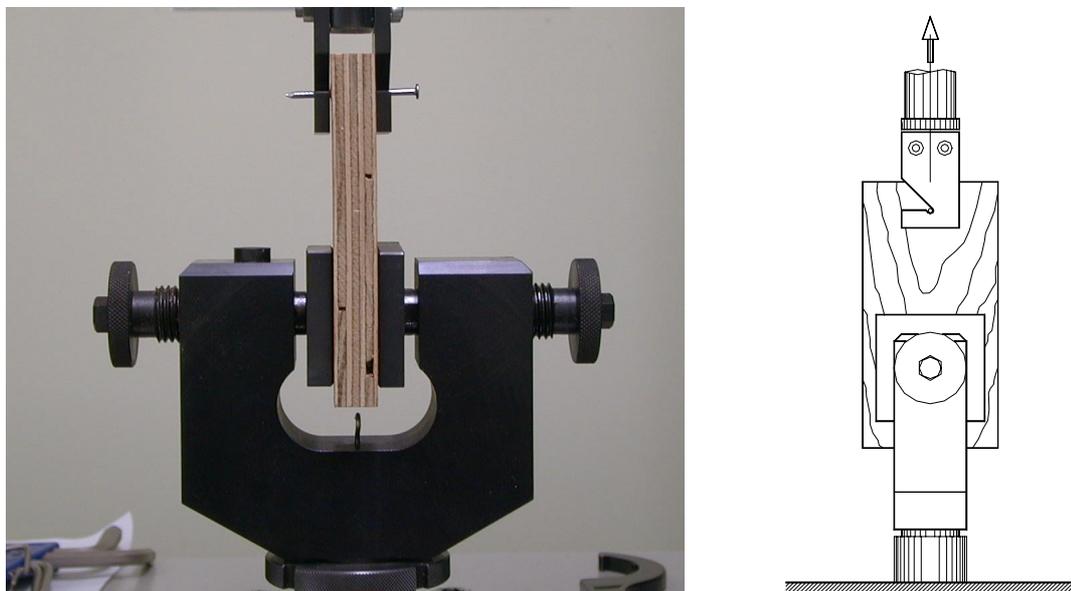


Figura 12: Resistencia del tablero al movimiento lateral de clavos: ensayo y esquema del mismo.

3.2.15. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE TORNILLOS

El ensayo se realizó con probetas elaboradas a partir de los tableros indicados en 3.1. El método utilizado está basado en las normas ASTM D 1037-99 y JAS: 2000 Special plywood. Para cada tipo y espesor de tablero se ensayaron 5 probetas de **50 mm x 50 mm** de lado, en estado de recepción o sea, sin acondicionamiento previo. Se utilizaron tornillos de cabeza fresada de 15 mm de longitud x 3 mm de diámetro, sin estrías y con paso de rosca de 1,8 mm.

Los tornillos se introdujeron en el centro geométrico de las caras de las probetas y perpendicularmente a las mismas hasta que la distancia desde la cabeza del mismo hasta la probeta fuera de 5 mm; para ello se utilizó una perforación guía de 2 mm de diámetro y 3 mm de profundidad. La extracción de los tornillos se realizó en la máquina universal de ensayos **MINEBEA NMB TG 50 kN**, con el cabezal móvil desplazándose a velocidad constante de 2mm/minuto, provista de un acoplamiento autoalineable y de accesorios que se muestran en la Figura 13.

Se registró la fuerza necesaria para la extracción de cada tornillo (en Newton) y se determinó la resistencia del tablero a la extracción del tornillo tomándose como tal el promedio de los valores obtenidos para las probetas.

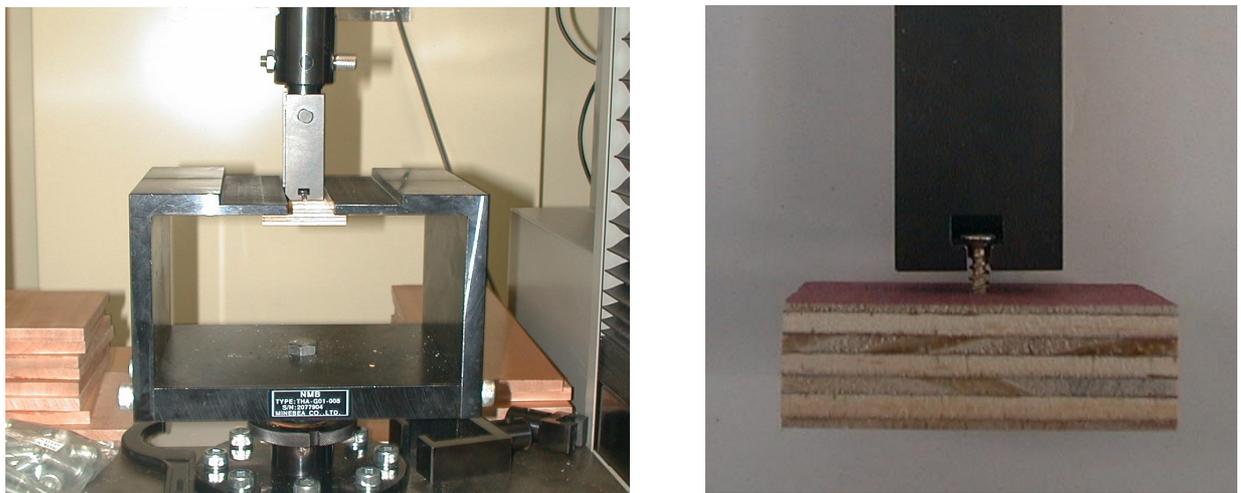


Figura 13: Extracción de tornillos: ensayo y detalle.

3.2.16. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y ACABADO SUPERFICIAL MELAMÍNICO.

Se ensayaron tableros de partículas de 18 mm de espesor con acabados superficiales realizados en base a resinas melamínicas: uno de ellos en color blanco y el otro simulando madera de haya, los que fueron adquiridos en una empresa comercial de plaza. El método utilizado está basado en las normas **ISO 4624:1978**, **JAS: 2000** y **JIS K 5600-5-7:1998**.

De cada tipo de los tableros indicados se ensayaron 10 probetas de 50 mm x 50 mm.

Se pegaron bloques metálicos de **20 mm x 20 mm** sobre una de las caras de las probetas, los que permiten utilizar un accesorio de la máquina universal **MINEBEA NMB TG 50kN** para realizar el ensayo. Luego del fraguado del adhesivo se eliminaron los restos del mismo que pudieran existir y se recortó el acabado superficial contra el bloque metálico. Ver Figura 14. El conjunto probeta – bloque metálico se ensayó a tracción con una velocidad de desplazamiento de la mordaza móvil de 2 mm/minuto hasta alcanzar la rotura.

Se registró la carga máxima ($F_{\text{máx}}$) aplicada y se determinó la resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tablero y acabado superficial tomándose como tal el promedio de los valores (T) obtenidos para las probetas.

La resistencia (T) de cada probeta se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$T \text{ (N/mm}^2\text{)} = F_{\text{máx.}} \text{ (N)} / \text{Área del bloque metálico (mm}^2\text{); (Área del bloque metálico = 400 mm}^2\text{)}$$

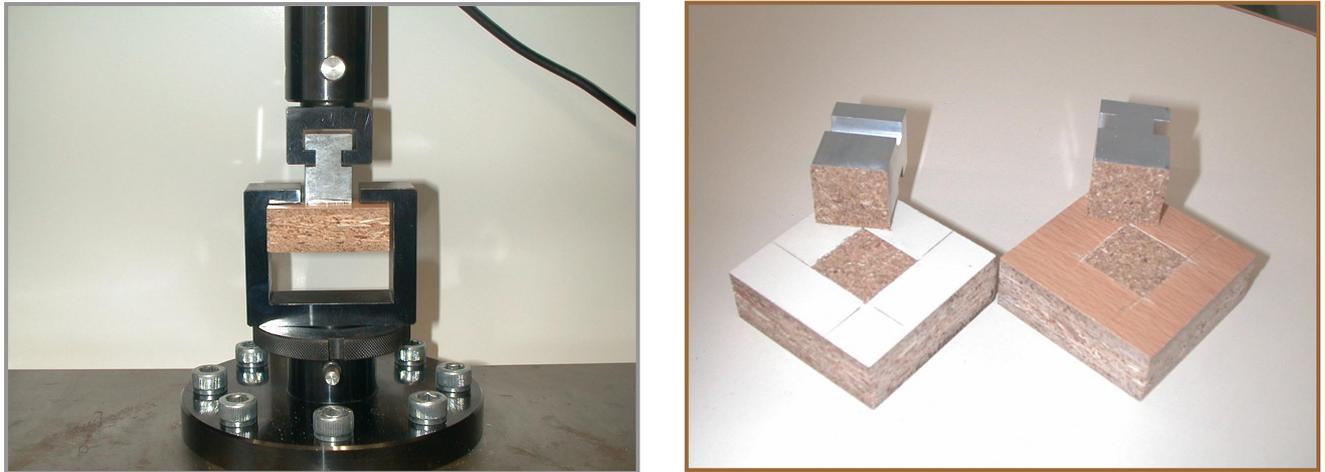


Figura 14: Ensayo y probetas de **PB** con acabado melamínico ensayadas.

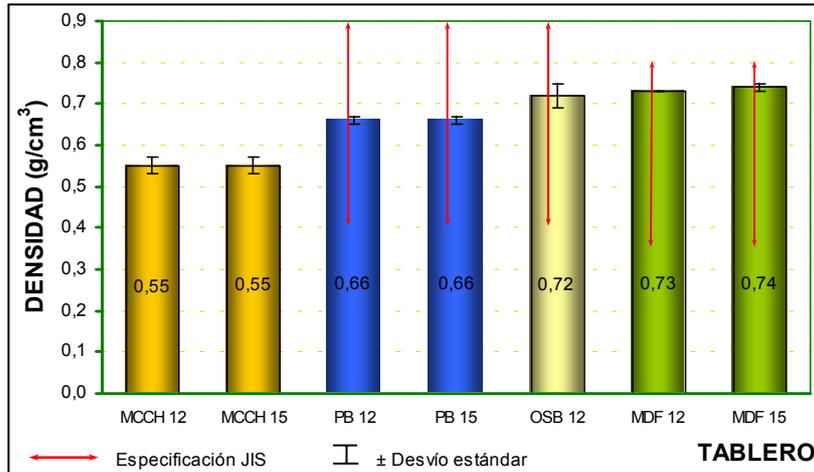
3.2.17 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y LÁMINAS DECORATIVAS DE MADERA NATURAL

Para la realización de este ensayo se encolaron a los tableros de 12 mm de espesor indicados en **3.1.**, láminas decorativas con adhesivo termoplástico incorporado. El método utilizado está basado en las normas **ISO 4624:1978**, **JAS: 2000** y **JIS K 5600-5-7:1998**.

Se utilizaron láminas decorativas de madera natural de cinco especies: pino, cerejeira, guatambú, cedrella y una a la que no se pudo determinar con certeza la especie. Todas estas láminas fueron adquiridas en plaza. El encolado de las mismas sobre los tableros se realizó en una prensa **SHINTO**, aplicando una presión de 10 kgf/cm² (0,98 MPa) y a 80°C de temperatura, manteniendo estas condiciones durante dos minutos. Para cada tipo de tablero y especie de lámina decorativa se elaboraron 10 probetas de 50 mm x 50 mm. El procedimiento utilizado para la realización del ensayo fue idéntico al descrito en **3.2.16.** ya sea en las dimensiones de las probetas y pegado de bloques a las mismas como en lo referente a los accesorios y realización del ensayo, por lo tanto el detalle del ensayo y el pegado de bloques a las probetas mostrado en la Figura 14 son válidos también en este caso. Se registró la carga máxima aplicada y se determinó la resistencia a la tracción perpendicular a la unión entre tableros y láminas decorativas de madera natural encoladas con adhesivo termoplástico (**T**) con la misma fórmula utilizada para el cálculo en **3.2.16.** calculándose luego el promedio de los valores obtenidos para las probetas.

4. RESULTADOS

4.1. DENSIDAD - Figura 15

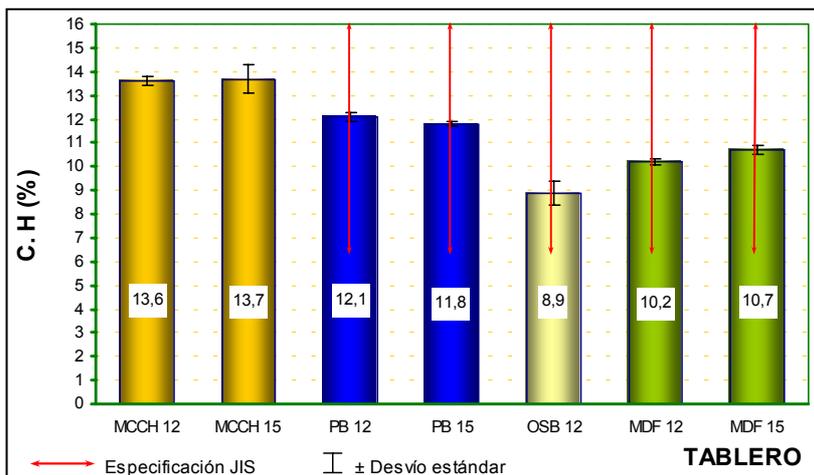


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,55	0,02
MCCH15	0,55	0,02
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,01
OSB12	0,72	0,03
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,74	0,01

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Nota: Las probetas de Densidad se obtuvieron de un solo tablero de la muestra considerada.

4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD – Figura 16

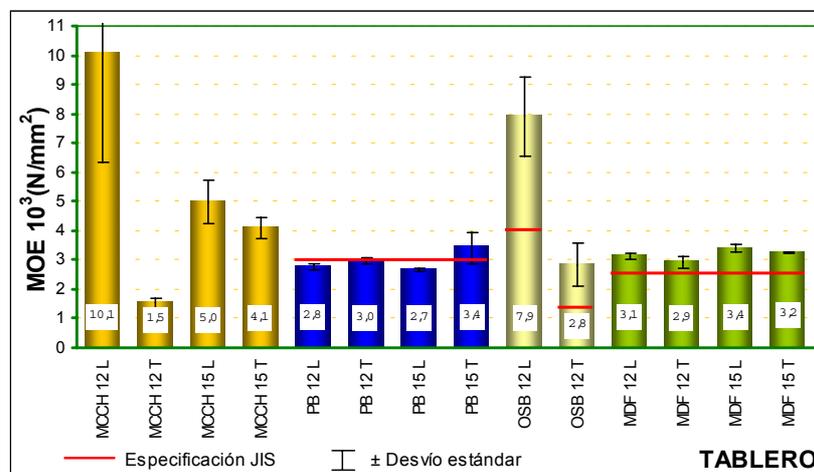


TABLERO	C.H. (%)	Desv. STD (%)
MCCH12	13,6	0,2
MCCH15	13,7	0,6
PB12	12,1	0,2
PB15	11,8	0,1
OSB12	8,9	0,5
MDF12	10,3	0,2
MDF15	10,7	0,2

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Nota: Las probetas de contenido de humedad se obtuvieron de un solo tablero de la muestra considerada.

4.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE) – Figura 17

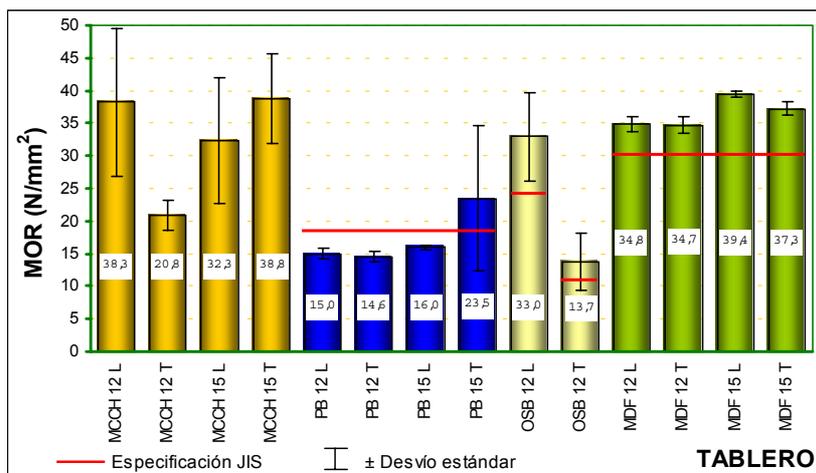


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12L	0,57	0,02
MCCH15L	0,55	0,02
PB12L	0,66	0,00
PB15L	0,66	0,00
OSB12L	0,73	0,04
MDF12L	0,73	0,01
MDF15L	0,75	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Nota: Los valores de Densidad que figuran en la tabla de la derecha en 4.3 y 4.4 corresponden al promedio de las probetas ensayadas a Flexión para determinación de MOE y MOR.

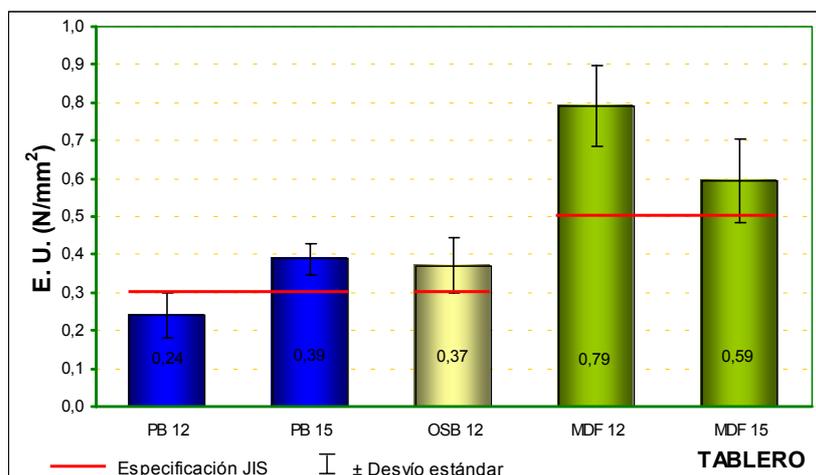
4.4. MÓDULO DE ROTURA (MOR) – Figura 18



TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12T	0,54	0,02
MCCH15T	0,56	0,02
PB12T	0,67	0,00
PB15T	0,66	0,01
OSB12T	0,74	0,03
MDF12T	0,73	0,00
MDF15T	0,75	0,01

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

4.5. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO DEL TABLERO (ADHERENCIA INTERNA) – Figura 19



TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,01
OSB12	0,73	0,04
MDF12	0,73	0,01
MDF15	0,74	0,02

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

4.6. RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO POR TRACCIÓN DE LAS UNIONES ENCOLADAS EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

MCCH 12, e = 12 mm, Ensayadas a tracción en condiciones de recepción

Tabla 1

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	2,12	21,6	0,37	3,8	92
b	1,94	19,8	0,33	3,4	94
c	2,31	23,6	0,53	5,4	82
d	1,69	17,2	0,24	2,4	94

MCCH 12, e = 12 mm, Ensayadas a tracción luego de tratamiento b) indicado en 3.2.6

Tabla 2

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	1,28	13,1	0,36	3,7	79
b	1,49	15,2	0,28	2,9	67
c	1,56	15,9	0,33	3,4	70
d	1,17	11,9	0,25	2,5	76

MCCH 12, e = 12 mm, Ensayadas a tracción luego de tratamiento c) indicado en 3.2.6 Tabla 3

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	1,27	13,0	0,16	1,6	82
b	1,37	14,0	0,31	3,2	87
c	1,25	12,7	0,21	2,1	91
d	1,12	11,4	0,18	1,8	81

MCCH 15, e = 15 mm, Ensayadas a tracción en condiciones de recepción Tabla 4

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	1,48	15,1	0,34	3,5	84
b	1,68	17,1	0,25	2,5	94
c	1,53	15,6	0,40	4,1	82
d	1,61	16,4	0,31	3,2	80
e	1,94	19,8	0,30	3,1	96
f	1,54	15,7	0,26	2,7	82

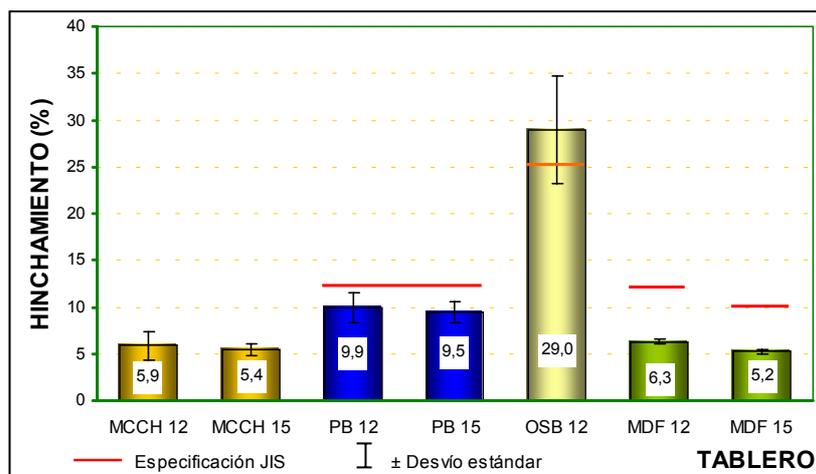
MCCH 15, e = 15 mm, Ensayadas a tracción luego de tratamiento b) indicado en 3.2.6 Tabla 5

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	1,10	11,2	0,16	1,6	83
b	1,16	11,8	0,22	2,2	67
c	0,98	10,0	0,15	1,5	87
d	1,05	10,7	0,18	1,8	69
e	1,23	12,5	0,13	1,3	78
f	0,99	10,1	0,12	1,2	72

MCCH 15, e = 15 mm, Ensayadas a tracción luego de tratamiento c) de 3.2.6 Tabla 6

Probetas	Tensión		Desvío estándar		Falla en madera (%)
	(MPa)	(kgf/cm ²)	(MPa)	(kgf/cm ²)	
a	0,94	9,6	0,16	1,6	85
b	0,99	10,1	0,25	2,6	93
c	0,88	9,0	0,12	1,2	85
d	0,95	9,7	0,18	1,8	75
e	1,16	11,8	0,13	1,3	89
f	0,91	9,3	0,21	2,1	75

4.7. HINCHAMIENTO EN EL ESPESOR POR ABSORCIÓN DE AGUA

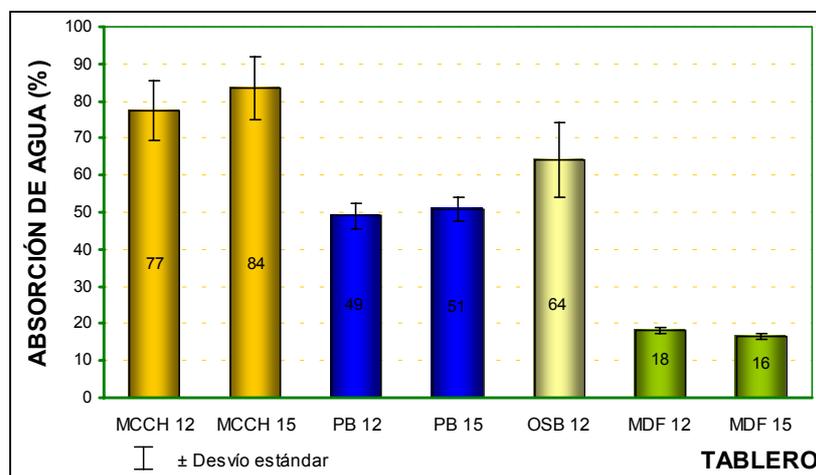


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,53	0,04
MCCH15	0,54	0,03
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,00
OSB12	0,71	0,07
MDF12	0,73	0,01
MDF15	0,74	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

Figura 20

ABSORCIÓN DE AGUA – Figura 21



4.8. ESTABILIDAD DIMENSIONAL

En las tablas que siguen se indica la expansión lineal ($\delta l_{65,30}$ y $\delta l_{65,85}$) y la variación en el espesor ($\delta t_{65,30}$ y $\delta t_{65,85}$) con el desvío estándar (s) correspondiente a cada caso, debidos a cambios en la humedad relativa desde 30% hasta 65% y desde 65% hasta 85% (y viceversa)

HUMEDAD RELATIVA DECRECIENTE; Largo de probetas en sentido longitudinal del tablero Tabla 7

TABLERO	$\delta l_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta l_{65,30}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,30}$ (%)	s (%)
MCCH	0,07	0,02	-0,05	0,02	1,30	0,20	-1,50	0,10
PB	0,11	0,01	-0,10	0,01	2,00	0,10	-2,10	0,10
OSB	0,08	0,01	-0,06	0,01	2,40	0,30	-2,80	0,20
MDF	0,11	0,01	-0,10	0,01	1,90	0,00	-1,40	0,00

HUMEDAD RELATIVA DECRECIENTE; Largo de probetas en sentido transversal del tablero Tabla 8

TABLERO	$\delta l_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta l_{65,30}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,30}$ (%)	s (%)
MCCH	0,08	0,03	-0,07	0,03	1,40	0,10	-1,60	0,20
PB	0,09	0,01	-0,10	0,01	2,00	0,10	-2,10	0,10
OSB	0,11	0,01	-0,10	0,01	2,10	0,20	-2,50	0,20
MDF	0,11	0,02	-0,10	0,01	1,70	0,00	-1,40	0,10

HUMEDAD RELATIVA CRECIENTE: Largo de probetas en sentido longitudinal del tablero Tabla 9

TABLERO	$\delta l_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta l_{65,30}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,30}$ (%)	s (%)
MCCH	0,04	0,01	-0,05	0,01	1,80	0,30	-0,80	0,10
PB	0,11	0,01	-0,08	0,01	1,15	0,38	-1,03	0,06
OSB	0,08	0,01	-0,06	0,01	0,77	0,15	-0,96	0,10
MDF	0,10	0,01	-0,10	0,01	0,71	0,16	-1,00	0,10

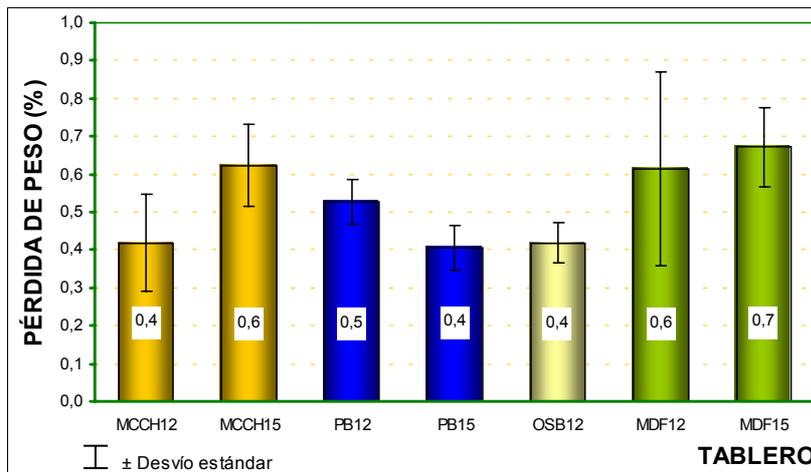
HUMEDAD RELATIVA CRECIENTE: Largo de probetas en sentido transversal del tablero Tabla 10

TABLERO	$\delta l_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta l_{65,30}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,85}$ (%)	s (%)	$\delta t_{65,30}$ (%)	s (%)
MCCH	0,07	0,01	-0,07	0,01	1,88	0,21	-0,68	0,04
PB	0,12	0,01	-0,07	0,01	1,32	0,29	-1,10	0,00
OSB	0,12	0,02	-0,09	0,02	2,46	0,97	-0,90	0,13
MDF	0,12	0,01	-0,09	0,00	0,58	0,32	-0,90	0,10

4.9. ABRASIÓN TABER

Se informa el promedio de porcentajes de pérdida de peso (espesor) respecto a los valores iniciales de las probetas de cada tablero estudiado.

PÉRDIDA DE PESO



TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,60	0,02
MCCH15	0,52	0,02
PB12	0,68	0,02
PB15	0,65	0,00
OSB12	0,67	0,02
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,73	0,02

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

Figura 22

PERDIDA DE ESPESOR

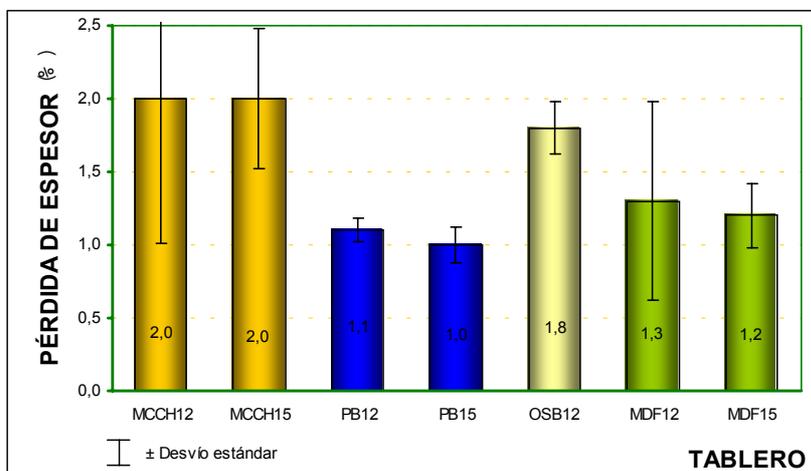
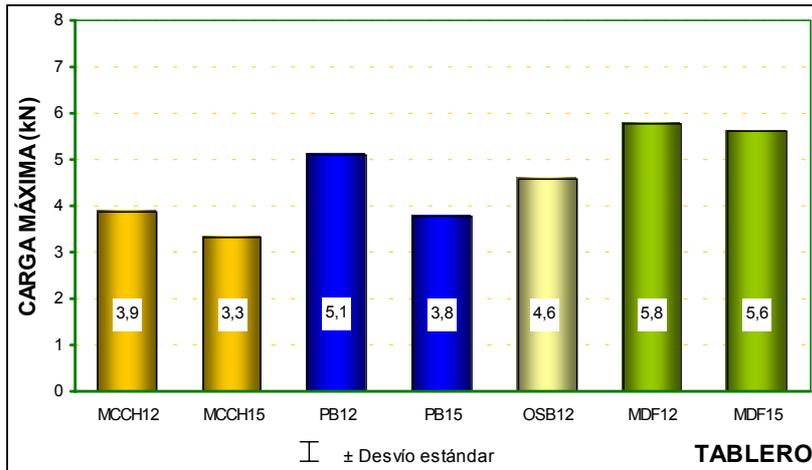


Figura 23

4.10. DUREZA JANKA – Figura 25



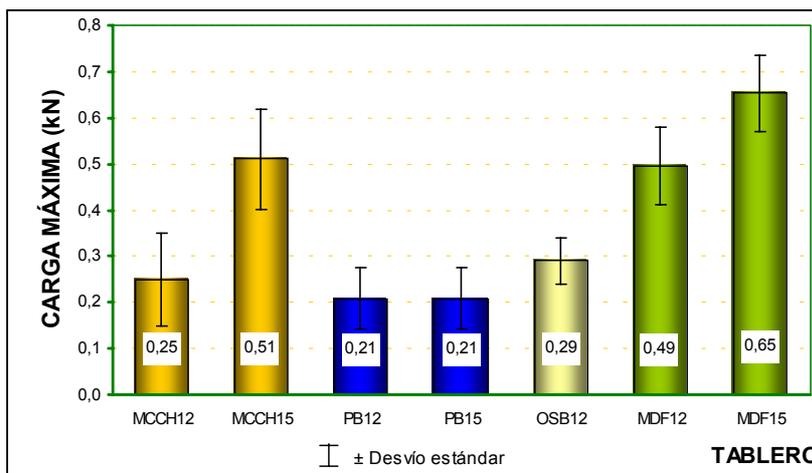
TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,60	0,02
MCCH15	0,52	0,02
PB12	0,68	0,02
PB15	0,65	0,00
OSB12	0,67	0,02
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,73	0,02

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

4.11. DELAMINACIÓN DE TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

En ninguna de las probetas ensayadas (ya sea de 12 o de 15 mm de espesor) y con ninguno de los tratamientos indicados en 3.2.11. se produjeron delaminaciones.

4.12. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE CLAVOS

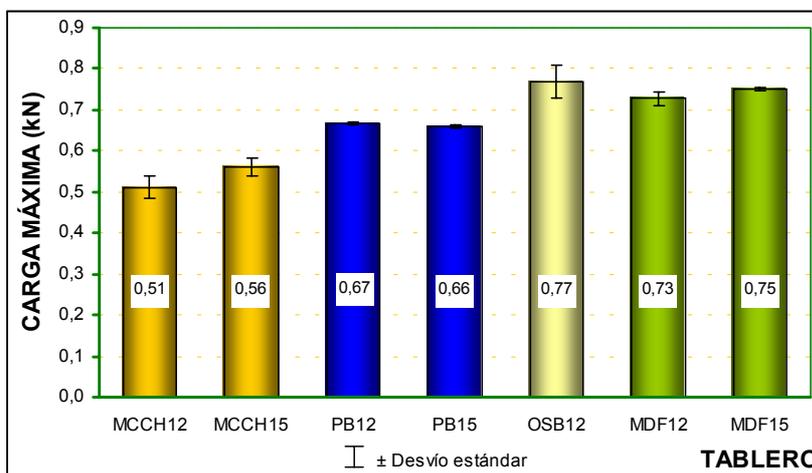


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,53	0,06
MCCH15	0,56	0,04
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,01
OSB12	0,73	0,02
MDF12	0,76	0,00
MDF15	0,75	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

Figura 26

4.13. RESISTENCIA A LA SOLICITACIÓN DE LA CABEZA DEL CLAVO A TRAVÉS DEL TABLERO



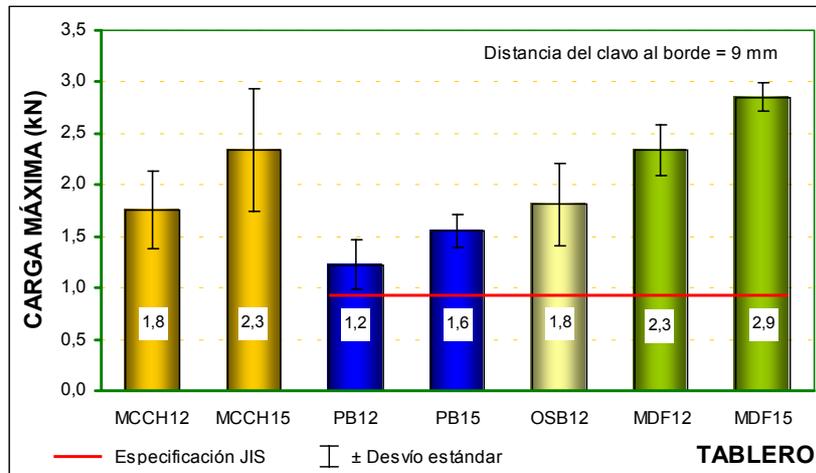
TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,51	0,03
MCCH15	0,56	0,02
PB12	0,67	0,00
PB15	0,66	0,00
OSB12	0,77	0,04
MDF12	0,73	0,02
MDF15	0,75	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Figura 27

4.14. RESISTENCIA DEL TABLERO AL MOVIMIENTO LATERAL DE CLAVOS

Sentido de aplicación de la tracción paralelo a la dirección principal del tablero

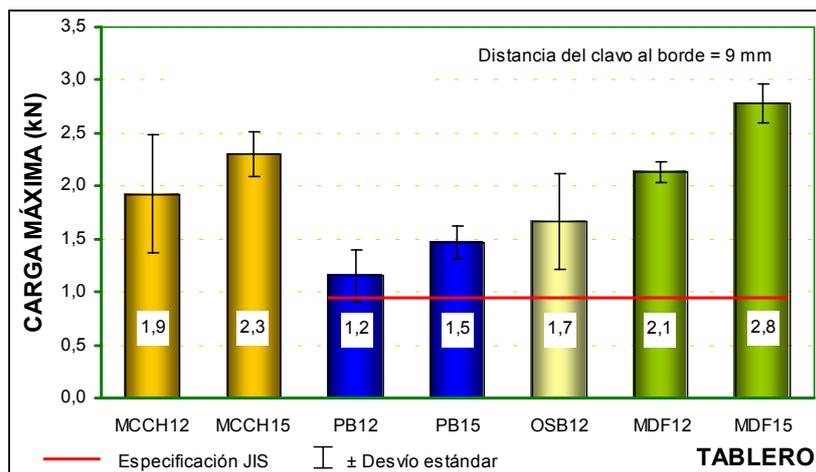


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,59	0,02
MCCH15	0,56	0,02
PB12	0,66	0,01
PB15	0,65	0,01
OSB12	0,65	0,02
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,74	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Figura 28

Sentido de aplicación de la tracción perpendicular a la dirección principal del tablero

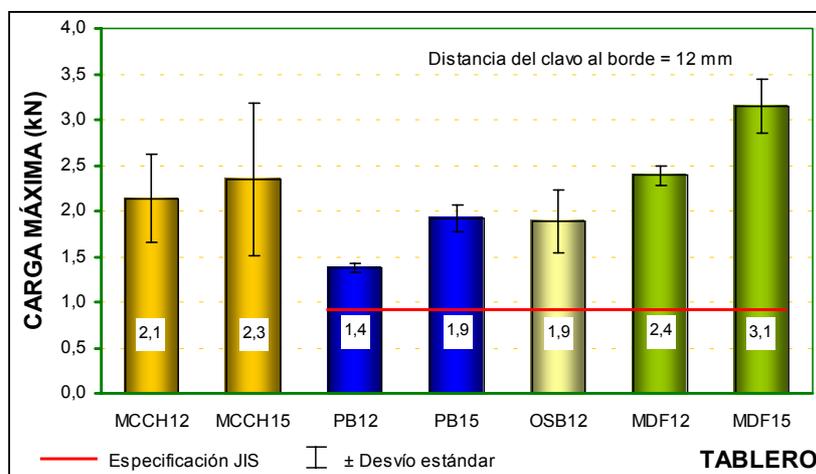


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,58	0,04
MCCH15	0,55	0,03
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,01
OSB12	0,68	0,01
MDF12	0,72	0,00
MDF15	0,73	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

Figura 29

Sentido de aplicación de la tracción paralelo a la dirección principal del tablero

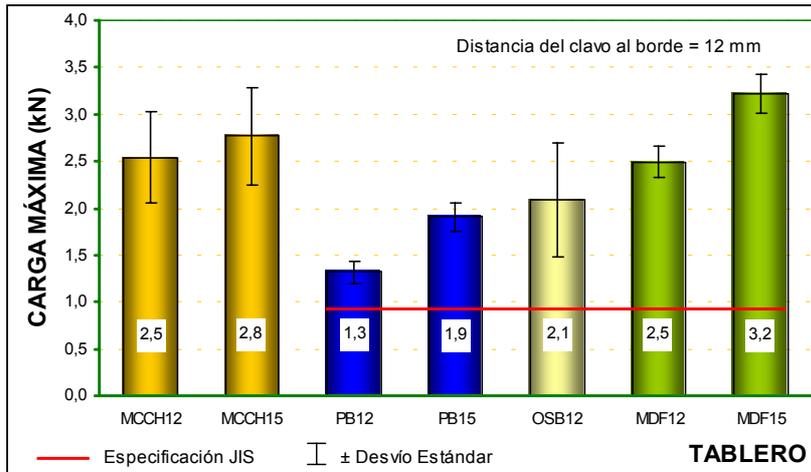


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,59	0,02
MCCH15	0,56	0,02
PB12	0,66	0,01
PB15	0,65	0,01
OSB12	0,65	0,02
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,74	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar.

Figura 30

Sentido de aplicación de la tracción perpendicular a la dirección principal del tablero

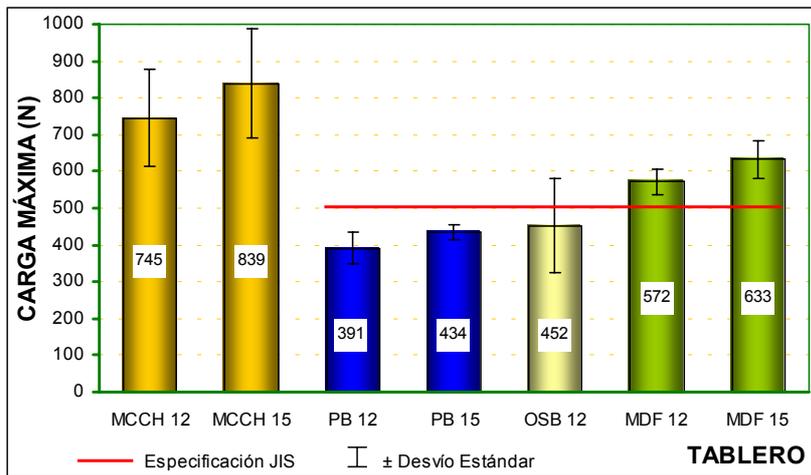


TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,58	0,04
MCCH15	0,55	0,03
PB12	0,66	0,01
PB15	0,66	0,01
OSB12	0,68	0,01
MDF12	0,72	0,00
MDF15	0,73	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Figura 31

4.15. RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE TORNILLOS



TABLERO	Densidad (g/cm ³)	Desv. STD (g/cm ³)
MCCH12	0,57	0,04
MCCH15	0,56	0,04
PB12	0,65	0,01
PB15	0,65	0,01
OSB12	0,66	0,06
MDF12	0,73	0,00
MDF15	0,74	0,00

Nota: Desv. STD significa Desvío estándar

Figura 32

4.16. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y ACABADO SUPERFICIAL MELAMÍNICO O DE LÁMINAS DECORATIVAS DE MADERA NATURAL

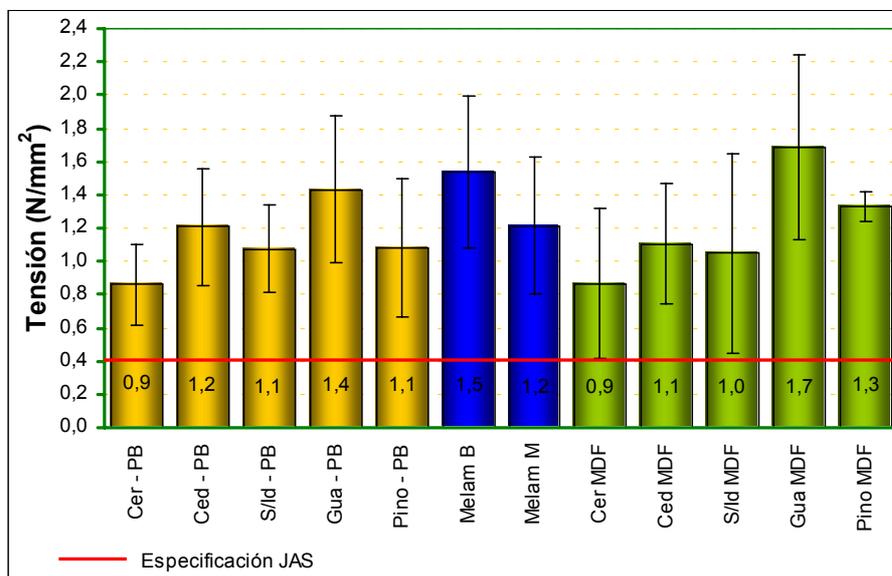


Figura 33

5. DISCUSIÓN

DENSIDAD (g/cm³)

TABLERO	ENSAYOS	NORMA				
		ANSI / 91	ISO	EN300:1997	EN 622-1/97	JIS
MCCH12	0,55 ± 0,02	----	----	----	----	----
MCCH15	0,55 ± 0,02	----	----	----	----	----
PB12	0,65 a 0,67	-0,07; +0,07	-0,07; +0,07	----	----	0,40 a 0,90
PB15	0,65 a 0,67	-0,07; +0,07	-0,07; +0,07	----	----	0,40 a 0,90
OSB12	0,69 a 0,75	----	----	-0,07; +0,07	----	0,40 a 0,90
MDF12	0,73	----	----	----	- 0,05; + 0,05	0,35 a 0,80
MDF15	0,73 a 0,75	----	----	----	- 0,05; + 0,05	0,35 a 0,80

Notas: ISO se refiere a la norma ISO/PWI 16893 que actualmente está en estudio en el comité ISO correspondiente.

Las normas JIS utilizadas son: JIS A5905-1994 y JIS A5908-1994.

Los valores que figuran en las columnas de las normas utilizadas son las tolerancias por defecto y por exceso.

---- significa que la norma no tiene especificaciones para el producto que figura en la fila correspondiente.

Respecto a la densidad de tableros de madera contrachapada no hay especificaciones al respecto.

De acuerdo a los resultados y tolerancias de las normas utilizadas resumidas en la tabla que antecede, se puede afirmar que la densidad de todos los tableros ensayados cumple con las especificaciones de las mismas.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TABLERO	ENSAYOS	NORMA					
		ANSI / 91	JAS	ISO	EN300:1997	EN 622-1/97	JIS
MCCH12	13,4 a 13,8	< 18	< 12	----	----	----	----
MCCH15	13,1 a 14,3	< 18	< 12	----	----	----	----
PB12	11,9 a 12,3	<10	----	5 a 13	----	----	5 a 13
PB15	11,7 a 11,9	<10	----	5 a 13	----	----	5 a 13
OSB12	8,4 a 9,4	----	----	----	2 a 12	----	5 a 13
MDF12	10,1 a 10,3	----	----	----	----	4 a 11	5 a 13
MDF15	10,5 a 10,9	----	----	----	----	4 a 11	5 a 13

Notas: La norma ISO utilizada es la ISO/PWI 16893 que está en estudio en el comité ISO correspondiente.

Las normas JIS utilizadas son: JIS A5905-1994 y JIS A5908-1994.

Los valores que figuran en las columnas de las normas utilizadas son los valores máximos o mínimo y máximo admitidos.

---- significa que la norma no tiene especificaciones para el producto que figura en la fila correspondiente.

De acuerdo a los resultados y a los máximos admitidos por las normas utilizadas, se puede afirmar que los tableros de madera contrachapada cumplen con la especificación de la norma ANSI / 91 pero no con la correspondiente a la norma JAS; los tableros de partículas cumplen con las especificaciones de ISO y JIS pero no con las de ANSI / 91; los tableros de virutas orientadas (OSB) se puede afirmar que cumplen con las especificaciones de las normas EN300:1997 y JIS y que los tableros de MDF cumplen con las especificaciones de las normas EN 622-1/97 y JIS.

MÓDULO DE ELASTICIDAD Y DE ROTURA

Como se indicó en 3.2.4, el ensayo de Flexión estática se realizó de acuerdo a la norma JAS.

TABLERO	MOE 10 ³ (N/mm ²)						MOR (N/mm ²)				
	ENSAYO	JAS (H)	JAS (E)	JIS	ANSI	CSA	ENSAYO	JAS(E)	JIS	ANSI	CSA
MCCH12L	10,1	6,9	5,4	---	---	---	38,3	23,5	---	---	---
MCCH12T	1,5	5,4	3,4				20,8	19,6			
MCCH15L	5,0	6,4	4,9				32,3	21,6			
MCCH15T	4,1	4,9	3,9				38,8	19,6			
PB12L	2,8	---	---	3,0	1,9	---	15,0	---	18,0	12,4	---
PB12T	3,0						14,6				
PB15L	2,7						16,0				
PB15T	3,4						23,5				
OSB12L	7,9	---	---	4,0	---	5,5	33,0	---	24,0	---	29,0
OSB12T	2,8			1,3		1,5	13,7		10,0		12,4
MDF12L	3,1	---	---	2,5	2,4	---	34,8	---	30,0	24,0	---
MDF12T	2,9						34,7				
MDF15L	3,4						39,4				
MDF15T	3,2						37,3				

Nota: JAS(H) es la norma JAS correspondiente a madera contrachapada con destino a encofrado de hormigón.

JAS(E) es la norma JAS correspondiente a tableros de madera contrachapada para uso estructural.

En la columna ANSI, se indicó la especificación 1-M-S que corresponde a tablero de partículas de densidad media para uso comercial e industrial.

De acuerdo con los resultados y las especificaciones que figuran en la tabla que antecede, se puede afirmar que los tableros MCCH de 12 y 15 mm de espesor no son aptos para su utilización en encofrados de hormigón y que solamente los de 15 mm de espesor son aptos para estructuras.

Los tableros PB satisfacen las especificaciones de ANSI en MOE y MOR pero no las de JIS. Los tableros OSB satisfacen las especificaciones de JIS y de CSA en MOE y MOR. Los tableros MDF satisfacen las especificaciones de ANSI y JIS en MOE y MOR

ADHERENCIA INTERNA

TABLERO	ESFUERZO UNITARIO (N/mm ²)			
	ENSAYO	JIS	ANSI	CSA
PB12	0,24	0,30	0,41	---
PB15	0,39		0,41	---
OSB12	0,37	0,30	---	0,345
MDF12	0,79	0,50	0,60	---
MDF15	0,59		0,60	---

De acuerdo con los resultados y especificaciones que figuran en esta tabla, para tableros PB se puede afirmar que los de 12 mm de espesor no satisfacen las especificaciones de ninguna de las normas utilizadas mientras que los de 15 mm de espesor satisfacen los requerimientos de la norma JIS y no los de ANSI.

Los tableros OSB satisfacen los requerimientos de JIS y de CSA.

Los tableros de MDF satisfacen los requerimientos de JIS y de ANSI

RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO POR TRACCIÓN DE LAS UNIONES ENCOLADAS EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

Para la realización de este ensayo se utilizó la norma JAS.

Tanto en los tableros de 12 mm como en los de 15 mm de espesor el promedio de la resistencia, expresada como Esfuerzo Unitario máximo (Ver tablas 1 a 6 en 4.6) fue mayor que 7 kgf/cm², valor mínimo que al ser superado (según la norma JAS para el caso de coníferas) exime de la necesidad de alcanzar un porcentaje mínimo de falla en madera. De todos modos, el porcentaje de falla en madera fue superior al 67% para todos los ensayos y tratamientos estudiados.

Respecto a la norma APA Product Standard PS1-74, solamente tiene exigencia sobre el porcentaje de falla en madera de probetas en tres condiciones: seco, luego de tratamiento en agua caliente y luego de vacío presurización. Nada específica acerca de la resistencia de las uniones encoladas. En cualquiera de los casos el porcentaje de falla en madera debe ser superior al 85%. En virtud de los resultados obtenidos (Ver 4.6) no se cumplen los requerimientos de esta norma ni en el contrachapado de 12 mm ni en el de 15 mm de espesor.

HINCHAMIENTO EN EL ESPESOR POR ABSORCIÓN DE AGUA

En la columna correspondiente a ensayos, se indica el hinchamiento en porcentaje

TABLERO	ENSAYOS H (%)	NORMAS		
		JIS	ANSI	CSA0437.0
MCCH12	5,9	----	----	----
MCCH15	5,4	----	----	----
PB12	9,9	12	----	----
PB15	9,5	12	----	----
OSB12	29,0	20	25	10
MDF12	6,3	12	----	----
MDF15	6,2	12	----	----

Se puede afirmar que los tableros PB y MDF de 12 y de 15mm de espesor satisfacen los requerimientos de las normas JIS. En el caso de tableros OSB, no satisface los requerimientos de las normas ANSI, CSA ni JIS.

Respecto al porcentaje de absorción de agua no hay especificaciones al respecto en las normas utilizadas o sea que solamente se informan en 4.7 los resultados obtenidos.

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Las normas JIS no tienen especificaciones al respecto; en cambio, en la norma ANSI correspondiente las especificaciones están referidas a valores entre 50% y 90% de humedad relativa que difiere del que se ha utilizado para este estudio, por lo tanto en lo referente a tableros de madera contrachapada, de partículas y de MDF solamente se informan los datos obtenidos en 4.8..

Tableros OSB: clasificación según norma CSA 0437.0

DIRECCIÓN DEL EJE DE PROBETA RESPECTO AL EJE LONGITUDINAL DEL TABLERO	HUMEDAD RELATIVA (%)				NORMA CSA 0437.0
	30 a 65	65 a 85	85 a 65	65 a 30	
PARALELA (%)	0,06	0,08	----	----	0,35
TRANSVERSAL (%)	0,10	0,11	----	----	0,50
PARALELA (%)	----	----	0,08	0,06	0,35
TRANSVERSAL (%)	----	----	0,12	0,09	0,50

De acuerdo con la tabla anterior, se puede afirmar que los tableros de OSB cumplen con las especificaciones de la norma CSA.

ABRASIÓN TABER

En los gráficos de 4.9. se puede observar que en cuanto a la pérdida de peso, la diferencia existente en tableros del mismo tipo es considerable, excepto para tableros de MDF. En particular, para tableros de madera contrachapada es difícil establecer una comparación al respecto debido a que el resultado depende en mucho de si la lámina superficial posee leño temprano y leño tardío y en qué porcentajes de área. Sin embargo al observar el espesor se aprecia la coincidencia en el porcentaje de pérdida de espesor para tableros del mismo tipo.

DUREZA JANKA

Debido a que no existen especificaciones en las normas más relevantes existentes para esta propiedad, solamente se informan los valores obtenidos en 4.10.

DELAMINACIÓN EN TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA

Como se indicó en 4.11. no se observaron delaminaciones en las probetas en ninguno de los tratamientos a que fueron expuestas, lo que indica que los mismos son aptos desde este punto de vista para su utilización inclusive en condiciones rigurosas de temperatura y humedad al mismo tiempo, lo mismo que para utilización a la intemperie o cumpliendo función estructural..

RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE CLAVOS Y A LA SOLICITACIÓN DE LA CABEZA DEL CLAVO A TRAVÉS DEL TABLERO

Para ambos ensayos debido a que no hay especificaciones, solamente se informan los datos a los efectos de que se pueda realizar un análisis comparativo en caso que sea necesario decidir entre uno u otro tipo de tablero. En particular estos datos pueden ser útiles cuando se desea que los tableros cumplan funciones resistentes desde el punto de vista estructural

RESISTENCIA DEL TABLERO AL MOVIMIENTO LATERAL DE CLAVOS

En las Figuras 28 a 31 se pueden observar que los resultados para tableros PB, OSB y MDF superan la especificación de la norma JIS. Para tableros de madera contrachapada no existe especificación.

RESISTENCIA DEL TABLERO A LA EXTRACCIÓN DE TORNILLOS

En la Figura 32 se puede observar que solamente los tableros MDF satisfacen las especificaciones de la norma JIS, al tiempo que no la satisfacen los tableros PB ni OSB. Para tableros de madera

contrachapada no hay especificaciones. El tornillo que se utiliza en la norma ANSI A2082-1994 es diferente del que se ha utilizado en esta oportunidad por lo tanto los resultados no son comparables razón por la cual no se han realizado una evaluación de acuerdo con esta norma.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA UNIÓN ENTRE TABLEROS Y ACABADO SUPERFICIAL MELAMÍNICO O DE LÁMINAS DECORATIVAS DE MADERA NATURAL.

De acuerdo al gráfico realizado con los resultados y la especificación JIS en la Figura 33, se puede afirmar que todos los tableros estudiados satisfacen dicha especificación, habiéndose obtenido valores similares según la especie de la láminas decorativa e independientemente del tipo de tablero sobre el que se encolaron (PB o MDF).

6. CONCLUSIONES

TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA (MCCH):

Son los tableros de menor densidad, menor dureza y mayor contenido de humedad entre los estudiados. Han presentado muy buen comportamiento en los ensayos de evaluación del adhesivo (delaminación y resistencia de las uniones encoladas al cizallamiento por tracción). Asimismo, entre todos los tableros, son los que han presentado menor hinchamiento en el espesor por absorción de agua y mayor estabilidad dimensional. Las razones anteriormente expuestas permiten afirmar que están aptos para su utilización en condiciones de alta humedad y temperatura al mismo tiempo como así también para exposición directa a la intemperie. Si bien su resistencia al arrancamiento de clavos es comparable en general a la de los demás tableros, su resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo a través del tablero es de las más bajas sin ser por ello despreciable. Otras características destacables de estos tableros son: alta resistencia al movimiento lateral del clavo (conjuntamente con MDF) y a la extracción de tornillos. En lo que respecta a su utilización en estructuras y en encofrados de hormigón: se puede afirmar que los tableros de 15 mm sólo son aptos para su utilización en estructuras según la norma JAS , mientras que los tableros de 12 mm de espesor no son aptos para estos usos, ello se debe a que tienen MOE muy bajo en sentido transversal.

TABLEROS DE PARTÍCULAS (PB):

Su densidad está dentro de los límites de aceptación de acuerdo a las normas ANSI, ISO y JIS mientras que su contenido de humedad solamente satisface las especificaciones de ISO y JIS pero no las de ANSI. En cuanto a MOE y MOR en flexión, tanto los tableros de 12 como los de 15 mm de espesor satisfacen las especificaciones de la norma ANSI mientras que ninguno satisface los requerimientos de JIS. En cuanto a adherencia interna solamente los tableros de 15 mm de espesor satisfacen las especificaciones de la norma JIS, mientras que ninguno satisface las especificaciones de ANSI . Respecto al hinchamiento en el espesor por absorción de agua, se puede afirmar que los tableros de 12 y de 15 mm son aceptables según la norma JIS. Este tipo de tableros (junto con los de

MDF) son los que presentan menor estabilidad dimensional en sus dimensiones principales. Aunque los PB tienen densidad intermedia respecto a los demás tableros considerados, son los que presentan menor pérdida de espesor durante la abrasión Taber, probablemente debido a que tienen densidad superficial muy superior a su densidad promedio.

Estos tableros presentan muy baja resistencia a la extracción de clavos en contraposición a su alta resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo a través del tablero. Tanto los tableros de 12 como los de 15 mm de espesor satisfacen las especificaciones de las normas JIS respecto al movimiento lateral de clavos pero no en cuanto a la extracción de tornillos.

Asimismo se ha comprobado que estos tableros satisfacen los requerimientos de la norma JAS referida a la resistencia a la tracción perpendicular de la unión entre tablero y acabado superficial melamínico o de láminas decorativas de madera natural aplicadas con adhesivos termoplásticos. Finalmente se debe mencionar que al estar elaborados con adhesivos ureicos no tienen alta resistencia a la humedad ni a la absorción de agua. Por lo tanto no sería recomendable su utilización a la intemperie sin protección adecuada y su utilización quedaría más bien restringida a interiores .

TABLEROS DE VIRUTAS ORIENTADAS (OSB):

Estos tableros tienen alta densidad promedio y satisfacen las especificaciones de JIS y de EN. Su contenido de humedad también satisface las especificaciones de dichas normas. Tanto el MOE como el MOR en flexión cumplen las especificaciones de las normas JIS y CSA; lo mismo ocurre con la adherencia interna. Sin embargo su hinchamiento en el espesor por absorción de agua es demasiado alto y no satisfacen en este caso las especificaciones de JIS, ANSI ni CSA, presentando además baja estabilidad dimensional, fundamentalmente en el espesor; razones por las cuales sería aconsejable su utilización en interiores y no expuestos a condiciones de alta humedad relativa. Son los tableros que ofrecen mayor resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo, siendo además aceptable su resistencia al movimiento lateral del clavo pero no la resistencia a la extracción de tornillos.

TABLEROS DE FIBRAS DE DENSIDAD MEDIA (MDF):

Satisfacen los requerimientos de EN y JIS en lo referente a densidad y a contenido de humedad. Tanto el MOE como el MOR en flexión y la adherencia interna satisfacen los requerimientos de las normas JIS y ANSI. Satisfacen la especificación de la norma JIS para el hinchamiento en el espesor por absorción de agua pero su estabilidad dimensional es la que tiene mayores porcentajes de variación entre los tableros estudiados. Tienen alta resistencia a la extracción de clavos y a la extracción de tornillos y satisfacen las especificación de la norma JIS para la resistencia a la sollicitación de la cabeza del clavo. Satisfacen los requerimientos de la norma JAS respecto a la resistencia a la tracción perpendicular a las uniones encoladas entre tablero y láminas decorativas encoladas con adhesivos termoplásticos. Debido a lo anteriormente expresado, el MDF tiene un muy buen comportamiento para su utilización en interiores y no expuestos a condiciones de alta humedad relativa o a la intemperie sin protección superficial.

7. REFERENCIAS

APA (American Plywood Association) : PS1-74

ASTM (American Society for Testing and Materials): D 1037-99 Standard Test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials; D 906-98 Standard Test Method for Strength Properties of adhesives in Plywood Type Construction in shear by Tension Loading;

ANSI (American National Standards Institute): /91; /A208.1-1993: Wood Particleboard; A208.2-1994 Wood Fiberboards.

ISO (International Organization for Standardization): /PWI 16893: 2000 Particleboards – Specifications – Part 1 ~ Part 7; /DIS 16985:2001; /PWI 16895-1:2000 Fiberboards – Specifications Part 1; /PWI 16895-5:2000 Fiberboards - Specifications Part 5; /DIS 16978:2001 Wood based Panels – Determination of modulus of elasticity and bending strength; DIS 16979:2001 Wood based panels – Determination of moisture content; /DIS 16983:2001 Wood based panels – Determination of swelling in thickness after immersion in water; /DIS 16984:2001 Wood based panels – Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the panel; /DIS 16985:2001 Wood based panels – Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity; /DIS 16999:2001 Wood based panels – Sampling and cutting of test pieces; 9352 Plastics Determination of resistance to wear by abrasive wheels ; 4624:1978 Paints and vanishes – Pull off test for adhesion; 6237:1987 Adhesives – wood to wood adhesive bonds – Determination of shear strength by tensile loading; DIS 9427:2001 Wood based panels – Determination of density.

EN (European Committee for Standardization): EN300:1997; EN622-1/97.

CSA (Canadian Standard Association): 0437.0; CAN3-0188.0-M78 Standard test methods for mat-formed wood particleboards and waferboard.

JAS (Japanese Agricultural Standard Association); -2000 Plywood for general use; Plywood for structural use; Special Plywood.

JANS (Japan, Australia, New Zeland) 4:2000; 7:2000; 8:2000.

JIS (Japanese Industrial Standard): A5904:2000 Particleboards; A5905-1994: Fiberboards; A5908-1994: Particleboards; K 5600-5-7:1998 Testing methods for Paints-Part 5. Mechanical properties of film-Section 7 : Adhesion test; K 6848-1987 Standard rules for testing methods of bonding strength of adhesives; K7204 Plastics Determination of resistance to wear by abrasive wheels.

Engineered Woods Products – A guide for Specifiers Designers and users: Stephen Smulski, editor PFS Research Foundation – 1997.

Wood Handbook: wood as an engineering material USDA Forest Service, Forest Products Laboratory – 1999.

Manual de la Madera de Eucalypto Blanco: J. Bermúdez, M. Touza, F. Sanz, Fundación para o Fomento da Calidade Industrial e Desenvolvemento Tecnológico de Galicia.

Manual de Adhesivos AIDIMA: Instituto Tecnológico del Mueble y Afines, España.

Revista de la Sociedad de Productores Forestales, “Los adhesivos en la madera”, Marzo 1999.

Guía de la madera, AITIM: F. Arriaga, M. González, G. Medina, J. Ortiz, F. Peraza, J. E. Peraza, M. Touza, España.

Inspección Visual, Densidad y Contenido de Humedad de Tableros derivados de la madera: L. Benites, Informe de Investigación N°11, LATU-JICA, 2003.

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES		
DE	A	Factor
Pascal (Pa)	Kgf/cm²	1,0197E-05
Mega Pascal (MPa)	Kgf/cm²	10,1972
Solo para Dureza Janka		
Mega Pascal (MPa)	kN	0,100
Mega Pascal (MPa)	Kgf	10,1972

Laboratorio Tecnológico del Uruguay

Sector Productos Forestales

Av. Italia 6201- CP. 11500-Montevideo, Uruguay
Tel. (+598-2) 601.3724 Int. 321 Fax:(+598-2) 601.8554
e-mail: lbenites@latu.org.uy
rdecas@latu.org.uy