

IV.—ESTUDIO SOBRE LA IMPREGNABILIDAD Y PENETRABILIDAD DE LAS MADERAS CHILENAS. AL TRATARLAS CON AGUA Y SOLUCIONES ACUOSAS.

DR. ERNESTO RUBENS.

Profesor de Química Industrial
de la Universidad Técnica Federico Santa María,
Valparaíso.

CAPITULO I

Generalidades.

Son muchas las industrias nacionales que tienen interés en obtener datos precisos sobre la impregnabilidad y penetrabilidad de las maderas chilenas. Una de ellas es la industria naviera. Los constructores en los astilleros necesitan informaciones detalladas sobre el comportamiento de las diversas maderas frente al agua para poder seleccionar eficazmente el tipo de tablas y listones que necesitan. Hay varias otras industrias y empresas que también tienen interés en la impregnabilidad y penetrabilidad de nuestras maderas, por ejemplo, los Ferrocarriles del Estado, la Dirección de Correos y Telégrafos y la industria de las casas prefabricadas. Para la construcción de los durmientes de las líneas del ferrocarril, de los postes telegráficos y de las tablas para construir casas sirven solamente dos tipos de maderas: aquellas que de por sí ya tienen una alta resistencia a la putrefacción y además aquellas que son bien impregnables, de manera que pueden introducirse fácilmente en ellas sustancias antiputrefacientes. Para poder efectuar eficazmente la selección de las maderas es entonces necesario tener datos precisos sobre la impregnabilidad y penetrabilidad.

Por las razones que acabo de exponer me pareció necesario, que se hicieran ensayos sistemáticos sobre el particular. Estas

investigaciones se llevaron a cabo en los Laboratorios de Química Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso y los experimentos se efectuaron bajo la supervigilancia del autor por los señores Juan Phillips y Eugenio Valdivia, ingenieros químicos egresados de la Universidad. (1)

Las maderas empleadas eran las siguientes: olivillo, tepa, laurel, coigüe, roble, tino, mañío, lingue y luma, o sea nueve de las maderas chilenas más representativas. Además en ciertos casos se hicieron experimentos adicionales con raulí, ulmo y canelo.

El tamaño de las muestras era de $3'' \times 1/2'' \times 1/2''$. Eso es el tamaño especificado en la norma C 160—41 T publicada por la American Society for Testing Materials (2). Esta norma se refiere especialmente a maderas impregnadas y tiene el título «Tentative Method of Test for Fire-Retardent Properties of Wood». Deseo poner en relieve que en cada caso se tomaron muestras de dos diferentes árboles y además de diferentes partes del mismo árbol. En efecto, por lo general se tomaron cuatro muestras de la parte interna, cuatro de la intermedia y cuatro de la externa de cada uno de los dos árboles, de lo que resulta que se obtuvieron alrededor de 24 muestras de cada tipo de madera. Todos los ensayos que se describirán más adelante se efectuaron, por consiguiente, más o menos 24 veces y los resultados publicados son el término medio de este número de experimentos individuales. Doy esta indicación para mostrar que se puede tener confianza en los resultados obtenidos.

Antes de describir los ensayos será necesario dar una precisa definición de los conceptos impregnabilidad y penetrabilidad. Por «impregnabilidad» se entiende la capacidad que tiene un volumen determinado de madera para aceptar líquidos. En cambio, por «penetrabilidad» se entiende la profundidad a que penetra el líquido durante el tratamiento. Ambos valores dependen de la morfología de la madera, de su estado inicial de humedad, de la viscosidad y composición del líquido, de la presión, de la temperatura y del tiempo del tratamiento. Naturalmente, los valores de impregnabilidad y penetrabilidad no son necesariamente correspondientes, ya que se puede encontrar una madera con impregnabilidad alta pero solamente superficial y otro en la que el líquido penetra en poca cantidad pero profundamente.

CAPITULO II

Experimentos sobre impregnabilidad.

Es conveniente, subdividir la descripción de los experimentos en aquellos que se efectuaron con agua y los que se hicieron con soluciones acuosas de diversas sales. Se verá que muchas veces los métodos empleados en cada grupo difieren entre sí.

A. — Ensayos con agua.

Se efectuaron dos series de experimentos. En la primera las muestras después de su secado y pesado se sumergieron en agua de 20° y permanecieron allí durante 2 horas. En seguida se retiraron, se secaron cuidadosamente para retirar el agua adherida y se pesaron nuevamente. El aumento de peso determinó la impregnabilidad. Las operaciones de la segunda serie eran más o menos iguales, pero la impregnación duró 20 horas y se efectuó con agua de 60°. Esta temperatura quedó sin alteración durante unas 8 horas, mientras que las 12 horas restantes se emplearon para el enfriamiento de las muestras en el agua.

Los pormenores de los métodos de ensayo y los resultados individuales de cada uno de los distintos experimentos no se indicarán aquí, pues pueden consultarse en otra parte (2). Daré solamente una compilación de los resultados finales en forma de un gráfico. (Véase el gráfico No. 1).

Al comparar los resultados de las 2 series se nota que la segunda serie da resultados mucho más altos. Eso es natural, puesto que el tiempo del tratamiento era diez veces más largo y la temperatura tres veces mayor. Además las viscosidades de agua de 20° y de 60° son bien distintas: la primera tiene una viscosidad de 1 centipoise y la segunda de 0,469 centipoise (3). Pero hay otra razón más importante aún que explica por qué los resultados de la segunda serie son tanto más altos que los de la primera, a saber, que la impregnación se efectúa por medio de presión, como si se empleara una bomba. En verdad, naturalmente, no se ha empleado tal implemento, sino la presión atmosférica es la que hace penetrar el agua a la madera. Esta presión actúa de-

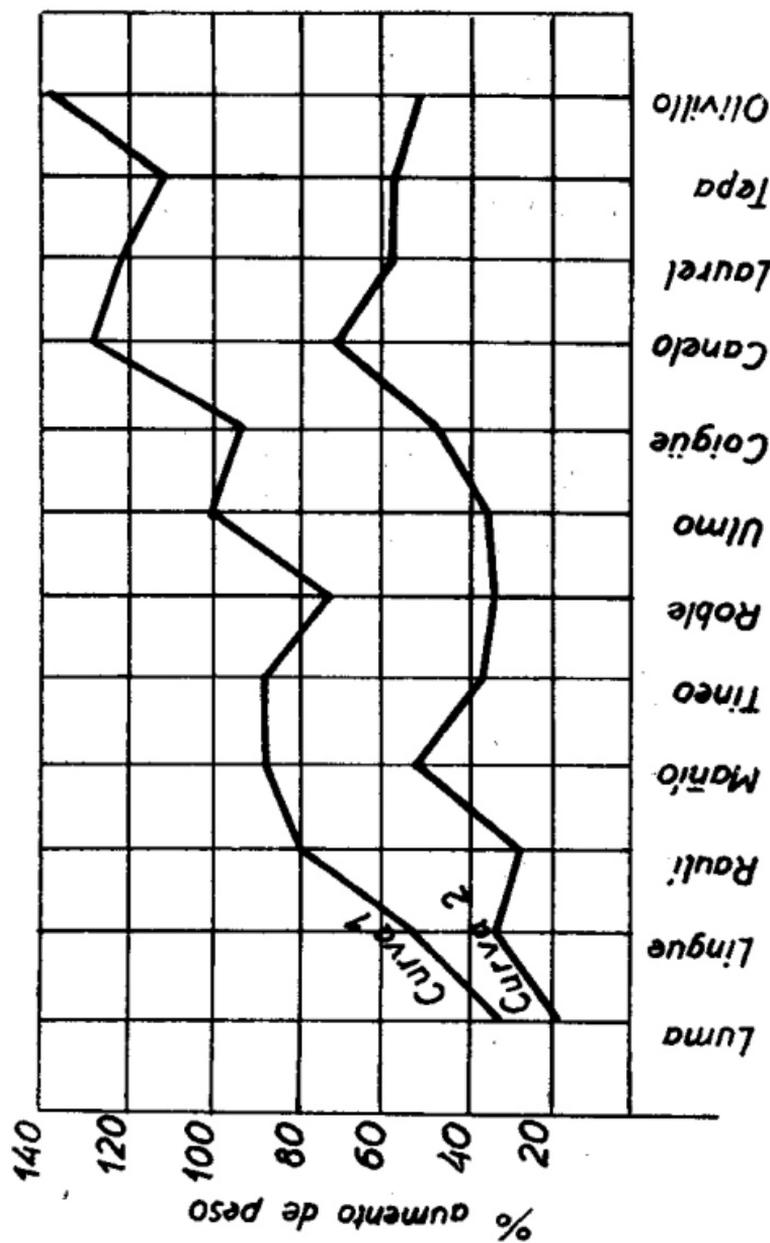


Gráfico 1.—Impregnabilidad de las maderas al tratarlas con agua.
 Leyenda: Curva 1 — impregnabilidad según el «proceso de baño caliente y frío con 1 estanque».
 Curva 2 — impregnabilidad según el «proceso de inmersión a temperatura constante».

bido a la diferencia de temperatura entre 60° y la temperatura del agua durante el período de enfriamiento, es decir, más o menos 20°. Un trozo de madera en estado seco contiene espacios de aire muy pequeños que constituyen alrededor del 50% de su volumen. Si el trozo se sumerge en agua caliente de 60°, el aire contenido en la madera se expande, eliminándose cierta cantidad y observándose el escape en forma de burbujas a través del agua. Durante el período de enfriamiento en el agua el aire restante en la madera se contrae, formándose un vacío parcial, y gradualmente la madera absorbe el agua. Durante el período de enfriamiento la presión atmosférica es, entonces, mayor que la presión del aire dentro de los pequeños espacios en la madera, y la consecuencia es, que el agua penetra a la madera. Este método de impregnación se emplea también en la técnica y se llama «proceso de impregnación de baño caliente y frío con 1 estanque» (4). El método empleado en la primera serie de ensayos se llama, en cambio, «proceso de impregnación por inmersión a temperatura constante».

Por las razones expuestas es bien comprensible que los resultados de la segunda serie de nuestras impregnaciones son más altos que los de la primera. Pero lo que interesa especialmente no son tanto los valores absolutos que se obtuvieron sino los relativos. Al comparar las curvas de las dos series de ensayos hay que constatar que no son completamente paralelas. A primera vista este hecho puede parecer extraño. Veremos más adelante que este caso no es una excepción sino corresponde más bien a la norma.

B. — Ensayos con soluciones acuosas.

Por varias razones ensayos de impregnación con soluciones acuosas tienen un marcado interés técnico. Una es, que las aguas de los ríos y mares prácticamente no son otra cosa que soluciones acuosas de varias sales inorgánicas. Otra razón es, que industrialmente impregnaciones con soluciones acuosas de ciertas sales se emplean para aumentar la resistencia de las maderas a la putrefacción y también para disminuir su inflamabilidad.

Naturalmente, era imposible para mí, efectuar ensayos con todas las soluciones acuosas de interés técnico. No me quedó otra cosa que hacer una estricta selección. Después de una serie de experimentos previos, elegí finalmente las siguientes soluciones:

- 1) solución acuosa de fluoruro de sodio al 3,5%,
- 2) " " ; fluoruro de sodio al 1,1%,
- 3) " " " sulfato de cobre al 1,5%,
- 4) " " " cloruro mercúrico al 0,66%.

Todas las soluciones que acabo de mencionar se usan hoy día industrialmente como líquidos antiputrefacientes. Pormenores sobre este asunto pueden consultarse en la obra norteamericana de J. Oscar Blew jr. titulada «Preservatives for Wood Poles» y publicada por el Forest Products Laboratory en el año 1946 (5) y en el trabajo de K. Winnig titulado «Der Schutz von Holzmasten bei der Deutschen Reichspost», publicado en la revista alemana «Holz als Roh- und Werkstoff», tomo II, No. 7/8 (6).

Como se notará, elegí para mis experimentos en un caso, dos soluciones de la misma substancia pero de distinta concentración, a saber, soluciones de NaF de 3,5% y de 1,1% respectivamente. Hice eso porque me pareció interesante investigar una eventual influencia de la concentración de una sal sobre la impregnabilidad de la madera.

Para las impregnaciones he empleado dos métodos. Los ensayos con soluciones de cloruro mercúrico, sulfato de cobre y fluoruro de sodio al 3,5%, se efectuaron según el método ya descrito llamado «proceso de impregnación de baño caliente y frío con un estanque», y las impregnaciones con soluciones de fluoruro de sodio al 1,1% según el método denominado «proceso de impregnación de baño caliente y frío con dos estanques». Los dos métodos no difieren mucho entre sí. La base teórica es la misma ambas veces, pues en cada caso durante el período de enfriamiento la presión atmosférica es mayor que la presión del aire dentro de los pequeños espacios en la madera. Los métodos difieren solamente por el hecho de que el proceso con 2 estanques el período de enfriamiento se verifica en un estanque separado mientras que en el otro proceso todo se efectúa en un solo recipiente. Se puede decir que el método por 2 estanques es más complicado de manejar pero más rápido. En efecto, para el enfriamiento se traslada la madera del estanque con la solución caliente a otro con solución fría. Basta que permanezca ahí muy poco tiempo. En nuestros ensayos de laboratorio 15 min. eran más que suficiente para terminar el pro-

ceso. Ambos métodos de impregnación son ampliamente usados en la técnica.

Antes de informar sobre los resultados obtenidos, tengo que poner de relieve que existen ciertas diferencias entre los experimentos de impregnación con agua y los con soluciones acuosas. Durante la impregnación con soluciones acuosas la presión osmótica de la solución puede tener el efecto de que la humedad inicial de la madera sea reemplazada parcialmente por la solución. En tal caso nuestros resultados no serían exactos, puesto que se basan en mediciones de diferencias de pesos. Pero de todos modos, los eventuales errores son demasiado pequeños para desempeñar un notable papel en nuestras conclusiones. Otro punto es el siguiente: en los ensayos con agua, la cantidad de líquido absorbido por la madera es lo que interesa; en cambio, al trabajar con soluciones acuosas el interés se concentra más bien en la cantidad de sustancias sólidas que en forma disuelta ha podido ser absorbida por la madera. Teniendo esta diferencia en cuenta los resultados de las impregnaciones con agua se calcularon en % de aumento de peso (véase el gráfico No. 1); en cambio, para los ensayos con soluciones acuosas se creó la variable «% efectivo» que indica la relación entre el sólido absorbido y la madera seca según la ecuación:

$$\% \text{ efectivo} = \frac{\text{sólido absorbido} \cdot 100}{\text{madera seca}}$$

Es superfluo indicar aquí los resultados de los experimentos parciales que se ejecutaron en gran número en cada serie, pues pueden consultarse en otra parte (7). Daré aquí solamente una compilación de los resultados finales en forma de un gráfico (véase gráfico No. 2).

¿Qué podemos deducir de todos nuestros ensayos de impregnación, o sea, de las curvas de los gráficos No. 1 y No. 2? Salta a la vista la discordancia que existe entre los valores obtenidos por diferentes métodos de impregnación y el mismo líquido impregnante (véase gráfico No. 1), y también por el mismo método de impregnación pero con distintos líquidos impregnantes (véase gráfico No. 2). Hasta hay discordancia al usar diferentes concentraciones de la misma solución (véase ensayos con NaF en el gráfico No. 2). Pese a todas estas divergencias nuevamente debe-

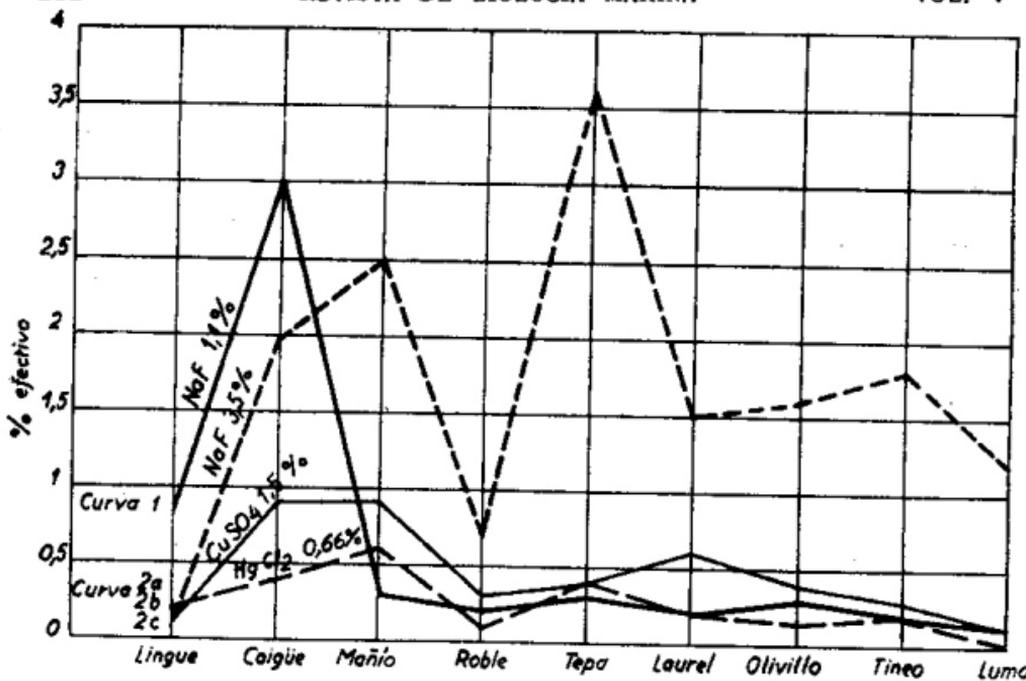


Gráfico 2.—Impregnabilidad de las maderas al tratarlas con soluciones acuosas.

Leyenda: Curva 1 — impregnabilidad según el «proceso de baño caliente y frío con 2 estanques».

Curva 2a } impregnabilidad según el «proceso de baño
 Curva 2b } caliente y frío con 1 estanque».
 Curva 2c }

mos recalcar que se puede tener confianza en los valores, pues se trata de un número subido de ensayos, cuyos resultados se han computado cuidadosamente. Para el técnico se deduce de los valores de estas curvas que es menester hacer experimentos en escala semi-industrial con los diversos métodos de impregnación, pues sin esto es imposible indicar de antemano la conducta de una determinada madera. Para la industria naviera podemos deducir de los ensayos, que una misma madera puede comportarse de una manera diferente en los ríos y en los mares y hasta en diferentes partes de ambos, pues —como ya hemos visto— pequeñas variaciones de las concentraciones de las sales disueltas en el agua y además diferencias de temperatura durante la impregnación pueden tener una marcada influencia sobre la impregnabilidad de las maderas.

CAPITULO III

Experimentos sobre penetrabilidad.

Como ya se ha dicho antes, por «penetrabilidad» de una madera se entiende la profundidad a que penetra un líquido durante el tratamiento. Nuevamente, como en el caso de la impregnabilidad, se hicieron dos grupos de ensayos: uno con agua y el otro con soluciones acuosas.

A. — Ensayos con agua.

La penetrabilidad con agua se midió según el método propuesto como sistema tentativo en Alemania por el Staatliche Material-Prüfungsamt in Berlin-Dahlem y descrito detalladamente en la publicación de Bruno Schulze en la revista «Holz als Roh- und Werkstoff», tomo II, No. 3 (8). El método se llama «Método de las columnas» y se basa en la medición del tiempo que el agua, sometida a una presión determinada, demora en atravesar un espesor determinado de madera. (Véase el esquema del aparato en la figura 1).

Se procede de la siguiente manera: se corta un trozo de madera de $10 \times 10 \times 1$ cm. Se seca a peso constante a 50° y, después de su enfriamiento, se le coloca sobre su superficie mayor un cilindro de vidrio de $2\frac{1}{2}$ cm. de diámetro. El cilindro, que se une firmemente con la madera mediante alquitrán, se llena con agua hasta una altura de 10 cm. Esta altura se mantiene con nuevas adiciones de agua en caso que disminuya por evaporación o penetración. La medición consiste en tomar el tiempo que demora en formarse en la parte inferior del trozo una gota de agua o una mancha de madera húmeda de 1 cm. de dimensión.

Las especificaciones alemanas indican como ventaja del método que puede usarse para determinar en experimentos separados las penetrabilidades longitudinales, lateral y transversal de una madera. Sin embargo, según mis experiencias el método no es re-

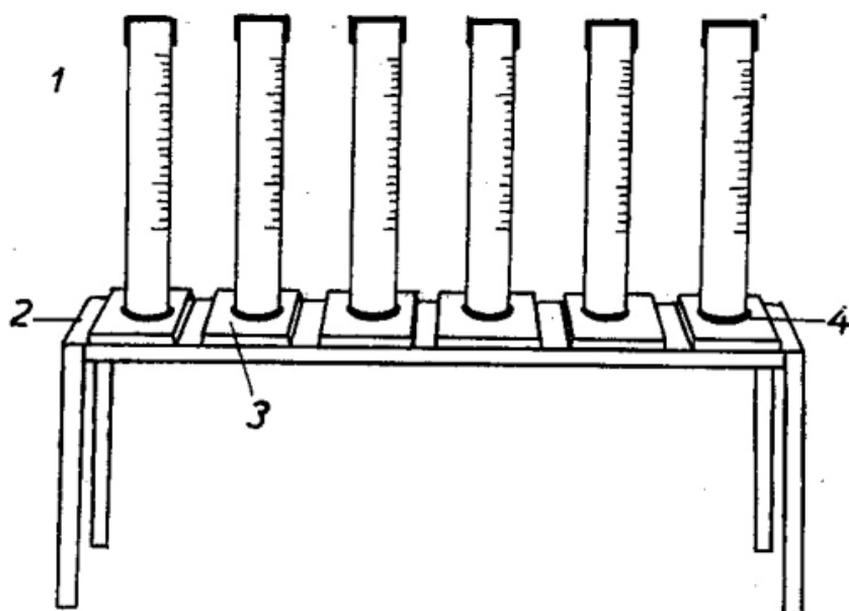


Fig. 1.—Medición de la penetrabilidad de las maderas según el método de las columnas.

- Leyenda: 1 cilindros de vidrio con tapa de protección.
 2 rejilla para sostener las muestras.
 3 muestra de madera.
 4 aglutinante (alquitrán) para unir los cilindros con la muestra.

comendable para nuestras maderas chilenas, por lo menos no en la forma propuesta en la especificación. Nunca en mis ensayos alcanzaba a formarse una gota de agua; y en cuanto a la mancha de madera húmeda, esta tampoco se formó en los experimentos para determinar las penetrabilidades lateral y transversal. Solamente en las pruebas en las que la fibra iba en dirección longitudinal se obtuvieron manchas en 10 de las 12 maderas. Las especies impenetrables eran mañío y luma. En los otros casos los tiempos de penetración variaban entre 1,3 minutos para el coigüe y 5,5 días para el lingue.

T A B L A

**Penetrabilidad de las diferentes maderas en agua
según el método de las columnas.**
(dirección logitudinal)

Tipo de madera	Tiempo de penetración	Tipo de madera	Tiempo de penetración
Raulí	11,8 minutos	Olivillo	23 minutos
Lingue	5,5 días	Roble	19 minutos
Maño	no penetró	Coigüe	1,3 minutos
Luma	no penetró	Tineo	26,3 minutos
Laurel	3,3 minutos	Ulmo	8,2 minutos
Tepa	2,5 horas	Canelo	8,8 minutos

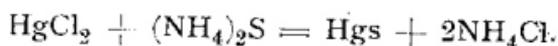
La tabla contiene una compilación de los términos medios de los resultados obtenidos. Los valores parciales de cada uno de los ensayos individuales no se indican aquí, pues pueden consultarse en otra parte (9). Tengo que poner en relieve que no es admisible sacar conclusiones sobre las verdaderas penetrabilidades de nuestras maderas de las cifras anotadas en la tabla, porque —como ya se dijo— en primer lugar faltan los valores referentes a las direcciones lateral y transversal y en segundo lugar en ningún caso se observó la formación de una gota. Sin embargo, aunque el método de las columnas en su actual forma no sirve para nuestras investigaciones, eso no indica que una transformación no podría hacerlo servible. En efecto, me parece probable que al aumentar la presión del líquido en las columnas podrían obtenerse resultados favorables. Ensayos sobre el particular se harán en el futuro.

El método de las columnas es el único descrito en la literatura para medir la penetrabilidad de las maderas en agua. Se podría, naturalmente, pensar en la posibilidad del empleo de la resistencia eléctrica para este fin, puesto que es bien sabido que la resistencia de una madera es una función de su humedad. Pero hasta ahora este método, que funciona según el principio de los puentes de Wheatstone, se usa solamente para medir el porcentaje

de humedad. Un ejemplo es el «Tag-Happenstall Moisture-Meter for Lumber» muy empleado en los Estados Unidos (10). Aún no se ha publicado ninguna experiencia sobre la adaptación de este principio a los fines de la medición de la penetrabilidad.

B. — Ensayos con soluciones acuosas.

El método más exacto para medir la penetrabilidad de las maderas en soluciones acuosas, es indudablemente el de teñidura. Se procede de la siguiente manera: las muestras se impregnan primero con la solución deseada y en seguida se cortan por su parte central. Luego se les trata rápidamente con un reactivo especial que tiñe la madera de tal modo que se produce una diferencia de color claramente distinguible entre las partes impregnadas de la muestra y las no impregnadas. Si, por ejemplo, el líquido impregnante es una solución acuosa de cloruro mercúrico, el reactivo de teñidura es sulfuro de amonio. Se forma una franja negra en la parte impregnada según la ecuación:



En cambio, si el líquido impregnante es una solución acuosa de fluoruro de sodio, el reactivo de teñidura es una mezcla de oxiclورو de circonio y la sal sódica del ácido alizarinsulfónico. Esta mezcla, que se emplea disuelta en agua, tiene normalmente una coloración intensamente roja. Pero al aplicarla a las muestras de madera impregnadas con solución de fluoruro de sodio, éstas se ponen amarillas en aquellas partes que han sido embebidas en NaF, quedando las demás rojas. La diferencia de colores es muy claramente visible. El método de teñidura que acabo de describir se llama en la Química Analítica Maderera «Método de Malencovic» y merece mucha confianza. Para conseguir el mejor efecto de coloración, la mezcla de los reactivos debe prepararse de una manera especial. Pormenores pueden consultarse en la obra de F. Kollmann «Technologic des Holzes» (11).

Después de la aplicación de los reactivos de teñidura, la medición de la penetrabilidad es fácil: se hace por medio de un instrumento cuyo funcionamiento es análogo al del catetómetro. Es

un ocular provisto de pelos indicadores. El lente corre sobre un riel y su carrera puede medirse en una escala lateral con una exactitud de 1/100 mm, pudiéndose apreciar bastante bien la tercera decimal. El cálculo se hace según la ecuación:

$$\% \text{ penetración} = \frac{\text{mm impregnados} \cdot 100}{\text{mm totales}}$$

Cabe decir algunas palabras sobre los métodos de impregnación que se emplearon. Eran tres: el método del baño caliente y frío con 1 estanque, el del baño caliente y frío con 2 estanques y el de inmersión a temperatura constante con protectores laterales. Los 2 primeros métodos ya han sido descritos más adelante, así que es superfluo volver sobre el particular. En cambio, debo decir algo sobre el tercer método. El ensayo se efectúa como sigue: con la ayuda de un aparatito en forma de una grampa, se sumerge la muestra en el baño de impregnación, impidiendo que se impregne lateralmente. Se trabaja a 18° dejando las muestras 24 horas en el líquido. La figura 2 muestra un esquema del aparato. La impregnación es netamente radial. El método ha sido desarrollado en Alemania y descrito detalladamente en la ya citada obra de Bruno Schulze en la revista «Holz als Roh- und Werkstoff» (12). Naturalmente, esta impregnación es muchísimo menos intensa que la que se consigue con los métodos del baño frío y caliente, puesto que la temperatura es muy baja, no actúa ninguna presión y las muestras quedan lateralmente protegidas. Pero justamente por estas razones el proceso tiene interés especial para la industria naviera porque se asemeja más a las condiciones reinantes para tablas sumergidas en el agua de los ríos y mares.

En cuanto a los resultados obtenidos en todos estos experimentos, es superfluo dilucidar aquí sobre los valores individuales de cada ensayo de las diversas series, puesto que estos pueden consultarse en otra parte (13). Daré solamente los resultados finales los cuales para facilitar la comparación han sido compilados en forma de curvas (véase el gráfico No. 3).

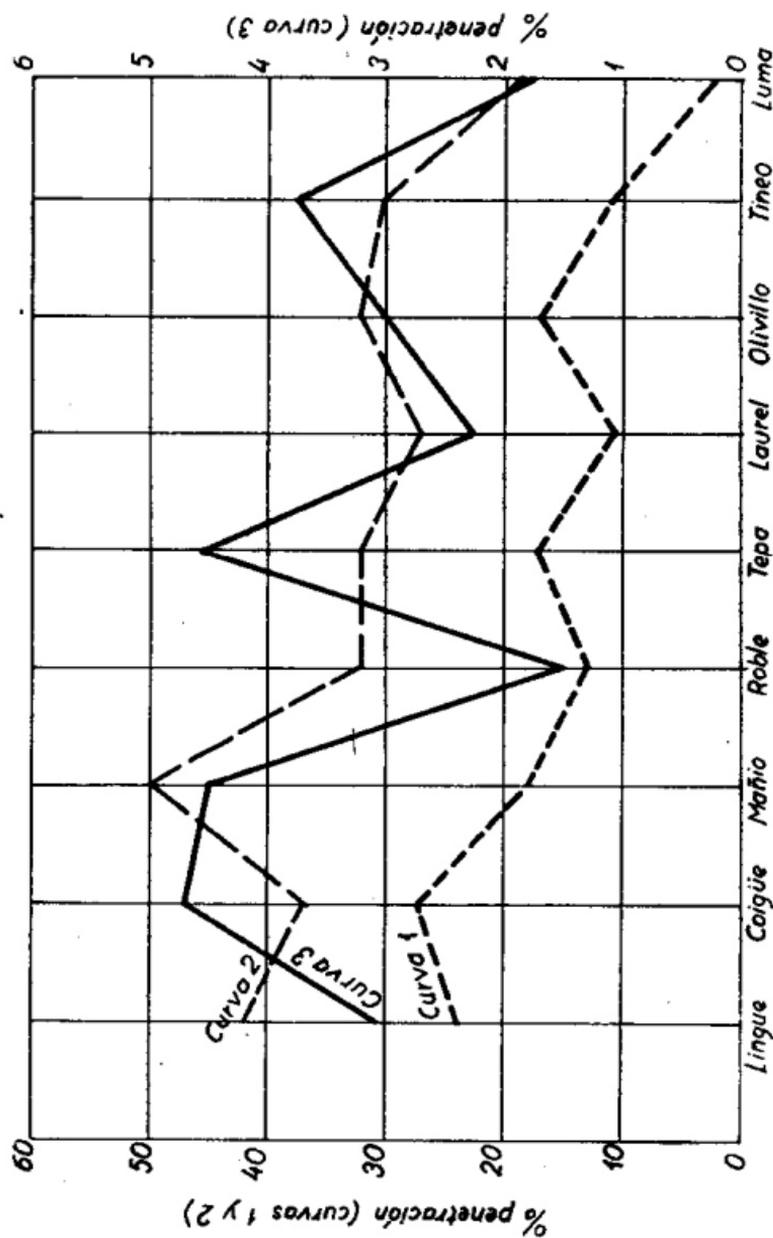


Gráfico 3.—Penetrabilidad de las maderas al tratarlas con soluciones acuosas.

Leyenda: Curva 1 — proceso de baño caliente y frío con 2 estanques.
 Curva 2 — proceso de baño caliente y frío con 1 estanque.
 Curva 3 — proceso de inmersión a temperatura constante con protectores laterales.

Me parece oportuno recordar aquí que cada punto de las curvas representa un promedio de más o menos 20 ensayos, aproximadamente 15 de los cuales caen dentro de un límite de 5% de diferencia respecto al punto dibujado, lo que muestra claramente que se puede confiar en los valores anotados.

Salta a la vista la poca concordancia entre las curvas. ¿Cómo, por ejemplo, podemos explicar las varias diferencias entre las curvas No. 1 y No. 2? Un caso típico es el comportamiento del mañío: en la curva No. 2, esta madera muestra una penetrabilidad mucho mayor que el coigüe, ocurriendo todo lo contrario en la curva No. 1. Esta discrepancia y las demás están relacionadas con las diferencias en los dos métodos de impregnación, es decir, los procesos de baño caliente y frío con 2 estanques y con 1 estanque respectivamente. Los métodos difieren en que en el método 1, la temperatura cambia bruscamente, mientras en el método 2 lo hace en forma gradual. Es bien sabido, que la estructura botánica de las diferentes maderas varía marcadamente entre los distintos tipos (14). Llegamos a la conclusión que la disparidad del comportamiento de las diversas maderas frente a cambios suaves y bruscos de temperatura está en relación directa con su morfología.

Tiene interés comparar la curva No. 3 con las curvas No. 1 y No. 2. Recordemos que la curva No. 3 representa los valores del método de inmersión a temperatura constante con protectores laterales. Hemos visto más adelante que este proceso de impregnación es muy distinto de los demás. Por lo tanto no debemos extrañarnos la poca concordancia entre los resultados de este método y los del baño caliente y frío.

A pesar de las diferencias mencionadas las 3 curvas muestran muy claramente que las maderas de luma, roble y laurel son poco penetrables por soluciones acuosas, mientras que las penetrabilidades del coigüe, mañío, lingue y tepe son relativamente grandes. Las demás maderas tienen penetrabilidades intermedias.

Como era de suponer existe una similitud entre las impregnabilidades y las penetrabilidades. Esta se ve claramente al comparar la curva de impregnabilidad en solución acuosa de NaF al 3,5% con la de penetrabilidad según el método de inmersión con protectores laterales, para el cual —como recordamos— se usó también una solución de NaF. Además, la similitud se ve al comparar

la curva de impregnabilidad en solución de NaF al 1,1 % con la curva No. 1 de penetrabilidad. Aquí se trata ambas veces del mismo método de impregnación, a saber, el proceso del baño caliente y frío con 2 estanques. Las dos comparaciones muestran el importante papel que desempeñan el empleo del mismo tipo de solución y del mismo método de impregnación sobre las impregnabilidades y penetrabilidades de las maderas.

CAPITULO IV

Resumen y conclusiones.

Los ensayos descritos en este trabajo se efectuaron con las siguientes maderas: olivillo, tepa, laurel, coigüe, roble, tinceo, mañío, lingue y luma. En ciertos casos se hicieron experimentos adicionales con raulí, ulmo y canelo. El tamaño de las muestras correspondió a las estipulaciones de la norma C 160-41 T de la «American Society for Testing Materials». Se tomaron en lo posible muestras de dos diferentes árboles de cada especie y además de diferentes partes del mismo árbol. Se obtuvieron así aproximadamente 20 - 24 muestras de cada tipo de madera, y los resultados publicados en este trabajo son en cada caso el término medio de este número de experimentos individuales.

Se usaron los siguientes líquidos impregnantes: agua, soluciones acuosas de fluoruro de sodio de varias concentraciones, solución de cloruro mercuríco y solución de sulfato de cobre. Cada una de las sales mencionadas se usa en la técnica maderera como substancia antiputrefaciente. Los métodos que se emplearon para efectuar las impregnaciones eran los siguientes:

- 1) el proceso de baño caliente y frío con 2 estanques;
- 2) el proceso de baño caliente y frío con 1 estanque;
- 3) el método de las columnas;
- 4) el proceso de inmersión a temperatura constante;
- 5) el proceso de inmersión a temperatura constante con protectores laterales.

Los ensayos con los dos primeros métodos tienen interés para las industrias que trabajan con maderas impregnadas, porque estos mismos procesos se emplean en la técnica para introducir sustancias antiputrefacientes en las maderas. El tercer proceso, ó sea el método de las columnas, es un método propuesto por el Staatliche Material-Prüfungs-Amt Berlin-Dahlem en Alemania para medir la penetrabilidad de las maderas. Hemos comprobado que en su actual forma no sirve para las maderas chilenas; pero es probable que después de ciertas modificaciones será posible obtener con él resultados favorables. El cuarto y quinto método, a saber los procesos de inmersión a temperatura constante con y sin protectores laterales, son los que tienen más interés para la industria naviera, porque las condiciones allí reinantes se asemejan más a las de tablas sumergidas en el agua de los ríos y mares.

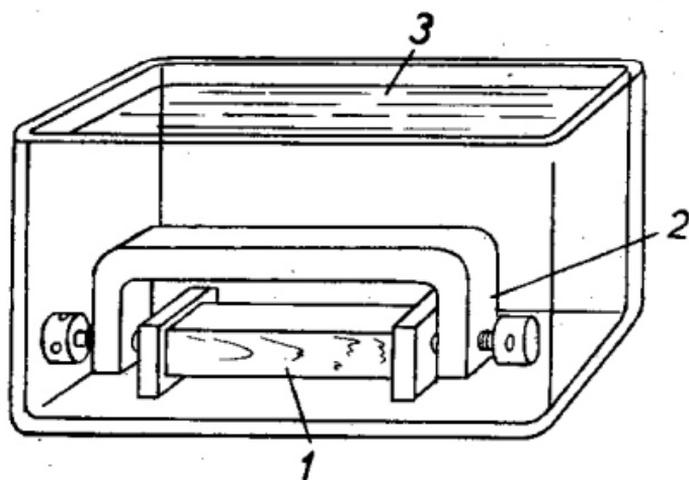


Fig. 2.—Medición de la penetrabilidad de las maderas según el proceso de inmersión con protectores laterales.

Leyenda: 1 muestra de madera.

2 prensa de acero para la protección de la muestra.

3 líquido.

La medición de las penetrabilidades se efectuó según varios métodos. Se observó que el más eficaz de ellos es el de Malencovic. Es un método de teñidura con oxiclورو de circonio y la sal sódica del ácido alizarinsulfónico en presencia de fluoruro de sodio.

Para la industria naviera y todas las industrias de impregnación es de interés tener curvas comparativas de las impregnabilidades y penetrabilidades de las diversas maderas. La presente investigación proporciona por primera vez tales curvas.

Las curvas tienen interés científico porque los resultados muestran el alto grado de influencia que sobre las maderas tienen los factores variables como la tensión superficial, la presión osmótica y la viscosidad de las soluciones y además la capilaridad de los tejidos leñosos, las variaciones de la temperatura, etc. También los resultados muestran las relaciones existentes entre las impregnabilidades y penetrabilidades de las diversas especies.

En cuanto a la importancia técnica de las curvas, hay que señalar que investigaciones de laboratorio de esta índole son la condición previa para predecir cuál método de impregnación dará en la práctica la absorción y penetración más favorables a la madera elegida.

Para la industria naviera podemos deducir de nuestros ensayos que una misma madera puede comportarse de una manera diferente en los ríos y en los mares y hasta en diferentes partes de ambos, porque pequeñas variaciones de las concentraciones de las sales disueltas en el agua y además diferencias de temperatura durante la impregnación tienen una marcada influencia sobre las impregnabilidades y penetrabilidades.

El objeto del presente trabajo ha sido adelantar y profundizar nuestros conocimientos de las maderas chilenas. El autor ha perseguido este mismo fin con la mayoría de sus publicaciones e investigaciones de los últimos años (15) y abriga la esperanza que está logrando, aunque lentamente, que aumenten nuestros conocimientos de esta materia prima, que tiene tanta importancia para la industrialización de nuestro país.

T A B L A

de los nombres comunes y botánicos de las especies autóctonas que se emplearon como materias primas para efectuar las investigaciones anteriormente descritas.

No.	Nombre común	Nombre botánico
1	Canelo	<i>Drymis winteri</i>
2	Coigüe o coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>
3	Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>
4	Lingue	<i>Persea lingue</i>
5	Luma	<i>Myrtus luma</i>
6	Mañío o mañiu	<i>Podocarpus salignus</i>
7	Olivillo o tique	<i>Aextoxicum punctatum</i>
8	Raulí	<i>Nothofagus procera</i>
9	Roble pellín	<i>Nothofagus obliqua</i>
10	Tenio o tineo o palo santo	<i>Weinmannia trichosperma</i>
11	Tepa, huahuan o laurela	<i>Laurelia serrata</i>
12	Ulmo o muermo	<i>Eucryphia cordifolia</i>

B I B L I O G R A F I A

1. Book of Standards of the American Society for Testing Materials 1944, Tomo II, pág. 1259 sig. Editorial American Society for Testing Materials, Philadelphia, E.E. UU.
2. Juan E. Phillips, 1948. «Sobre la Combustibilidad de las principales maderas chilenas y los métodos para disminuirla» (Memoria presentada a la Universidad Técnica Federico Santa María para optar al título de Ingeniero Químico). Valparaíso. Ver páginas 167 sig.
3. John H. Perry, 1941. «Chemical Engineer's Handbook», pág. 797. Editorial McGraw-Hill Book Company, Nueva York, E.E. UU.
4. «Methods of Applying Wood Preservatives», U. S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Report R 154. Ver páginas 6 sig.
5. J. Oscar Blew Jr, 1946. «Preservatives for Wood Poles», U. S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory Report.
6. K. Winnig. «Der Schutz von Holzmasten bei der Deutschen Reichspost», revista «Holz als Roh- und Werkstoff», Tomo II, N.º 7/8, págs. 272 sig.
7. Eugenio Valdivia p. 1948. «Estudio sobre la impregnación de algunas maderas chilenas y diseño de una planta piloto» (Memoria presentada a la Universidad Técnica Federico Santa María para optar al título de Ingeniero Químico). Valparaíso. Ver páginas 69 sig.

8. Bruno Schulze. «Umfassende Prüfung von Holzschutzmitteln gegen Holzerstörende Pilze und Tiere», revista «Holz als Roh- und Werkstoff», Tomo II N.º 3, página 104.
9. Juan E. Phillips, *ibidem*, páginas 186 sig.
10. C. J. Tagliabue. 1946. Mfg., Comp., «The Tag-Heppenstall Moisture-Meter for Lumber and Wood Products», Brooklyn, N. Y., EEL. UU.
11. F. Kollmann, 1936. «Technologie des Holzes», Berlín, reeditado por Edwards Brothers, Ann Arbor, Mich. EEL. UU. 1944. Ver pag. 374.
12. Bruno Schulze, *ibidem*, páginas 104/105.
13. Eugenio Valdivia P., *ibidem*, ver páginas 128/129.
14. Antonio Fernandez y Eduardo Torricelli. 1942. «La Madera», Santiago de Chile páginas 73 sig.
- 15 a). Ernesto Rubens. 1942. «La obtención de la celulosa y el problema de las aguas residuales», revista «Memorial Técnico del Ejército de Chile», Año X, N.º 38 página 137 sig.
- b). Ernesto Rubens. 1947. «Adelantos de la Industria maderera y forestal», revista «Scientia», Año XIV, N.º 11/12, página 339 sig.
- c). Ernesto Rubens y Pedro Schmidt. 1948. «Estudio sobre sacarificaciones totales y parciales de algunas maderas chilenas», revista «Scientia», Año XV, N.º 1 página 35 sig. y «Cuarto Congreso Sudamericano de Química. Resúmenes de Trabajos Presentados», Santiago de Chile página 88.
- d). Memorias ejecutadas en los laboratorios de la Universidad Técnica F. Santa María por iniciativa y bajo la supervigilancia de Ernesto Rubens: «Estudio de la lignina de varios árboles chilenos» (Ricardo Perez); «Métodos para determinar el contenido de celulosa de algunas materias primas chilenas» (Jorge Taverne); «Celulosa de quila por el procedimiento del bisulfito de calcio» (Jorge Letelier); «Obtención de pulpa de celulosa por el procedimiento del ácido nítrico» (Ramón Rivera y Rafael García); «Ensayos sobre gasificación y análisis de algunas maderas nacionales» (Ricardo Wendt); «Aprovechamiento de desechos de maderas chilenas en la fabricación de materiales de construcción» (Rafael Pi).