



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas de bambú (*Chusquea culeou* Desv.) con un agente biocida**

Patrocinante: Sr. Hernán Poblete W.

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero en Maderas.**

**HERNÁN ALEJANDRO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**

VALDIVIA  
2008

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Hernán Poblete W.	5,9
Informante:	Sr. Aldo Rolleri S.	5,0
Informante:	Sr. Roberto Juacida L.	5,2

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sr. Hernán Poblete W

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma participaron en el desarrollo de este trabajo y en mi formación académica. Quiero destacar la participación de los docentes y académicos del Instituto de Tecnología de Productos Forestales, y en especial a mi profesor patrocinante, Don Hernán Poblete.

A mi familia y amigos por su constante apoyo.

A todos ellos muchas gracias.

*Dedicado a mi familia.*

## INDICE DE MATERIAS

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO	2
2.1 El bambú como recurso	2
2.2 Resistencia al biodeterioro de colihue y quila	2
2.2.1 Pérdida de masa por <i>Gloeophyllum trabeum</i>	3
2.2.2 Pérdida de masa por <i>Poria placenta</i> .	3
2.2.3 Pérdida de masa alcanzada por quila y colihue en comparación con algunas especies que crecen en Chile.	4
2.3 Fabricación de tableros de partículas con bambusáceas chilenas	5
2.4 Efecto de la incorporación de preservante en las propiedades mecánicas y físicas de los tableros de partículas	6
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
3.1 Material	7
3.1.1 Astillas	7
3.1.2 Adhesivo	7
3.1.3 Preservante	7
3.2 Método	7
3.2.1 Caracterización de las partículas	7
3.2.2 Variables y parámetros en la fabricación de los tableros	7
3.2.3 Propiedades físicas y mecánicas	8
3.2.4 Determinación del valor de pH y viscosidad del adhesivo	9
3.2.5 Distribución de las probetas en el tablero	9
3.2.6 Procedimiento de análisis de datos	10

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1	Caracterización de las partículas	11
4.2	Efecto del preservante en el pH y viscosidad del adhesivo.	12
4.3	Efecto del preservante en el módulo de rotura (MOR).	13
4.4	Efecto del preservante en la tracción perpendicular.	14
4.5	Efecto del preservante en el hinchamiento a 2 y 24 horas.	15
4.6	Efecto del preservante en la absorción de agua a 2 y 24 horas.	18
5.	CONCLUSIONES	22
6.	BIBLIOGRAFÍA	23

## ANEXOS

1. Abstract.
2. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para flexión (MOR).
3. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para tracción perpendicular al plano del tablero.
4. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para hinchamiento a 2 horas.
5. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para hinchamiento a 24 horas.
6. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para la absorción de agua a 2 horas.
7. Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para la absorción de agua a 24 horas.

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del trabajo fue determinar algunas características físicas y químicas del adhesivo, propiedades mecánicas y físicas de los tableros de partículas de *Chusquea culeou* y evaluar el comportamiento que presenta respecto a la inclusión del preservante LP 15582 en los porcentajes; 0%, 0,33%, 0,66%, 1% y 1,33% del peso de las partículas.

En el adhesivo se evaluaron las características pH y viscosidad. En los tableros se determinaron las propiedades mecánicas; tracción y módulo de rotura. Las propiedades físicas evaluadas fueron el hinchamiento y la absorción de agua.

Los resultados demostraron que para el caso del pH no hay un efecto significativo de la adición del preservante. A medida que aumenta la concentración del preservante disminuye la viscosidad. Para el caso de las propiedades físicas y mecánicas, no se presentan diferencias significativas atribuibles a un aumento de la concentración del preservante en las concentraciones estudiadas.

Palabras clave: *tableros de partículas de Chusquea culeou, preservante LP 15582, propiedades mecánicas y físicas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Chile cuenta a lo menos con 11 especies de bambú autóctonas, que cubren extensas áreas. Sin embargo su uso a sido marginal, a diferencia de países de Asia en donde al bambú se le a denominado como “La Madera del tercer Milenio” por su rapidez de crecimiento y versatilidad en sus usos, un ejemplo es China que utiliza el bambú para la confección de más de 1.500 productos diferentes, desde brotes comestibles para humanos, pasando por toda la gama de productos medicinales, utensilios domésticos, pulpa de papel y muchos otros.

Por este motivo la Universidad Austral de Chile en conjunto con otras instituciones, han realizado investigaciones y propuestas de desarrollo sobre el bambú autóctono en forma sistemática para lograr aprovechar el gran potencial de utilización de los bambúes chilenos y así lograr integrara a Chile al comercio mundial del bambú que mueve alrededor de US\$ (millones) 7000.

Una de las utilidades del bambú chileno es en la fabricación de tableros de partículas. Sin embargo en los ambientes en los que se utilizan los tableros de partículas están sometidos al ataque de diferentes agentes patógenos que disminuyen su vida útil.

Por las razones anteriores este trabajo plantea la necesidad de efectuar el presente estudio, cuyo objetivo principal es determinar la factibilidad técnica de fabricar tableros de partículas de colihue (*Chusquea culeou*) incorporando un agente biocida en el adhesivo.

Para lograr dichos objetivos se plantearon los siguientes objetivos específicos.

- Determinar el efecto del biocida sobre algunas características físicas y químicas del adhesivo.
- Determinar el efecto del biocida sobre las propiedades mecánicas: flexión y tracción de los tableros, comparando con tableros sin tratamiento.
- Determinar el efecto del biocida sobre las propiedades físicas: hinchamiento y absorción de agua de los tableros, comparando con tableros sin tratamiento.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 El bambú como recurso

Existen en Chile a lo menos 11 especies de bambú autóctonas, todas del género *Chusquea*. Las más abundantes son *Chusquea culeou* Desv. (colihue) y *Chusquea quila* Kunth. (quila). En general la población no las reconoce como bambú y desconoce el hecho que exista bambú en el país, teniendo la idea generalizada de que el bambú es siempre hueco y crece en zonas tropicales. Aun hoy está pendiente la necesidad de reclasificar nuestras especies con métodos que den certeza de su clasificación.

Los bambúes que crecen en Chile son todos sólidos y crecen en climas templados a fríos, desde la zona de Valparaíso, V región, hasta la Patagonia, XI región. Estas especies tienen su mayor concentración en las regiones IX a XI, presentándose en formaciones asociadas al bosque nativo o en claros, tanto en la cordillera de los andes como en la cordillera de la costa y en los valles intermedios.

En Chile, ante la abundancia de bosques madereros y plantaciones forestales, la utilización del bambú ha sido marginal, a pesar de existir extensas áreas cubiertas con esta especie de altísima tasa de crecimiento (Campos *et al.*, 2003).

En general, se puede aseverar que el bambú autóctono es un recurso con un alto potencial ambiental y socioeconómico para Chile. Para lograr su aprovechamiento sustentable se requiere de la utilización de técnicas silvícolas apropiadas, aún no plenamente desarrolladas.

La extracción tradicional de bambú en Chile se ha realizado sin la aplicación de criterios silviculturales.

El uso actual de varas de colihue y quila ha permitido conocer los agentes de daño asociados a estas especies, que descalifican los culmos como materia prima, inutilizándolos. En análisis de laboratorio aproximadamente un 60% de las varas cosechadas se registran como atacadas por insectos (Campos *et al.*, 2003). Sin embargo, la alta productividad en biomasa de estas especies les otorga posibilidades en la fabricación de productos que usan biomasa, celulosa, papel, tableros de partículas (Campos *et al.*, 2003).

### 2.2 Resistencia al biodeterioro de colihue y quila

En el estudio de Campos *et al.* (2003) se trabajó en la determinación de la resistencia de colihue y quila frente a los hongos de pudrición *Gloeophyllum trabeum* y *Poria placenta*, y en la detección de diferencias de durabilidad en zonas de nodos e

internodos, en culmos con dos tipos de diámetro, 25mm (gruesos) y 15mm (delgados).

### 2.2.1 Pérdida de masa por *Gloeophyllum trabeum*

A continuación se comentan brevemente los resultados obtenidos por Campos *et al.*, (2003) en los ensayos de durabilidad de las bambusáceas chilenas ante el ataque de *Gloeophyllum trabeum*. Parte de los resultados se presentan en la figura 1.

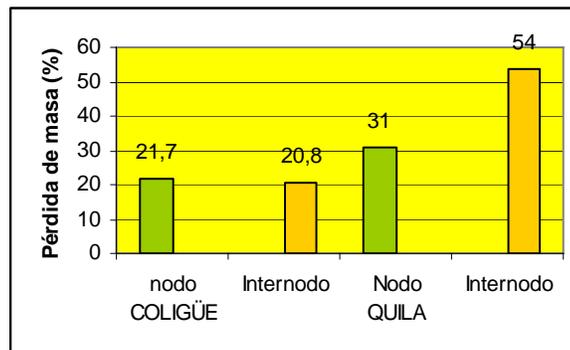


FIGURA 1: Deterioro frente al hongo *Gloeophyllum trabeum* de colihue y quila gruesos

Las probetas de colihue de mayor y menor diámetro, presentan pérdidas de peso muy similares, entre 20% a 25%, tanto para la zona de nodos, como para la de internodos, clasificándose como resistente; mientras quila presenta en la zona de nodos una pérdida de masa entre 20% y 32% clasificándose como moderadamente resistente. En la zona de internodo la pérdida de masa fue de 36% a 54% clasificándose como no resistente.

En el material delgado, la tendencia en el deterioro se mantiene, es decir es mayor en quila que en colihue (Campos *et al.*, 2003)

### 2.2.2 Pérdida de masa por *Poria placenta*.

Los resultados de Campos *et al.* (2003) sobre la resistencia al ataque de *Poria placenta* se presentan resumidos en la figura 2.

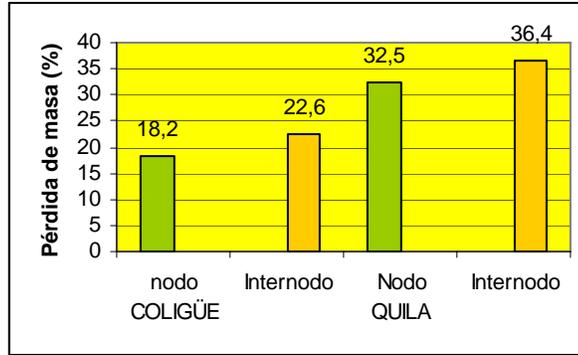


FIGURA 2: Deterioro frente al ataque de *Poria placenta* en colihue y quila gruesos

Frente al hongo *Poria placenta*, colihue alcanzó valores entre 18% a 23% de pérdida de peso, clasificándose como resistente, en quila su pérdida de masa esta entre 20% a 40%, clasificándola como moderadamente resistente.

La pérdida de masa en quila es mayor en la zona de internodos. Presenta una variación desde un máximo de 85.4 % a un mínimo de 8.6 %, mientras que en colihue los valores obtenidos en la zona de internodos aumenta su dispersión con una media mayor.

Las pérdidas de masa en quila y colihue delgados, tienen una tendencia muy parecida, es decir la pérdida de masa es mayor en quila (Campos *et al.*, 2003).

### 2.2.3 Pérdida de masa alcanzada por quila y colihue en comparación con algunas especies que crecen en Chile.

Con el objeto de dimensionar la importancia del ataque de estos hongos se realizó una comparación con otras especies leñosas. Estos resultados se presentan en la figura 3 (Campos *et al.*, 2003).

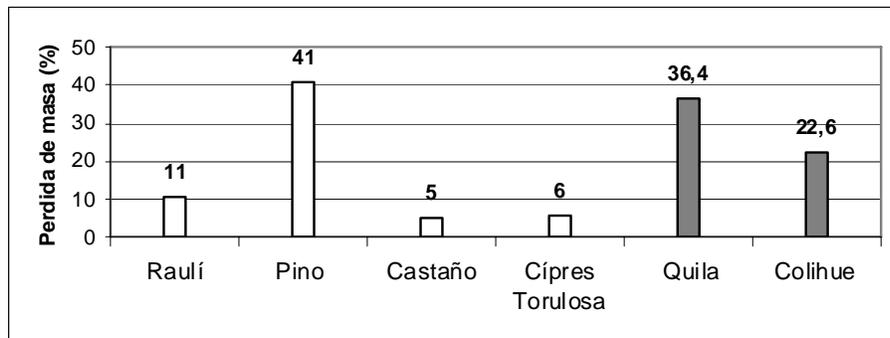


FIGURA 3: Deterioro de especies arbóreas y bambusáceas frente al ataque de *Poria placenta*

Al comparar la pérdida de masa alcanzada por quila, con la de algunas especies que crecen en Chile, se puede apreciar que pino insigne tiene una magnitud de deterioro similar a la de quila. En tanto colihue presenta la mitad de pérdida de masa que pino insigne. Ambos bambúes presentan mayor pérdida de masa que raulí, castaño y ciprés (Campos *et al.*, 2003).

### **2.3 Fabricación de tableros de partículas con bambusáceas chilenas**

En un trabajo presentado por Rijo (1987) en el que se estudió la inclusión de colihue en la fabricación de tableros de partículas, determinándose la densidad de tablero más adecuada para la especie y el contenido óptimo de adhesivo. En el estudio de Rijo (1987) se varió la densidad entre 450 kg/m<sup>3</sup> y 750 kg/m<sup>3</sup> y la cantidad de adhesivo en un rango que fluctuó entre 6 y 10%. Se concluye que dadas las características químicas y físicas, es técnicamente factible incluir colihue en la elaboración de tableros de partículas.

En un estudio realizado posteriormente en el que se fabrican tableros de partículas de una y tres capas con Colihue, se concluye que es posible producir técnicamente con propiedades que cumplen con las exigencias de las normas (Campos *et al.*, 2003).

No se conocen otros estudios publicados que incluyan al colihue o la quila como materia prima para la fabricación de tableros de partículas.

Según Rijo (1987) las propiedades mecánicas resistencia a la flexión y resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero presentan una alta correlación con la densidad del panel.

Cuando la densidad del tablero es superior a 700 kg/m<sup>3</sup> se cumple con los requisitos de la norma DIN 68761 para flexión. Al aumentar la cantidad de adhesivo a 8%, la densidad puede disminuirse a 600 kg/m<sup>3</sup>. La propiedad física hinchamiento no mostró correlación con la densidad del tablero, en tanto que la absorción de agua si mostró una alta correlación con la densidad, mejorando con un aumento del contenido de adhesivo (Rijo, 1987).

Un aumento del nivel de resina en el tablero, se traduce en un mejoramiento de las propiedades mecánicas principalmente la resistencia a la tracción.

Los tableros elaborados cumplen con los requisitos impuestos por la norma DIN 68761 para tracción, en todos los niveles de adhesivo estudiados (6, 7, 8, 9 y 10%), siempre que la densidad sea superior a 600 kg/m<sup>3</sup>. La densidad puede disminuirse a 500 kg/m<sup>3</sup> cuando el nivel de adhesivo es igual o superior a 7%, calculado en base al peso anhidro de las virutas (Rijo, 1987).

Campos *et al.* (2003) concluyen que la resistencia a la flexión de dos tipos de tableros (con una y tres capas) son altas y superan en más de un 50% a las

exigencias de la norma DIN 68761. Esto se debe en parte a la forma de las partículas y a la estructura rígida de las mismas.

En tracción perpendicular los valores de los tableros de tres capas son mayores a lo exigido por DIN pero cercanos al límite. La resistencia a la tracción de los tableros de una capa, con 0,9 N/mm<sup>2</sup>, es casi el doble de lo requerido (Campos *et al.*, 2003).

La norma aplicada por Campos *et al.* (2003) no presenta exigencias de hinchamiento y absorción para un tratamiento de 24 horas. Pese a ello, dados los excelentes resultados obtenidos a 2 horas, este ensayo se efectuó a modo de control. Vale mencionar que con otros tipos de tableros, la norma DIN exige 16% de hinchamiento a las 24 horas mientras que los fabricados con bambusáceas registran 12%.

#### **2.4 Efecto de la incorporación de preservante en las propiedades mecánicas y físicas de los tableros de partículas**

Vidal (1980) fabricó, en el laboratorio del Departamento Tecnología e industria de la madera de la Universidad Austral de Chile, tableros de partículas de *Pinus radiata* D.Don. de densidad media (600 kg/m<sup>3</sup>), con tres capas, utilizando resina urea-formaldehído y preservados con muestras de 5 preservantes que se conocían en el mercado como protectores contra insectos xilófagos y hongos: (1) Basileum SI, (2) Basileum SPI, (3) Xyligen CE 5046 TF, (4) Xyligen CE 5021 TF, y (5) Pentaclorofenato de sodio. El ensayo de Vidal (1980) se centró en la resistencia al ataque con termitas.

Se concluye que la propiedad mecánica flexión no sufre variación en tableros preservados con los 5 preservantes en los niveles tratados, comparados con los testigos. La resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero fue notoriamente afectada por la inclusión de preservantes, disminuyendo esta propiedad. La incidencia fue mayor cuando se incorporó en los tableros el preservante 5, al reducir en un 50 % los valores de resistencia.

Los tableros tratados con el preservante 1 y el preservante 2 tenían un hinchamiento normal en 2 y 24 horas; los preservados con preservante 3 y el preservante 4, presentaron valores 2% mayor que los obtenidos en tableros testigos y los preservados con el preservante 5 un hinchamiento 7% superior a los testigos.

Los tableros de partículas testigos (sin tratar) fueron severamente atacados por termitos de madera seca. Todos los preservantes usados brindaron una efectiva protección (Vidal, 1980).

La única experiencia realizada en Chile con tableros de bambusáceas y preservantes, se realizó a nivel de laboratorio en la Universidad Austral de Chile, y los resultados se encuentran como informe de práctico, no se encuentran publicados.

### **3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Material**

##### *3.1.1 Astillas*

Para este estudio se utilizó como material lignocelulósico partículas provenientes de culmos de colihue (*Chusquea culeou* Desv.) recolectados en la zona de Neltume, Xª Región de Los Lagos, Chile.

##### *3.1.2 Adhesivo*

El adhesivo empleado fue Fenolformaldehido, en solución al 50% de sólidos. El adhesivo fue aportado por Oxiquim S.A.

##### *3.1.3 Preservante*

El producto químico que se utilizó es LP 15582, preservante para tableros preparado por Dr. Wolman GMBH, empresa del grupo BASF de Alemania.

#### **3.2 Método**

##### *3.2.1 Caracterización de las partículas*

Para la caracterización de las partículas se tamizó una muestra con un set de cinco tamices (4,0 - 2,8 - 2,0 - 1,0 y < a 1 mm). De ellas se tomaron al azar 30 partículas, se les midió el largo y espesor para determinar con los valores promedios, el coeficiente de esbeltez (CE). Estos valores, ponderados por la participación porcentual en peso de cada clase de tamaño, permitieron determinar los promedios ponderados de largo, espesor y coeficiente de esbeltez.

##### *3.2.2 Variables y parámetros en la fabricación de los tableros*

El material fue transformado en partículas mediante un molino de anillos con cuchillos marca PALMAN, modelo PZ- 6.

Las partículas fueron secadas en un secador marca HERAEUS, modelo TU-h2, hasta un contenido de humedad aproximado de 4%.

Las partículas fueron tamizadas para separarlas en dos fracciones. De este modo la fracción más gruesa se dispuso para la capa media y la más fina para la capa externa.

Los tableros se fabricaron con una proporción de capa externa/capa media de 40/60, con un espesor de 16 mm y una densidad de 600 kg/m<sup>3</sup>.

Las partículas fueron encoladas con un contenido de adhesivo de 10% de resina seca referido al peso anhidro de las partículas destinadas a las caras y el 7% para aquellas destinadas a la capa media del tablero. Por lo tanto debido a la relación entre capa externa y capa media el factor de encolado fue de 8,2%.

Estos valores fueron escogidos de acuerdo a lo recomendado en la literatura y teniendo en cuenta los valores usuales a nivel industrial en Chile.

La dosificación del preservante fue de 0,33; 0,66; 1,00; 1,33% del peso seco de las partículas. Se incluyó un testigo, sin adición de preservante. El preservante fue incluido en el adhesivo.

El proceso de prensado se efectuó en una prensa marca BURKLE, modelo LA-160, de acuerdo con el diagrama que se presenta en al figura 4.

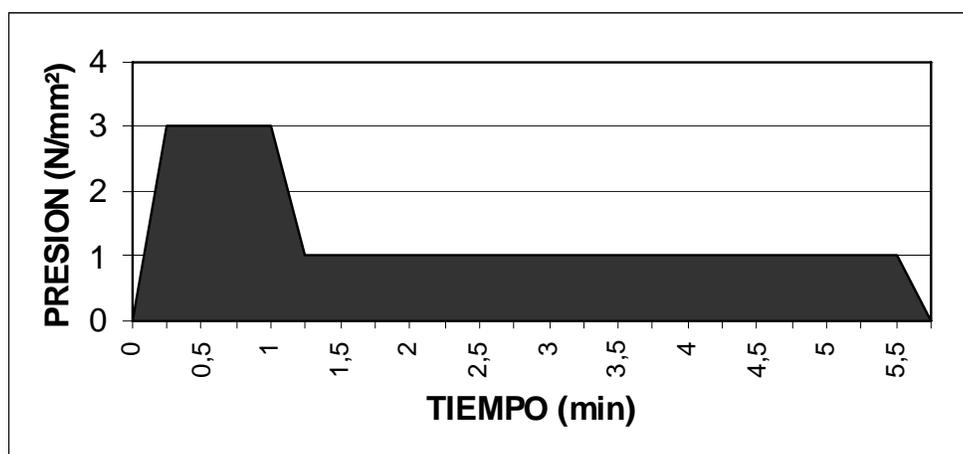


FIGURA 4: Ciclo de prensado con 200 °C en los platos de la prensa

### 3.2.3 Propiedades físicas y mecánicas

Con los tableros confeccionados se obtuvieron probetas para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de acuerdo con las normas que se mencionan a continuación:

- Resistencia a la flexión (modulo de rotura): EN 310

- Resistencia a la tracción perpendicular al plano del tablero: EN 319
- Densidad: EN323
- Hinchamiento: EN 317
- Absorción de agua: determinada según ASTM 1037, en probeta EN 317.

### 3.2.4 Determinación del valor de pH y viscosidad del adhesivo

Con el objetivo de observar el efecto del preservante en el comportamiento del adhesivo, se efectuaron mediciones del pH y viscosidad del adhesivo, para los distintos porcentajes de preservante. (Testigo, 0,33%, 0,66%, 1,00%, 1,33%).

La viscosidad se determinó con copa Ford. De acuerdo a la norma DIN 53211. y el pH se determinó con pH-metro.

### 3.2.5 Distribución de las probetas en el tablero

Para la obtención de las probetas que, según la norma DIN, deben representar a todo el tablero se utilizó una matriz que permite una individualización y ubicación similar de cada probeta dentro del tablero. El esquema de distribución de la matriz corresponde al que se muestra en la figura 5.

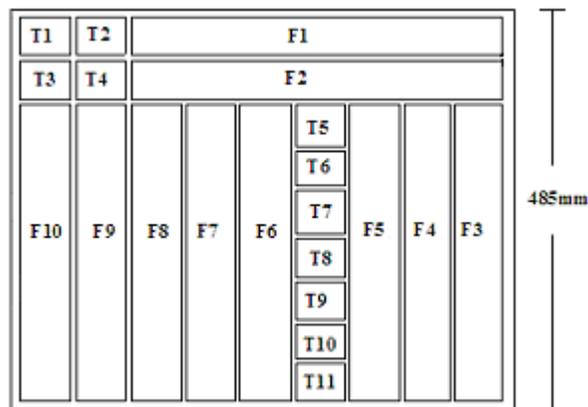


FIGURA 5: Distribución de las probetas en el tablero, para los diferentes ensayos (F: Probeta de flexión; T: Probeta de tracción)

Las probetas para los ensayos de hinchamiento y absorción de agua fueron obtenidas de las partes no dañadas de las probetas utilizadas en los ensayos de flexión.

Previo a ser ensayadas las probetas fueron climatizadas de acuerdo con las condiciones establecidas por DIN 50014.

### *3.2.6 Procedimiento de análisis de datos.*

Los valores obtenidos de los ensayos fueron sometidos a un análisis de varianza de un factor, para determinar si existen diferencias significativas al aplicar diferentes concentraciones de preservante.

La aplicación de análisis de varianza exige el cumplimiento de los siguientes supuestos:

a : Normalidad en la distribución de los datos.

b : homogeneidad de varianzas.

La naturaleza de los ensayos realizados sugirió aceptar la hipótesis de normalidad en la distribución de los datos, razón por la cual se procedió solo a la comprobación de la segunda hipótesis (homogeneidad de varianzas). Esta comprobación se realizó mediante la prueba propuesta por Hartley y descrita por Kuehl (2001). Para el análisis de varianza se utilizó el programa EXCEL.

En los casos en que en el análisis de varianza se observaron diferencias significativas en los resultados obtenidos en las propiedades estudiadas se aplicó un test de comparaciones múltiples para establecer cual o cuales fueron los tratamientos que presentaron diferencias significativas. El test de comparaciones múltiples utilizado fue la prueba propuesta por Tukey (DHS) y descrita por Kuehl (2001).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización de las partículas

Debido a que el tamaño de las partículas es uno de los factores importantes que determinan las propiedades de los tableros, se efectuaron mediciones de los largos, espesores y coeficientes de esbeltez (CE) para cada capa (externa y media). Los valores de estas mediciones se observan en los cuadros 1 y 2 respectivamente.

Se observa que las partículas de capa externa se concentran en los tamaños más pequeños, prácticamente un 97% se encuentra en los tamices inferiores a 2,0mm. Por el contrario, en el caso de las partículas destinadas a la capa media, un 82% de las partículas quedan clasificadas en tamaños mayores a 2,0mm.

Con este análisis granulométrico de las partículas se logró determinar la participación porcentual, largos y espesores ponderados. Con los valores ponderados de las dimensiones (largo y espesor) se calcularon los coeficiente de esbeltez de cada tipo de partículas (externas y medias), ver cuadros 1 y 2 respectivamente.

CUADRO 1: Participación porcentual y coeficiente de esbeltez ponderado para capa externa.

Tamiz (mm)	Participación (%)	Largo (mm)	Espesor (mm)	C E
> 4,0	0			
4,0 – 2,8	0			
2,8 – 2,0	3,17	10,63	0,91	11,68
2,0 – 1,0	34,92	13,06	0,57	22,91
< 0,5	61,9	12,23	0,35	34,94
<b>P. ponderado</b>		<b>12,46</b>	<b>0,44</b>	<b>34,94</b>

CUADRO 2: Participación porcentual y coeficiente de esbeltez ponderado para capa media.

Tamiz (mm)	Participación (%)	Largo (mm)	Espesor (mm)	CE
> 4,0	66,66	38,8	0,76	51,05
4,0 – 2,8	7,01	19,34	0,63	30,70
2,8 – 2,0	8,77	21,26	0,72	29,53
2,0 – 1,0	12,28	21,7	0,57	38,07
< 1,0	5,26	17,13	0,31	55,26
<b>P. ponderado</b>		<b>32,65</b>	<b>0,7</b>	<b>46,35</b>

La geometría de las partícula es similar a la obtenida por Campos *et al.* (2003) lo que demuestra que poseen las dimensiones adecuadas para la fabricación de los tableros.

## 4.2 Efecto del preservante en el pH y viscosidad del adhesivo.

Con respecto al efecto del preservante en el pH del adhesivo, se observó que este no causa mayores variaciones en los porcentajes estudiados, a diferencia del efecto del preservante en la viscosidad del adhesivo en donde se observó que a medida que aumenta el porcentaje de preservante disminuye la viscosidad del adhesivo, todo esto se puede observar en las figuras 6 y 7 respectivamente.

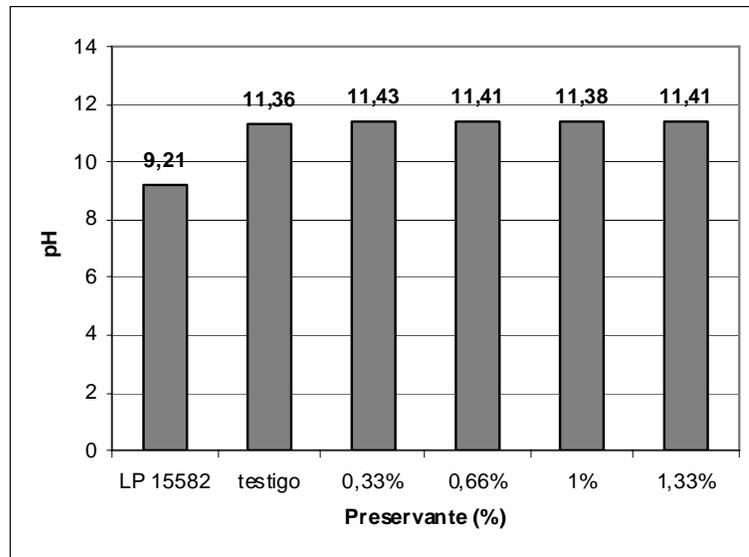


Figura 6: Efecto del preservante en el pH del adhesivo

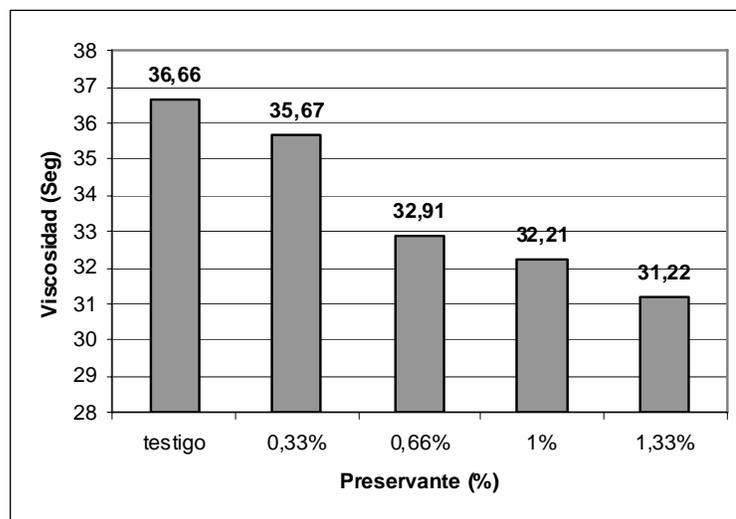


FIGURA 7: Efecto del preservante en la viscosidad del adhesivo.

### 4.3 Efecto del preservante en el módulo de rotura (MOR).

Respecto a la resistencia que presentaron los tableros a la flexión, se observó que los tableros en estudio se rompen con una carga promedio que varió entre los 13.53 N/mm<sup>2</sup> para el tratamiento 0.33% y de 14.89 N/mm<sup>2</sup> para el tratamiento 0.66%. Todo esto se manifiesta en el cuadro 3.

CUADRO 3: Tabla de estadígrafos obtenidos para el MOR. (N/mm<sup>2</sup>)

Estadígrafos	Preservante(%)				
	Testigo	0,33%	0,66%	1,00%	1,33%
Promedio	13,63	13,53	14,89	14,18	13,97
Valor maximo	15,67	15,67	18,73	17,20	17,20
Valor minimo	11,85	11,85	11,47	10,70	11,47
Des. Estándar	1,13	1,39	2,05	1,93	1,54
Coef. Variación	8,29%	10,27%	13,76%	13,61%	11,02%

El comportamiento de esta propiedad se puede ver en forma grafica en la figura siguiente.

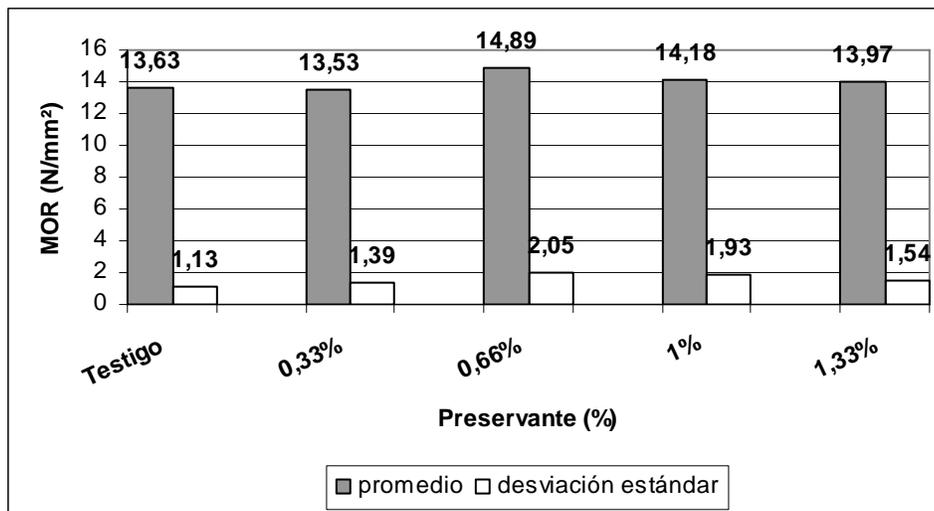


FIGURA 8: Efecto del preservante en el módulo de rotura (MOR).

Referente a esta propiedad también se realizó un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Gracias a este análisis de varianza se pudo encontrar que la flexión (MOR) para los distintos tratamientos presenta un comportamiento similar (ver anexo 2).

#### 4.4 Efecto del preservante en la tracción perpendicular.

Los valores obtenidos en la tracción perpendicular al plano del tablero variaron entre los promedios, 0.232 N/mm<sup>2</sup> y 0.258 N/mm<sup>2</sup>, con una desviación estándar de 0.035 N/mm<sup>2</sup> y 0.041 N/mm<sup>2</sup> para los tratamientos de 1.33% y 0.33% respectivamente. Estos y otros estadígrafos se observan en el cuadro 4.

CUADRO 4: Tabla de estadígrafos obtenidos para los ensayos de tracción (N/mm<sup>2</sup>).

Estadígrafos	Preservante(%)				
	Testigo	0,33%	0,66%	1,00%	1,33%
Promedio	0,239	0,246	0,258	0,240	0,232
Valor máximo	0,293	0,330	0,332	0,342	0,314
Valor mínimo	0,199	0,165	0,185	0,142	0,179
Des. Estándar	0,037	0,041	0,049	0,055	0,035
Coef. Variación	15,481%	16,666%	18,992%	22,916%	15,086%

En la figura 9 se observa en forma grafica el promedio y desviación estándar obtenidos para los distintos tratamientos.

Al observar el análisis de varianzas (ver anexo 3) se concluye que no existen diferencias significativas en los resultados obtenidos en los ensayos de tracción perpendicular de los distintos tratamientos

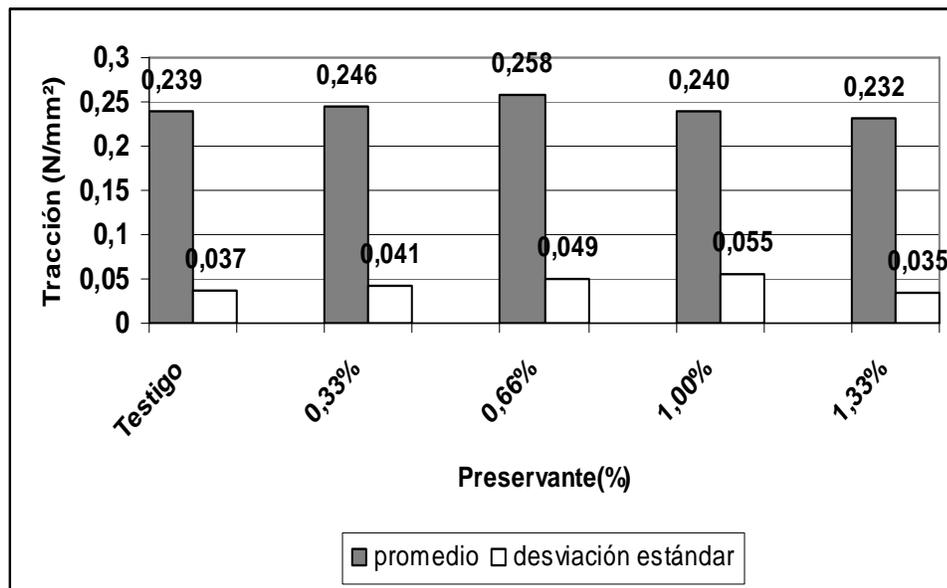


FIGURA 9: Efecto del preservante en tracción perpendicular.

#### 4.5 Efecto del preservante en el hinchamiento a 2 y 24 horas.

En el cuadro 5 y 6 se presentan los estadígrafos obtenidos para el hinchamiento a 2 y 24 horas respectivamente.

CUADRO 5: Tabla de estadígrafos obtenidos para hinchamiento a 2 horas (%).

Estadígrafos	Preservante(%)				
	Testigo	0,33%	0,66%	1%	1,33%
Promedio	12,13	12,53	11,67	11,23	11,43
Valor maximo	13,63	14,41	13,06	12,89	12,49
Valor minimo	9,6	10,51	10,52	7,51	7,7
Des.Estándar	1,15	0,98	0,71	1,16	1,02
Coef.Variación	9,48%	7,82%	6,08%	10,32%	8,92%

CUADRO 6: Tabla de estadígrafos obtenidos para hinchamiento a 24 horas (%).

Preservante(%)					
Estadígrafos	Testigo	0,33%	0,66%	1%	1,33%
Promedio	14,99	14,19	13,77	13,55	13,71
Valor maximo	16,29	16,19	15,59	15,69	15,6
Valor minimo	12,86	12,56	11,58	12,04	12,18
Des.Estándar	1,08	1,02	1,01	1,01	0,9
Coef.Variación	7,20%	7,18%	7,33%	7,45%	6,56%

El rango en el cual estuvieron los valores de hinchamiento fue entre un 11.23% como promedio menor y un 12.53% como promedio mayor, presentado por el hinchamiento a 2 horas. Mientras que para el hinchamiento a 24 horas el rango vario entre los promedios 13.55% y 14.99%.

Esto se puede observa en forma grafica en las figuras 10 y 11 respectivamente.

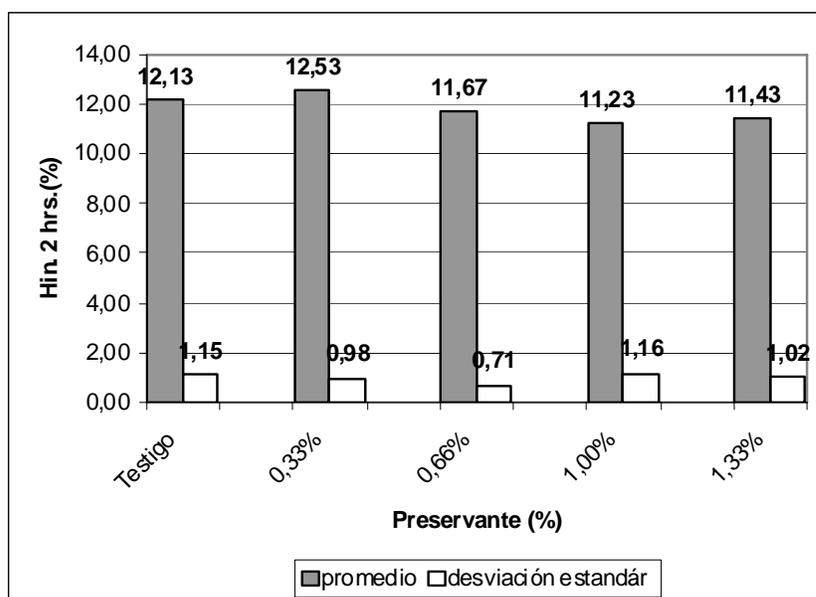


FIGURA 10: Efecto del preservante en el hinchamiento a 2 hrs.

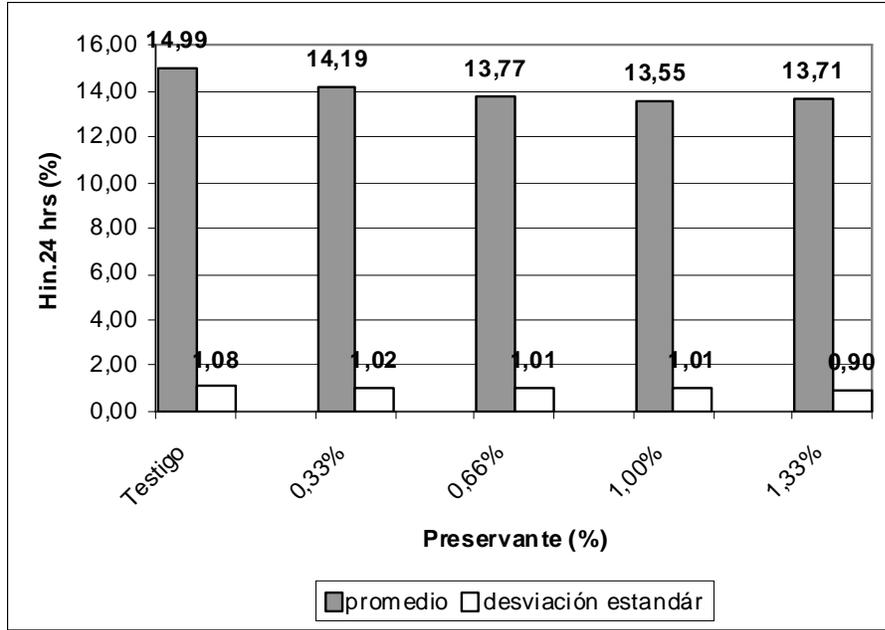


FIGURA 11: Efecto del preservante en el hinchamiento a 24 hrs.

Respecto al análisis de varianza realizado para determinar la existencia de diferencias significativas en el hinchamiento, se puede observar que este arroja diferencias significativas tanto para el hinchamiento a 2 como a 24 horas. (Ver anexos 4 y 5 respectivamente).

Para determinar cual o cuales de los tratamientos presentan diferencias significativas, se realizó el test de Tukey cuyos resultados se observan en los cuadros 7 y 8.

CUADRO 7: Prueba de Tukey para el hinchamiento a 2 horas.

DHS 5% =	$q_{0,05(5;84)} *$	$\sqrt{\frac{1,03}{18}}$
DHS 5% =	3,98	*
DHS 5% =	0,9154	
<b>Tratamiento(%)</b>	<b>Promedios (%)</b>	<b>Letras</b>
0,33	12,53	a
Testigo	12,13	a b
0,66	11,67	a b
1,33	11,43	b
1	11,23	b
DHS	0,915	

CUADRO 8: Prueba de Tukey para el hinchamiento a 24 horas.

DHS 5% =	q 0.05(5;85) *	$\sqrt{\frac{1}{18}}$
DHS 5% =	3.98	0.235
DHS 5% =	0.9353	
<b>Tratamiento(%)</b>	<b>Promedios (%)</b>	<b>Letras</b>
Testigo	14.99	a
0.33	14.19	a b
0.66	13.77	b
1.33	13.71	b
1	13.55	b
DHS	0.93	

Como se aprecia en el cuadro 7 el hinchamiento a 2 horas presentado por los tratamientos; 0.33%, testigo y 0.66% presentan un comportamiento similar al igual que los tratamientos; testigo, 0.66%, 1.33% y 1%. Las diferencias se ven reflejada en el tratamientos; 0.33 con respecto a los tratamientos; 1.33% y 1%.

Con respecto al hinchamiento a 24 horas los tratamientos; testigo y 0.33% no difieren entre si, al igual que los tratamientos; 0.33%, 0.66%, 1.33% y 1%, mientras que el hinchamiento presentado por el testigo difiere del hinchamiento presentado por los tratamientos; 0.66%, 1.33% y 1%. Todo esto se aprecia en el cuadro 8.

Lo anterior permite concluir que tanto para el hinchamiento presentado a 2 como a 24 horas, no existe una tendencia que indique que un aumento de la concentración del preservante provoque un aumento o disminución en el hinchamiento, en las concentraciones estudiadas.

#### 4.6 Efecto del preservante en la absorción de agua a 2 y 24 horas.

Respecto a este ensayo, los valores obtenidos en el hinchamiento a 2 horas variaron entre los promedios 60.89% y 68.09%, con una desviación estándar de 3.14% y 2.96% presentados por los tratamientos; de 1% y testigo respectivamente.

Para la absorción de agua a 24 horas los promedios variaron entre 75.18% para el tratamiento 1% y 79.96% para el tratamiento 1.33%. Todo esto se observa en los cuadros siguientes.

Cuadro 9: Estadígrafos obtenidos para la absorción de agua a 2 horas (%).

Preservante(%)					
Estadígrafos	Testigo	0,33%	0,66%	1%	1,33%
Promedio	68,09	67,51	63,42	60,89	65,48
Valor maximo	73,13	79,04	71,55	67,18	73,01
Valor minimo	64,98	58,16	57,74	56,85	57,76
Des.Estándar	2,96	5,82	3,85	3,14	3,68
Coef.Variación	4,34%	8,62%	6,07%	5,15%	5,62%

Cuadro 10: Estadígrafos obtenidos para la absorción de agua a 24 horas (%).

Preservante(%)					
Estadígrafos	Testigo	0,33%	0,66%	1%	1,33%
Promedio	75,86	77,67	77,11	75,18	79,96
Valor maximo	78,54	84,72	85	82,48	85,36
Valor minimo	70,69	64,4	72,02	69,34	74,53
Des.Estándar	2,13	4,27	4,07	2,98	3,17
Coef.Variación	2,80%	5,49%	5,27%	3,96%	3,96%

Los promedios y desviaciones estándar para la absorción de agua a 2 como a 24 horas se pueden observar en forma grafica en las figuras 12 y 13 respectivamente.

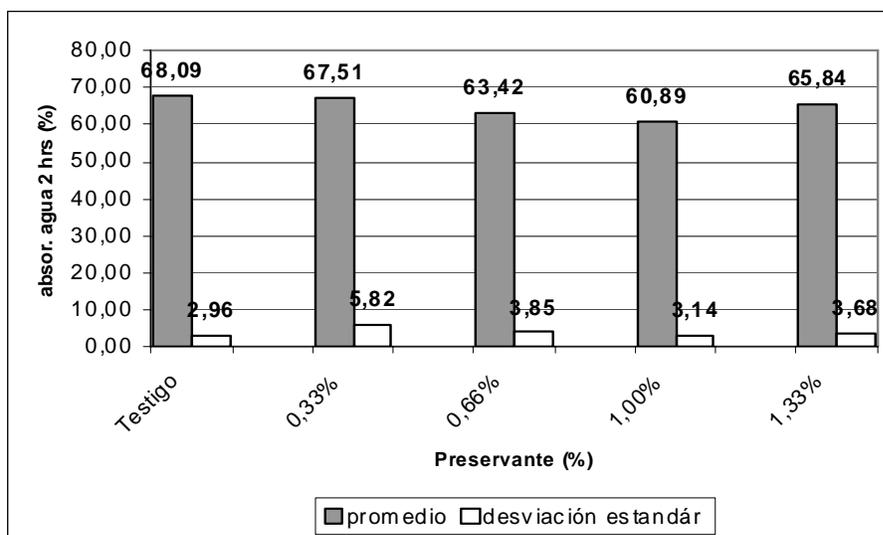
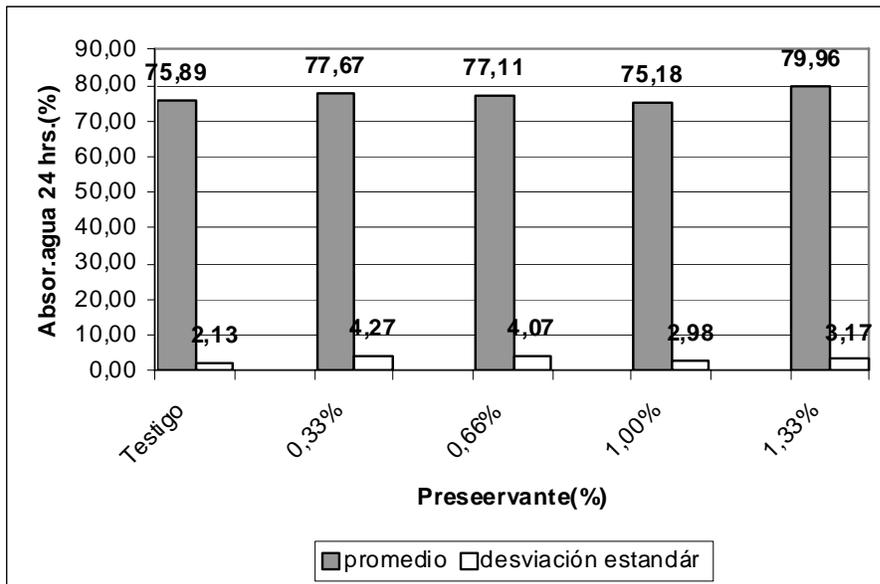


FIGURA 12: Efecto del preservante en la absorción de agua a 2 horas.



FUGURA 13: Efecto del preservante en la absorción de agua a 24 horas.

Al observar el análisis de varianza, de la absorción de agua para 2 y 24 horas (ver anexos 6 y 7) se aprecia que este análisis arroja diferencias en la absorción de agua para 2 como a 24 horas.

Para determinar cual o cuales de los tratamientos presentas diferencias significativas en la absorción de agua a 2 como a 24 horas, se realizo el test a posteriori de Tukey cuyos resultados se observan en los cuadros siguientes.

CUADRO 11: Prueba de Tukey para la absorción de agua a 2 horas.

DHS 5% =	q 0.05(5;85) *	16,3
		15
DHS 5% =	3,98 *	1,04
DHS 5% =	4,1392	
<b>Tratamiento(%)</b>	<b>Promedios</b>	<b>Letras</b>
Testigo	68,09	a
0,33	67,51	a b
1,33	65,48	a b c
0,66	63,42	b c d
1	60,89	d
DHS	4,13	

CUADRO 12: Prueba de Tukey para la absorción de agua a 24 horas.

DHS 5% =	$q_{0,05}(5,83,*)$	$\sqrt{\frac{11,79}{15}}$
DHS 5% =	3,98	*
DHS 5% =	3,5024	
<b>Tratamiento(%)</b>	<b>Promedios</b>	<b>Letras</b>
1,33	79,96	a
0,33	77,67	a b
0,66	77,11	a b
Testigo	75,86	b
1	75,18	b
DHS	3,5	

Como se observa en el cuadro 11 los tratamientos; testigo, 0.33% y 1.33% no difieren en la absorción de agua a 2 horas, al igual que los tratamientos; 0.33%, 1.33% y 0.66%, de igual modo los tratamientos 1.33% y 0.66% presentan un comportamiento similar, al igual que los tratamientos; 0.66% y 1%.

Mientras que las diferencias en la absorción de agua a 2 horas se ven reflejada entre los tratamientos; testigo con respecto a los tratamientos 0.66% y 1%, también se presentan diferencias entre el tratamiento; 0.33% con respecto al tratamiento 1% y entre el tratamiento 1.33% con respecto al tratamiento 1%.

En la absorción de agua a 24 horas los tratamientos; 1.33%, 0.33%, 0.66% no difieren entre sí de igual modo los tratamientos; 0.33%, 0.66%, testigo, y 1% presentan un comportamiento similar. Presentándose diferencias entre el tratamiento; 1.33% con respecto a los tratamientos; testigo y 1%. Todo esto se observa en el cuadro 12.

Lo anterior permite concluir que tanto para la absorción de agua a 2 como a 24 horas no existe una tendencia que indique que un aumento de la concentración del preservante provoque un aumento o disminución en la absorción de agua, en las concentraciones estudiadas.

## **5 CONCLUSIONES**

Se determinó que al incluir el preservante LP 15582 a una resina fenólica para la fabricación de tableros de partículas no se afecta significativamente el valor de pH de la resina.

La viscosidad del adhesivo disminuye al aumentar la concentración del preservante.

La resistencia a la flexión (MOR) de los tableros no se ve afectada por la inclusión del preservante en las concentraciones estudiadas, al igual que la propiedad tracción perpendicular al plano del tablero.

El análisis estadístico permite concluir que tanto para el hinchamiento presentado a 2 como a 24 horas, no existe una tendencia que indique que un aumento de la concentración del preservante provoque un aumento o disminución en el hinchamiento, en las concentraciones estudiadas.

Tanto para la absorción de agua a 2 como a 24 horas, estadísticamente no existe una tendencia que indique que un aumento de la concentración del preservante provoque un aumento o disminución en la absorción de agua, en las concentraciones estudiadas.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Campos, J.;Peñalosa, R.; Kahler, C.; Poblete, H;; Cabrera, J. 2003. Bambú en Chile. Santiago. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, Universidad Austral de Chile, FONDEF. 144p.
- Kuehl,R.O. 2001. Diseño de Experimentos. Segunda ed. México. Thomson Learning. 666p.
- Rijo G., C.M. 1987.Utilización de coligue (*Chusquea culeou Desv.*) como materia prima en la fabricación de tableros de partículas. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 59p.
- Vidal P., R.O. 1980. Preservación de tableros de partículas pino insigne (*Pinus radiata D. Don*) con cinco preservantes y la influencia sobre algunas propiedades físico-mecánicas. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 36.p

ANEXOS

## ANEXO 1

Abstract

## ABSTRACT

The effect of the addition of a preservative on chemical and physical characteristics of the adhesive were determined.

The effect of the preservative addition on physical and mechanical properties of *Chusquea culeou* particle boards was also studied.

Mixes of phenol formaldehyde with 0.33%, 0.66%, 1% and 1.33% (calculated as percentage of particles weight) were prepared and applied for the particleboard production. The active compound of the preservative, LP 15582 (Dr Wolman), was N-Cyclohexyldiazoniumdioxo-Potassium.

pH-Value and Viscosity of the adhesive were determined. Mechanical properties (IB and MOR) and physical properties (thickness swelling and water absorption) of the panels were also evaluated.

The results showed no a significant effect of the preservative in the pH-value. Adhesive viscosity decreased as the preservative amount increased. The physical and mechanical properties of the panels registered no significant differences in relation to the increase of the preservative concentration.

Key words: *Chusquea culeou* particle boards, preservative LP 15582, physical and mechanical properties.

ANEXO 2  
Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para flexión  
(MOR)

### Homogeneidad de varianzas:

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 3.31$

$F_{\max. \text{Tab.}} (0.95; 5; 15) = 4.37$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

### Análisis de varianzas de un factor:

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto:

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	17,68992155	4	4,422480388	1,558005667	0,193874635	2,488885961
Dentro de los grupos	221,4070702	78	2,838552183			
Total	239,0969918	82				

Decisión: como  $F$  es menor que el valor crítico para  $F$  se concluye que no existen diferencias significativas en la flexión (MOR) de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.

### ANEXO 3

Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para tracción perpendicular al plano del tablero.

## Homogeneidad de varianza.

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 2.58$

$F_{\max.\text{Tab.}}(0.95; 5; 12) = 5.3$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

## Análisis de varianzas de un factor:

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto:

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,005186398	4	0,0012966	0,61265874	0,6549952	2,510833499
Dentro de los grupos	0,139679013	66	0,002116349			
Total	0,144865411	70				

Decisión: como  $F$  es menor que el valor crítico para  $F$  se concluye que no existen diferencias significativas en las medias obtenidos en los ensayos de tracción de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.

#### ANEXO 4

Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para hinchamiento a 2 horas.

## Homogeneidad de varianza.

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 2.64$

$F_{\max. \text{Tab.}} (0.95; 5; 15) = 4.37$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

## Análisis de varianzas de un factor.

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto:

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20,89074139	4	5,222685346	5,02323985	0,00111537	2,480319949
Dentro de los grupos	87,33518247	84	1,039704553			
Total	108,2259239	88				

Decisión: como F es menor que el valor crítico para F se concluye que no existen diferencias significativas en las medias obtenidos en los ensayos de absorción de agua a 2 horas de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.

## ANEXO 5

Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para hinchamiento a 24 horas.

## Homogeneidad de varianza.

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 1.43$

$F_{\max.\text{Tab.}}(0.95; 5; 15) = 4.37.$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

## Análisis de varianzas de un factor.

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto:

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	19,32719028	4	4,831797571	4,814806197	0,001504598	2,479012551
Dentro de los grupos	85,29996365	85	1,003528984			
Total	104,6271539	89				

Decisión: como F es menor que el valor crítico para F se concluye que no existen diferencias significativas en las medias obtenidos en los ensayos de hinchamiento a 24 horas de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.

## ANEXO 6

Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para la absorción de agua a 2 horas.

## Homogeneidad de varianza.

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 3.86$

$F_{\max.\text{Tab.}}(0.95; 5; 15) = 4.37.$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

## Análisis de varianzas de un factor.

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	654,2360477	4	163,5590119	10,03352306	1,06442E-06	2,479012551
Dentro de los grupos	1385,606624	85	16,30125439			
Total	2039,842671	89				

Decisión: como F es menor que el valor crítico para F se concluye que no existen diferencias significativas en las medias obtenidos en los ensayos de absorción de agua a 2 horas de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.

## ANEXO 7

Comprobación de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza para la absorción de agua a 24 horas.

## Homogeneidad de varianza.

Supuestos:

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Alguna de las varianzas de los tratamientos distinta.

Test Hartley:

$F_{\max.\text{cal.}} = 3.99$

$F_{\max.\text{Tab.}}(0.95; 5; 15) = 4.37.$

Decisión: como el  $F_{\max.}$  calculado es menor que el de tabla no se puede rechazar  $H_0$  con un nivel de significación del 5% y por lo tanto se concluye que no hay diferencias significativas en las varianzas de los cinco tratamientos.

## Análisis de varianzas de un factor.

Supuestos:

$H_0$ : las medias de los tratamientos iguales.

$H_1$ : Al menos uno de los promedios es distinto.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	271,4404323	4	67,86010809	5,754700202	0,000387977	2,481662875
Dentro de los grupos	978,7458553	83	11,79211874			
Total	1250,186288	87				

Decisión: como  $F$  es menor que el valor crítico para  $F$  se concluye que no existen diferencias significativas en las medias obtenidos en los ensayos de absorción de agua a 24 horas de los cinco tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  con un nivel de significación del 5%.