



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Mejoras Técnicas en el Proceso Industrial de Baño  
Antimancha para Madera Aserrada Verde Empaquetada  
de Pino Insigne.**

Patrocinante: Sr. Roberto Juacida.

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

**CARLOS ALBERTO SOLÍS GUERRA**

VALDIVIA  
2006

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Patrocinante: Sr. Roberto Juacida Percaz \_\_\_\_\_  
Informante: Sr. Alfredo Aguilera León \_\_\_\_\_  
Informante: Sr. Marco Torres Uribe \_\_\_\_\_

El Patrocinante acredita que el siguiente 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. Roberto Juacida

## **Agradecimientos**

Antes que todo agradecer a Dios por ayudarme a recorrer este camino universitario y principalmente por permitirme terminarlo de esta manera, así es que “muchas gracias Dios por ayudarme a terminar mi carrera”.

Agradecer también la colaboración de todos los profesores de mi carrera por su apoyo a lo largo de estos años, así como también agradecer la colaboración de todo el personal del Instituto de Tecnología de Productos Forestales, administrativo y técnico, en la consecución de mi meta final. Muchas gracias para todos ellos que me ayudaron en algún momento de una forma u otra, ellos saben quienes son.

En especial, muchas gracias por el tiempo y comprensión prestada por mis profesores informantes Don Alfredo Aguilera y Don Marco Torres, y muy en particular a mi profesor patrocinante Don Roberto Juacida, gracias por toda la colaboración prestada en este proceso, por la disposición y el tiempo que me brindó en la elaboración de este trabajo, de nuevo muchas gracias a todos.

También quiero recordar de manera muy especial a todas las personas de la planta Bucalemu de CMPC S.A., que me ayudaron en el nacimiento de este proyecto y en sus siguientes etapas de formación, desde el Jefe de Planta en ese entonces Don Marcelo Rojas, junto a Don Carlos Hernández, hasta los asistentes de administración y trabajadores comunes, muchas gracias, especialmente a Don Victor Rivera y a Don Rodrigo Monges por el tiempo y colaboración prestada en este proceso, así como también a todo el personal de la empresa que tuvo algo que ver en este proyecto de una u otra forma, gracias por su constante apoyo en mi estadía en esa empresa.

Por último pero en ningún caso menos importante quiero agradecer de la manera más sincera y profunda a mis padres y a mi familia por toda la ayuda que me han brindado en mi vida, a mis hermanos y hermanas por estar ahí siempre. A mi Madre por su amor, preocupación y comprensión a lo largo de mi vida, a mi Padre por todo el apoyo y cariño que me ha brindado también tanto en este como en todos los proyectos que he emprendido en mi vida. Gracias por estar siempre ahí cuando los he necesitado de la forma que sea, gracias muchas gracias!!!!!!!!!!!!

***¡A todos estas personas muchísimas gracias por todo!***

***A mis Padres que los amo mucho, muchísimas gracias,  
por todo el sacrificio que hemos pasado juntos para  
lograrlo...este es mi regalo para ustedes....!!!!***

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. <b>INTRODUCCIÓN</b>	1
2. <b>MARCO TEÓRICO</b>	2
2.1 <b>Antecedentes generales</b>	2
2.2 <b>Propiedades técnicas de la madera</b>	2
2.2.1 Plan leñoso de las coníferas	2
2.2.2 Permeabilidad de la madera	3
2.2.3 Factores de la madera	3
2.3 <b>Agentes manchadores de la madera</b>	4
2.3.1 <i>Ophiostoma piliferum</i>	4
2.3.2 <i>Sphaeropsis sapinea</i>	5
2.4 <b>Tipos de baño antimancha</b>	7
2.5 <b>Productos antimancha utilizados en Chile</b>	7
3. <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	10
3.1 <b>Material</b>	10
3.1.1 Madera	10
3.1.2 Solución antimancha	11
3.1.3 Equipos de medición	13
3.2 <b>Método</b>	14
3.2.1 Conceptos y definiciones importantes	14
3.2.2 Variables del proceso	15
3.2.3 Diseño del estudio	15
3.2.4 Procedimiento de medición y control de calidad	16
3.3 <b>Determinación del área sin baño antimancha</b>	17
3.4 <b>Tratamiento de resultados obtenidos</b>	18
4. <b>RESULTADOS</b>	19
4.1 <b>Efecto del tiempo de inmersión sobre la eficacia del recubrimiento</b>	19
4.1.1 Relación entre los tiempos de inmersión y escurrimiento a presión constante	19
4.1.2 Análisis estadístico	21
4.2 <b>Efecto de la presión del baño sobre la eficacia del recubrimiento</b>	23
4.3 <b>Otros resultados obtenidos</b>	25
4.3.1 Variabilidad de la calidad de impregnación para los distintos productos empaquetados	25
4.3.2 Relación entre las condiciones de baño y los defectos encontrados	26
4.3.3 Resultados de los ensayos de adherencia	29
4.4 <b>Proposiciones de mejoras técnicas</b>	30
5. <b>CONCLUSIONES</b>	31
6. <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	32

## **ANEXOS**

- 1 Abstract
- 2 Tablas y cuadros con datos de muestreo

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Escuadrías muestreadas	11
Cuadro 2. Paquetes muestreados según las variables del proceso	16
Cuadro3. Promedios de los porcentajes obtenidos con los distintos tiempos de baño a presión constante	19
Cuadro 4. Datos del muestreo realizado para comprobar tiempos de baño	21
Cuadro 5. Estadísticas de los porcentajes obtenidos del muestreo	21
Cuadro 6. Tiempos y porcentajes obtenidos	22
Cuadro 7. Tabla resúmen del análisis de regresión de los datos obtenidos	23
Cuadro 8. Grupos de paquetes muestreados con programas de presiones distintos	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Presencia de Mancha Azul en madera aserrada y trozas	5
Figura 2. Mancha azul en rodela de Pino insigne	6
Figura 3. Tina de Baño Antimancha cargada y en funcionamiento	14
Figura 4. Ejemplo de dos piezas bañadas con solución antimancha y una sin baño (centro), rociadas con solución Pan	16
Figura 5. Ejemplo de medición e identificación de áreas sin baño	17
Figura 6. Esquema de una pieza de madera y sus lados	17
Figura 7. Promedios de los porcentajes del área de la pieza sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante	20
Figura 8. Promedios de los porcentajes del área del paquete sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante	20
Figura 9. Promedios de los porcentajes del área de la pieza sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante	20
Figura 10. Porcentajes de piezas sin baño encontrados en las distintas mediciones	22
Figura 11. Promedios de los porcentajes de piezas s/b obtenidos con distintos programas de presiones	24
Figura 12. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje de piezas s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías	25
Figura 13. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje del área de los paquetes s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías	26
Figura 14. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje del área de la pieza s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías	26
Figura 15. Relación entre Volúmen (Lts.) y porcentaje de piezas sin baño	27
Figura 16. Relación entre Volúmen (Lts.) y porcentaje del área del paquete sin baño	28
Figura 17. Relación entre Volúmen (Lts.) y porcentaje del área de la pieza sin baño	28
Figura 18. Porcentaje de piezas sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado	29
Figura 19. Porcentaje del área del paquete sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado	29
Figura 20. Porcentaje del área de la pieza sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado	30



## **Resumen ejecutivo**

Se realizó un estudio de mejora del proceso industrial de baño antimancha para madera aserrada verde y empaquetada de pino insigne, material obtenido de la línea de producción, adaptando el estudio a las condiciones ambientales y a las variables de la maquinaria existente, en el patio de baño de la planta Bucalemu, perteneciente a la empresa CMPC S.A., ubicada en la octava región de Chile.

El objetivo central fue mejorar la calidad del baño antimancha, para ello se realizaron ensayos en terreno, en los que se sometió a baño antimancha distintos productos empaquetados con modificaciones de las variables del proceso. La efectividad de la impregnación se realizó mediante análisis colorimétrico, revelador de cobre, que hace evidentes las zonas protegidas con una coloración específica.

Como resultado del estudio se logró optimizar el programa de presiones de la prensa de la tina de baño antimancha, obteniendo un programa de 250 Psi en inmersión y 350-400 Psi en escurrimiento como el más conveniente. Igualmente se consideran los tiempos de baño de 105 seg. en inmersión y 90 seg. en escurrimiento, como recomendables.

En relación a los tiempos en inmersión del paquete en la tina se evidencia que a mayor tiempo la eficacia en la impregnación es mayor.

Palabras claves: Baño antimancha, tiempo en inmersión, tiempo en escurrimiento

## 1. INTRODUCCIÓN

Chile en la actualidad es un importante productor y exportador de madera verde aserrada dentro del mercado internacional, lo cual implica transportar grandes cantidades de madera almacenada, por lo general, en buques comerciales a todas partes del mundo (Ej.: Norteamérica, Asia, Europa). El modo de transporte de este producto, junto con los prolongados tiempos del traslado generalmente propicia condiciones ideales para la propagación de hongos y mohos, que dañan la calidad de este producto.

Por tal motivo y para cumplir con los estándares internacionales de calidad, este producto es sometido a diversos tratamientos industriales, dentro de los cuales está el baño en preservante antimancha, el cual es aplicado mediante procedimientos de inmersión de la madera con impregnantes protectores.

Es de gran importancia realizar procesos que protejan adecuadamente al producto, optimizando las variables del procedimiento a las exigencias de los productores y las legislaciones vigentes.

En relación a esto se ha propuesto mejorar las condiciones de tiempo de inmersión y presiones de prensa de la tina de baño, aplicados a productos obtenidos de la Línea Japón de la planta Bucalemu, perteneciente a la empresa CMPC S.A., para madera de pino insigne verde.

Se pretende mantener la calidad del producto al ser recibidos en puertos de recepción en el extranjero.

Junto con determinar buenas condiciones de operación la empresa ha querido probar un nuevo producto protector, Oxinas de Cobre, que por sus componentes, presenta muy buenas condiciones de retención en la madera y es muy amigable con el medio ambiente ya que no posee elementos de contaminación en su constitución.

Por lo anteriormente mencionado se ha propuesto como objetivo general de este trabajo:

- Determinar las condiciones técnicas óptimas para un proceso industrial de baño antimancha, midiendo la eficiencia del recubrimiento mediante análisis colorimétrico.

Los objetivos específicos para este trabajo son:

- Determinar el efecto del tiempo de inmersión de la madera sobre la eficacia del recubrimiento.
- Determinar el efecto de la presión de la prensa del baño sobre la eficacia del recubrimiento.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Antecedentes Generales

El transporte de madera aserrada verde se ve muchas veces dificultado, debido a que la madera especialmente la de pino insigne es fácilmente atacada por hongos cromógenos causantes de manchas de la madera, la que se manifiesta por una marcada decoloración en tonos azul, gris y café o por un oscurecimiento de su color natural. En la Figura 1 podemos apreciar el ataque de estos hongos en la madera en trozas y aserrada. Dicho ataque es ampliamente conocido y se ha transformado en un importante factor de depreciación por presentar un aspecto antiestético, lo que origina grandes pérdidas para los productores de madera y al comercio maderero en general.

Los hongos causantes de la mancha azul requieren de algunas condiciones básicas necesarias para desarrollarse: existencia de alimento adecuado, suficiente contenido de humedad, aireación y temperatura favorable. El avance del ataque depende de la forma en que se encuentren las condiciones para el desarrollo del hongo; habitualmente en los aserraderos y en las bodegas de carga estas condiciones son óptimas por lo cual se hace necesario recurrir a algún tratamiento preservante por inmersión momentánea con el objeto de impedir la proliferación de hongos. (Peredo, 1980)

### 2.2 Propiedades técnicas de la madera

#### 2.2.1 Plan leñoso de las coníferas

Las especies leñosas que constituyen el grupo de las coníferas presentan un plan leñoso ordenado y simple, constituido principalmente por traqueidas. Los diferentes tipos de células presentes en las coníferas se pueden agrupar de la siguiente manera: Sistema longitudinal y Sistema transversal. (Díaz – Vaz, 1990).

**Sistema longitudinal.** Se distinguen en este sistema: tres tipos de traqueidas, células parenquimáticas y células epiteliales de canales resiníferos. Las primeras forman el prosénquima y las dos últimas el parénquima. (Díaz – Vaz, 1990)

**Sistema transversal.** El sistema transversal de las especies coníferas está constituido por células parenquimáticas y prosenquimáticas, las cuales forman los radios leñosos. Se distinguen tres tipos de células: las parenquimáticas, las células epiteliales de canales resiníferos y las traqueidas de radio que corresponden a células del prosénquima. (Díaz – Vaz, 1990)

En este sistema existen nutrientes principalmente azúcares que sirven de alimento y desarrollo de los hongos.

### 2.2.2 Permeabilidad de la madera

La permeabilidad de la madera es una de las características importantes ya que de ella depende la eficacia y éxito en una serie de procesos de transformación. Así, entre otros, en la determinación de programas de secado, en la facilidad o dificultad frente a procesos de impregnación y protección de la madera, como también en el empleo de barnices y recubrimiento superficiales, en el uso de adhesivos para vigas laminadas o contrachapados. (Juacida, 1991)

A medida que se utiliza y protege madera de alta permeabilidad como pino insigne es posible lograr con métodos de inmersión de la madera una adecuada protección que mantiene los productos verdes libres de ataque y contaminación.

### 2.2.3 Factores de la madera

**Estructura anatómica.** El comportamiento de las diferentes especies frente a tratamientos de impregnación, en muchos casos, dice relación directa con su estructuración económica.

Los elementos responsables de la conducción de los líquidos en sentido longitudinal son los vasos en latifoliadas y las traqueidas en las coníferas. La conducción en sentido radial se efectúa a través de los radios leñosos.

El paso de líquidos entre traqueidas o vasos se realiza a través de las punteaduras y especial importancia tienen en el campo de cruce, es decir, en el encuentro de los vasos, en sentido longitudinal con los radios en sentido transversal.

Las punteaduras, simples y areoladas juegan un papel importante. Las simples transmiten los líquidos por difusión a través de la lámina media. En las punteaduras areoladas los líquidos penetran a través de los espacios existentes en la red fibrilar del Margo. (Juacida, 1991)

**Carácter anisotrópico.** Debido a la estructuración y orientación de los elementos celulares la madera presenta características de permeabilidad diferentes dependiendo del plano (longitudinal, radial o tangencial) que se analice. Generalmente las mayores absorciones se producen en sentido longitudinal siendo menores en el sentido radial y tangencial. (Juacida, 1991)

**Albura y Durámen.** En las especies que presentan un durámen de fácil diferenciación generalmente existe una variación en su permeabilidad en relación a su respectiva albura. En cambio, en especies que no presentan una diferenciación visual entre zonas de albura y durámen se observa normalmente un comportamiento frente al movimiento de líquido muy similar. Esta disminución de la permeabilidad en durámen tiene su origen en depositaciones en los lúmenes celulares, obstrucción de las punteaduras, el desarrollo de tilosis en los vasos, principalmente. (Juacida, 1991)

**Ancho de anillos.** En algunas especies es posible notar cierta correlación entre el ancho de anillos y la absorción de impregnante, siendo esta mayor cuando mayores son los anillos. (Juacida, 1991)

**Extraíbles.** Todos aquellos compuestos localizados en los lúmenes de vasos o traqueadas celulares y que mediante una extracción en agua o en alcohol pueden ser removidos de la madera tienen una marcada influencia en las capacidades de absorción de las especies. En las maderas que poseen altos contenidos de extraíbles se hace más significativo el efecto de su extracción. (Juacida, 1991)

**El contenido de humedad o madurez de impregnación.** El contenido de humedad de la madera óptimo para la impregnación está íntimamente ligado al proceso de protección al que será sometida la madera. (Juacida, 1991)

Para procesos de inmersión altos contenidos de humedad dificultan una penetración del impregnante hacia el interior de la madera.

**Alteraciones patológicas.** Maderas que han sido atacadas por algún tipo de hongo debido a un largo almacenaje en el bosque presentan mayor permeabilidad que aquellas maderas sin ataque. A través de la infección se perfora la pared celular haciéndola más permeable a los líquidos impregnantes.

Igualmente, en maderas almacenadas en agua se ha observado que la acción de bacterias, que actúan sobre las punteaduras, aumenta la permeabilidad de ellas. Algunas bacterias destruyen el contenido de pectina del Torus, otras el contenido celulósico de las fibrillas del Margo. (Juacida, 1991)

## 2.3 Agentes manchadores de la madera

Los principales hongos manchadores que atacan al *Pinus radiata* son *Ophiostoma piliferum* y *Sphaeropsis sapinea*, que producen diversos defectos en la madera, tales como cambio de coloración o los que a continuación se detallaran.

### 2.3.1 *Ophiostoma piliferum*

**Características biológicas.** Entre las características específicas del hongo de la mancha azul, el estado perfecto está representado por un peritecio que se desarrolla sobre la superficie de la madera manchada. La base del peritecio es globosa, de color negro, ornamentada con hifas tabicadas de color pardo. El cuello del peritecio es delgado de color negro, en general erecto. El ápice del cuello presenta hifas ostiolares hialinas en número de 10 a 25. (Osorio, 1973)

Las ascosporas son unicelulares, hialinas, curvadas, semejantes a gajos de naranja, son exudados por el ostíolo formando una gota viscosa. Estas unidades se propagan a través del aire y se encuentran siempre presentes en áreas de aserraderos y bosques. (Rose, 1987)

Los hongos manchadores pueden atacar la madera en pie, en lugares de acopio o después del aserrío y su diseminación puede ocurrir por viento, lluvia, insectos y madera infectada.

Los hongos causantes de la mancha azul prosperan muy bien en rangos de entre 20 y 140% de humedad de la madera referida a peso seco. El rango de temperatura es entre 5-35°C con un óptimo de 25°C. (Peredo *et al.*, 1999)

**Daño a la madera.** El azulado comienza con manchas radiales que aparecen en la superficie de la madera, se colorea luego toda la sección transversal de la albura, a medida que el micelio del hongo va penetrando hacia el interior. La mancha azul se debe a la presencia de numerosas hifas oscuras en el interior de las células. Estas hifas se desarrollan más abundantemente en las células parenquimáticas de los radios leñosos de cuyo contenido se alimentan. Por esta razón en un corte transversal, el avance del azulado tiene forma de cuña, como se aprecia en la Figura 2.

Los hongos manchadores actúan en el contenido celular de la madera provocando un cambio de color por lo tanto no hay grandes variaciones en sus propiedades fisicomecánicas. No poseen enzimas destructoras de la pared celular por lo cual no pueden ser considerados destructores de la madera. (Peredo *et al.*, 1999).



Figura 1: Presencia de Mancha Azul en madera aserrada y trozas.

### 2.3.2 *Sphaeropsis sapinea*

**Características biológicas.** Este hongo se caracteriza por producir esporas en una estructura globosa o piriforme llamada picnidio, provisto de un poro apical. Los picnidios, de color negro miden menos de 0.5 mm, se producen sobre acículas, corteza del tronco, ramas, brotes, conos. Pueden crecer aislados o en grupos inmersos en el tejido del hospedante. Las esporas, llamadas conidias son las estructuras que diseminan la enfermedad; producidas dentro de los picnidios. La salida de las conidias se produce por hidratación y aumento de volumen de la matriz interna del picnidio y la dispersión propiamente tal, ocurre por el golpeteo

de gotas de lluvia o el viento, que acarrean las conidias totalmente al azar. (González y Jonquera, 1997)

Para que la infección pueda producirse es necesario que se den previamente las condiciones para la germinación de las esporas. Frecuentemente se encuentra atacando árboles que crecen bajo estrés, en suelos arenosos o con deficiencias nutricionales desarrollándose muy bien en sectores húmedos (de precipitación frecuente, neblinas o cercanos a fuentes de agua) y de alta temperatura ambiental (óptima de 24° a 26 °C). (De Ferrari y Ramírez, 1998)

**Daño a la madera.** En los árboles se presenta muerte apical regresiva en que los ápices se secan y se encorvan en forma de J invertida. Cuando los ápices secundarios reanudan el crecimiento y son reinfectados se producen las malformaciones o multiflechas. Una vez que el hongo coloniza rayos medulares, médula y el tejido conductor de agua en el tronco se produce el marchitamiento de copa con cambio de color del follaje que pasa de verde a verde claro, luego a amarillo y finalmente rojizo. La muerte de árboles es menos frecuente y ocurre por ataques del hongo a nivel del suelo, cuello de la planta y en raíces superiores. A veces se producen canchales en la corteza de ramas y fustes.

Otro síntoma importante de considerar es el manchado de la madera rolliza, aserrada o astillada. El color gris-azulado se origina por las hifas de color café oscuro del hongo que se ubican en los radios medulares de la madera y que se encuentran allí antes del elaborado de ella, haciendo inútil en este caso el tratamiento antimancha. (González y Jonquera, 1997); (Peredo *et al.*, 1999)



Figura 2: Mancha en rodela de Pino insigne.

## 2.4 Tipos de baño antimancha

El Baño Antimancha consiste en sumergir la madera aserrada en contenedores con fungicidas disueltos en agua con soluciones que varían entre un 2% al 8%, dependiendo de los requerimientos impuestos por el fabricante del producto. Este baño tiene la finalidad de proporcionar una protección temporal contra la mancha azul y los mohos en madera recién cortada y aserrada, y otorga mayor durabilidad.

Los tipos de baños antimancha más comunes son:

- ❖ Bañado en forma manual: Estas tinajas se llenan con solución antimancha (80 litros aproximadamente). Cada una de estas piscinas tiene en su borde una aleta que permite ir dejando la madera que sale bañada de la tina.
- ❖ Bañado mecanizado en línea (Arrastre de la madera a través de cadenas): consiste en piscinas de tipo variable, de unos 500 a 1.000 litros, por donde la madera pasa arrastrada por cadenas a través de la solución. El tiempo de inmersión fluctúa entre 9 a 10 segundos, para luego pasar a la mesa de clasificación.
- ❖ Bañado mecanizado estacionario (La madera permanece estacionada en la solución fungicida): consiste en una gran piscina que almacena unos 25 a 30 mil litros de solución. Aquí, lo que se baña son paquetes de madera empalillados, de largo variable hasta 4 metros. Mediante un sistema de horquillas, controladas a distancias, los paquetes se sumergen en la solución antimancha por unos 10 a 15 segundos, para que la madera absorba la cantidad de producto estipulado. (CONAMA, 2000)

## 2.5 Productos antimancha utilizados en Chile

Chile hasta diciembre de 1999, fecha en la cual el SAG (Servicio Agrícola Ganadero) prohibió definitivamente el uso de fenoles clorados, estos ocupaban casi la totalidad del mercado de productos antimanchas para maderas, ya que conjugaban razones de tipo económicas, con sus notables propiedades toxicológicas contra los agentes causantes del azulado de la madera. Atendiendo justamente a esta característica, dichos productos han sido fuertemente cuestionados, ya que su grado de toxicidad ha sobrepasado los límites permisibles en cuanto a la seguridad de las personas que trabajan con ellos y a la calidad del medio ambiente.

Estos son algunos productos de los más utilizados y conocidos en nuestro país:

- ❖ MBT + TCMTB (Methylene – Bisthiocyanate + Thiocyanomethyl Thio-Benzotiazole): Esta mezcla probada por Peña (1988), mostró eficacia controlando *Ceratocystis pilifera* durante cuatro semanas bajo condiciones. El autor detremió concentraciones mucho menores que las recomendadas por Buckman Laboratorios, las que fluctuaban entre 1 y 2 % para un control eficaz de la mancha.



- ❖ Quinolinolato de Cobre: Muchos fungicidas han sido probados como antimanchas en los recientes años; no obstante dicha proliferación, tanto de formulaciones como de combinaciones, uno de los activos más efectivos ha resultado ser el Cobre 8-hidroxiquinolato, también conocido como Oxina de Cobre o Cobre 8. Dichas formulaciones presentan la garantía de ser efectivas frente a los hongos que ocasionan mancha, moho y pudrición, siendo relativamente bajo en toxicidad para el ser humano y utilizado en la manera adecuada no presenta riesgo para el medio ambiente. Sin embargo, el hecho de ser un compuesto cúprico hace que la madera adopte una tonalidad verdosa después del tratamiento.
- ❖ Wolsin® FL-14 (Propiconazol): Producto distribuido por BASF Chile. Peña (1988) comprueba un comportamiento satisfactorio al ser aplicado a concentraciones al 1%.
- ❖ Wolsin FL 12215® (Propiconazol + Ácido Bórico + Adyuvantes): es un producto fungicida, de densidad 0,96 g/cm<sup>2</sup>, que ha sido evaluado con éxito por el FRI (Forest Research Institute) en Nueva Zelanda para el control del azulado de la madera.
- ❖ Sinesto B® (Di-yodo metil tolisulfone + amonio cuaternario): Fue desarrollado como un efectivo y al mismo tiempo amigable preservante de madera que en Chile es comercializado a través de BASF Chile. Es un fungicida del tipo antimancha, biodegradable, no tóxico una vez aplicado a la madera, la cual puede ser utilizada hasta para construir establos para animales.
- ❖ NP-1® (Didecil dimetil amonio sulfato + 3-yodo propinil butil carbamato): Es una microemulsión líquida de color café claro con un leve olor a detergente. Fue diseñado para el control de la mancha azul, mohos, hongos de pudrición y bacterias, durante el período de almacenamiento y secado de madera aserrada y rollizos. Este producto es rápidamente biodegradable una vez diluido, siendo la solución no corrosiva al acero.
- ❖ Sentry® (Methylene bithiocyanate + Octhilinone): Es un producto antimancha desarrollado por Chemcolour Industries y el Forest Research Institute en Nueva Zelanda y que en Chile será distribuido por Hickson Quimetal Latino América Ltda., donde está siendo probado con excelentes resultados.
- ❖ Antiblu® CC (Clorotalonil + Carbendazima) Es un producto que tiene como propósito prevenir la proliferación de hongos que ocasionan mancha, moho y pudrición en madera fresca aserrada o madera almacenada o durante el transporte.
- ❖ Tribromofenol (TBP): Dicho compuesto difiere con relación al PCP-Na en que posee en su estructura molecular tres moléculas de bromo en vez de 5 de cloro. Desde el punto de vista de las propiedades fisicoquímicas, ligadas a la absorción y toxicidad, este producto mantiene un nivel similar.
- ❖ Lentrex\*WT® (Chlorpyrifos): Distribuido por Hickson Quimetal Latino América Ltda., es un insecticida clasificado dentro del grupo de los organofosforados y es un plaguicida de contacto en ingestión. Se presenta como una concentración emulsionable, pudiendo ser diluido tanto en agua como en solventes orgánicos. Fue formulado para la protección de madera, trozas,

postes, pallets, contenedores de madera y productos procesados, del ataque de insectos.

- ❖ Actellic 50 EC® (Pirimifos Metil): Insecticida del grupo de los organofosforados de acción por contacto e ingestión. Es ampliamente utilizado en el control de plagas en granos almacenados. Su formulación se presenta como una emulsión concentrada la que posee una capacidad de erradicar y de prevenir la contaminación. Es un producto de prolongada persistencia controlando larvas, pupas y adultos. Presenta una baja toxicidad para el hombre y otros mamíferos, siendo muy eficaz en el control de plagas resistentes a otros insecticidas. Se recomienda su aplicación a la llegada de los productos a las plantas o instalaciones de acopio.
- ❖ Karate 25 CS (Lamdacihalotrina): insecticida perteneciente al grupo de los Piretroides, que ha sido utilizado exitosamente en el control de la polilla del brote del pino y se ha comenzado a utilizar en el control de escolítidos en los aserraderos.

Al ver este listado de productos utilizados para la protección de maderas es posible notar que la tendencia actual a nivel mundial así como local, no es buscar un solo ingrediente activo, sino que probar distintas mezclas de ellos para distintos productos y requerimientos. (Montes *et al.*, 2001)

Es así como estas nuevas mezclas de productos obtienen mejores resultados en la protección de maderas aserradas, que la utilización de productos simples no combinados con otros de similares características pero con distintas composiciones químicas.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Madera

La madera utilizada es de Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don.), es madera empaquetada, verde aserrada y enzunchada, y que en su gran mayoría se encuentra recién procesada y pasa directo de la línea de producción al baño antimancha. Las piezas utilizadas en el estudio, son de diferentes escuadrías, dependiendo de los productos que se estén procesando en la línea de producción al momento de obtener dichas piezas para el estudio en cuestión. La madera obtenida de dicha línea es principalmente procesada de la parte central de la troza.

Los paquetes de madera utilizados para el estudio son de distintas características y dimensiones, lo que varía dependiendo del mercado al que estén dirigidos. Los paquetes varían en el número y distribución de las piezas, forma de enzunchado, y la forma de empalillar el paquete.

La variabilidad de las piezas de madera y de los paquetes enzunchados, es importante debido al hecho, de que este estudio se realizó en un medio ambiente exterior, y la madera estudiada fue obtenida directamente de la línea de producción del aserradero.

**Caracterización de la muestra.** Para recolectar los datos en terreno se confeccionó hojas de recogida de datos, que se representan en los diagramas de distribución. Tal como se muestra en el Anexo 2.

Las características individuales de los 28 paquetes considerados como muestra se presentan en el Cuadro 1.

Fecha	Escuadría	Nº de Piezas
22-diciembre-2004	19 mm X 150 mm X 4.00 m	280
23-diciembre-2004	15 mm X 150 mm X 4.00 m	210
27-diciembre-2004	42 mm. X 148 mm. X 4.00 m	140
29-diciembre-2004	27 mm X 148 mm X 4.50 m	245
30-diciembre-2004	27 mm X 148 mm X 4.00 m	245
31-diciembre-2004	14 mm X 148 mm X 4.80 m	350
06-enero-2005	33 mm X 180 mm X 4.00 m	120
06-enero-2005	33 mm X 180 mm X 4.00 m	120
10-enero-2005	39 mm X 150 mm X 4.00 m	140
10-enero-2005	39 mm X 150 mm X 4.00 m	140
13-enero-2005	36 mm X 180 mm X 4.00 m	120
17-enero-2005	68 mm X 68 mm X 4.80 m	150
19-enero-2005	72 mm X 72 mm X 4.00 m	140
20-enero-2005	72 mm X 72 mm X 4.00 m	98
20-enero-2005	72 mm X 72 mm X 4.00 m	98
24-enero-2005	33 mm X 150 mm X 4.80 m	140
25-enero-2005	33 mm X 150 mm X 4.80 m	140
25-enero-2005	33 mm X 180 mm X 4.80 m	120
26-enero-2005	12 mm X 208 mm X 4.00 m	225
28-enero-2005	12 mm X 208 mm X 4.00 m	200
02-febrero-2005	13 mm X 155 mm X 4.80 m	196
03-febrero-2005	13 mm X 155 mm X 4.80 m	189
10-marzo-2005	16 mm X 150 mm X 4.80 m	126
13-marzo-2005	16 mm X 150 mm X 4.80 m	126
15-marzo-2005	16 mm X 138 mm X 4.00 m	168
17-marzo-2005	16 mm X 138 mm X 4.00 m	154
21-marzo-2005	16 mm X 150 mm X 4.80 m	175
23-marzo-2005	16 mm X 150 mm X 4.80 m	175

Cuadro 1. Escuadrías muestreadas.

### 3.1.2 Solución antimancha

La solución antimancha es obtenida en su totalidad de un solo proveedor, la empresa de químicos Clariant, la solución está conformada por tres productos principales que son NIPACIDE P 508; NIPACIDE P 720; GOLDAZIM 500 SC. Adicionalmente se agrega agua, Bórax y Antiespumante, para finalizar la solución del baño antimancha.

**NIPACIDE P 508.** Es un fungicida para madera de Pino radiata de acción específico contra el hongo de la mancha azul (Ophiostoma) y mohos propios de la madera recién aserrada. Solución acuosa de Quinolinolato de Cobre y tensoactivo aniónico, que presenta las siguientes características:

- ❖ Aspecto : Líquido oleoso transparente verde oscuro.
- ❖ Densidad 20°C : 1,06 g/ml
- ❖ Componente activo : 5,2% de Quinolinolato de Cobre
- ❖ Valor pH 10% : aprox. 1,7
- ❖ Solubilidad : Soluble en agua en cualquier proporción

La aplicación de NIPACIDE P 508, se hace por inmersión de la madera en soluciones acuosas del producto, preparadas en concentraciones típicas entre 4 y 6% (relación volumétrica), según recomendación del proveedor. El tiempo de inmersión de la madera en el baño debe asegurar una absorción e impregnación adecuadas. (Clariant, 2003)

**NIPACIDE P 720.** Fungicida preventivo que se utiliza como refuerzo en la solución antimancha para el control de mohos propios de la madera verde recién aserrada. Su composición es una suspensión acuosa de tetracloroisofaltonitrilo, cuyas características son las siguientes:

- ❖ Aspecto : Suspensión concentrada de color blanco a beige
- ❖ Densidad 20°C : 1,34 g/ml
- ❖ Componente activo : 720 g/l Clorotalonil
- ❖ Valor pH 10% : aprox. 9
- ❖ Solubilidad : Se dispersa en agua en cualquier proporción

NIPACIDE P 720 se adiciona a la solución antimancha de NIPACIDE P 508 en concentraciones entre 0,5% y 1% (relación volumétrica). Ej. Para 0,5%: disolver 0,5 litros de NIPACIDE P 720 en 100 litros de solución antimancha. La adición se realiza directamente a la solución antimancha de NIPACIDE P 508, la cantidad de producto a utilizar debe ser medida exactamente antes de su adición a la solución y se debe esperar la homogeneidad del baño antimancha antes de continuar el proceso de bañado de madera. El tiempo de inmersión de la madera en el baño del producto debe asegurar una absorción e impregnación adecuadas. (Clariant, 2003)

**GOLDAZIM 500 SC.** Es un fungicida preventivo que se utiliza como refuerzo en la solución antimancha para el control de mohos propios de la madera verde recién aserrada. Es una suspensión acuosa concentrada de carbendazima, con las siguientes características:

- ❖ Aspecto : Suspensión concentrada de color blanco opaco
- ❖ Densidad 20°C : 1,16 g/ml
- ❖ Componente activo : 500 g/l Carbendazima
- ❖ Valor pH 10% : aprox. 7
- ❖ Solubilidad : Soluble en agua en cualquier proporción

Se adiciona GOLDAZIM SC en la solución antimancha del NIPACIDE P 508, en concentraciones entre 0,2 y 0,3 (relación volumétrica). Ej. Para 0,2%: disolver 0,2 litros de GOLDAZIM SC en 100 litros de solución antimancha. La adición se realiza directamente a la solución antimancha del NIPACIDE P 508, la cantidad de producto a utilizar debe ser medida exactamente antes de su adición a la solución, posteriormente se debe agitar la solución y se debe esperar la homogeneidad del baño antimancha antes de continuar el proceso de bañado de madera. El tiempo de inmersión de la madera en el baño del producto debe asegurar una absorción e impregnación adecuadas. (Clariant, 2004)

**Agua.** Las soluciones acuosas de NIPACIDE P 508, no son sensibles a la dureza del agua, pudiendo ser preparadas fácilmente con agua potable (300-400 ppm  $\text{CaCO}_3$ ). No obstante durezas superiores extremas pudieran afectar la solución del baño y conducir a una protección deficiente de la madera. Se agrega el agua necesaria para completar la solución y los litros de esta necesarios, para una tina aproximadamente unos 30.000 litros.

**Bórax.** Es adicionado con dos propósitos a la solución antimancha, en primer lugar utilizado cuando el NIPACIDE P 508, es usado a pH neutro, en este caso se debe agregar a la solución aproximadamente un 1% p/v de bórax. En segundo lugar, la finalidad principal de adicionar bórax es homogeneizar la solución y evitar que esta decante al fondo de la Tina.

**Antiespumante.** Las soluciones de baño de NIPACIDE P 508, por su contenido de tensoactivos generan espuma, particularmente si están sometidas a condiciones muy drásticas de agitación. Las soluciones de baño deben mantenerse agitadas pero sin turbulencia extrema. Para controlar la espuma se adiciona algún tipo de Antiespumante.

### 3.1.3 Equipos de medición

Las herramientas de medición utilizadas son bastantes simples y básicas, pero muy útiles para los propósitos que se quieren y el grado de exactitud requerido al momento de tomar las mediciones en terreno, y estas son las siguientes:

- ❖ Tina de Baño Antimancha automática con capacidad de 34.000 Lts (Fig. 3).
- ❖ Huincha de medir, marca Lufkin de 16 pies o 5 metros.
- ❖ Hojas de recogida de datos.
- ❖ Calculadora científica, HP 48 G.
- ❖ Revelador de Cobre Pan (spray), marca Clariant, que permite identificar las áreas sin baño en la pieza, de manera visual, por cambio de coloración.



Figura 3. Tina de Baño Antimancha cargada y en funcionamiento.

## 3.2 Método

### 3.2.1 Conceptos y definiciones importantes

Básicamente el estudio consistió en la medición de paquetes de madera sometidos al baño antimancha descrito y su posterior control y análisis pieza por pieza para determinar presencia o ausencia de preservante mediante un sistema colorimétrico. Los datos recogidos en terreno, se entienden de acuerdo a la terminología y abreviaciones utilizadas en las tablas de datos y ellos son los siguientes:

- ❖ N° Pzas. : Es el n° de piezas que contiene cada paquete.
- ❖ % Pzas. s/b : Corresponde al porcentaje de piezas sin baño antimancha encontradas en el paquete.
- ❖ A. Pqte. : Es la multiplicación del área nominal de una pieza, por el número de piezas contenidas en el paquete.
- ❖ % A. Pqte. s/b : Es el porcentaje del área total del paquete muestreado sin baño antimancha.
- ❖ A. Pza. : Área total de la pieza, que consta de la suma del área de sus seis lados (cara, trascara, laterales y testas).
- ❖ A. Pza. s/b : Es el área real de la pieza obtenida sin baño antimancha.
- ❖ % Pza. s/b : Es el porcentaje del área de la pieza afectada sin baño antimancha.
- ❖ Tiempo de inmersión: Es el tiempo que se mantiene el paquete de madera sumergido en la solución del baño antimancha.
- ❖ Tiempo de escurrimiento: Es el tiempo que se mantiene el paquete de madera en el aire para que escurra la solución sobre la Tina para recuperar la solución antimancha.

Se realizó un muestreo dirigido de acuerdo a escuadrías y productos, de manera de abarcar un espectro amplio representativo de los productos obtenidos de la línea de producción. En cuanto se obtuvieron resultados altamente negativos en relación a la calidad del baño se decidió realizar el cambio de tiempos, y en adelante realizar todos los muestreos con los tiempos nuevos (105-90 s).

Adicional a esto se estabilizaron las presiones para disminuir su influencia en la calidad del baño antimancha.

Además se realizaron muestreos en grupos específicos de paquetes para identificar y determinar ciertos problemas que afectaban la calidad del baño, como es el factor de adherencia.

Y para finalizar se realizaron pruebas con nuevos tiempos para reforzar de esta manera, la decisión del cambio de tiempos.

### *3.2.2 Variables del proceso*

Las variables relevantes en este estudio son las siguientes:

- ❖ Tiempos de la Tina de Baño Antimancha: tiempos de inmersión y tiempo de escurrimiento.
- ❖ Presión de la Prensa de la Tina de Baño Antimancha.

Este estudio fue realizado en condiciones ambientales normales por lo cual las variables relacionadas con el medio ambiente y material, no fueron consideradas y éstas son:

- ❖ Condiciones de baño de la Tina de Baño Antimancha, que se identifican de la siguiente manera: pH, Volumen de la Tina y concentración de la solución antimancha.
- ❖ Adherencia entre las piezas: Relación con el factor de adherencia que se produce entre las piezas cuando llevan mas de un día empaquetados y acopiados antes de pasar por el baño antimancha.
- ❖ Temperatura y humedad ambiental. Debido a que la temperatura y humedad ambiental variaban constantemente en los muestreos éstas no fueron consideradas significantes para nuestro estudio.
- ❖ Humedad de la madera. Este factor no fue considerado ya que la madera que llega a la Tina, proviene de los trozos procesados en la línea, que son tomados directamente de la cancha de acopio donde están con un flujo constante de riego por aspersion y con una alta variabilidad en su contenido de humedad.

### *3.2.3 Diseño del estudio*

Se consideró una muestra de madera aserrada y verde elegida al azar de 28 paquetes los que fueron bañados según las siguientes variables (Cuadro 2):



N° Muestra	Cantidad de paquetes muestreados	Tiempo de Inmersión (s)	Tiempo de Escurrimiento (s)	Presión de inmersión de la Tina (Psi)	Presión de Escurrimiento de la Tina (Psi)
1	3	90	105	1500	1500
2	19	105	90	1500	1500
3	2	120	90	250	350-400
	2	150	90	250	350-400
	2	165	90	250	350-400

Cuadro 2: Paquetes muestreados según las variables del proceso.

La secuencia de procesamiento se realizó de esta forma para ver el efecto de las variables en la calidad final de la madera bañada.

### 3.2.4 Procedimiento de medición y detección de áreas sin baño

El método utilizado para determinar las áreas de las piezas sin baño antimancha, fué visual, y se realizó con la ayuda de un revelador de cobre que produce un cambio de coloración en la madera (al reaccionar con el cobre toma un color morado, y las áreas sin baño permanecen de color amarillo). Se puede apreciar en la figura 4, la identificación de la sección de la pieza de madera sin baño antimancha en color amarillo.

Una vez identificada la sección o área de la pieza de madera sin baño, se procedió a medir, con la ayuda de la huincha, de manera de buscar un área rectangular para luego registrarla en la hoja de recogida de datos, como se muestra en la figura 5.



Figura 4. Ejemplo de 2 piezas bañadas con solución antimancha y una sin baño (centro), rociadas con solución Pan.

Homologando la figura generada por la no presencia de solución antimancha a una figura rectangular que aproximadamente involucrara una superficie equivalente a

ella, se obtuvieron las secciones sin baño. Esta medición fue realizada a la totalidad de las piezas muestreadas (4.730 piezas).

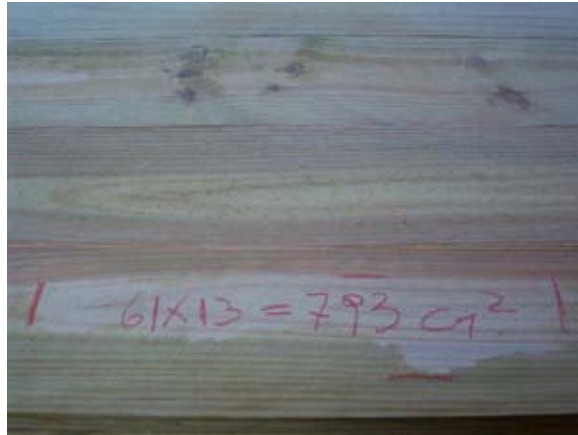


Figura 5. Ejemplo de medición e identificación de áreas sin baño.

### 3.3 Determinación del área sin Baño Antimancha

La determinación de áreas sin baño antimancha se calculó como la diferencia entre las secciones sin baño y la superficie total de la pieza, lo que se expresó en porcentajes. Esta medición se realizó en la totalidad de las piezas de los paquetes muestreados (28 paquetes), de acuerdo a la fórmula (1) que determina el área y se conceptualiza en la figura 6.

(1) 
$$A = l * a \text{ [m}^2\text{]}$$

Donde:

A = Área [m<sup>2</sup>]  
l = largo [m]  
a = ancho [m]

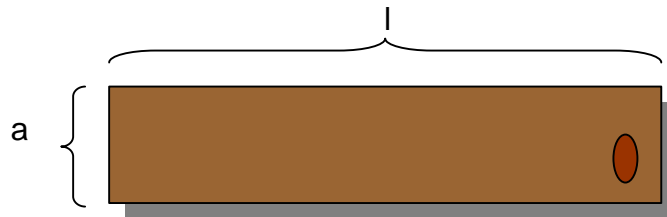


Figura 6. Esquema de una pieza de madera y sus lados.

### **3.4 Tratamiento de resultados obtenidos**

Mediante un muestreo dirigido, según escuadrías y productos tomados directamente de la línea de producción, se analizó pieza por pieza de cada paquete de madera muestreado para obtener la información necesaria para establecer la condición actual del proceso que se quiere optimizar.

Se obtuvo datos individuales de los muestreos reflejados en las hojas de recogida de datos, que luego fueron promediados por cada paquete al que pertenecían, para determinar los porcentajes de piezas y paquetes con problemas de baño.

Los resultados de las piezas y paquetes muestreados, fueron analizados cotejando los promedios obtenidos con grupos de paquetes de similares características por medio de Histogramas y Tablas de Frecuencia correspondientes a cada grupo, de acuerdo a las distintas variables que se analizaron.

Además se realizó un análisis de estadística descriptiva con programas de herramientas de Excel, con el cual se obtuvo la información necesaria para construir los diagramas de distribución, donde se aprecia la dispersión de los datos de relevancia para el estudio.

Fue también realizado un estudio de regresión con el cual se ratifica el grado de correlación entre las variables, lo que permite reafirmar los planteamientos expuestos.

## 4. RESULTADOS

Se presentan los resultados y tendencias relacionados con el tiempo de inmersión y el efecto de la presión del baño antimancha sobre la eficacia del recubrimiento. Se incluye cuales son los productos ensayados que presentan mayores deficiencias en su calidad final luego del baño antimancha. La información desglosada del muestreo general realizado a lo largo del estudio con todos los promedios correspondientes a cada muestreo lo podemos apreciar en el Anexo 2.

Finalmente se realizó una proposición de mejoras en el sistema de baño antimancha en función de las variables estudiadas.

### 4.1 Efecto del tiempo de inmersión sobre la eficacia del recubrimiento

El tiempo de inmersión es sin duda el de mayor importancia para este estudio, ya que es durante esta etapa donde el impregnante baña y se fija en la madera, por otra parte la etapa de escurrimiento sirve a propósitos distintos al proceso de baño de la madera, ya que tiene que ver con la recuperación de la solución impregnante, y no tiene significativa influencia en la penetración o fijación del impregnante en la madera.

#### 4.1.1 Relación entre los tiempos de inmersión y escurrimiento a presión constante

Del primer muestreo se obtienen los promedios que se observan en el Cuadro 3, la cual indica la razón principal del cambio de tiempos de la tina antimancha, debido a la necesidad de mantener los paquetes más tiempo sumergidos en la solución impregnante para obtener una mejor calidad de baño.

A esto se suma el hecho de que el mecanismo automático que opera la tina sólo da la opción de invertir los actuales tiempos de baño (90-105 s) a 105 segundos de inmersión y 90 segundos de escurrimiento, a una presión constante de 1.500 Psi.

	% Pzas. s/b	% A. Pqte. s/b	% A. Pza. s/b
<b>90-105 s</b>	53,25	0,88	3,59
<b>105-90 s</b>	43,74	0,66	2,52

Cuadro 3. Promedios de los porcentajes obtenidos con los distintos tiempos de baño a presión constante.

La mejora en la calidad obtenida a partir del cambio en los tiempos se puede apreciar más claramente en los siguientes gráficos de la Figuras 7 a la 9, donde se aprecia que los nuevos tiempos muestran una mayor eficacia del recubrimiento, sobre los paquetes de madera.

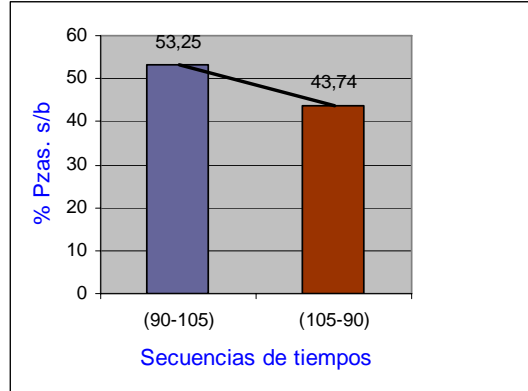


Figura 7. Promedios de los porcentajes de piezas sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante.

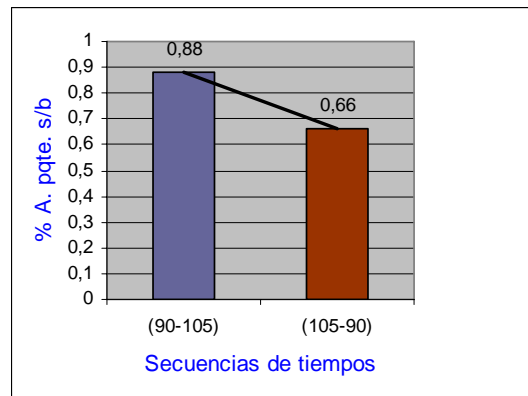


Figura 8. Promedios de los porcentajes del área del paquete sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante.

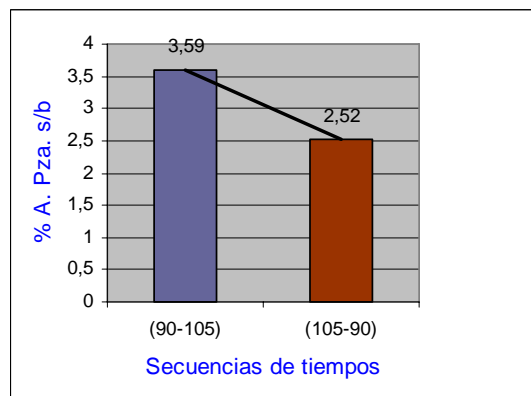


Figura 9. Promedios de los porcentajes del área de la pieza sin baño en grupos de paquetes muestreados con distintos tiempos de baño a presión constante.

#### 4.1.2 Análisis estadístico

Para analizar de manera estadística, la variación de los tiempos de baño, y de este modo legitimar los resultados obtenidos, se estudia un nuevo grupo de datos obtenidos de un muestreo adicional relacionado específicamente a los tiempos de baño, donde se controló factores que pudieran influir en estos resultados ( pH, concentración ( [ ] ), volúmen, presiones y tiempos), dichos controles se los observan en el Cuadro 4.

	m	mm	mm	l			Psi	s	Psi	s		
N° Pzas	Largo	Ancho	Esp	Vol Tina	[ ]	pH	P° Pr.Inm	Tpo Inm	P° Pr.Esc	Tpo Esc	N° Pzas s/b	% Pzas s/b
126	4,8	150	16	28.200	4,03	4	250	120	350-400	90	120	95,24
126	4,8	150	16	28.200	4,03	4	250	120	350-400	90	105	83,33
168	4,0	138	16	31.100	4,03	4	250	150	350-400	90	83	49,41
154	4,0	138	16	31.100	4,03	4	250	150	350-400	90	69	44,81
175	4,8	150	16	27.185	4,03	4	250	165	350-400	90	42	24,00
175	4,8	150	16	27.185	4,03	4	250	165	350-400	90	45	25,71

Cuadro 4: Datos del muestreo realizado para comprobar tiempos de baño.

Para lograr obtener datos con la mayor posibilidad de cotejación entre ellos, se dispuso mantener la presión en el ciclo obtenido anteriormente 250 Psi (presión de inmersión) y 350-400 Psi (presión de escurrimiento), de igual modo se mantuvieron constantes la concentración y el pH. Se trató de tener niveles altos en el volúmen de la tina, se utilizó espesores iguales, y en paquetes de madera bastante similares.

A partir de estos datos se realizó un análisis de estadística descriptiva que se presenta a continuación en el Cuadro 5.

Media	53,75
Error típico	12,06
Desviación estándar	29,55
Varianza de la muestra	873,28
Rango	71,24
Mínimo	24
Máximo	95,24
Mayor (1)	95,24
Menor(1)	24
Nivel de confianza(95,0%)	31,01

Cuadro 5: Estadísticas de los porcentajes obtenidos del muestreo.

En el Cuadro 6 se puede observar que con tiempos de 120 segundos se llegó a un promedio máximo de 95,2% de piezas con problemas de baño y por el contrario al aumentar el tiempo de inmersión a 165 segundos se logró bajar a un 24% de piezas con problemas de baño en el paquete.

De igual modo se pudo comprobar en un gráfico de dispersión el alto grado de relación que existe entre el aumento del tiempo de inmersión y la baja de los porcentajes de piezas con problemas de baño, tal como se puede apreciar en el Cuadro 6, y el gráfico de la Figura 10.

Medición n°	Tpo Inm	% Pzas s/b
1	120	95,24
2	120	83,33
3	150	49,41
4	150	44,81
5	165	24,00
6	165	25,71

Cuadro 6: Tiempos y porcentajes obtenidos.

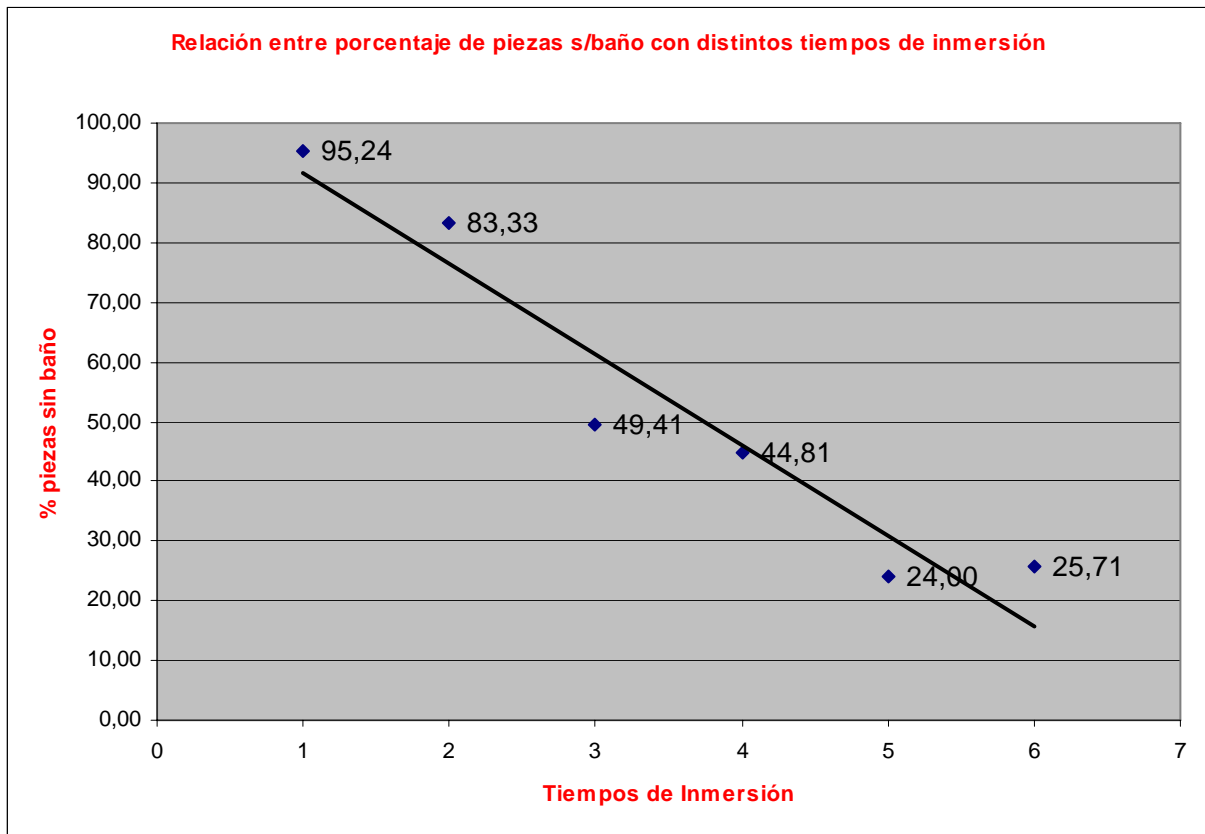


Figura 10: Porcentajes de piezas sin baño encontrados en las distintas mediciones.

A partir de estos datos obtenidos se puede hacer un análisis de regresión, el cual muestra los siguientes estadígrafos.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,98
R <sup>2</sup> ajustado	0,98
Error típico	4,57
Observaciones	6

Cuadro 7: Tabla resumen del análisis de regresión de los datos obtenidos

En el Cuadro 7 se aprecia el alto grado de relación que existe entre los tiempos de inmersión y cantidad de piezas con baño defectuoso, es decir, a mayor tiempo de inmersión, mejor calidad de baño de los paquetes de madera, por lo tanto mayor eficacia del recubrimiento.

#### **4.2 Efecto de la presión del baño sobre la eficacia del recubrimiento**

A lo largo del estudio se logró apreciar que las presiones aplicadas por la prensa de la tina de baño, eran demasiado altas (1500 Psi), además eran aplicadas de manera constante a lo largo de todo el proceso de baño.

Lo anterior sumado a la presión del enzunchado de los paquetes de madera genera una dificultosa difusión del líquido antimancha entre las piezas y a lo largo de las piezas de madera.

Por tales motivos se tomó la decisión de crear un programa de presiones variables para el proceso de baño antimancha. Programa en el que se buscó utilizar las presiones mínimas en inmersión, para evitar que el paquete flotara, y en escurrimiento, para evitar que el paquete se desplazara de la estructura.

Con esta información se logró confeccionar el siguiente programa:

- ❖ Presiones de 250 Psi en tiempo de inmersión, esto significa que durante el tiempo que el paquete se encuentre sumergido, estará sometido a una presión de 250 Psi, lo suficiente para evitar que el paquete salga a la superficie.
- ❖ Presiones de 350 a 400 Psi en tiempo de escurrimiento, lo que significa que mientras el paquete se encuentre elevado de manera inclinada para la recuperación de impregnante, este se encontrará sometido a presiones variables de entre 350 a 400 Psi, para evitar que el paquete se deslice, suelte o caiga dentro de la Tina.



Una vez realizado este cambio de presiones se pudo comprobar que a menor presión mayor es la eficacia del recubrimiento.

Para graficar esta situación se comparó un grupo de 4 paquetes de maderas thinboards muestreadas con presiones de 1.500/1.500 Psi de características similares al grupo de paquetes muestreados con el nuevo programa de presiones 250/350-400 Psi, tal como se muestra en el Cuadro 8 donde se obtuvieron los promedios observados, de los grupos de paquetes sometidos a los distintos grupos de presiones.

Grupo 1: Programa 1500/1500 Psi			Grupo 2: Programa 250/350-400 Psi		
Escuadrías (cm)	N° Pzas.	% P. s/b	Escuadrías (cm)	N° Pzas.	% P. s/b
12X208X4000	225	63,1	16X150X4800	126	95,2
12X208X4000	200	80,0	16X150X4800	126	83,3
13X155X4800	196	79,9	16X138X4000	168	49,4
13X155X4800	189	85,2	16X138X4000	154	44,6
			16X150X4800	175	24,0
			16X150X4800	175	25,7
<b>Prom.</b>		<b>77,05</b>	<b>Prom.</b>		<b>53,7</b>

Cuadro 8: Grupos de paquetes muestreados con programas de presiones distintos.

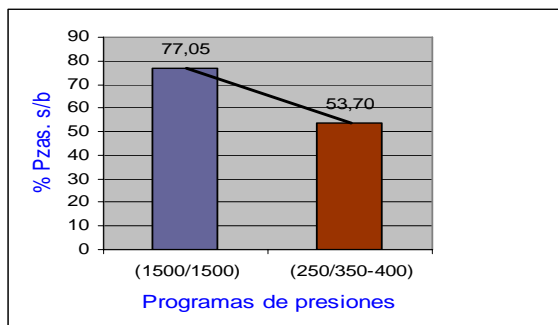


Figura 11: Promedios de los % de piezas s/b obtenidos con distintos programas de presiones.

El gráfico de la Figura 11 muestra la incidencia de la presión en la eficacia del impregnante. Se aprecia que bajó desde un 77,05 a 53,70 % de piezas con problemas de baño en los paquetes, lo que muestra que a menor presión mayor es la efectividad del impregnante.

### 4.3 Otros resultados obtenidos

#### 4.3.1 Variabilidad de la calidad de impregnación para los distintos productos empaquetados

A lo largo del muestreo total se logró ver como es el comportamiento de las distintas escuadrías y productos bajo similares condiciones de baño. De este modo se realizó una separación en cuatro tipos de productos, los cuales incluyen una variedad distinta de escuadrías cada uno, y estos son:

- Maderas comunes. Maderas de productos terminados que no pasarán por otro proceso de aserrío.
- Matrices. Maderas para compartir que deben pasar por otros procesos de aserrío para obtener nuevos productos y escuadrías.
- Thinboards. Maderas de secciones anchas y espesores delgados, maderas que no pasarán por otro producto de aserrío.
- Warimomos. Maderas de productos terminados de secciones cuadradas, destinadas principalmente a Pallets.

Tal como lo muestran los gráficos de las Figuras 12 a la 14, las maderas que presentan mayores problemas de calidad de baño son las matrices y los thinboards. Así como los paquetes que presentan mejor calidad de baño son los warimomos.

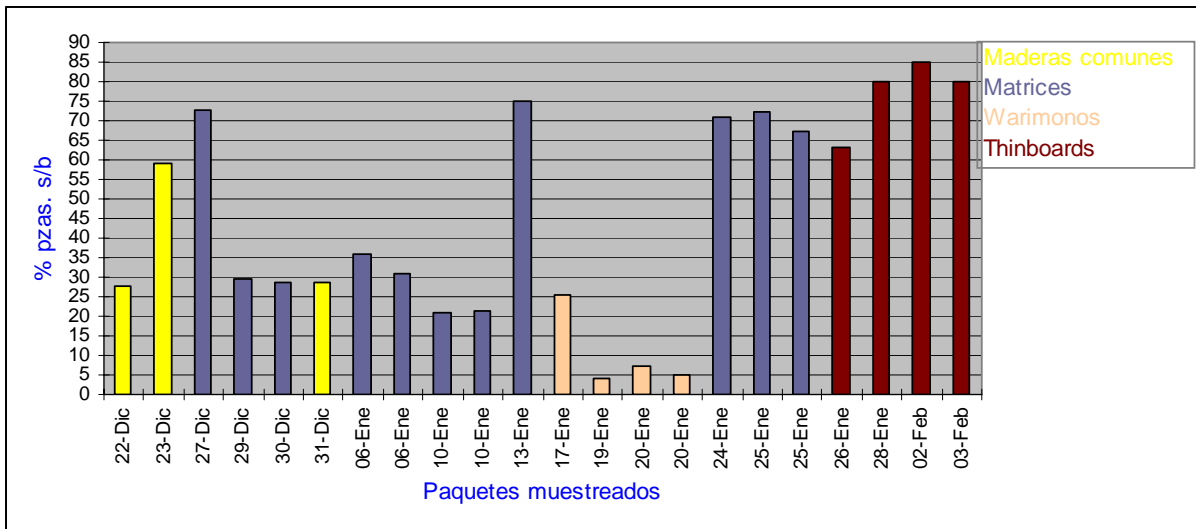


Figura 12. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje de piezas s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías.

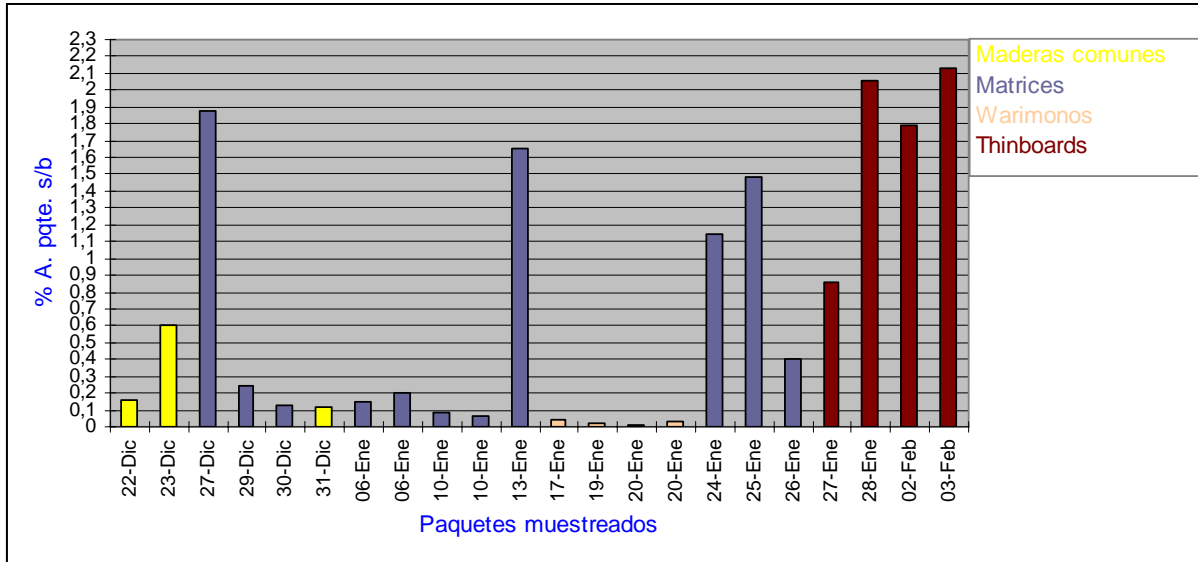


Figura 13. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje del área de los paquetes s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías.

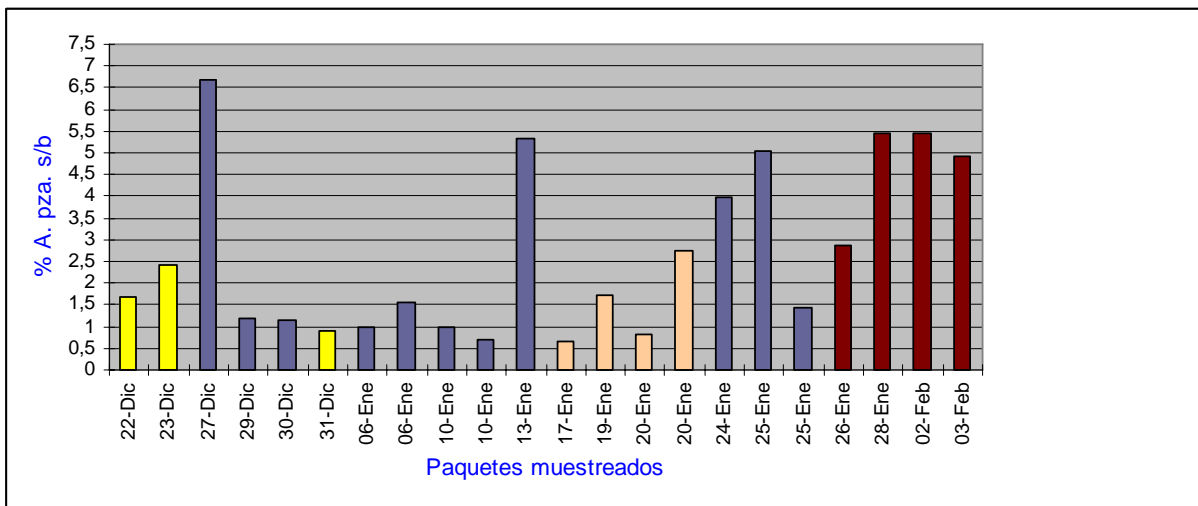


Figura 14. Variabilidad en la calidad del baño según el porcentaje del área de la pieza s/b en paquetes de distintos productos y escuadrías.

#### 4.3.2 Relación entre las condiciones de baño y los defectos encontrados

Las condiciones de baño que presenta la Tina de Baño Antimancha son: pH, Volumen de la Tina y Concentración de la solución antimancha. Estas variables son medidas tres veces por turno, y las condiciones encontradas (Anexo 2), muestran una directa relación con las piezas sin baño encontradas en los paquetes de madera.

Con esto se puede observar que cada vez que la Tina mostró niveles inferiores a los 30.000 litros , los paquetes muestreados presentaron complicaciones, excepto las mediciones del 10 de enero, las cuales pueden haber sido influenciadas por el hecho de que la Tina contenía el máximo de concentración permitida. También cabe hacer notar el hecho que siempre estas escuadrías coincidan con las ya mencionadas como problemáticas (matrices y thinboards).

Para mostrar esta relación entre el volúmen de la tina y las piezas con problemas de baño, se presenta los siguientes gráficos, donde se clarifica de mejor manera dicha relación.

El gráfico de la Figura 15 muestra la relación entre el Volumen de la Tina y el porcentaje de piezas sin baño. En la Figura 16 se muestra la misma relación pero ahora con el porcentaje del área de la pieza sin baño. Y en la Figura 17 se observa nuevamente esta relación, pero esta vez con el área del paquete sin baño.

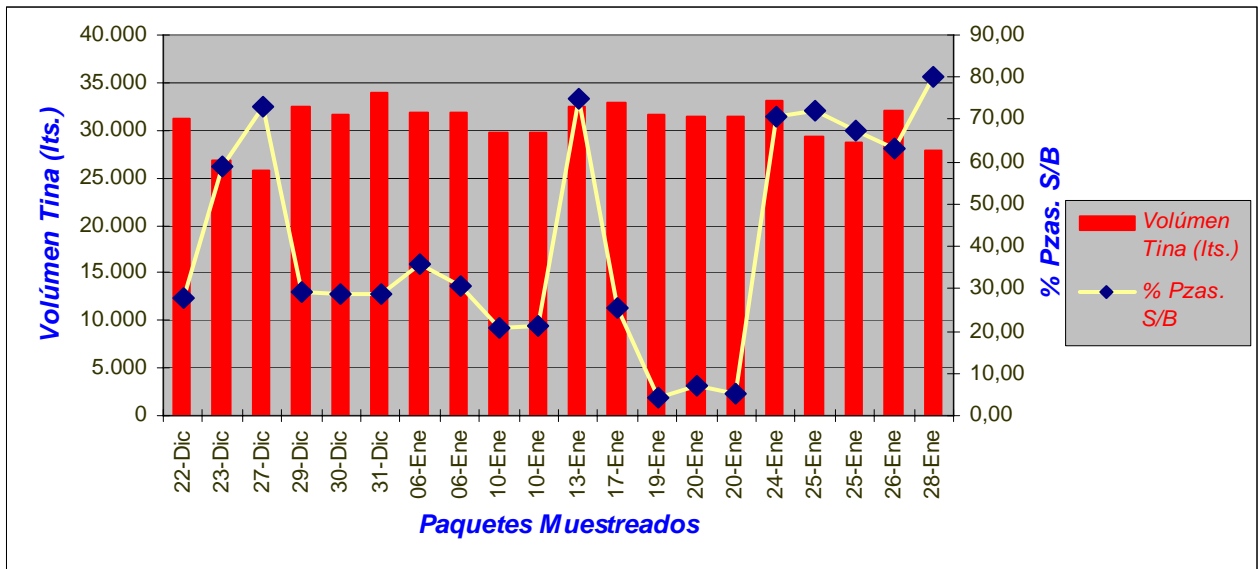


Figura 15. Relación entre Volúmen de Tina (l) y % de piezas sin baño

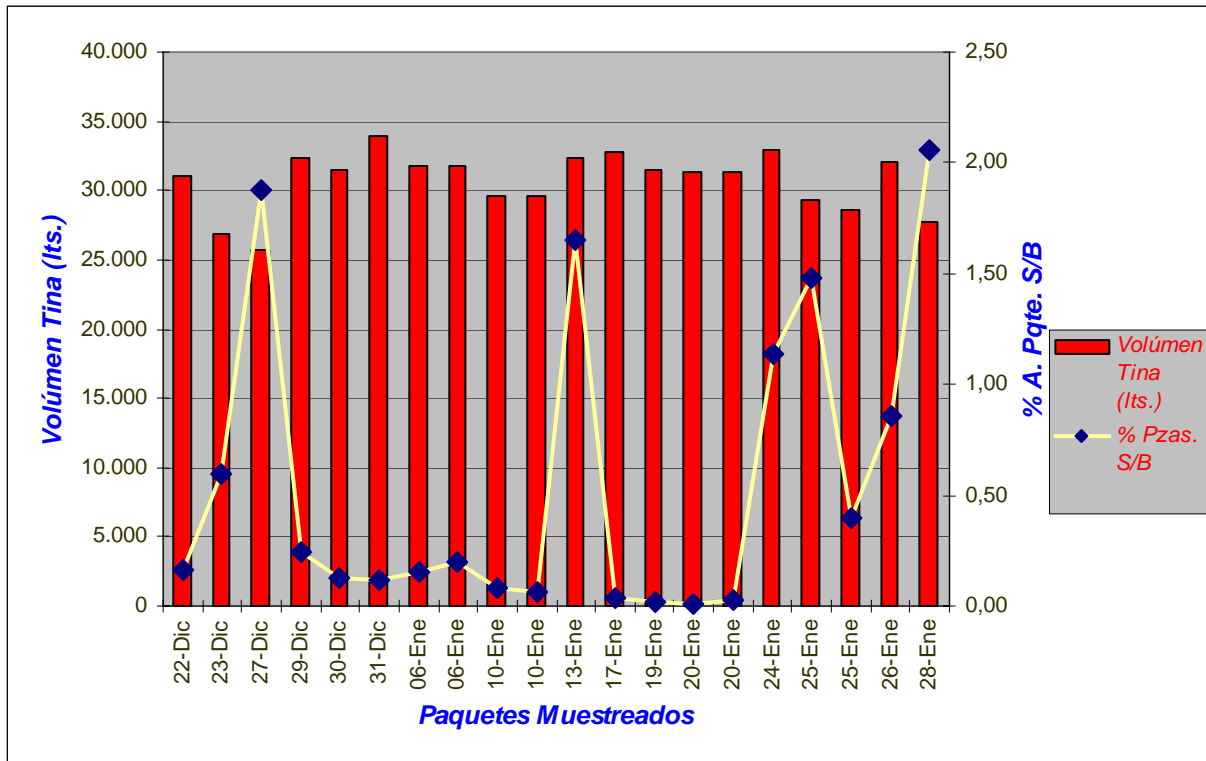


Figura 16. Relación entre Volúmen de Tina (l) y % del área del paquete sin baño

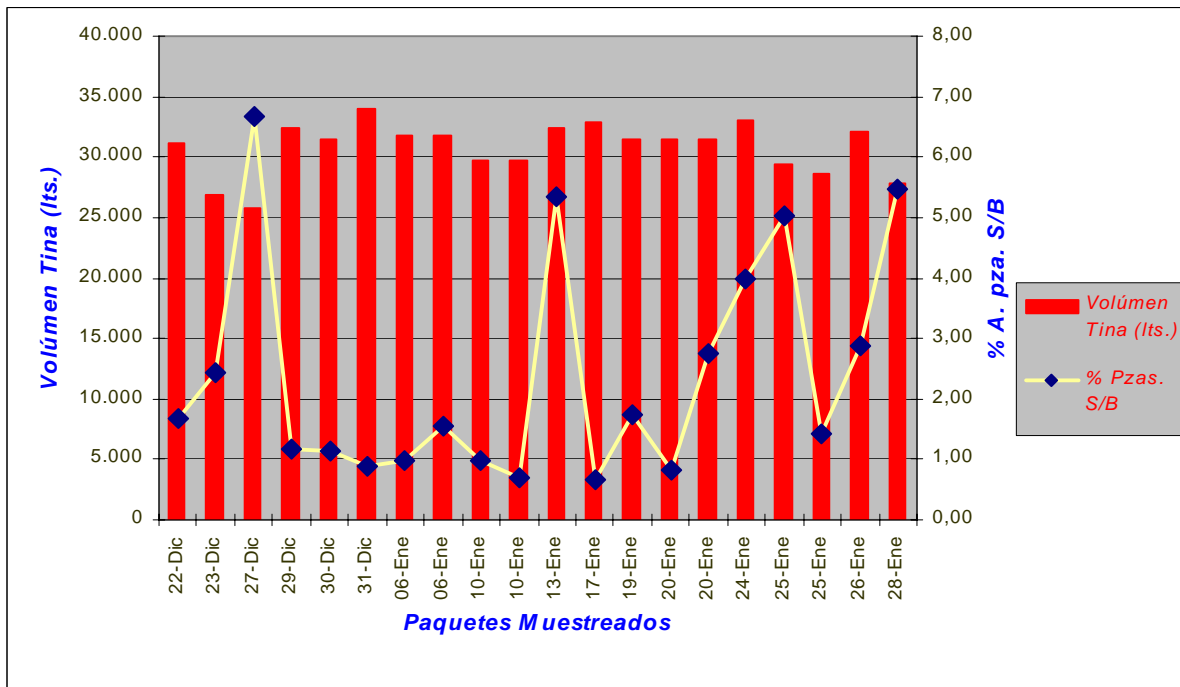


Figura 17. Relación entre Volúmen de Tina (l) y % del área de la pieza sin baño.

### 4.3.3 Resultados de los ensayos de adherencia

Los ensayos de adherencia se realizaron al detectar una concordancia entre los paquetes con mas de un día en el patio y la mayor detección de piezas con problemas de baño, a esto le llamamos “factor de adherencia”, y este queda claramente demostrado en los gráficos siguientes, donde R.E., significa recién empaquetado y T.E., significa tiempo empaquetado lo que quiere decir que está un día o más en esta condición de empaquetado.

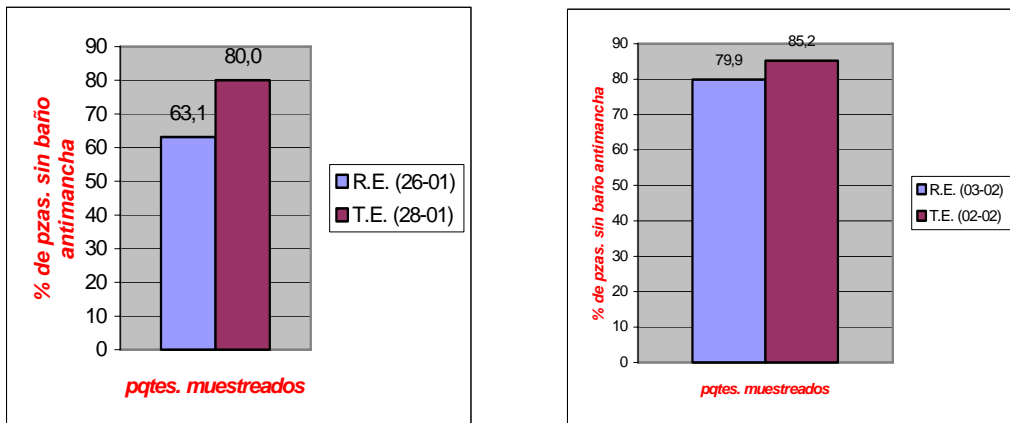


Figura 18. Porcentaje de piezas sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado.

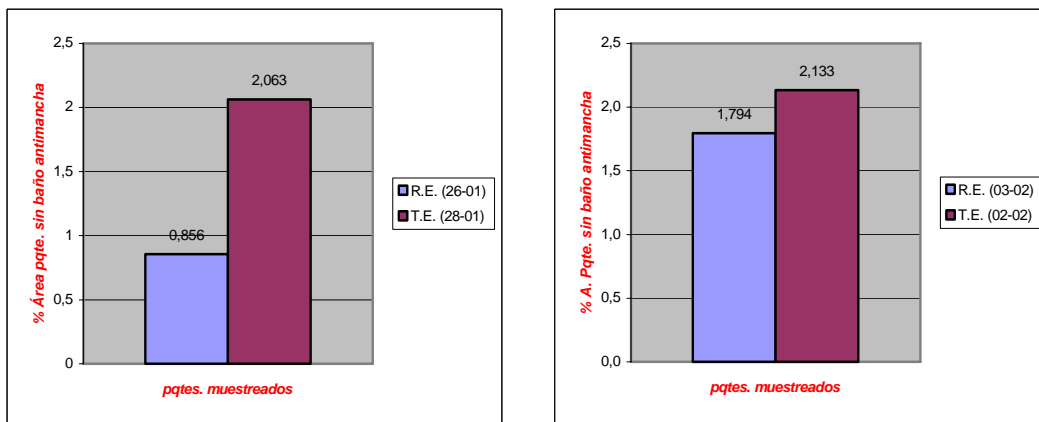


Figura 19. Porcentaje del área del paquete sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado.

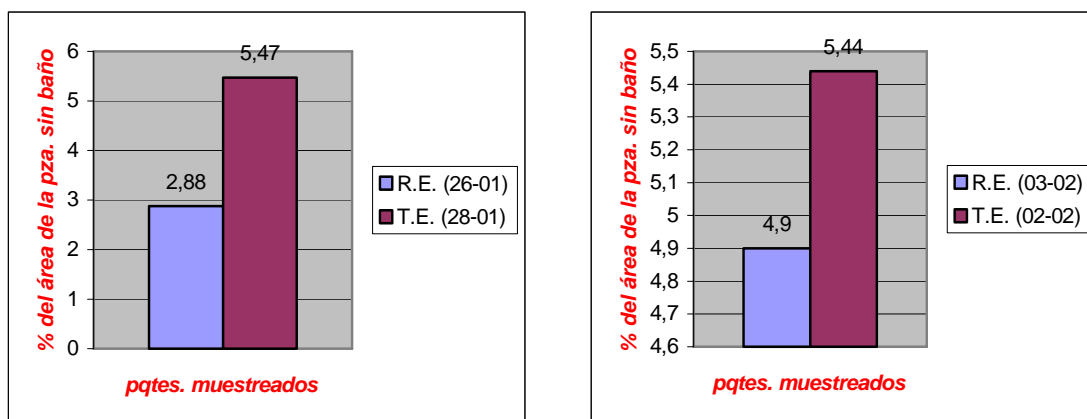


Figura 20. Porcentaje del área de la pieza sin baño en muestras con distintos tiempos de empaquetado.

Los gráficos en las Figuras 18 a la 20, claramente muestran la disminución de piezas con problemas de baño en los paquetes tratados al salir de la línea de producción, en contrapartida a los paquetes bañados después de un día de empaquetado, de este modo el “factor de adherencia”, afecta directamente la calidad del baño, ya que los fluidos que emanan de las piezas de madera verde recién aserrada y empaquetada, producen cierto grado de adherencia entre las piezas, lo que afecta la difusión del líquido antimancha entre éstas

#### 4.4 Proposiciones de mejora de acuerdo a los resultados obtenidos

A la luz de los resultados obtenidos de este estudio, se propone que para aumentar la eficacia del impregnante y mejorar la calidad del baño, se utilicen tiempos de inmersión iguales o superiores a 105 segundos y tiempos de escurrimiento de 90 segundos, de igual modo se recomienda la utilización del programa de presiones confeccionado anteriormente.

Con respecto a las escuadrías que presentan algún tipo de problema adicional al baño como son los thinboards y las matrices, se recomienda aplicar tiempos de baño superiores a los 105 segundos para asegurar una buena calidad de baño.

También se recomienda mantener los volúmenes de la tina preferentemente sobre 30.000 litros. De igual modo se recomienda mover los paquetes pieza a pieza antes de bañarlos si estos se encuentran con más de un día de empaquetado

## 5. CONCLUSIONES

De los ensayos realizados con el fin de mejorar la eficacia del baño antimancha es posible concluir:

En relación al efecto del tiempo de inmersiones se aprecia que a mayor tiempo de inmersión mejor es la calidad del proceso. Igualmente se observa que un menor tiempo de escurrimiento permite alcanzar una mejor calidad del recubrimiento de la madera bañada.

En relación al efecto de la presión del baño se aprecia que a menor presión se alcanza mejor calidad de la madera impregnada. Los mejores resultados se obtienen con presiones de 250 Psi en inmersión y 350-400 Psi en escurrimiento.

En relación a las sugerencias para mejorar la eficiencia en el baño antimancha estas están orientadas a:

- Establecer los tiempos óptimos de la tina de baño antimancha en automático, en donde los de mejor desempeño corresponden a 105 segundos en inmersión y 90 segundos en escurrimiento.
- Establecer las presiones óptimas para la tina, las cuales se reflejan en programa de presiones de 250 Psi en inmersión y 350-400 Psi en escurrimiento.
- Identificar las escuadrías que presentan mayores deficiencias en la calidad del baño, piezas que son catalogadas como maderas thinboards o maderas de matrices, para aplicar mayores tiempos de inmersión en su baño.
- Identificación de un “factor de adherencia” que afecta directamente la calidad del baño, de tal modo que esto puede ser subsanado moviendo los paquetes antes del baño si estos se encuentran más de un día acopiados en cancha.
- Por último es importante mantener las condiciones óptimas en la tina de baño en relación a mantener un pH de 4, la concentración entre 4,0 y 4,1, al igual que mantener el volúmen de solución en la tina de baño por sobre los 30.000 litros, estas condiciones son las ideales para una buen funcionamiento del proceso de baño.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

Clariant. 2003. Nipacide P 508, Hoja Técnica N° 185996. Chile.

Clariant. 2003. Nipacide P 720, Hoja Técnica N° 198714. Chile.

Clariant. 2004. Goldazim 500 SC, Hoja Técnica N° 201350. Chile.

CONAMA. 2000. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Rubro aserraderos y procesos de madera. Santiago, Chile.

De Ferrari L.; Ramírez O. 1998. Manual de detección y control de plagas y enfermedades presentes y potenciales en plantaciones de Pino y eucalipto. CPF/BASF. Chile

Díaz – Vaz J. E. 1990. Anatomía de especies leñosas, Publicación Docente N° 5. Chile.

Juacida R. 1991. Algunos factores que influyen en la permeabilidad de las maderas, Publicación Docente N° 3. Chile

González G.; Jorquera P. 1997. Muerte Apical, Marchitamiento de Copa y Otras Enfermedades del Pino Radiata asociadas a *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko y Sutton. CONAF. Folleto de Divulgación 17 (33). Chile

Montes P.; Peredo H.; Lanfranco D.; Ide S.; Dolz H. 2001. Una revisión de los productos alternativos al pentaclorofenato de sodio y bromuro de metilo utilizados en el sector forestal. Bosque 22(1): 85-93

Osorio M. 1973. Aislamiento, descripción y clasificación preliminar de *Ceratocystis* sp., Agente causal de mancha azul en madera de Pino Insigne. Tesis Ing. Forestal, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales

Peña R. 1988. Determinación de la eficacia de productos antimanchas sin fenoles clorados en su formulación. Tesis Ing. Forestal, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales, 35 p.

Peredo M. 1980. Determinación de la eficacia de algunos preservantes antimancha, Publicación Técnica N° 5. Chile

Peredo H.; Lanfranco, D.; Ide S.; Vives I.; Ruiz C. 1999. Revisión Bibliográfica de las Especies Forestales, Hongos e Insectos. Proyecto de Certificación Sanitaria de Productos Forestales Primarios de Exportación. INFOR/UACH. Chile

Rose M.C. 1987. Colonización Temprana de Trozos y Madera Aserrada. Renarres Año IV. N° 20, 21 Y 22. Chile. United States Department of Agriculture. Forest Service. 1993. Pest Risk Assessments of the Importation of *Pinus radiata*, *Nothofagus dombeyi*, and *Laurelia philippiana* Logs From Chile. Misc. Publication N°1517. EE.UU.

Vargas J., Peredo H. 2001. Normas y mecánicas de estilo para la presentación de documentos a calificación. Chile

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
**Abstract**

## **Abstract**

A study of improvement of the industrial process of bath antistains was made for green wood sawed and packed of pine insigne, obtained material of the line of production, adapting the study to the existent environmental conditions and to the variables of the existing machinery, in the court of bath of the Bucalemu plant, belonging to the company CMPC S.A., located in the eighth region of Chile.

The central objective was to improve the quality of the bath antistains, for it were made tests in land, in that it was put under bath antistains different products packed with modifications from the variables of the process. The effectiveness of the impregnating was made by means of colorimétrico, revealing copper analysis, that makes evident the zones protected with a specific coloration.

Result of the study was achieved to optimize the program of pressures of the press of the tub of bath it antistains, obtaining a program of 250 Psi in immersion and 350-400 Psi in draining like most advisable. Also to consider the times of bath of 105 sec. in immersion and 90 sec. in draining like recommendable. In relation to the times in immersion of the package in the bathtub evidence that to greater time the effectiveness in the impregnating is greater.

Key words: Bath antistains, time in immersion, time in draining.

**Anexo 2**  
***Tablas y Cuadros con datos del muestreo.***



Cuadro de tablas de comparación de las condiciones de baño con piezas encontradas con problemas de baño

	Vol. Lts.	% pzas s/b			Vol. Lts	% A pza s/b		
22-Dic	31.100	27,86			22-Dic	31.100	1,68	
23-Dic	26.895	59,05			23-Dic	26.895	2,42	
27-Dic	25.735	72,86			27-Dic	25.735	6,67	
29-Dic	32.405	29,39			29-Dic	32.405	1,18	
30-Dic	31.535	28,75			30-Dic	31.535	1,14	
31-Dic	34.000	28,86			31-Dic	34.000	0,90	
06-Ene	31.825	35,83			06-Ene	31.825	0,97	
06-Ene	31.825	30,83			06-Ene	31.825	1,56	Estas mediciones se pueden ver influenciadas por haberse encontrado en estos días concentraciones de 4.1 (máx)
10-Ene	29.650	20,71	}	→	10-Ene	29.650	0,99	
10-Ene	29.650	21,43			10-Ene	29.650	0,70	
13-Ene	32.405	75,00			13-Ene	32.405	5,33	
17-Ene	32.840	25,33			17-Ene	32.840	0,65	
19-Ene	31.535	4,29			19-Ene	31.535	1,74	
20-Ene	31.390	7,14			20-Ene	31.390	0,81	
20-Ene	31.390	5,10			20-Ene	31.390	2,75	
24-Ene	32.985	70,71			24-Ene	32.985	3,97	
25-Ene	29.360	72,14			25-Ene	29.360	5,04	
25-Ene	28.635	67,50			25-Ene	28.635	1,42	
26-Ene	32.115	63,11			26-Ene	32.115	2,88	
28-Ene	27.765	80,00			28-Ene	27.765	5,47	
02-Feb	30.665	85,20			02-Feb	30.665	5,44	
03-Feb	32.260	79,89			03-Feb	32.260	4,90	
09-Feb	31.100	70,00			09-Feb	31.100	3,92	
	Vol. Lts.	% A pqt s/b						
22-Dic	31.100	0,16						
23-Dic	26.895	0,60						
27-Dic	25.735	1,88						
29-Dic	32.405	0,24						
30-Dic	31.535	0,13						
31-Dic	34.000	0,12						
06-Ene	31.825	0,15						
06-Ene	31.825	0,20						
10-Ene	29.650	0,08	}				Estas mediciones se pueden ver influenciadas por haberse encontrado en estos días concentraciones de 4.1 (max)	
10-Ene	29.650	0,06						
13-Ene	32.405	1,65						
17-Ene	32.840	0,04						
19-Ene	31.535	0,02						
20-Ene	31.390	0,01						
20-Ene	31.390	0,03						
24-Ene	32.985	1,14						
25-Ene	29.360	1,48						
25-Ene	28.635	0,40						
26-Ene	32.115	0,86						
28-Ene	27.765	2,06						
02-Feb	30.665	2,13						
03-Feb	32.260	1,79						
09-Feb	31.100	1,28						



Cuadro con los datos de las condiciones de baño

	% P508	pH	Vol. Lts.	% pzas. s/b	A pqte m2	% A pqte. s/b	A pza. s/b	% A pza. s/b
22-Dic	4,1	4	31.100	27,86	380,16	0,16	0,008	1,68
23-Dic	4,1	4	26.895	59,05	278,15	0,60	0,014	2,42
27-Dic	4,1	4	25.735	72,86	214,5	1,88	0,039	6,67
29-Dic	4,1	4	32.405	29,39	387,83	0,24	0,008	1,18
30-Dic	4,16	4	31.535	28,75	344,96	0,13	0,006	1,14
31-Dic	4,16	4	34.000	28,86	545,77	0,12	0,007	0,90
06-Ene	4,1	4	31.825	35,83	205,91	0,15	0,007	0,97
06-Ene	4,1	4	31.825	30,83	205,91	0,20	0,011	1,56
10-Ene	4,1	4	29.650	20,71	213,32	0,08	0,006	0,99
10-Ene	4,1	4	29.650	21,43	213,32	0,06	0,004	0,70
13-Ene	4,03	4	32.405	75,00	208,92	1,65	0,038	5,33
17-Ene	4,1	4	32.840	25,33	197,23	0,04	0,002	0,65
19-Ene	3,97	4	31.535	4,29	162,73	0,02	0,005	1,74
20-Ene	4,1	4	31.390	7,14	113,91	0,01	0,002	0,81
20-Ene	4,1	4	31.390	5,10	113,91	0,03	0,008	2,75
24-Ene	4,03	4	32.985	70,71	247,34	1,14	0,029	3,97
25-Ene	3,97	4	29.360	72,14	247,34	1,48	0,036	5,04
25-Ene	3,97	4	28.635	67,50	246,8	0,40	0,012	1,42
26-Ene	4,03	4	32.115	63,11	397,12	0,86	0,024	2,88
28-Ene	4,03	4	27.765	80,00	353	2,06	0,046	5,47
02-Feb	4,03	4	30.665	85,20	316,9	2,13	0,04	5,44
03-Feb	3,97	4	32.260	79,89	305,58	1,79	0,036	4,90
09-Feb	4,1	4	31.100	70,00	271,17	1,28	0,024	3,92

Promedios de todos lo muestreos realizados a lo largo del estudio.

	Promedio % Pzas. s/b		Promedio % A.Pza s/b		Promedio %A.Pqte.s/b
22-Dic	27,86	22-Dic	1,68	22-Dic	0,16
23-Dic	59,05	23-Dic	2,42	23-Dic	0,6
27-Dic	72,86	27-Dic	6,67	27-Dic	1,88
29-Dic	29,39	29-Dic	1,18	29-Dic	0,24
30-Dic	28,57	30-Dic	1,14	30-Dic	0,13
31-Dic	28,86	31-Dic	0,9	31-Dic	0,12
06-Ene	35,83	06-Ene	0,97	06-Ene	0,15
06-Ene	30,83	06-Ene	1,56	06-Ene	0,2
10-Ene	20,71	10-Ene	0,99	10-Ene	0,08
10-Ene	21,43	10-Ene	0,7	10-Ene	0,06
13-Ene	75	13-Ene	5,33	13-Ene	1,65
17-Ene	25,33	17-Ene	0,65	17-Ene	0,04
19-Ene	4,29	19-Ene	1,74	19-Ene	0,02
20-Ene	7,14	20-Ene	0,81	20-Ene	0,01
20-Ene	5,1	20-Ene	2,75	20-Ene	0,03
24-Ene	70,71	24-Ene	3,97	24-Ene	1,14
25-Ene	72,14	25-Ene	5,04	25-Ene	1,48
25-Ene	67,5	25-Ene	1,42	26-Ene	0,4
26-Ene	63,11	26-Ene	2,88	27-Ene	0,86
28-Ene	80	28-Ene	5,47	28-Ene	2,06
02-Feb	85,2	02-Feb	5,44	02-Feb	1,79
03-Feb	79,9	03-Feb	4,9	03-Feb	2,13