



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍA DE LA MADERA



# Evaluación de cubiertas de tablero enlistonado para muebles de máquinas de coser

Tesina

Para optar el título de ingeniero en tecnología de la madera

Mario Arturo Patiño Camacho

Director

Dr. Raúl Espinoza Herrera

Ciudad de Hidalgo Michoacán octubre del 2017

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ANTECEDENTES.....	9
2.1 Tableros a base de chapa de madera.....	9
2.1.1 Tablero enlistonado.....	9
2.1.2 Tablero contrachapado.....	9
2.2 Etapas para la fabricación de un tablero a base de chapa.....	10
2.3 Etapas para la fabricación de un tablero a base de listones.....	20
3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
4. OBJETIVOS.....	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1 Absorción de agua.....	26
5.2 Hinchamiento de espesor.....	26
5.3 Determinación de la densidad.....	27
5.4 Determinación de la dureza Janka.....	28
5.5 Determinación de la resistencia a la flexión.....	28
5.6 Determinación de la extracción de tornillos.....	29
5.7 Determinación de la adherencia.....	30

5.8 Dimensiones de los tableros .....	30
5.9 Escuadría y peso de los tableros.....	31
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42
9. ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura	Página
1. Vaporizado de madera.....	11
2. Cocido de madera.....	11
3. Descortezadora de brazo.....	12
4. Torno de desenrollo o desenrolladora.....	13
5. Secador de chapa de rodillos.....	15
6. Secado de chapa al aire.....	15
7. Saneado de la chapa.....	16
8. Encolado o engomado.....	17
9. Prensa de platos calientes.....	18
10. Acabado superficial del tablero.....	19
11. Listones en secado al aire.....	20
12. Listones empalmados con adhesivo.....	22
13. Cubiertas de tablero enlistonado.....	25
14. Extracción de tornillos.....	29
15. Probetas para la determinación de la delaminación de las chapas.....	30
16. Comparación de la densidad del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera.....	34

17. Comparación de la dureza Janka del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera.....	35
18. Comparación flexión del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera.....	37
19. Comparación de la extracción de tornillos del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera.....	38
20. Delaminación vista a lo largo del tablero.....	39
21. Delaminación vista en el sentido transversal del tablero.....	39
22. Ensayo de flexión longitudinal.....	45
23. Ensayo de flexión transversal.....	46

#### Cuadros

1. Absorción de agua de los tableros enlistonados.....	32
2. Hinchamiento del espesor de los tableros enlistonado.....	33
3. Densidad de los tableros enlistonados.....	33
4. Dureza Janka de los tableros enlistonados.....	35
5. Flexión estática de los tableros enlistonados.....	36
6. Extracción de tornillos en los tableros enlistonados.....	38
7. Adherencia de las chapas.....	39
8. Dimensiones y peso de los tableros enlistonados evaluados.....	40

## RESUMEN

Actualmente existe la necesidad de caracterizar todo producto para su comercialización. Así, la empresa “TOMPER S.A” que se dedica a la fabricación de tableros contrachapados, para cubiertas de máquinas de coser, tiene la necesidad de evaluar sus tableros. Por lo que el objetivo del presente trabajo, es caracterizar los tableros para la elaboración de una ficha técnica del producto. El contrachapado fue caracterizado en cuanto a la absorción de agua, hinchamiento de espesor, la densidad, dureza Janka, resistencia a la flexión, extracción de tornillos y adherencia de chapas. Los resultados del contrachapado fueron muy similares en comparación con otros tableros a base de madera. Se concluye que el tablero elaborado por la empresa “TOMPER S.A.” es adecuado para su utilización en cubiertas para máquinas de coser.

## ABSTRACT

Currently there is a need to characterize all products for commercialization. Thus, the mill "TOMPER S.A" that is dedicated to the make of plywood, for sewing machines boards, has the necessity of evaluating its products. Therefore, the objective of this work is to characterize the plywood for the elaboration of a technical file of the board. Plywood was characterized in terms of water absorption, thickness swelling, density, Janka hardness, static bending, screws withdrawal and adhesion of veneer. The results of the plywood were very similar compared to other wood-based boards. It's concluded that the product made by the mill "TOMPER S.A." is suitable for use for sewing machines boards.

Contrachapado, fabricación, tablero, cubiertas, máquinas de coser.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la necesidad de caracterizar todo producto para su comercialización. Así, la empresa “TOMPER S.A” que se dedica a la elaboración de tableros enlistonados recubiertos de chapa de madera, para cubiertas de máquinas de coser, tiene la necesidad de evaluar sus tableros.

Un tablero alistonado está formado por listones de madera unidos entre sí, mediante adhesivos que suelen ser de acetato de polivinilo o de urea formaldehído. A veces los listones están formados por varias piezas empalmadas mediante uniones en entalladura múltiple de canto (Vignote y Martínez, 2006).

Con el uso de tableros resulta una mejor utilización de la madera, porque cubre áreas grandes con una mínima cantidad de material. Las propiedades de los tableros dependen de las especies de madera, de la calidad de la chapa, el orden de colocación de las capas en el panel, y el tipo de adhesivo utilizado. Por lo general, tienen buenas propiedades térmicas y acústicas, no se contraen ni alabean significativamente, se utilizan para pisos, muros, techos, cimbra, puertas, muebles etc. (García y col., 2002).

Los tableros derivados de la madera tienen comportamientos bastante parecidos a ésta, tanto en lo que se refiere a propiedades físicas como mecánicas, aunque sus valores no son exactamente iguales. Así, en relación con el agua, los tableros son

higroscópicos, igual que la madera, hinchándose y contrayéndose según tome o ceda agua (Vignote y Martínez, 2006).

El municipio de Hidalgo es considerado de las zonas de mayor vocación forestal en el Estado de Michoacán, un alto porcentaje de su población obtiene ingresos directa o indirectamente del sector forestal. La industria del mueble ha sido una referencia de la región, la cual, antiguamente era llamada “Taximaroa” que significa “Lugar de Carpinteros”. Así, la empresa “TOMPER S.A” ubicada en Cd. Hidalgo, contribuye al desarrollo de la industria maderera y mueblera de la región.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar los tableros enlistonados de la empresa “TOMPER S.A.”, empresa que solicita a la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera caracterizar el producto enlistonado, para la elaboración de una ficha técnica del tablero.



## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Tableros a base de chapa de madera**

#### **2.1.1 Tablero enlistonado**

Los tableros enlistonados están formados por listones de madera de longitudes iguales o diferentes, empalmados de testa por uniones dentadas o lisas, o sin empalmar, unidos entre sí por un adhesivo, siendo el grueso y la anchura de los listones iguales dentro del mismo tablero (García y col., 2002).

#### **2.1.2 Tablero contrachapado**

El contrachapado es un tablero de madera encolado con resinas sintéticas constituido de capas relativamente delgadas de chapa (0.5-5 mm) con el hilo de las capas adyacentes usualmente a un ángulo de 90°. El entrecruzamiento de las chapas determina las características del contrachapado: que las propiedades en la dirección de la longitud del tablero sean similares a las de la anchura de mismo. De esta manera, el contrachapado es menos anisotrópico que la madera sólida. Las capas varían en número, grosor, y grado, dependiendo de los requerimientos fin-uso. En cada tablero algunas o todas las chapas son delgadas. Sin embargo, las láminas del centro pueden ser tiras de madera, tablero de partículas o tablero de fibras. Según el número de capas de chapas se distinguen el contrachapado de 3 capas, de 5 capas y de capas múltiples. En la mayoría de los casos el número de capas es impar. Cuando el número de capas de chapas es par las dos capas medias

deben tener una dirección paralela a las fibras. Comparado con la madera sólida, las principales ventajas del contrachapado son: (1) propiedades casi igual a lo largo y ancho del panel, (2) resistencia más grande al rajado, y (3) capacidad de fabricación en hojas grandes. Las dimensiones comunes para estos productos son de 1.22 m en ancho y 2.44 m en longitud, los espesores de 3, 6, 9, 12, 16, 19 y 22 mm. (Fernández y Echenique, 1983; Grigoriev, 1985; Young, 1991; Espinoza, 2002).

## **2.2 Etapas para la fabricación de un tablero a base de chapa**

### **Materia prima para la obtención de chapa**

La madera en rollo que vaya a ser utilizada para la obtención de chapa, debe tener las siguientes características:

- Resistencia mecánica de la madera
- Facilidad de encolado
- Ausencia de alabeos y grietas
- Diámetros grandes
- Densidad inferior a  $800 \text{ kg/m}^3$
- Libre de nudos y otros defectos

Además las chapas destinadas a tableros decorativos, deben de poseer color y veteado vistoso (García y col., 2002).

## Vaporizado o cocido

El objetivo del cocido y el vaporizado es ablandar o plastificar la madera para lograr un corte suave y una disminución en el consumo de energía y desgaste de las cuchillas. Además, estos procesos favorecen al descortezado y el secado. Las ventajas del calentamiento son entre otras, que mejora la calidad de la chapa porque al reblandecerse la madera disminuye la presencia de grietas, se tiene alta producción de chapas y se reduce la cantidad de adhesivo a utilizar (García y col, 2002; Chávez 1985).

En general se suele utilizar el vaporizado para maderas blandas (Figura 1) y el cocido para maderas duras (Figura 2).

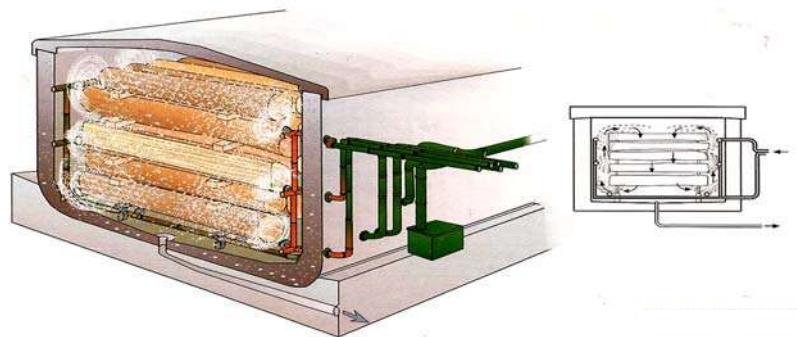


Figura 1. Vaporizado de madera.

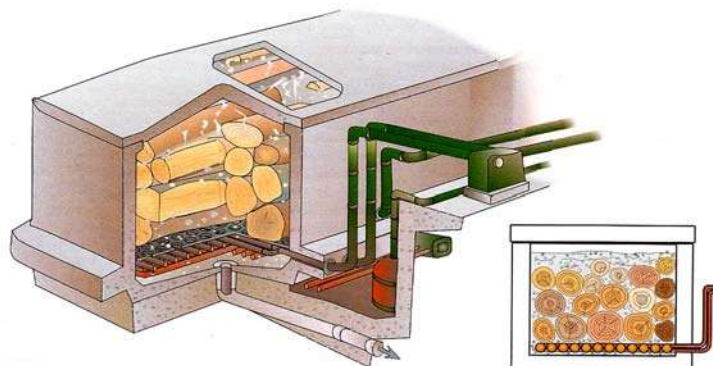


Figura 2. Cocido de madera.

## Descortezado

El objetivo del descortezado es eliminar la corteza para evitar el desafilado de las cuchillas.

Las máquinas descortezadoras de troncos para madera de desenrollo tienen una bancada análoga a la desenrolladora, sustituyendo la cuchilla por un brazo descortezador móvil (Figura 3). La corteza se elimina mediante rotación de la troza contra la cabeza de brazo descortezador. El brazo descortezador se mueve a lo largo del tronco mientras la troza gira sobre su eje (Estrada 1990).

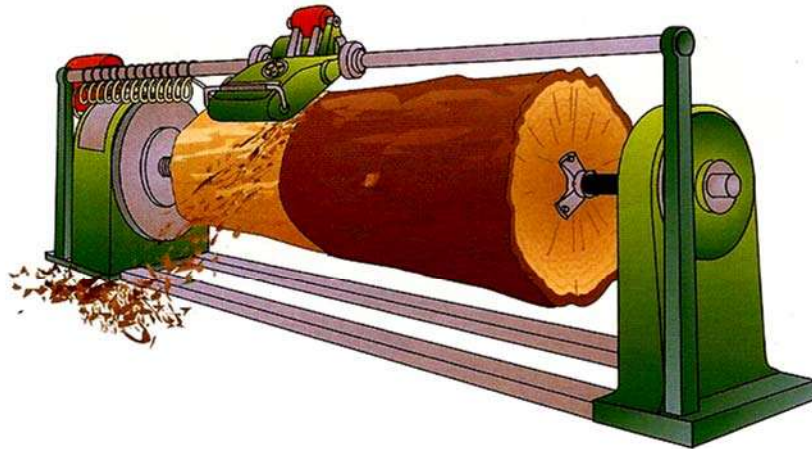


Figura 3. Descortezadora de brazo.

## Obtención de chapa

La chapa es una hoja delgada, generalmente de 0.3 a 6.3 mm de espesor, teniendo en cuenta la dirección del hilo paralela a la dimensión mayor en la superficie de la hoja (Rangel 1987).

La obtención de chapa puede ser por desenrollo, rebanado y aserrado, el más común es por desenrollo. La chapa por desenrollo se obtiene en una máquina llamada torno de desenrollo o desenrolladora (Figura 4). La desenrolladora es un torno automático en el que la troza gira mientras la cuchilla corta la chapa.



Figura 4. Torno de desenrollo o desenrolladora.

En el sistema de corte por rebanado, el movimiento del cuadrado o flitche contra el filo de la cuchilla sigue un plano horizontal, vertical o inclinado, pero siempre de forma plana.

El corte de chapas por sierras, se trata de un verdadero aserrío con equipo especial, que permite poco desperdicio por aserrín. Se trata generalmente de sierras circulares que consisten en una masa central rígida, a la cual están atornillados en

la periferia, segmentos dentados que son la herramienta de corte. En algunos casos, se usan sierras delgadas de banda. El aserrío de chapa es útil para lograr efectos parecidos en el rebanado, pero el esfuerzo a que se sujetan las fibras durante el corte es de diferente naturaleza que el rebanado, lo que permite cortar maderas que aún en el sistema de rebanado son difíciles de procesar. Sin embargo, el desperdicio por aserrín induce a que este tipo de equipo se use cada vez menos (Zamudio, 1986).

## Secado de la chapa

El objetivo es eliminar el exceso de humedad obtenido en el vaporizado o cocido hasta alcanzar humedades alrededor del 6%. El secado de la chapa puede hacerse en secadores (Figura 5) o de secado al aire (Figura 6).

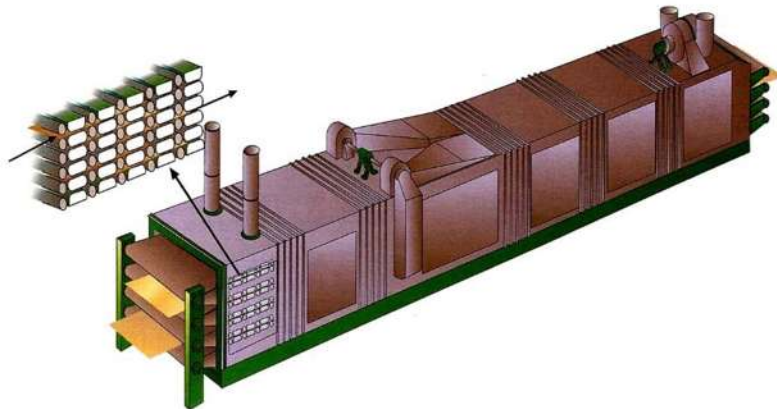


Figura 5. Secador de chapa de rodillos.



Figura 6. Secado de chapa al aire.



## Saneado y cosido

Además del saneado propio de la cizalla antes y después del secado de la chapa se realiza un segundo saneado cuyo objetivo es la sustitución de nudos y otros defectos utilizando máquinas punzadoras (Figura 7) que además de favorecer al prensado del tablero ayudara a tener una mejor apariencia de la superficie del tablero a bajo costo (Baldwin, 1995). Cuando las piezas son pequeñas se procede a un cosido que se realiza con una pequeña cinta engomada que realiza una unión temporal hasta permitir la manipulación y encolado de la chapa.



a) Chapa con nudos



b) Máquina punzadora



c) Obtención de parches



d) Chapa saneada

Figura 7. Saneado de la chapa.



## Encolado de las chapas

Los adhesivos más habituales para la fabricación de tableros son los de urea-formaldehído, cuando el tablero se destina a interiores; y de fenol-formaldehído, cuando se destina a exteriores. La aplicación más habitual de las colas sobre las chapas, es por medio de rodillos (Figura 8).



Figura 8. Encolado de chapas o engomado.

## Prensado

El prensado de las chapas se realiza por medio de una prensa de platos calientes necesarios para la polimerización de las resinas termo endurecibles (Figura 9) (Estrada 1990).



Figura 9. Prensa de platos calientes.

## Acabado

El acabado consiste en el escuadrado y lijado, los objetivos de estos son dimensionar el tablero y darle un acabado superficial para su comercialización (Figura 10) (García y col., 2002).



Figura 10. Acabado superficial del tablero.

## 2.3 Etapas para la fabricación de un tablero a base de listones

### Listones

La madera que se utiliza para la fabricación de tableros enlistonados debe cumplir el requisito de aptitud al encolado (Figura 11). La fábrica debe contar con espacios de almacenamiento para mantener los contenidos de humedad hasta el momento de ser introducidos a la línea de fabricación, la madera debe de contener entre el 10 y 8% de contenido de humedad si los tableros son destinados para mobiliario. (García y col., 2002).

La fabricación de tableros enlistonados es un proceso industrialmente sencillo. Su proceso de fabricación se basa en utilizar listones del mismo grueso y anchura, encolados, armados y puestos en presión hasta alcanzar las dimensiones de un tablero, en el que las dimensiones de longitud y anchura son muy superiores al grueso (García y col., 2002).



Figura 11. Listones en secado al aire.

## **Perfilado**

Después del secado la madera es perfilada de sus caras y sus cantos para facilitar la visión de sus defectos, además también se prepara la superficie de los listones para el encolado y el empalme de piezas que no alcanzan la longitud requerida (García y col., 2002).

## **Adhesivos**

Los adhesivos que son utilizados comúnmente son; urea formol, urea melanina formol y melaminas. Dependiendo del tipo de adhesivo, el tablero se puede exponer a espacios de exteriores o interior (García y col., 2002).

## **Saneado y clasificación**

El saneado se hace con el objetivo de eliminar los defectos de la madera. Se hacen cortes donde se requiere eliminar algún nudo o bolsa resinosa para facilitar el encolado o asegurar la estabilidad estructural del tablero. Esto se hace con sierras circulares (García y col., 2002).



## **Encolado y armado**

El encolado se realiza impregnando con adhesivo una o las dos caras de los listones, para posteriormente empalmarlos (Figura 12).

Se someten a presión para mantener los listones unidos y para que el adhesivo se ancle en los listones adecuadamente.



Figura 12. Listones empalmados con adhesivo.

## **Acabado**

El acabado consiste en escuadrar y lijar el tablero, el escuadrado se hace para darle las dimensiones finales al tablero, el lijado sirve para dar el espesor final y preparar las caras para aplicar adhesivo para la cubierta del tablero (García y col., 2002).

### **3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema surge con la necesidad de elaborar la ficha técnica del tablero enlistonado, que respalde a la empresa “TOMPER S.A.” para que pueda mostrar a los consumidores del producto.

### **4. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general.**

Evaluar y caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de cubiertas de tablero enlistonado para muebles de máquinas de coser

#### **Objetivos particulares.**

Determinar:

- La absorción de agua de las cubiertas.
- El hinchamiento del espesor.
- La densidad.
- La dureza.
- La resistencia flexión transversal y longitudinal.
- La resistencia extracción de tornillos.
- La adherencia de las chapas.
- Las dimensiones de los tableros
- La escuadría y el peso de los tableros



## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### Evaluación de los tableros enlistonados

Las cubiertas de tableros enlistonados (15 tableros) fueron proporcionadas por la empresa “TOMPER S.A.” (Figura 13) La evaluación de dichos tableros se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, principalmente bajo la norma mexicana NMX-C-438-0NNCCE-2006 “Industria de la construcción - tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas - clasificación y especificaciones”. Esta norma mexicana es aplicable a los tableros contrachapados con vista y tras cara de madera de pino, para usos en interiores y exteriores, tanto de uso para muebles y recubrimiento como para uso estructural.



Figura 13. Cubiertas de tableros enlistonados.

## 5.1 Absorción de agua

La absorción de agua, es la diferencia de humedad de la pieza antes y después de ser sumergida en agua, expresada en porcentaje. La absorción de agua se evaluó a 2, 24 y 96 horas. Las probetas para esta determinación fueron de 50 x 50 mm x el espesor del tablero (mm). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Ab = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100$$

Donde:

Ab = Absorción de agua (%)

Ms = Peso de la muestra seca

Mh = Peso de la muestra húmeda

## 5.2 Hinchamiento de Espesor.

La determinación del hinchamiento del espesor sirve para la evaluación del comportamiento de los tableros frente a la influencia de la humedad. Para determinar el hinchamiento del espesor, primeramente se midió el espesor de las probetas una vez acondicionadas en el interior del laboratorio a 12% de C.H., posteriormente se colocaron en un baño de agua cuidando de que éstas quedaran completamente sumergidas. Se midió nuevamente el espesor, a 2, 24 y 96 horas. El incremento del espesor fue expresado en porcentaje de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$h = \frac{\Delta e}{e_i} \times 100 = \frac{e_f - e_i}{e_i} \times 100$$

Donde:

h = hinchamiento (%)

ef = Espesor final

ei = Espesor inicial

$\Delta e$  = es la diferencia entre el espesor (ef) del tablero hinchado y el espesor antes del hinchamiento (ei).

### **5.3 Determinación de la densidad**

La densidad de los tableros a base de madera es muy importante, debido a que está muy correlacionada con su resistencia mecánica y su uso final. La densidad se determinó en piezas de 50 x 50 mm x el espesor de tablero en (mm), tomando como referencia el peso y volumen de las piezas secas de acuerdo a la norma NMX-C-438-0NNCCE-2006

#### 5.4 Determinación de la dureza Janka

Los ensayos de dureza se realizaron de acuerdo al método “Janka” de acuerdo a la norma ASTM D1037, el cual determina la resistencia de los tableros a ser penetrados por un cuerpo sólido mediante la aplicación de una fuerza. En este método se utiliza un hemisferio de acero de 0.444 pulgadas de diámetro lo que equivale a una superficie 1 cm<sup>2</sup>. La velocidad para este ensayo fue de 6 mm/min. Las probetas fueron de 50x50 mm x el espesor del tablero.

#### 5.5 Determinación de la resistencia a la flexión

Las probetas fueron acondicionadas en el interior del laboratorio a 12% de C.H. Se utilizaron probetas de 120 x 5 cm x el espesor del tablero para la evaluación de la flexión longitudinal y probetas de 50 x 5 cm x el espesor del tablero para la evaluación de la flexión en dirección transversal. La resistencia a la flexión fue calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$RF = \frac{3FCI}{2ae^2} = N/mm^2$$

Donde:

RF= Resistencia a la flexión (N/mm<sup>2</sup>)

F= Fuerza de rompimiento (N)

CI= Claro entre apoyos (mm)

e= Espesor del tablero medido al centro de la probeta (mm)

a= Ancho de la probeta (mm)

El apoyo para los extremos de las probetas fue diseñado para que las zonas de las reacciones fueran capaces de compensar totalmente las torceduras de las probetas, de manera que la carga fuera aplicada uniformemente a través del ancho (figura 5.2). El diseño de los soportes de los extremos fue tal que el centro de rotación fue cerca del eje neutro de la probeta. Los apoyos fueron redondeados en la línea de contacto con la probeta, tal como lo recomienda la norma NMX-C-440-ONNCCE-2006.

### **5.6 Determinación de la extracción de tornillos**

Se utilizaron probetas de 50x50 mm x el espesor del tablero, y un tornillo galvanizado del No. 10 de cabeza fijadora, de una longitud de 1 ½” (10x38 mm), el cual atravesó completamente el espesor del tablero. Se colocaron los tornillos utilizando una broca de 7/64” (3.2 mm de Ø) para realizar la guía, y posteriormente meterlos con un desarmador (Figura 14). La velocidad del ensayo fue de 6 mm/min.

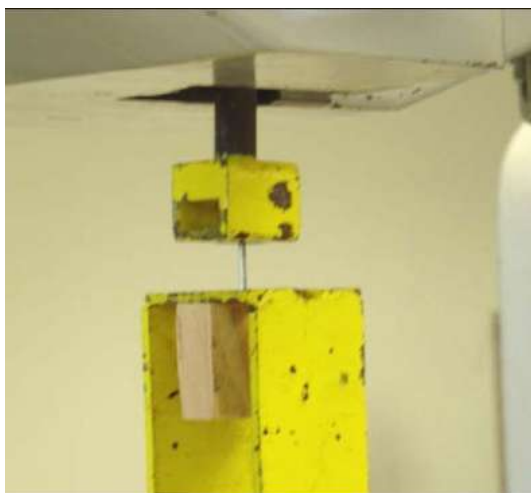


Figura 14. Extracción de tornillos.

## 5.7 Determinación de la adherencia

Para determinar la adherencia de la chapa en los tableros y analizar la calidad del encolado del tablero cuando se expone a condiciones cíclicas de humedecimiento y secado, se utilizaron probetas de 50 x 50 mm x el espesor del tablero (Figura 15), las probetas fueron sumergidas en agua durante 20, 48 y 72 horas, expresándose en porcentaje la delaminación de acuerdo a la norma (NMX-C-439-ONNCCE-2006).



Figura 15. Probetas para la determinación de la delaminación de las chapas.

## 5.8 Dimensiones de los tableros

Los tableros fueron medidos con un vernier y una cinta métrica, se tomaron medidas de los espesores de alrededor del tablero y las longitudes del tablero. Se obtienen los valores del tamaño promedio de los tableros. Este procedimiento es aplicable a tableros enteros de madera contrachapada. Debe utilizarse cada vez que se requiera determinar las dimensiones de los tableros (NMX-C-439-ONNCCE-2006).

## **5.9 Escuadría y peso del tablero**

Se tomaron las medidas de las diagonales con una cinta métrica para determinar la escuadría del tablero.

Se pesaron los tableros en una báscula digital para conocer su peso exacto.

Los tableros deben presentar ángulos rectos en sus cuatro aristas respecto a la superficie del tablero y cantos rectos. Se evalúa lo escuadrado del tablero mediante el uso de una escuadra metálica o midiendo las distancias de las dos esquinas equidistantes en ambos lados del tablero, distancias que deben ser iguales (NMX-C-439-ONNCCE-2006).

## 6. Resultados y discusión

### Absorción de agua

El cuadro 1 muestra la absorción de agua de los tableros evaluados, a 2, 24 y 96 horas. Se puede observar que la absorción de agua aumenta conforme aumenta el tiempo de inmersión. El promedio de absorción a 2 horas fue de 27%, 46% a 24 horas y 66% a 96 horas. Los valores obtenidos en el presente trabajo fueron inferiores a los presentados por Espinoza (2002) quien presenta valores de absorción de agua para un tablero contrachapado a 2 horas de inmersión de 41% y para 24 horas de 53%.

Cuadro 1. Absorción de agua (%) de los tableros enlistonados evaluados.

	2 horas	24 horas	96 horas
Promedio	27.39	46.32	66.79
Desv. estándar	9.41	12.13	13.85
C.V%	34.35	26.18	20.73
Máximo	53.43	72.64	101.69
Mínimo	14.09	29.39	41.41

### Hinchamiento

El hinchamiento del espesor a 2, 24 y 96 horas, por inmersión en agua se presenta en el cuadro 2, donde se puede observar un incremento de 1.78% a 2 horas. Hinchamiento inferior al presentado a 24 y 96 horas. Sin embargo, entre el hinchamiento a 24 y 96 horas, no se presentó diferencia significativa. Comparando



los resultados con los valores reportados por Espinoza (2002) para tablero contrachapado, estos fueron menores tanto a 2 como a 24 horas.

Cuadro 2. Hinchamiento del espesor (%) de los tableros enlistonados.

	2 horas	24 horas	96 horas
Promedio	1.78	3.41	3.82
Desviación estándar	0.70	0.88	0.85
C.V%	39.32	25.74	22.10
Máximo	3.36	5.17	5.43
Mínimo	0.52	2.33	2.58

### Densidad

La densidad de los tableros enlistonados evaluados varió de 0.44 a 0.67 g/cm<sup>3</sup>, como se puede observar en el cuadro 3. La densidad del tablero enlistonado fue muy similar a los valores reportados por Espinoza (2002) para tablero contrachapado y tablero de fibra de densidad media (MDF). Sin embargo, muy inferior al tablero de partículas, tal como se puede observar en la figura 16.

Cuadro 3. Densidad de los tableros enlistonados g/cm<sup>3</sup>

Promedio	0.515
Desviación estándar	0.056
C.V%	10.82
Máximo	0.672
Mínimo	0.447

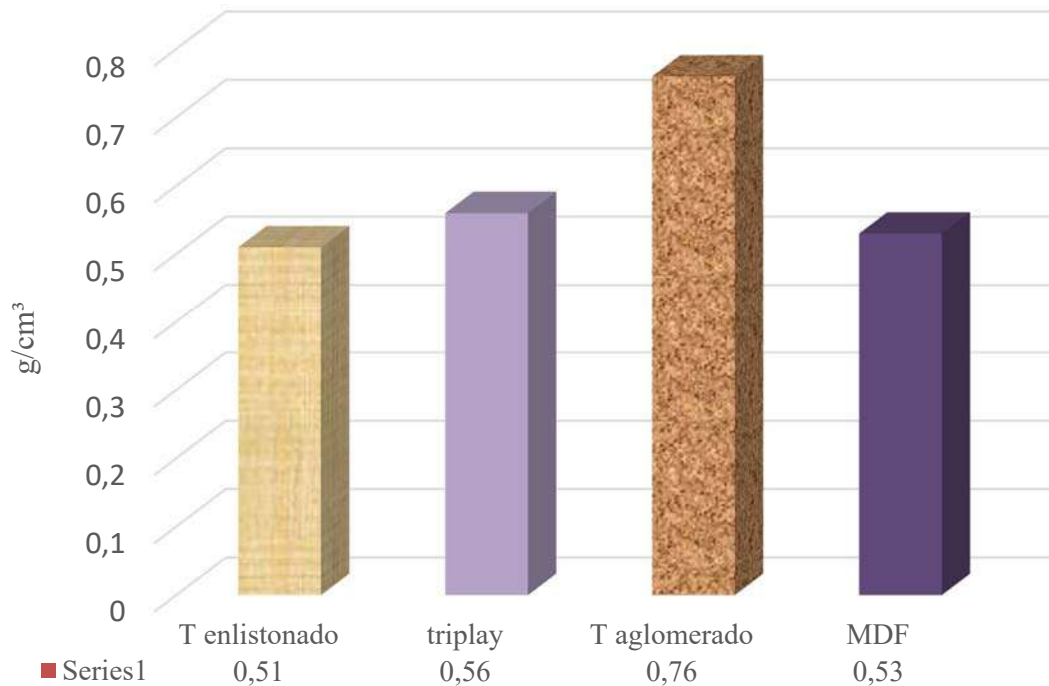


Figura 16. Comparación de la densidad del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera reportados por Espinoza (2002).

### Dureza Janka

La dureza de los tableros enlistonados varió mucho con un coeficiente de variación de 38% y un rango de 166 a 610 kg/cm<sup>2</sup> (cuadro 4). El promedio de dureza del tablero enlistonado evaluado en el presente trabajo, fue ligeramente superior al tablero MDF, inferior al tablero contrachapado y muy por debajo del tablero de partículas, de acuerdo a los valores reportados por Espinoza (2002) y presentados en la figura 17.

Cuadro 4. Dureza Janka de los tableros enlistonados.

Promedio	288.9
Desviación estándar	110.08
C.V%	38.10
Máximo	610
Mínimo	166

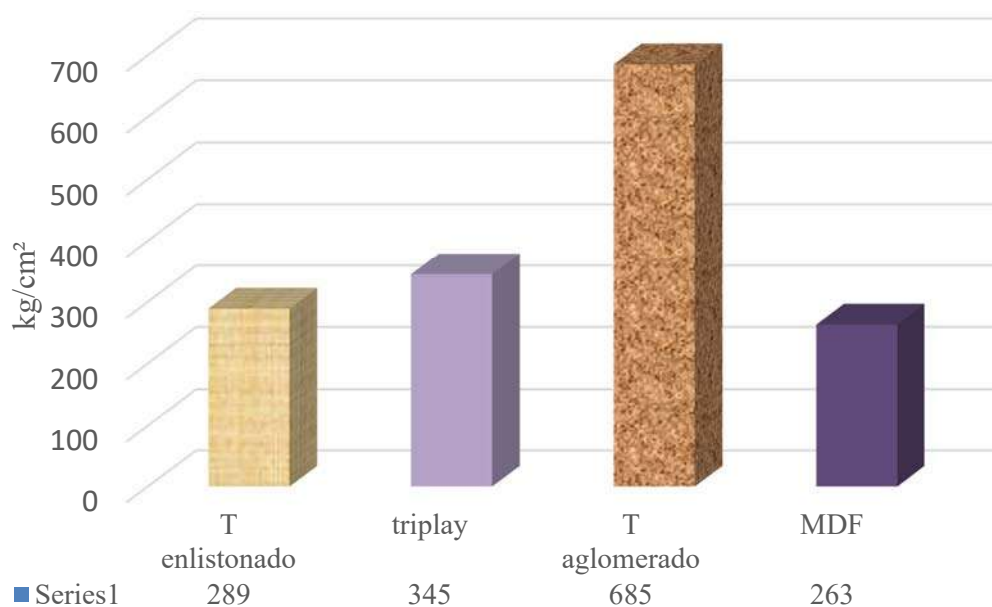


Figura 17. Comparación de la dureza Janka del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera reportados por Espinoza (2002).

## Flexión

En el cuadro 5 se presentan los valores de flexión en el sentido longitudinal y transversal de los tableros evaluados, donde claramente los valores en el sentido longitudinal son superiores a los evaluados en sentido transversal.

Estos valores concuerdan con los presentados por Espinoza (2002) que se presentan en la figura 18 Por otro lado, el valor promedio del MOR de los tableros evaluados fue superior al presentado por Chávez (1985) para tablero contrachapado. Sin embargo, en cuanto al MOE el valor presentado por Chávez (1985) fue superior con 140361 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto al ELP de los tableros enlistonados, estos fueron menores a los reportados por Rubio (2006) que presenta valores de 310 y 301 kg/cm<sup>2</sup>, para tablero enlistonado de 16 y 19 mm de espesor respectivamente.

Cuadro 5. Flexión estática de los tableros enlistonados.

	Longitudinal			Transversal		
	MOR	ELP kg/cm <sup>2</sup>	MOE	MOR	ELP kg/cm <sup>2</sup>	MOE
Promedio	618.53	203.32	133712.76	212.10	33.98	4081.36
Desv. estándar	164.28	52.32	79090.60	30.33	11.03	3321.83
C.V%	26.56	25.73	59.15	14.30	32.48	81.39
Máximo	824.06	285.25	361466.09	312.86	81.12	18448.44
Mínimo	314.90	113.36	57501.65	146.02	23.08	1617.04

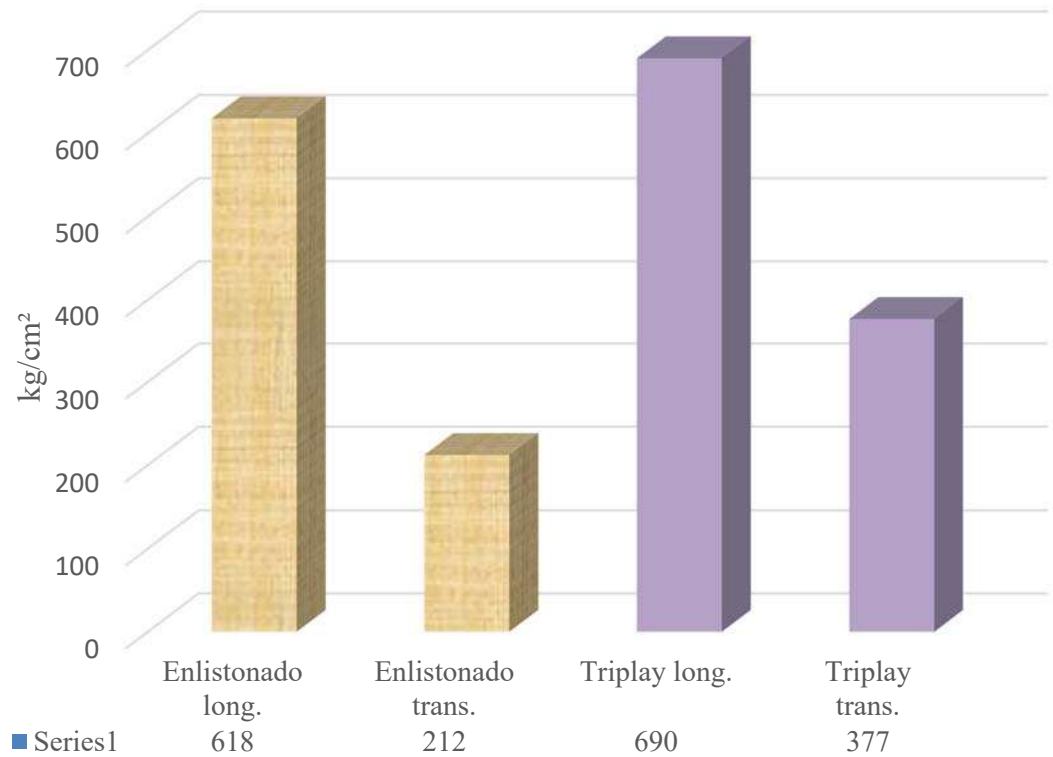


Figura 18. Comparación de la flexión del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera reportados por Espinoza (2002).

### Extracción de tornillos

Los resultados de la extracción de tornillos se presentan en el cuadro 6 donde podemos observar que los valores van de 166 a 340 kg. El promedio de los tableros enlistonados (261 kg) fue superior al de los tableros contrachapado, partículas y MDF, presentados por Espinoza (2002), tal y como se puede observar en la figura 19.

Cuadro 6. Extracción de tornillos (kg) en los tableros enlistonados.

Promedio	261.65
Desviación estándar	50.96
C.V%	19.47
Máximo	340
Mínimo	166

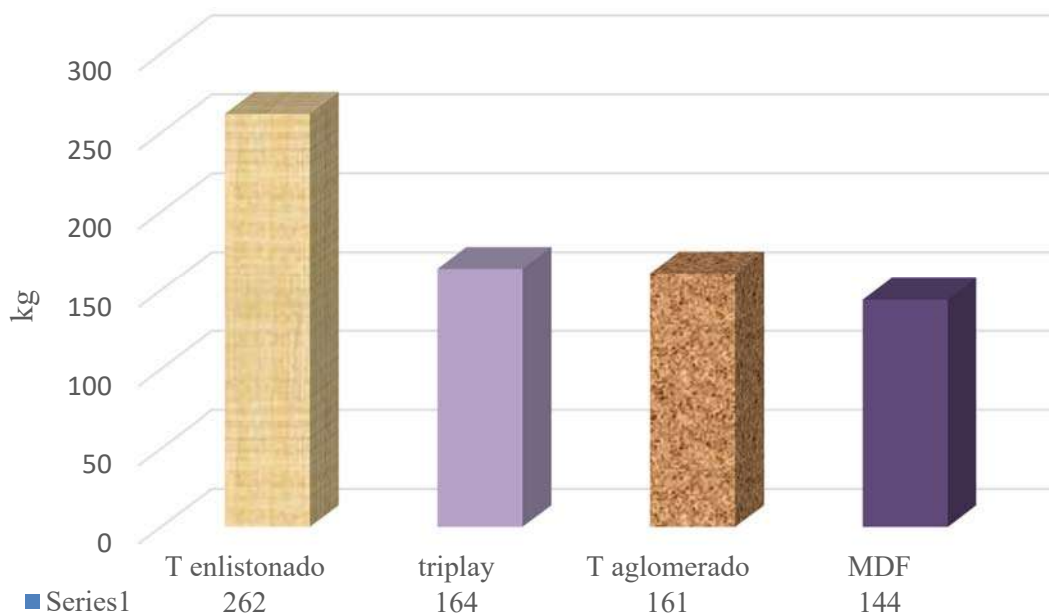


Figura 19. Comparación de la extracción de tornillos del tablero enlistonado con otros tableros a base de madera reportados por Espinoza (2002).

## Delaminación

En el cuadro 7 podemos observar los valores del ensayo de delaminación para los tableros enlistonados a 20, 48 y 72 horas de inmersión en agua. Donde podemos observar que no hay mucha diferencia por la cantidad de horas de inmersión. Sin embargo, podemos observar que hay gran diferencia de delaminación de acuerdo al sentido de las capas del tablero, donde se pudo observar una mayor delaminación a lo largo del tablero (Figura 20) y menor a en sentido transversal al tablero (Figura 21).

Cuadro 7. Adherencia de las chapas.

	De laminación 20 horas (%)		De laminación 48 horas (%)		De laminación 72 horas (%)	
	Largo transversal		Largo transversal		Largo transversal	
Promedio	2.11	0.145	1.84	0.12	1.81	0.12
Máximo	2.9	0.22	2.95	0.24	2.97	0.25
Mínimo	1.19	0.09	1.04	0.05	1.06	0.03



Figura 20. Delaminación vista a lo largo del tablero.



Figura 21. Delaminación vista en el sentido transversal del tablero.

## Dimensiones y peso de los tableros enlistonados

Las dimensiones y el peso de los tableros enlistonados se presentan en el cuadro 8. Se puede observar que no hay gran variación en sus dimensiones en cuanto al espesor, ancho y largo; así como en la medición de las diagonales de cada tablero. Por el otro lado, el peso del tablero si presentó variaciones, lo que pudiera deberse a la presencia de algunos defectos como nudos en algunos de los listones, a diferencia de contenido de humedad o a densidad de la madera.

Cuadro 8. Dimensiones y peso de los tableros enlistonados evaluados.

	Espesor cm	Ancho cm	Largo cm	Variación en Diagonal cm	Peso kg
Promedio	3.86	50.92	120.88	-0.0333	13.26
Desv. estándar	0.02	0.04	0.04	0.08	0.70
C.V%	0.54	0.08	0.01	0	5.29
Máximo	3.92	51	120.9	0.1	14.735
Mínimo	3.83	50.9	120.8	-0.2	11.915



## 7. Conclusiones y recomendaciones

1. El tablero enlistonado presentó un mejor comportamiento al agua que el tablero contrachapado reportado por Espinoza (2002), al presentar menor absorción de agua y un menor hinchamiento del espesor.
2. El tablero enlistonado presento una densidad de  $0.515 \text{ g/cm}^3$ , y una dureza de  $289 \text{ kg/cm}^2$ , las cuales se clasifican de acuerdo a Echenique y Plumptre (1994) como media y baja respectivamente.
3. Los ensayos a la flexión, mostraron que la resistencia a este esfuerzo es muy similar a los tableros contrachapados comerciales (Espinoza, 2002) y que hay gran diferencia cuando se evalúa en el sentido longitudinal o en el sentido transversal. En cuanto al sentido longitudinal se presentó un MOR de 618.5, un ELP de 203.3 y un MOE de  $133712.7 \text{ kg/cm}^2$ . Mientras que en el sentido transversal, los valores fueron un MOR de 212.1, un ELP 33.9 y un MOE de  $4081.3 \text{ kg/cm}^2$ .
4. El tablero enlistonado presentó una resistencia a la extracción de tornillos de 261.6 kg mejor que otros tableros a base de madera (Espinoza 2002), pudiendo ser explicado este aumento de la resistencia a la mayor proporción de madera sólida en el centro del tablero enlistonado.
5. El tablero enlistonado evaluado presentó una buena escuadría al tener dimensiones uniformes y con poca delaminación en sus capas.
6. Al observar que los tableros enlistonados presentaron algunas manchas en la superficie, se recomienda tener más cuidado en el secado de la chapas, así como en el manejo y almacenamiento de los tableros

## 8. Bibliografía

- ASTM D 1037. Standard test Methods for Evaluating Properties of Wood-Based Fiber and Particle Panel Materials.
- Baldwin R.F. (1995). Plywood and veneer-based products. Manufacturing practices. Forest products society. Madison, Wisconsin. 388 pp.
- Echenique–Manrique, R.; Plumptre, R.A. (1994). Guía para el uso de Maderas de Belice y México. Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A. C., Universidad de Oxford. Oxford. 196 pp.
- Espinoza Herrera R. (2002). Elaboración y evaluación de un tablero a base de yeso y partículas de madera y su confrontación con otros tableros. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich., México.
- Estrada S, G, R, (1990). Obtención de chapa por medio de desenrollo. Tesina de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Mich. México.
- Fernández-Villegas F. y Echenique- Manrique R. (1983). Estructuras de madera. Ed. Limusa. 367 pp.
- García E, L., Guindeo C, A., Peraza O, C y Palacios P, P. (2002). La madera y su Tecnología. Madrid, España: Asociación de Investigación de Técnica de las Industrias de la Madera (AITIM)
- Grigoriev M.A. (1985). Estudio de Materiales, para ebanistas y carpinteros. Ed. MIR Moscú. 247 pp.
- Chávez G, A. (1985). Análisis de las propiedades Mecánicas de Flexión Estática de tableros contrachapados de pino. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich., México.

ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.) (2006) Norma mexicana NMX-C-438-ONNCCE-2006. "Industria de la construcción -tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas - clasificación y especificaciones" Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación, s.c.

ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.) (2006) Norma mexicana NMX-C-439-ONNCCE-2006. "industria de la construcción tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas-propiedades físicas-métodos de ensayo"

ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.) (2006) Norma mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006. "industria de la construcción tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas-propiedades mecánicas-métodos de ensayo"

Rubio J, M, A. (2006). Determinación de las propiedades físico-mecánicas del triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de triplay, enchapados. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Mich.

Rangel T, J, A. (1987). Diseño y fabricación de tableros contrachapados para usarse en construcciones ligeras y determinación de sus especificaciones de comportamiento. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Mich.

Vignote P, S. y Martínez R, I. (2006). Tecnología de la madera. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. 687 pp.

Young R. A. (1991). Introducción a las ciencias forestales. Ed. Limusa. 632 pp.

Zamudio S. E. (1986). Manual de la Industria Maderera. Universidad Autónoma Chapingo. 389 pp.

## 9. Anexo

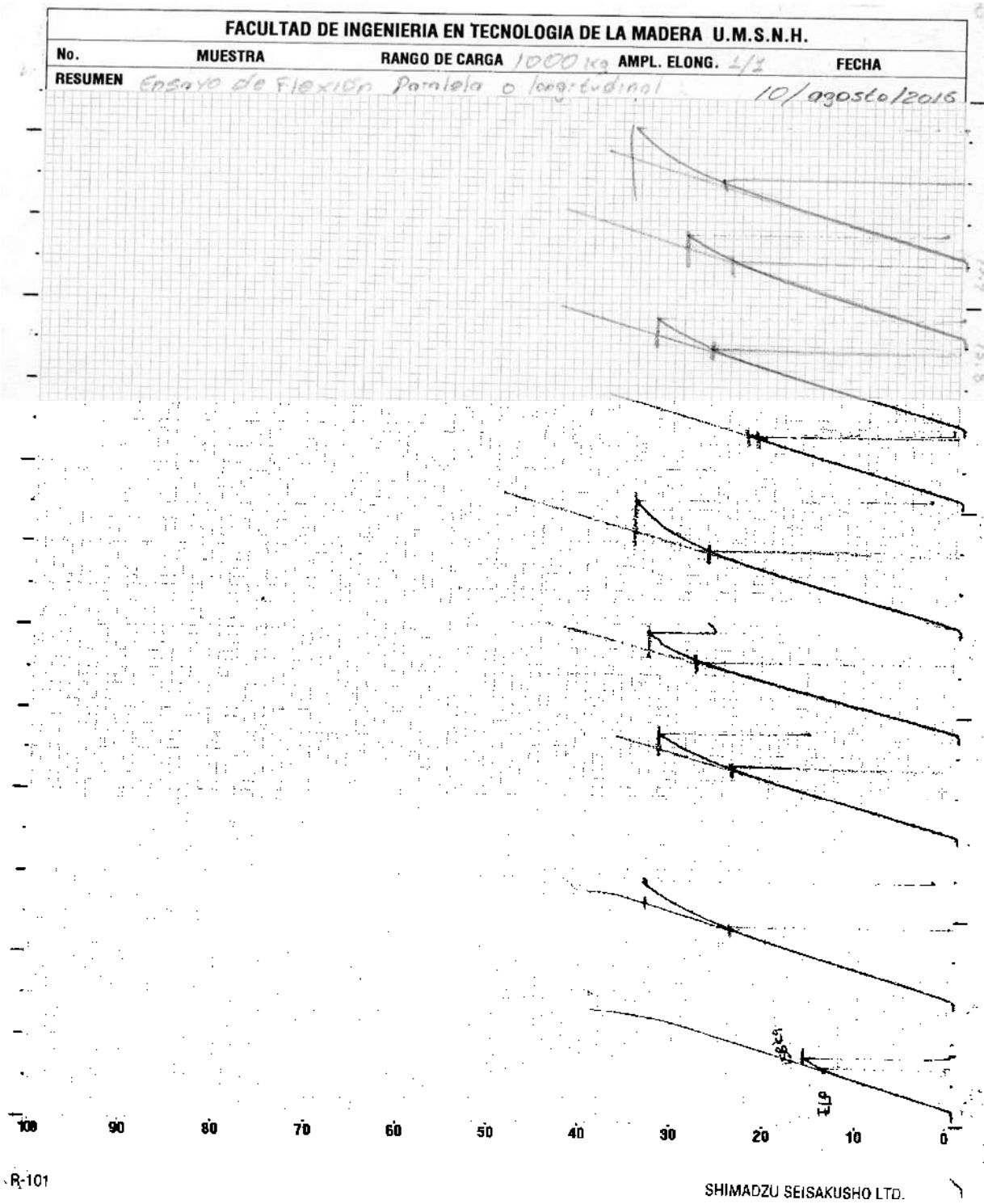


Figura 22. Ensayo de flexión longitudinal

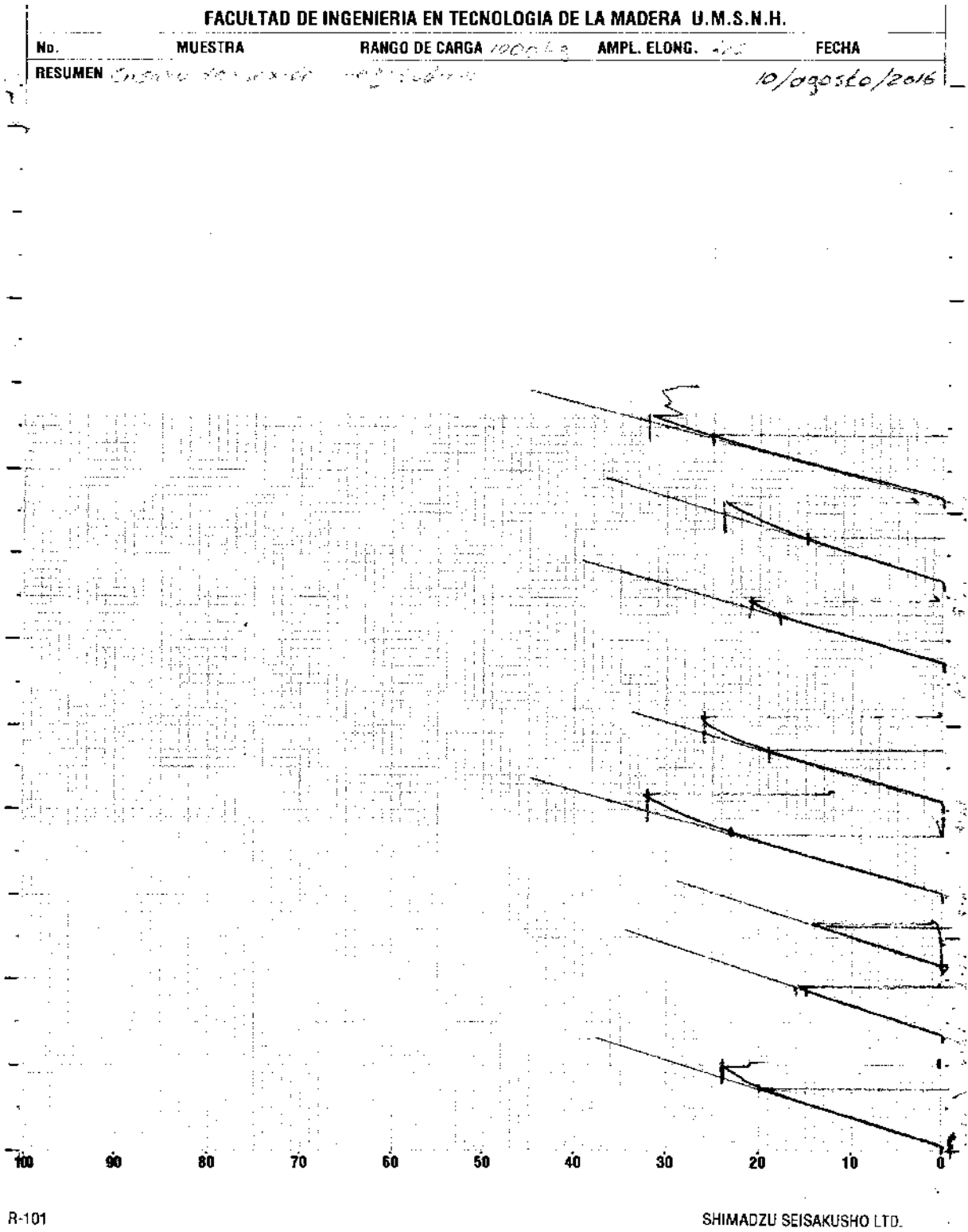


Figura 22. Ensayo de flexión longitudinal

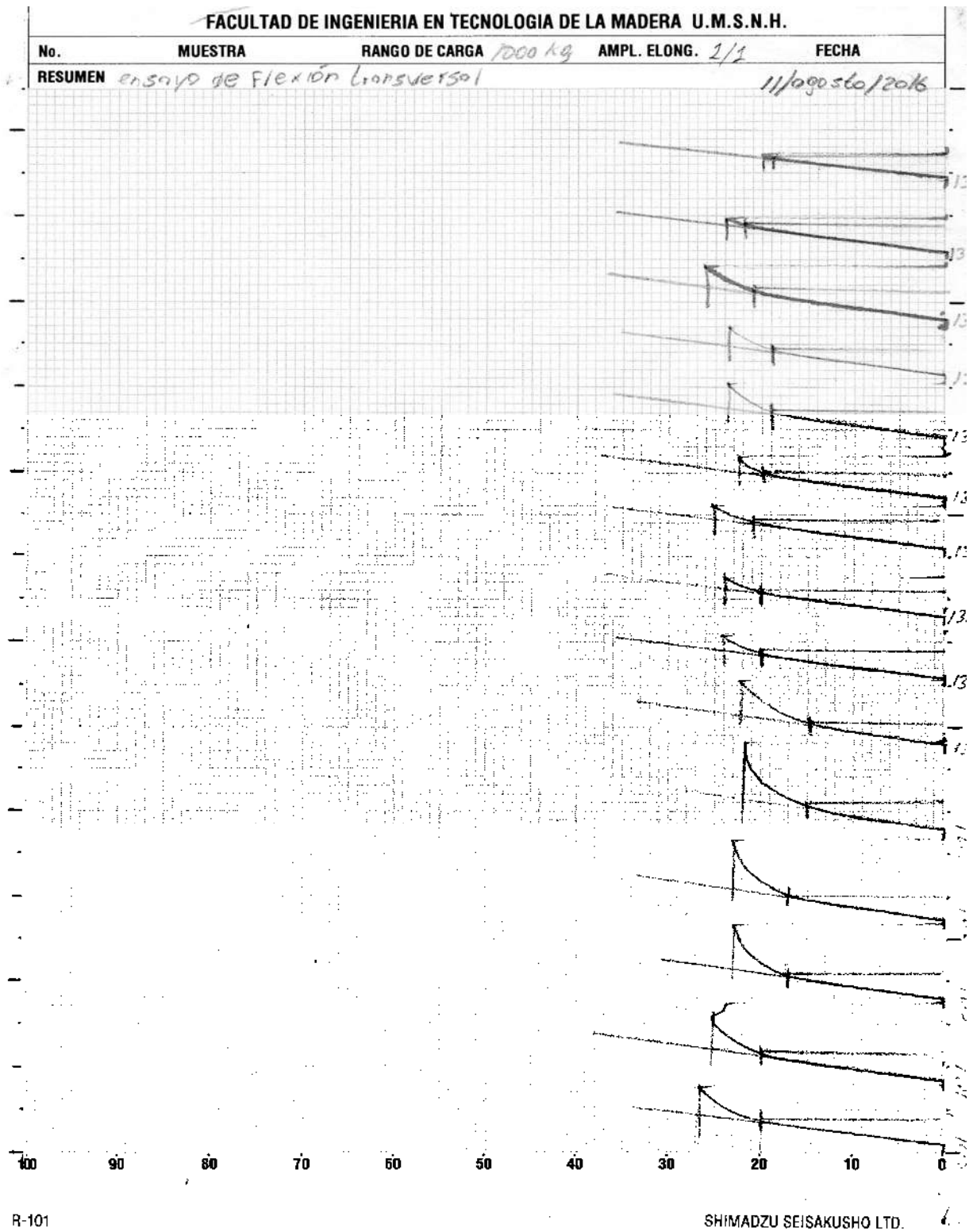


Figura 23. Ensayo de flexión transversal

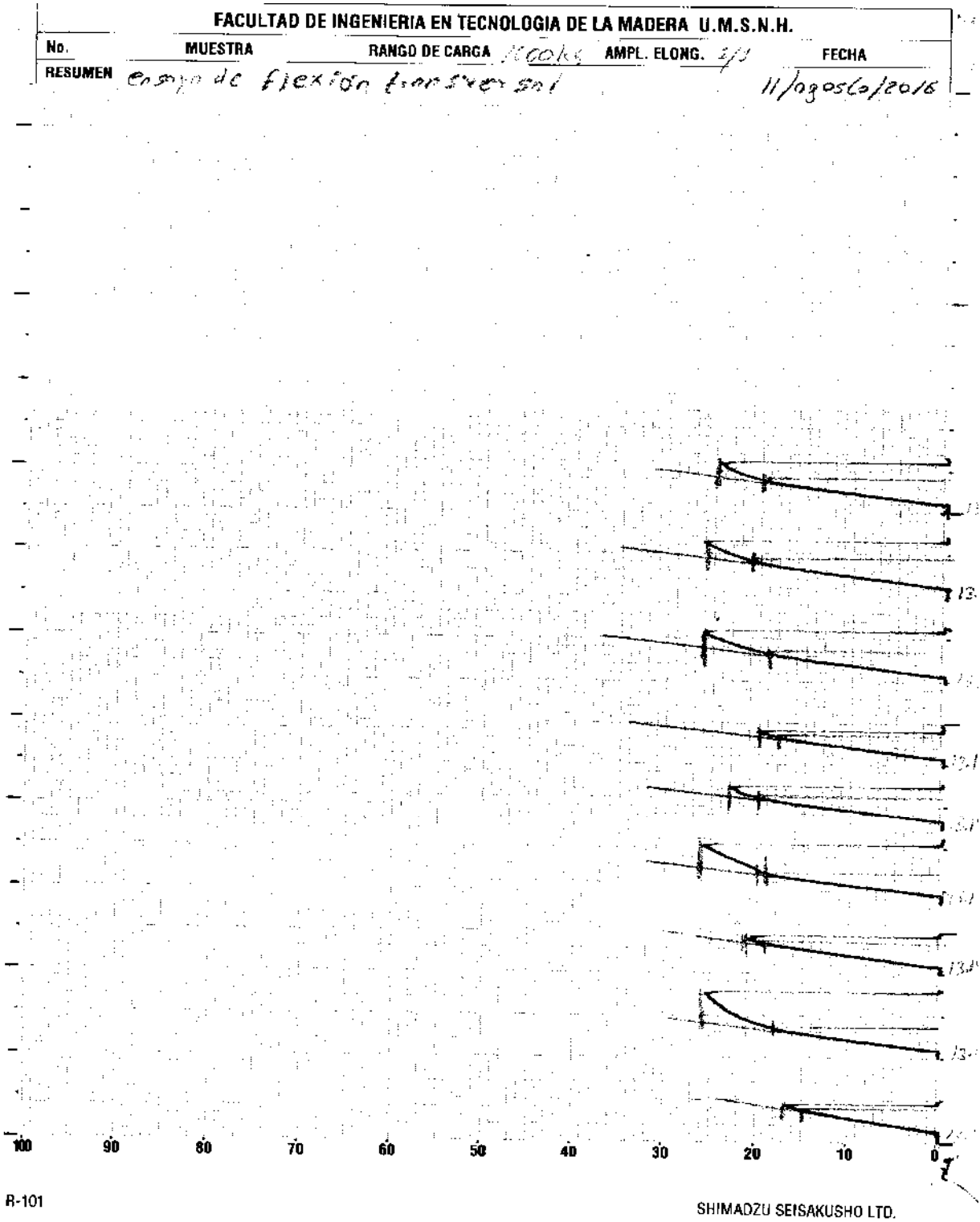


Figura 23. Ensayo de flexión transversal