

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA MADERA**

APROVECHAMIENTO EN EL ASERRADO DE SEQUOIA
(*Sequoia sempervirens* (D.DON.) Endl.) Y CLASIFICACIÓN
DE LA MADERA OBTENIDA

Memoria para optar al Título Profesional
de Ingeniero de la Madera

OSCAR ALBERTO SPICHIGER SPICHIGER

Profesor Guía: Sr. Misael Gutiérrez D., Ingeniero Mecánico,
M.Sc. en Ciencias y Tecnología de la Madera

SANTIAGO – CHILE

2004

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA MADERA

APROVECHAMIENTO EN EL ASERRADO DE SEQUOIA
(*Sequoia sempervirens* (D.DON.) Endl.) Y CLASIFICACIÓN
DE LA MADERA OBTENIDA

Memoria para optar al Título Profesional
de Ingeniero de la Madera

OSCAR ALBERTO SPICHIGER SPICHIGER

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Misael Gutiérrez D.	7,0
Prof. Consejero Sr. Tomás Karsulovic C.	7,0
Prof. Consejero Sr. Ricardo Silva S.	6,3

SANTIAGO – CHILE
2004

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a todas las personas que me acompañaron durante todos estos años en la Universidad. Especialmente a mi familia, en particular, mi madre Ana María, quien me ha apoyado durante todos estos años en todas mis decisiones y me ha ayudado para formarme como una persona íntegra y responsable. A mi padre Oscar (QEPD), quien estoy seguro está muy orgulloso y por quien siempre me siento acompañado. Mi hermana Katherine y mis sobrinos Nicolás y Matías, quienes han logrado llenarme de felicidad. A todos mis amigos que me brindaron apoyo y felicidad en todo momento y en especial a mis amigos de Antumapu, con quienes, queda un vínculo muy estrecho, sea cual sea el camino a seguir, siempre la amistad va a perdurar. Finalmente agradezco a todos los profesores y docentes de la Universidad de Chile por su aporte y apoyo durante esta larga trayectoria.

Para el desarrollo de esta Memoria, en particular, agradezco al Centro Tecnológico de la Madera, específicamente a los funcionarios Luis, Patricio y Francisco por su enorme trabajo aportado. A los profesores consejeros Tomás Karsulovic y Ricardo Silva, por sus asertivos aportes y a mi profesor guía Misael Gutiérrez, con quien compartía amplias conversaciones y por quien me sentí apoyado durante toda la realización de mi memoria.

A todos ellos,

¡MUCHAS GRACIAS!

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	i
TABLA DE CONTENIDOS.....	ii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
INTRODUCCIÓN	5
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Antecedentes Generales	3
1.1.1 Características de las coníferas	3
1.1.2 Características de las trozas	4
1.1.3 Madera de duramen.....	4
1.1.4 Aserrado y aprovechamiento volumétrico	5
1.1.5 Clasificación de la Madera.....	6
1.1.5.1 Clasificación según Norma Chilena (NCh992 y NCh993)	6
1.1.6 Industria secundaria.....	7
1.2 Características de la Sequoia.....	7
1.2.1 Descripción de la especie y árbol.....	7
1.2.2 Características de la Madera.....	8
1.2.3 Tipos de productos y usos.....	9
1.2.4 Clasificación según Norma Americana	9
1.2.4.1 Garden Grades	10
1.2.4.2 Architectural Grades	12
2 MATERIAL Y MÉTODO.....	14
2.1 Procedencia de los árboles y mediciones	14
2.2 Procesamiento de las trozas	15
2.3 Determinación de los volúmenes entrada -salida	17
2.4 Clasificación según Norma Chilena.....	18
2.4.1 Definición y medición de los defectos	18
2.4.2 Determinación de categorías de defectos.....	19
2.4.3 Elaboración de la pauta de clasificación	19
2.4.4 Comprobación práctica.....	19
2.5 Clasificación según Norma Americana	19
2.6 Comparación de resultados.....	19
3 Presentación y discusión de resultados	22
3.1 Distribuciones diamétricas de las trozas	22
3.2 Aprovechamiento de la materia prima en el aserrado.	23
3.2.1 Aprovechamiento y forma de las trozas según posición relativa de la troza en el árbol.....	23
3.2.2 Aprovechamiento de madera aserrada según clase diamétrica	24

3.2.3	Comparación de rendimientos con PALCO	25
3.3	Madera de duramen.....	26
3.4	Madera libre de defectos (clear).....	28
3.5	Desechos	28
3.6	Calidad de la madera aserrada	29
3.6.1	Clasificación RIS	29
3.6.1.1	Garden Grades	29
3.6.1.2	Arquitectural Grades o “B & Better”	31
3.6.2	Clasificación según Norma Chilena.....	34
3.7	Calidad de la madera según posición relativa de la troza en el árbol	36
3.8	Defectos presentes en la madera.....	36
4	Conclusiones.....	40
5	Recomendaciones	41
6	BIBLIOGRAFÍA	42
	APÉNDICES.....	44
	APÉNDICE 1.....	45
	ANEXOS	1

RESUMEN

Con el fin de aportar antecedentes que contribuyan a incorporar nuevas especies de interés económico a la actividad forestal en Chile, se desarrolló este estudio sobre el rendimiento y calidad de madera aserrada de Sequoia con edades de 30 a 36 años.

El estudio es de carácter eminentemente exploratorio, debido a limitaciones en la disponibilidad del material y el no contar con un muestreo inicial de los árboles. Sólo aporta cifras de 3 sitios de Sequoia en Chile con un total de 19 árboles.

Las 77 trozas se procesaron a nivel de laboratorio para obtener tablas y tablonés de ancho variable. Cada tabla originada se midió para calcular los aprovechamientos del aserrado, la madera libre de defectos y la madera de duramen. Luego se clasificó cada tabla de acuerdo a la Norma Chilena y a la Norma Americana "Redwood Inspection Service". Se establecieron relaciones entre el rendimiento de la madera del árbol, la calidad de la madera y las características de las trozas, según diámetro y conicidad. Finalmente se compararon los resultados del estudio con datos de un aserradero de Sequoia en EEUU.

Se obtuvieron 8,11 m³ de madera aserrada dimensionada. El rendimiento fue de 52%, valor esperado comparándolo a otras coníferas, dada la fuerte conicidad de las trozas en la parte basal y el nivel tecnológico involucrado. A la vez, este resultado es muy similar al registrado en el aserradero de PALCO en EEUU.

Para procesos de "finger joint" y posterior elaboración de molduras, se consiguen rendimientos de 40%. La proporción de madera de sólo duramen llega a un 7,4% para tablas de 2,4 m. Para "cut stock" de largo variable y sólo duramen tiene un aprovechamiento de un 54%.

Según la clasificación de las Normas RIS, la madera de Sequoia en Chile tiene una gran proporción (88%) de madera tipo "Garden Grades" de bajo valor comercial, y una muy baja proporción (12%) de madera tipo "B & Better" de alto valor comercial. Este resultado también es similar al registrado en PALCO.

De acuerdo a las Normas Chilenas, un 47% de madera con nudos vivos no mayores a 30 cm es posible de obtener para destinarla a la elaboración de muebles de terraza con mezcla de albura y duramen.

Los principales elementos naturales del árbol agrupados de menor a mayor incidencia, que afectan la calidad de esta madera son: nudos muertos de toda clase, nudos vivos grandes, nudos vivos menores, canto muerto, médula y presencia de albura.

La madera de Sequoia se recomienda para usos en exterior y a la vista. La notable diferencia entre albura y duramen, resulta en no ser recomendada para usos en muebles, existiendo para esto otras maderas con mejores características estéticas.

Palabras clave:

Sequoia sempervirens; aprovechamiento; clasificación visual

SUMMARY

In order to contribute precedents to help incorporate new species of economic interest into the forest activity in Chile, this study develops the yield and quality of sawn wood of Sequoia with ages from 30 to 36 years. The study is of eminently exploratory character, due to limitations in the availability of the material and not being provided with an initial sampling of the trees. It contributes only numbers of 3 places of Sequoia in Chile with a total of 19 trees.

The 77 logs were processed at laboratory level to obtain timber and beams of variable breadth. Every originated piece was measured itself to calculate the yield of timber, clear wood and heartwood. Afterwards, every piece was qualified in accordance with the Chilean Norm and the American Norm "Redwood Inspection Service". Relations were established between the yield of the tree, the quality of the wood and the characteristics of the logs, according to diameter and conicity. Finally the results of the study were compared with information from a sawmill of Sequoia in the USA.

The study obtained 8,11 m³ of sawn wood. The yield achieved 52%, awaited value comparing it to other coniferous, given to the high conicity of the logs in the first part and the technological level involved. Simultaneously, this result is very similar to the registered one in the sawmill of Pacific Lumber Company in the USA.

For processes of "finger joint" and later making of mouldings, yields of 40% were obtained. The proportion of only heartwood comes to 7,4% for timber of 2,4 m. For "cut stock" of variable length and only heartwood comes to 54 %.

According to the RIS Norms classification, the wood of Sequoia in Chile has a great proportion (88%) from "Garden Grades" of low commercial value and a very low proportion (12%) from wood type " B and Better " of high commercial value. This result also turns out to be similar to the registered one in PALCO.

In accordance with the Chilean Norms classification, 47% of wood with sound knots not bigger than 30 cm is possible to obtain, aiming for furniture of patio with presence of sapwood and heartwood.

The principal natural elements of the tree that affect the quality of this wood are, in decreasing order, black knots of all kinds, big sound knots, minor sound knots, wane, pith and presence of sapwood.

The wood of Sequoia is recommended for uses in exterior and at sight. The big difference noticed between sapwood and heartwood, proves not being recommended for uses in furniture, existing for this, other wood with better aesthetic characteristics.

Key words: Sequoia sempervirens; yield; visual classification

INTRODUCCIÓN

En la zona centro-sur de Chile, entre la V y la X Región, las plantaciones con especies exóticas han sobrepasado las 1.500.000 ha. La idea de incorporar nuevas especies de interés económico a la actividad forestal ha sido una iniciativa que los sectores público y

privado han impulsado fuertemente en las últimas décadas. Así surge como especie potencial *Sequoia sempervirens*, conífera originaria de la costa oeste de California en EEUU cuyo rápido crecimiento, su característica madera de color rojo intenso y su alta resistencia a la pudrición la ubican dentro de las maderas blandas mas cotizadas de Norteamérica.

Para identificar plenamente la potencialidad de un recurso forestal, es necesario conocer los rendimientos asociados a cada uno de los procesos involucrados y así evaluar la factibilidad de explotar el recurso de manera comercial.

El área de producción de madera aserrada es una de las actividades que más se identifica con el sector industrial maderero. Esta área se relaciona con la producción primaria, la cual transforma trozos en madera dimensionada para su posterior comercialización y uso de acuerdo a las necesidades del mercado.

Luego del proceso de aserrado, es importante destacar los valores de las distintas calidades, que deben estimarse en forma certera para las plantaciones chilenas, y que representan una gran importancia para limitar los usos de esta madera y por ende sus valores en el mercado.

El constante desarrollo tecnológico, las mayores facilidades para obtener tecnología de punta desde el exterior, la apertura de nuevos mercados y la nueva orientación de los empresarios a productos de mayor valor agregado, han permitido en los últimos años diversificar la gama de productos madereros. Se han logrado avances significativos en el mejoramiento de los procesos de aserrado y en el aprovechamiento de madera corta usada en la elaboración de tableros, puertas, molduras, partes y piezas de muebles, dirigidos especialmente a mercados externos.

En la actualidad no se cuenta con información suficiente acerca del aprovechamiento y la calidad de la madera de Sequoia crecida en Chile.

Esta memoria pretende aportar antecedentes que permitan conocer sobre el aprovechamiento y la calidad de la madera aserrada de Sequoia de plantaciones con rotaciones de 30 a 36 años en Chile. Luego se construirán relaciones entre los diámetros y la calidad de la madera, la proporción de albura y duramen y la proporción de madera libre de defectos. Estos resultados deberán tener un alto impacto en las futuras decisiones de establecimiento de plantaciones de Sequoia en Chile.

El estudio es de carácter eminentemente exploratorio, debido a limitaciones en la disponibilidad del material y el no contar con un muestreo inicial de los árboles. Sólo aporta cifras de 3 sitios de Sequoia en Chile, los cuales, reflejan una serie de condiciones específicas de crecimiento, pudiendo variar considerablemente de un lugar a otro.

Los objetivos específicos de la memoria son:

- Determinar el rendimiento según programa de corte propuesto y rangos diamétricos.
- Clasificar la madera aserrada de Sequoia según NCh992 y NCh993 y Normas Americanas RIS (Redwood Inspection Service) adaptada al largo de 2,4 m.
- Determinar la proporción de albura-duramen en la troza y la proporción de volumen libre de defectos de las tablas aserradas.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes Generales

1.1.1 Características de las coníferas

Los árboles presentan una amplia variabilidad en sus propiedades intrínsecas propias de cada especie, características que se ven reflejadas en mayor o menor medida en la madera para su uso final. Para ciertas propiedades se cuenta con técnicas de silvicultura que permiten manejar estas variables y obtener un bosque de buena forma y madera de buena calidad para enfrentar los mercados actuales.

Particularmente, las coníferas son multi-nodales con gran cantidad de ramas en verticilos regulares a lo largo del fuste. Las ramas en la madera generan nudos que son inclusiones de la porción basal de una rama dentro del tallo del árbol. Su influencia como defecto es muy variable, según sea el proceso seguido por esa rama en el contexto del árbol, y según sea el tipo de transformación de ése árbol (Vignote y Jiménez, 2000).

Los nudos se pueden clasificar según tamaño, forma y tipo. Dentro de este último, existen los nudos vivos, éstos tiene su origen en una rama, que en el momento de la corta está viva. Los tejidos de la rama y el fuste se encuentran perfectamente unidos. Luego existen los nudos muertos, se producen cuando la rama permanece muerta por períodos de tiempo muy prolongados, sin que exista adhesión entre la rama y la madera. El nudo presenta una coloración oscura y generalmente tienden a soltarse y dejar un hoyo luego del secado de la madera.

Los nudos tienen una importancia fundamental en la calidad de la madera, hasta tal punto, que en la mayoría de las especies es el parámetro que más influye en el valor de la madera.

Dentro de los inconvenientes de los nudos podemos encontrar:

- Inconvenientes de tipo físico: deformaciones en las secciones que aparecen con nudos y dificultades al momento de maquinar la madera.
- Inconvenientes de tipo mecánico: la presencia de nudos disminuye de forma notable la resistencia de la madera. A mayor tamaño del nudo, mayor es la pérdida de resistencia de la madera.
- Inconvenientes de tipo estético: los nudos rompen la uniformidad de los dibujos y del color de la madera. A mayor presencia de nudos muertos y a mayor tamaño de cualquier tipo de nudos, más se deprecia el valor de la madera.

Las prácticas silviculturales básicas para disminuir la incidencia de los nudos en la madera de plantaciones comerciales son la poda y el raleo. La poda de ramas evita nudos muertos y generar madera libre de defectos o “clear” sobre el cilindro nudoso central del árbol. Las faenas de raleo o espaciamiento entre los árboles permiten reducir las densidades del bosque para favorecer el crecimiento de los mejores individuos y permitir el paso de la luz para evitar nudos muertos en la madera, cuidando de no engrosar mucho el diámetro de las ramas.

De acuerdo a Haslett (1995), el diámetro de las ramas es la variable crítica al determinar el grado de la madera estructural y de remanufactura. Hay que prestar un singular

cuidado a los efectos de las podas intensivas, ya que vigorizan y ensanchan los diámetros de las ramas sobre el fuste podado.

Todas estas intervenciones se ven reflejadas en el valor final de la madera al momento de comercializarla, tanto para productos de construcción como de remanufactura.

1.1.2 Características de las trozas

El crecimiento de las coníferas se distingue como una superposición del crecimiento en altura y el crecimiento en grosor, formando pirámides cilíndricas que resultan en una forma cónica. La forma del árbol esta relacionada con distintos factores de crecimiento, dividiéndose en dos grupos; según forma y tamaño.

- Forma

De acuerdo a Kollmann, (1959) (citado por Mezzano, 1998) la forma cónica del fuste, es decir, la asimilación de éste a un cono, depende de la especie, edad, altura del tronco, estación y sobre todo de la densidad en que haya crecido. Árboles aislados como consecuencia de la fuerza del viento, refuerzan más su parte inferior, llegando a tener un contorno cónico muy pronunciado.

Igualmente, los árboles que pierden las ramas inferiores de una forma temprana tienen un factor de conicidad menor a los que no las pierden (Vignote y Jiménez, 2000).

Cown y colaboradores (1984) (citado por Mezzano, 1998), explican que la conicidad y el tamaño de la troza son variables que tienen influencia significativa en la conversión y recuperación de madera de alta calidad. Asimismo, señala que los factores externos más importantes de las trozas para determinar su aprovechamiento son el diámetro menor y la conicidad. En el cuadro 1.1 se presentan las especificaciones de conicidad.

Cuadro 1.1 Valores de Conicidades

0 – 14 mm/m	Conicidad Baja
15 – 29 mm/m	Conicidad Media
30 – 44 mm/m	Conicidad Alta

Fuente: Eyzaguirre, 1987

- Tamaño

Según Whiteside, (1983) (citado por Mezzano, 1998) las variables más importantes a medir en las trozas son:

- Largo
- Diámetro menor descortezado
- Diámetro mayor descortezado

1.1.3 Madera de duramen

El proceso de duraminización es uno de los efectos que lleva consigo la madurez y envejecimiento de la planta por el que las células más internas del xilema, pierden su

funcionalidad, muriendo las células vivas del parénquima y produciéndose alteraciones químicas principalmente por depositaciones de extraíbles, que generalmente llevan a tener una mayor resistencia frente a organismos xilófagos. El proceso de duraminización es muy variable dependiendo de la especie, y se puede presentar con un cambio de color en la madera y a mayor o menor edad del árbol. Los cambios físicos que suponen la duraminización son un ligero aumento de la dificultad de trabajo de la madera, sobretodo en trabajos de encolado y barnizado, dado el mayor contenido de extraíbles. En cuanto a la resistencia de la madera, no existen cambios notables (Vignote y Jiménez, 2000).

1.1.4 Aserrado y aprovechamiento volumétrico

El aserrado es un proceso donde se transforman los trozos en piezas con caras planas y a escuadra (tablones y basas) (Fundación Chile, 1995, citado por Smith, 2001).

Se define como aprovechamiento, la proporción de volumen cúbico de madera que entra a proceso y es transformada en madera aserrada y desechos (aserrín, tapas, orillas y despuntes), siendo por lo general, la madera aserrada, el elemento de mayor valor comercial (Fresard, 1977).

El aprovechamiento en el aserrado esta directamente ligado al nivel de tecnología aplicado en el proceso. Es así como existen diferentes técnicas dependiendo el tipo de madera a procesar y los diámetros de los trozos involucrados. Para coníferas con diámetros reducidos entre 180 a 220 mm, se utilizan líneas de producción que mezclan herramientas de corte tipo sierra circular y chipper canter; mientras que para diámetros mayores se utilizan chipper canter y sierras huinchas. Otras técnicas para diámetros medios en coníferas utilizan una combinación de sierras huinchas múltiples con sierras circulares múltiples. Finalmente las técnicas más avanzadas de aserrado emplean una combinación de sierra circular, chipper canter y fresas, alcanzando aprovechamientos de 60 a 68%. Como aprovechamiento promedio en Chile se alcanza un 30 a 35% para maderas nativas y un 55 a 57% en aserraderos grandes de pino radiata (Gutiérrez, 2004).¹

Szymani (1993) establece que, aún con el perfecto conocimiento de la forma de la troza y su calidad, todavía se está enfrentado al problema de cuál va a ser el aprovechamiento del proceso de transformación primario y secundario, por lo que es necesario procesar la madera y evaluar la calidad de ésta.

A fin de obtener un alto aprovechamiento en madera aserrada y atender la mayor amplitud de mercados, suele ser necesario racionalizar los tamaños de la madera aserrada a obtener. Deben establecerse espesores y anchos normalizados, con clasificaciones que permitan que las dimensiones mayores sean descompuestas de nuevo por aserraderos u otras áreas que vuelven a elaborar la madera (FAO, 1982).

De acuerdo a Fronius (1984), los datos del aprovechamiento deben estar separados por calidad de madera a vender. Asimismo los aprovechamientos deben definirse según productos obtenidos: principales, secundarios, astillas, viruta o aserrín.

Una gran cantidad de factores influye sobre el aprovechamiento de madera aserrada. Las variables más significativas son: el ancho de corte, el esquema de corte, las dimensiones de la madera, el diámetro, longitud, conicidad y calidad de la troza, sobredimensión de la madera verde, la toma de decisiones del personal y las condiciones de mantención de la maquinaria (Melo y Rabón, 1989).

¹ Comunicación personal Profesor Guía

1.1.5 Clasificación de la Madera

Las piezas de madera, al salir del aserradero, presentan gran variedad en cuanto a su calidad. Algunas prácticamente no contienen defectos, en cambio otras, presentan nudos, fibras desviadas, pudrición, grietas, etc. Es obvia pues, la necesidad de agrupar las piezas con calidades similares de modo que la utilidad y valor de ellas esté de acuerdo con los defectos permitidos en cada grupo (INFOR, 1979).

El procedimiento mediante el cual se hace la separación en grupos del producto obtenido de la troza, se denomina “clasificación de la madera” y el conjunto de disposiciones que rigen cada uno de estos grupos se llama “grado”. Por lo tanto, el propósito fundamental de una clasificación de la madera aserrada es el ubicar cada pieza dentro de grupos con características semejantes, ya sea de aspecto o resistencia.

Las características de cada grupo quedan determinadas fundamentalmente por el uso al que será destinada posteriormente la madera, por lo tanto se necesitan métodos de clasificación de la madera (INFOR, 1979).

Los defectos que gobiernan este agrupamiento pueden tener su origen en el crecimiento natural del árbol, en el secado de la pieza, o en su elaboración. Cualquiera sea este origen, es necesario definir y especificar la forma de medir y cuantificar los defectos (INFOR, 1979).

Por otro lado, los diferentes puntos de vista entre el productor y el usuario, relacionados con las características que inciden en la madera, forman la base para establecer los grados de clasificación. Existe un claro conflicto entre las normas creadas y lo que es técnica y económicamente factible en la práctica (Thunell, 1979)

Al momento de clasificar la madera, el grado debe ser representativo de la variación entre los requisitos máximos y los requisitos mínimos del siguiente grado más alto. No se puede constituir enteramente de tablas de calidad mínima (Brown y Bethel, 1958).

1.1.5.1 Clasificación según Norma Chilena (NCh992 y NCh993)

La Norma Chilena NCh992 define los defectos y especifica las formas de medición de éstos para todas las especies. Para esto se establecen, en cada defecto, niveles de medición que abarcan desde la magnitud nula hasta la magnitud máxima posible para tal defecto. Los dos principales tipos de clasificación visual para madera aserrada son por aspecto y por resistencia.

La clasificación por aspecto se establece basándose en una inspección visual de las características físicas de las piezas, dando especial importancia a la presentación de la madera para aquellos usos en los cuales su principal requerimiento es su apariencia y no su resistencia.

La clasificación por resistencia se puede establecer visualmente basándose en la presencia y ubicación de los defectos que influyen sobre su resistencia, tales como nudos, fibras desviadas, grietas, etc.

La Norma Chilena NCh993, indica los niveles de medición y además los criterios y procedimientos para elaborar normas para cualquier especie maderera. El Método de Graduación consiste en establecer las especificaciones de los diferentes grados de una clasificación determinada aplicable a una especie y así definir un criterio de clasificación.

1.1.6 Industria secundaria

La industria secundaria es la industria de transformación donde se agrega valor a la madera. La madera de dimensiones normales puede ser sometida a procesos de elaboración para producir molduras, revestimientos, paneles decorativos, madera cepillada y machihembrada. Para esta industria es importante la remanufactura o aprovechamiento de piezas largas, llamadas “cut stock”, y piezas cortas llamadas “blocks”.

La industria de “cut stock” esta orientada a obtener piezas largas de longitud variable, no menor a 70 cm, donde la pieza cumple una cierta calidad propia de la planta de remanufactura, la que puede ser totalmente “clear” o incluir nudos con ciertas características, pero restringidos en el número de nudos por pieza.

La industria de los “blocks” incluye la eliminación de los defectos por medio del despiece de las tablas previamente secas. También existen “blocks clear” o piezas cortas libres de nudos y otros defectos. Según la calidad, los “blocks” son destinados a un proceso de “finger-joint” para producir piezas largas denominadas “blanks”, las que luego son usadas en paneles decorativos o molduras. Estas molduras y paneles tienen la ventaja de tener una alta calidad sin defectos a un precio más económico.

En el caso de paneles y molduras es importante el concepto “matching”, que apunta a la homogeneidad del color de la madera, donde el mercado desclasifica o disminuye de calidad la madera que no presenta una homogeneidad en su color. Es así como las maderas con diferencias de tonalidad entre albura y duramen deben ser comercializadas sólo por duramen, o en su defecto, sólo por albura, para así cumplir con los requisitos de la industria remanufacturera. En el caso de la madera que no cumple con estas especificaciones de “matching” la posibilidad está en ocupar esta madera con tintes oscuros o pintada, donde la diferencia de color se oculta y no entorpece en su utilización final (Gutiérrez, 2004).²

1.2 Características de la Sequoia

1.2.1 Descripción de la especie y árbol

Sequoia sempervirens (D.Don) Endl., más conocida como Redwood, es una conífera de la familia taxodiaceae, siendo nativa de la región costera del pacífico de EE.UU.

Según antecedentes del Handbook of Softwood (1977), *Sequoia* puede alcanzar alturas desde 61 a 104 m, con diámetros de 4 a 6 m. Es un árbol gigante, que sobrepasa los 100 m de altura y puede alcanzar diámetros de más de 8 m.

Según Ramírez (2002), la *Sequoia* se desarrolla como un árbol de fuste recto y gran tamaño. En Estados Unidos, en sitios favorables y con manejo adecuado, en rotaciones de 40 a 60 años, se obtienen árboles de 45 m de altura y 90 cm de diámetro, con un incremento anual en volumen de 21 m³/há.

Se reconoce como una especie de rápido crecimiento, puesto que en buenas condiciones de sitio, a los 20 años, puede alcanzar los 9 metros y 25 cm de diámetro. A partir de esta edad, comienza un período de mayor crecimiento incrementando 0,6 a 1,8 m en altura y 2,5 cm en diámetro al año, pudiendo ser cosechados a los cincuenta años con un diámetro sobre los 100 cm (INFOR, 2003).

² Comunicación personal de Profesor Guía

Presenta un tronco recto y estructura piramidal, ramas extendidas horizontalmente y ligeramente péndulas en los extremos. La corteza es de tono castaño-rojizo, blanda, fibrosa, con escamas irregulares, profundamente surcada y gruesa (Hoffmann, 1983).

Se puede señalar que el crecimiento de la Sequoia en Chile es de tipo homogéneo y de forma cónica (Toral, 2003).³

De acuerdo a estadísticas de California Redwood Association (2002), la superficie actual de Sequoia en EEUU es de 704 mil hectáreas. Según Fox L. (1996, citado por INFOR, 2003) esta superficie genera 95,8 millones de m³, estando este volumen concentrado en bosques de segundo crecimiento (61%), en terrenos de privados. Le siguen en importancia los bosques de antiguo crecimiento (36%), los cuales por estar en Áreas Protegidas del Estado (75%) no serían aprovechables comercialmente, existiendo sin embargo, aproximadamente 8,4 millones de m³ (25%) en terrenos privados, los cuales bajo el cumplimiento de estrictas normas de manejo serían susceptibles de ser cosechados.

Para su desarrollo, las condiciones de sitio para las plantaciones de esta especie, están restringidas a aquellos lugares donde las temperaturas medias de invierno no son inferiores a 1°C y las medias de verano son de 27°C. En cuanto a altitud, puede crecer entre 600 y 1800 m.s.n.m. (INFOR, 2003).

En el resto del mundo actualmente existen plantaciones de Sequoia en Francia, Gran Bretaña, Nueva Zelanda, Australia, Sud África y otras. En Chile buenas experiencias de plantaciones se han mostrado desde Santiago hasta Puerto Montt, sin superar las 100 hectáreas de plantaciones (INFOR, 2003).

1.2.2 Características de la Madera

Según antecedentes publicados por el USDA Forest Service (2003), en la madera de Sequoia se encuentra una albura blanca, mientras que el duramen es de color café oscuro a rojizo. El duramen no tiene olor característico ni sabor. Posee una fibra excepcionalmente recta con alta estabilidad dimensional y resistencia a la curvatura o alabeo. La madera es resistente a la compresión longitudinal, rígida, moderadamente resistente a la flexión y al impacto, y tiene buena retención de recubrimientos.

En el caso de Sequoia crecida en Chile, la especie desarrolla una albura igualmente blanquecina, pero de mayor ancho, y el duramen varía entre rosado a castaño oscuro, opaco y de textura lisa. Los anillos de crecimiento son muy marcados y mucho más abundante la madera de primavera que la de verano. (Exss y Gilabert, 1988, citado por INFOR, 1998).

De acuerdo a Panshin y Zeeuw (1980), la madera de Sequoia es de amplio uso debido a sus favorables características, principalmente durabilidad natural y estabilidad dimensional. Otras características reflejan buena trabajabilidad, buena adherencia de pinturas y barnices, y estar libre de resinas, típicas de la madera de coníferas. Asimismo, Kannegieser (1990) caracteriza la madera como liviana y blanda, no resinosa e inodora. El duramen es altamente resistente a la acción de agentes destructores, ya sean bióticos o abióticos.

La densidad promedio de Sequoia crecida en California es alrededor de 420 kg/m³ (Department of the environment, 1977).

3 Comunicación personal de Ing. Forestal Manuel Toral

De acuerdo a antecedentes del laboratorio de productos forestales de USDA, Sequoia presenta las mejores características en cuanto a durabilidad natural (fundamentalmente en la zona del duramen), resistencia al fuego, adherencia a pinturas y adhesivos (debido a la ausencia de resinas), lo que permite un buen acabado y su permanencia en el tiempo. Además presenta menores contracciones (de volumen y tangencial) en comparación a otras especies comercializadas en la costa oeste de los EEUU. Estas características la posicionan en un lugar privilegiado en usos preferentes de exterior y donde la estabilidad dimensional es esencial (la madera se mantiene sin curvaturas ni deformaciones) lo que se traduce en una mayor demanda por parte de los consumidores domésticos, en usos estructurales y decorativos principalmente en exterior (INFOR , 2003).

1.2.3 Tipos de productos y usos

Una gran cantidad de madera de Sequoia es usada en construcción (alto valor en construcción de edificios, vigas a la vista, entablados). Es remanufacturada para fabricar puertas, persianas, terminaciones, cajas y contenedores (Alden, 1997).

De acuerdo a su calidad superficial, proporción de nudos y cantidad de albura, la madera de Sequoia se utiliza en construcción y mueblería. En construcción de alto valor se utiliza para revestimientos, paneles, molduras, tableros, vigas, pisos, cielos, entablados y otros. También es usada en agricultura para construcciones y equipamiento, como postes y polines (Alden, 1997).

En general, las tablas más cortas y angostas son destinadas a un proceso de "finger-joint" para producir piezas más largas, las que son usadas luego en paneles decorativos o molduras. La madera de dimensiones normales puede ser sometida a procesos de remanufactura para producir molduras, madera cepillada, machihembrada, revestimientos y paneles decorativos (Panshin y Zeeuw, 1980).

Por otra parte, los muebles elaborados con Sequoia son de tipo rústico, especiales para jardines, siendo ofrecidos por fabricantes de productos terminados. Entre estos productos se encuentran juegos de terraza, jardineras, mesas de picnic, quinchos, repisas y otros (INFOR, 2003).

De acuerdo a Sesink (1988) debido a su madera relativamente suave, su color atractivo y su alto precio, la madera de Sequoia es la mejor opción para productos de alto valor agregado.

Otros usos, dada su resistencia al ataque de hongos, son tinajas para vino, torres de enfriamiento, estanques para agua, etc. También se fabrican chapas para contrachapados decorativos, tableros de partícula y fibra para pulpa (Alden, 1997).

1.2.4 Clasificación según Norma Americana

Aún cuando las especies pueden ser clasificadas según cualquier tipo de reglas, muchos productores siguen respondiendo a las preferencias de los clientes, y mantienen los grados relacionados con las especies para las que fueron inicialmente desarrollados, y por ende, mejor clasificados (Softwood Organization, 1999).

Las asociaciones de comerciantes de madera de coníferas de Estados Unidos, son responsables de preparar y establecer los grados para las distintas especies. Los grados de la madera que ellos han preparado deben estar de acuerdo a un producto estándar desarrollado bajo la jurisdicción del Departamento de Comercio de EEUU, y administrado por el Comité de Estándares de Madera Americano (ALSC) (Haygreen, 1996).

Hoy en día, sólo en la costa del norte de California y el sur de Oregon se aprovecha comercialmente la Sequoia. El Redwood Inspection Service (RIS) es el único organismo que establece los requerimientos específicos para la comercialización de la Sequoia en EEUU. Por esta razón, la clasificación oficial es de origen norteamericana bajo la Norma RIS (Haygreen, 1996).

En la actualidad existen más de 30 grados de clasificación para la madera de Sequoia, los que van desde aquellos para usos generales hasta los grados para usos específicos. Existen grados para cada tipo de uso, incluyendo pisos, cercas, revestimientos interiores y exteriores. Éstos son determinados de acuerdo a las características que influyen el comportamiento de la madera en servicio, específicamente por la apariencia y durabilidad de ésta.

En general, los grados con secciones rojo-cafesoso provenientes del duramen contienen sustancias que favorecen su durabilidad y determinan la resistencia contra el ataque de insectos, por lo tanto pueden ser usados en o cerca del suelo; mientras que los grados con una combinación de albura y duramen son más económicos debido a su baja resistencia a estos ataques (Calredwood Association, 2003).

La apariencia es el factor más importante para la clasificación de la madera. Se consideran factores como ausencia de nudos (que determinan los mayores grados) y otros como la cantidad, tamaño, ubicación y naturaleza de los nudos, y la presencia de otras características, como manchas, curvaturas y defectos.

Según Softwood Organization (2003), los productos totalmente “clear” son difíciles de encontrar, generalmente se obtienen de pequeños volúmenes de primer crecimiento cosechados de terrenos privados. La mayoría de los grados por apariencia son obtenidos de árboles de grandes diámetros manejados en bosques naturales.

Las Normas RIS están formuladas de manera que permiten clasificar todo tipo de escuadrías, largos y productos, o sea, existen distintos criterios de clasificación para cada producto asociado. Los valores admisibles para cada calidad están claramente definidos, generando un criterio de clasificación común a todo usuario de las normas.

La clasificación de la madera verde aserrada, se hace basándose en pautas prediseñadas, diferenciándose dos pautas, una para madera bajo dos pulgadas y otra para madera sobre dos pulgadas de espesor. Según la calidad, la clasificación se hace en función de la mejor cara y un canto, sólo mejor cara, o en su defecto, la peor cara.

El proceso consta en clasificar cada tabla por separado, distinguiendo claramente la calidad de ésta. La tabla debe ser inspeccionada por ambos lados, la cara debe cumplir con una cierta calidad y la contracara no debe disminuir menos de un grado de la calidad de la cara. Las calidades se dan en función de los tipos y cantidades de defectos proporcionales al ancho de la tabla, según el caso. Finalmente la tabla no puede incluir más de dos de los defectos admisibles para cada calidad.

Para clasificar la madera verde aserrada, a continuación se describen los grados de la madera de acuerdo a las Normas RIS. Se agrupan en dos grandes categorías: “Garden Grades” y “Architectural Grades”.

1.2.4.1 Garden Grades

Estos grados corresponden a una clasificación económica, destinada a usos en exterior y construcción. Se utilizan principalmente para cercas, terrazas y estructuras de jardines,

donde la presencia de nudos y otras características no son tan importantes. La clasificación es con respecto a la mejor cara.

Las categorías de mayor a menor calidad dentro de esta clasificación son las siguientes:

- **Select Heart:** Se refiere a madera de duramen con presencia de nudos, restringiéndose el tamaño de éstos y el distanciamiento entre ellos. Es recomendable para construcciones de alta calidad.
- **Select:** Similar al anterior, pero permite la mezcla de albura y duramen.
- **Construction Heart:** (Figura 1.1) Se refiere a madera sólo duramen y con presencia de nudos. Es recomendado para aplicaciones sobre o en el suelo, tales como pisos, postes y vigas.
- **Construction Common:** (Figura 1.2) Contiene nudos con una combinación de albura y duramen. Se recomienda para aplicaciones sobre el suelo como barandas, tablas de cercos, revestimientos y bancos de terrazas.
- **Merchantable Heart:** Es el más económico de los grados sólo duramen. Acepta nudos ligeramente más grandes que los grados para construcción, con orificios limitados al tamaño de los nudos. En este grado, está permitido la presencia de grietas, rajaduras y fallas de elaboración. Sus usos generales son para moldajes y jardín o aplicaciones en estructuras cerca o en el suelo.
- **Merchantable:** Tiene las mismas características que el grado anterior, pero contiene albura. Se utiliza en cercas de madera, enrejados, aplicaciones sobre el suelo y otras.
- **Economy:** Acepta toda clase de defectos. Su uso es para construcciones temporales y moldajes.

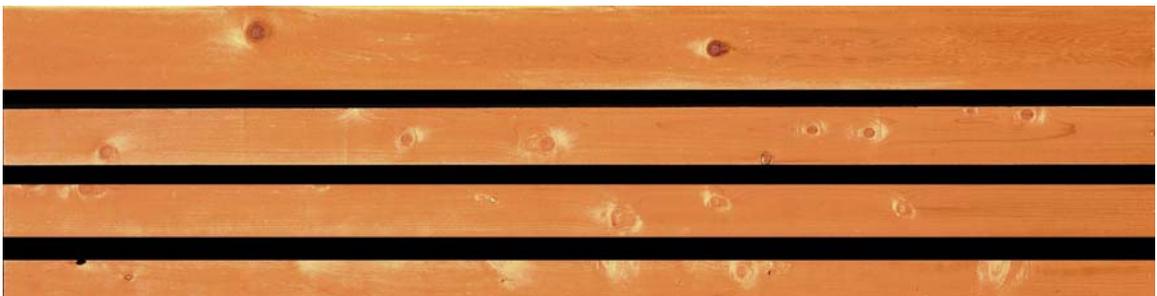


Figura 1.1 Tablas de calidad Construction Heart



Figura 1.2 Tablas de calidad Construction Common

1.2.4.2 Architectural Grades

Estos grados son especificados para usos donde la visibilidad y el diseño requieren que la madera mantenga su apariencia a través del tiempo. También denominados “B & Better” están disponibles con secado artificial o sin este tratamiento. Por su estética y estabilidad son lo más adecuado para complejos diseños arquitectónicos. Los usos más comunes son: entablados en terrazas, revestimientos, paneles, molduras y gabinetes. El grado se asigna tomando en cuenta la mejor cara y un canto, pero la contracara debe ser igual o mejor al grado inmediatamente inferior.

Las categorías de mayor a menor calidad dentro de esta clasificación son las siguientes:

- Clear All Heart: (Figura 1.3) Es el grado de calidad más fino de duramen. Generalmente disponible con secado artificial. La madera elaborada es excelente, pues posee una cara totalmente libre de defectos. El lado anverso puede tener pequeñas imperfecciones. Los usos recomendados son revestimientos, tableros decorativos, molduras, pisos y estructuras finas de jardín.
- Heart Clear: Tiene calidad similar al anterior, pero acepta hasta un par de nudos vivos pequeños.
- Clear: (Figura 1.4) Igual al anterior, pero acepta albura. Es ideal para usos visibles sobre el suelo.
- Heart B: (Figura 1.5) Contiene algunos nudos y características que no permiten clasificarlo como el mejor grado, sin embargo su uso es similar.
- B Grade: (Figura 1.6) Similar al grado anterior, sin embargo, contiene albura. Es usado para pisos, cobertizos y otras aplicaciones sobre el suelo.



Figura 1.3 Tablas de calidad Clear all Heart



Figura 1.4 Tablas de calidad Clear



Figura 1.5 Tablas de calidad Heart B



Figura 1.6 Tablas de calidad B Grade

Las Normas RIS, especifican que las calidades antes expuestas son generales y corresponden a la primera clasificación para categorizar la madera verde aserrada y para ser comercializada como tal. Cada calidad tiene posibles usos asignados y para este fin es necesario volver a clasificar la madera con el criterio respectivo de acuerdo al uso final.

2 MATERIAL Y MÉTODO

Para cumplir con los objetivos planteados en el estudio, se desarrolló las siguientes actividades: del material de estudio, o sea, las trozas de Sequoia, se tomó los datos con el fin de obtener la información de las dimensiones de éstas. A continuación se aserró las trozas y se registró la información pertinente para cada tabla originada del proceso. Finalmente se analizó los datos para plantearlos en forma clara e inferir las conclusiones. A continuación se describen en detalle cada una de las etapas desarrolladas.

2.1 Procedencia de los árboles y mediciones

En los meses de Julio y Agosto de 2002 se realizó una corta de Sequoia en tres predios, con un total de 19 árboles, distribuidos como se indica en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1

Procedencia y características de los árboles de Sequoia empleados en el estudio

Procedencia	Región	Diámetros (cm)*	Edad (años)	N° Árboles	N° Trozas
Arauco	VIII	15-46	36	10	50
Frutillar	X	15-33	30	8	22
Chillán	VIII	50-70	43	1	5

* Diámetro menor de la troza sin corteza

Se obtuvieron 77 trozas aserrables de Sequoia, de 2,4 m de largo, con diámetro menor de la troza sin corteza mayor a 15 cm. Las trozas están identificadas previamente, con la información del origen y posición de la troza en el fuste. Se midió el diámetro superior e inferior sin corteza y se registró el número de anillos. Los diámetros resultan del promedio de la medición del diámetro mayor y la medición del diámetro menor registrados para cada extremo de la troza.

Los árboles no cuentan con intervenciones silviculturales, como podas o raleos. Debido a las limitaciones de disponibilidad del material de Sequoia, este estudio es eminentemente exploratorio. No existe un criterio de muestreo en la selección de las trozas originales, ni las variables medidas tienen modelos estadísticos conocidos. Muchas de las variables obtenidas del estudio son cualitativas.

Para determinar el volumen de las trozas se utilizó el método de cubicación de Smalian. Su fórmula es la siguiente:

$$V = ((a + A) / 2) * L \quad (m^3)$$

donde,

V : Volumen de la troza (m^3).

L : Longitud de la troza (m).

a : Área de la sección del diámetro menor (m^2).

A : Área de la sección del diámetro mayor (m^2).

La conicidad de las trozas, aspecto que influye notablemente en los rendimientos volumétricos, se obtuvo de la siguiente forma:

$$C = (D_M - D_m) / L$$

donde,

C: Conicidad (mm/m).

DM : Diámetro mayor (mm).

Dm: Diámetro menor (mm).

L: Largo de la troza (m).

Ya conocido el diámetro de las trozas, fue necesario agrupar los diámetros en un número relativamente pequeño de clases que no se superpongan entre sí. De esta manera se generó una tabla de frecuencias de las distintas clases diamétricas asociada a los diámetros menores sin corteza de todas las trozas. Finalmente se representó mediante una gráfica de frecuencias relativas, mostrando el perfil de distribución de los datos.

Para este caso no fue posible utilizar una distribución de clases de igual longitud, ya que se tiene un agregado muy alto de observaciones con sólo algunas cuantas observaciones dispersas alrededor de éste. Por lo tanto, se consideró tomar 7 clases de amplitud 2 cm y 2 clases de amplitud 16 cm. Finalmente en el gráfico de distribución de frecuencias se ajustó la altura de los rectángulos para que sus áreas sean proporcionales a la frecuencia. Este procedimiento representa de manera correcta las frecuencias para intervalos de diferente longitud.

2.2 Procesamiento de las trozas

El aserrado de las trozas se ejecutó a nivel de laboratorio en las instalaciones del Centro Tecnológico de la Madera de la Universidad de Chile, ubicado en el Campus Antumapu, en La Pintana, Región Metropolitana.

Las trozas se ubicaron en forma manual sobre el carro transportador de la sierra huincha marca Guilliet, con un ancho de corte de 3,5 mm. El avance de la troza y los sucesivos volteos de ésta fueron igualmente de forma manual.

El primer paso consistió en sacar tapas para luego formar una basa o semi-basa. Se estudió en forma cuidadosa el programa de corte para maximizar el rendimiento de madera de duramen. Se tomó como procedimiento dejar la madera de duramen en el centro de la basa sacando 2 tablas laterales o más dependiendo del diámetro. Luego, la basa se partió, obteniendo las respectivas tablas con la dimensión final en el espesor. El criterio de corte fue realizado de modo de obtener el mejor aprovechamiento de la troza, y la mayor cantidad de tablas de ancho variable con madera de duramen. Las tablas con canto muerto a lo ancho de la tabla fueron contabilizadas como desecho sin ser redimensionadas con una despuntadora, considerando para el estudio sólo las piezas de madera de 2,4 m de largo.

Se implementó dos programas de corte realizados bajo un programa de corte clásico: Las trozas de diámetros con 15 a 35 cm, se procesaron de acuerdo al esquema de la Figura 2.1, y las trozas de diámetro de 35 a 70 cm, de acuerdo al esquema de la Figura 2.2.

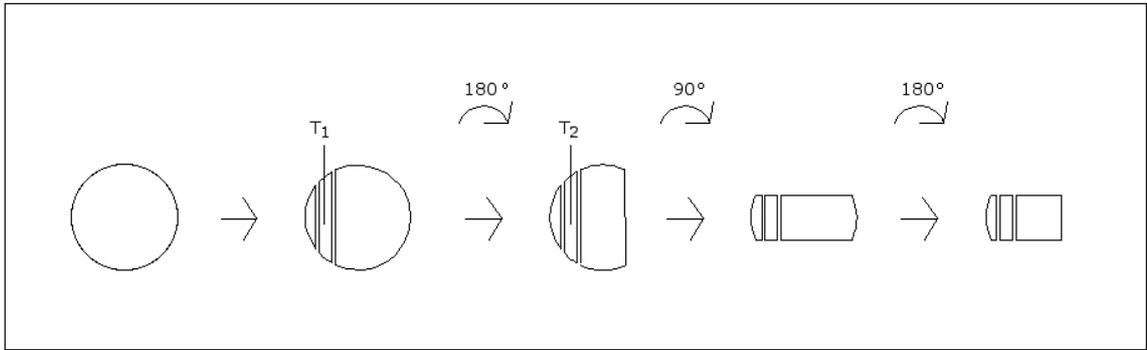


Figura 2.1
Programa de corte para trozas de diámetros 15 a 35 cm

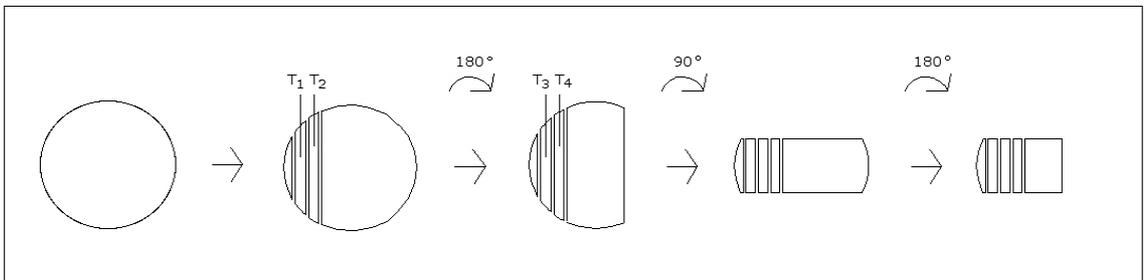


Figura 2.2
Programa de corte para trozas de diámetros 35 a 70 cm

Aquellas piezas que resultaron con canto muerto fueron procesadas en la canteadora marca Wadkin. Como desecho se obtuvieron aserrín y tapas con corteza.

Finalmente las tablas se individualizaron con números, y se registró el espesor, el ancho y el largo de cada una. El esquema de las tablas obtenidas se muestra en la Figura 2.3.

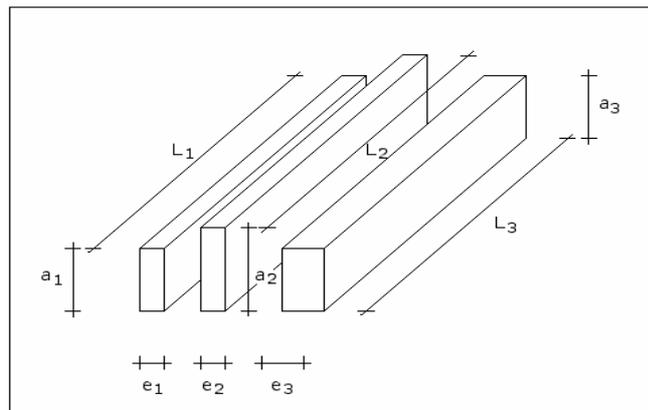


Figura 2.3
Tipo de tablas obtenidas del proceso de aserrado

2.3 Determinación de los volúmenes entrada -salida

Las piezas generadas se cubicaron y el volumen se calculó de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Vol} = \Sigma (e * a * L) * 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

donde,

Vol : Volumen madera dimensionada

a: Ancho de la tabla (cm).

L: Largo de la tabla (cm).

e: Espesor de la tabla (cm).

De los datos recogidos anteriormente, por diferencia, se obtuvo el aprovechamiento del aserrío para un trozo en particular. La relación utilizada para obtener el rendimiento volumétrico fue la siguiente:

$$\text{RV} = (\text{Vna} / \text{Vtr}) * 100$$

donde,

RV: Rendimiento volumétrico (%).

Vna: Volumen neto aserrado (m³).

Vtr: Volumen de la troza (m³).

De la fórmula anterior se puede obtener el aprovechamiento de cada troza, es decir, el porcentaje de madera aserrada utilizable.

También se realizó una cuantificación de los desechos (aserrín, tapas y orillas) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VTr} = \text{Vnu} + \text{Vds}$$

donde,

VTr: Volumen del trozo (m³).

Vnu: Volumen neto útil (m³).

Vds: Volumen de desechos (m³).

Para obtener la proporción de madera de duramen en cada tabla, se midió el volumen de la pieza que contiene duramen. Para los casos en que la pieza presentaba madera de duramen sólo en una parte de ésta, se tomó en cuenta la obtención de piezas largas no menores a 70 cm y de un espesor no menor a 50 mm, con el objeto de utilizar la pieza con duramen en recuperación como "Cut Stock" (pieza de madera de largos determinados para su uso en remanufactura). Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{PD} = (\text{Vp} / \text{Vd}) * 100$$

donde,

PD : Porcentaje Duramen (%)

Vp : Volumen de la pieza (m³).

Vd : Volumen de duramen (m³).

De esta manera se calcularon los aprovechamientos en cuanto al volumen de madera de duramen y albura presente en las tablas. Los resultados se presentan como promedios de las proporciones de albura de cada tabla aserrada y agrupadas por clase diamétrica. Con esta información se logró cuantificar la madera de mayor valor y determinar el uso efectivo que se puede dar a ésta.

Además, se consideró cuantificar la madera libre de defectos o madera “clear”. Esta información se cree que es relevante para las empresas involucradas en su comercialización en Chile y como medida de uso final en productos elaborados.

Para obtener esta información, cada tabla de madera fue marcada realizando un trozado teórico, donde se obtienen piezas de madera corta (“blocks”) libres de defectos por ambos lados y así poder determinar la proporción de madera “clear” presente en una tabla. Cabe mencionar que en estas mediciones se incluyó la madera con combinación de albura y duramen.

Para obtener la proporción de madera clear en cada tabla, se midió el volumen de la pieza sin defectos (“clear”) aplicando la siguiente fórmula:

$$PC = (V_t / V_c) * 100$$

donde,

PC: Porcentaje Madera “clear” (%)

V_t : Volumen de la pieza (m³).

V_c : Volumen “clear” (m³).

Se promediaron las proporciones de madera “clear” para cada tabla y los resultados fueron expresados con respecto a cada clase diamétrica.

2.4 Clasificación según Norma Chilena

Uno de los requisitos para el ordenamiento de la madera es establecer grupos que permitan usar siempre una misma calidad para un mismo propósito. Para esto se diseñó una pauta de clasificación donde se diferenciaron 3 grados diferentes. Esta clasificación se estima importante ya que ayuda a visualizar el uso propio que se puede dar a esta madera, tomando en cuenta que la madera contiene muchos nudos. La pauta esta diseñada para obtener madera con mezcla de albura y duramen y con presencia de nudos de tamaños reducidos que no entorpezcan su utilización como producto final en muebles de terraza. Esta pauta se realizó sobre la base de la NCh993 y NCh992.

2.4.1 Definición y medición de los defectos

Según los defectos observados del aserrado de las trozas, se definieron los defectos que pueden presentarse y son detectables a simple vista. El modo de medición se realizó de acuerdo a la NCh992.

Los defectos incluidos son nudo muerto y/o agujero; nudo firme, nudo en grupo y nudo en racimo; médula y arista faltante. Cualquier otro defecto no incluido acá, se consideró equivalente a los enumerados anteriormente, de acuerdo al efecto de deterioro sobre la pieza.

2.4.2 Determinación de categorías de defectos

Las categorías se establecieron tomando en cuenta las características de los defectos que se encuentran en la madera. Además, se consideró la forma de delimitar el defecto, tomando en cuenta su tamaño absoluto en función de alguna de las dimensiones de la pieza.

2.4.3 Elaboración de la pauta de clasificación

Teniendo en cuenta el uso determinado para la madera que se clasifica, se procedió a considerar cada defecto y darle una importancia relativa en función de su uso. La tabla es clasificada de acuerdo a la mejor cara. Los límites para cada defecto en cada grado se establecieron de acuerdo a que exista una representación significativa de las tablas clasificadas, es decir, que la clasificación sea proporcional al número de grados incluidos.

2.4.4 Comprobación práctica

Como un medio de verificar los límites previstos para cada grado y así permitir una clasificación adecuada, cada una de las calidades aceptadas debe incorporar, en volumen, una parte importante de la población que se clasifica. Para esto se utilizó una tabla de frecuencias, según el grado de cada pieza clasificada. Finalmente, se obtuvieron las proporciones de las 3 clases de madera en función de las clases diamétricas.

Así se logró establecer la potencialidad de esta madera para ser utilizada en la elaboración de muebles de terraza de Sequoia con presencia de albura y duramen.

2.5 Clasificación según Norma Americana

La norma viene estipulada de acuerdo a la RIS (Redwood Inspection Service) que reúne a los mayores productores de madera de Sequoia de los Estados Unidos. Debido a que el material de estudio es de 2,4 m de largo, se adecuó los parámetros y valores admisibles en función del largo tal cual la norma especifica.

El procedimiento que se siguió, fue clasificar cada tabla una a una y asignarle la calidad según las exigencias de la Norma RIS.

Las calidades se presentan en función de las distintas clases diamétricas generándose cuadros y gráficos de comparación que ayudan a visualizar claramente los grados de madera predominante.

2.6 Comparación de resultados

A modo de referencia y para comparar los resultados obtenidos, se presenta una breve reseña sobre los aprovechamientos de madera de Sequoia en EEUU, ya que éste es su hábitat original y actualmente es el único lugar donde se comercializa. Se contrastó con resultados reales del aserradero de Pacific Lumber Company (PALCO), en Fortuna, California, EEUU. Este aserradero tiene una producción de 240.000 m³ anuales, siendo el tercer aserradero más grande de Sequoia en EEUU. PALCO posee bosques propios de Sequoia con más de 120.000 hectáreas entre bosques naturales y plantaciones sin intervenciones de poda.

Estos datos arrojaron información selecta para determinar que tan cerca o alejados estamos en los aprovechamientos y calidades de Sequoia en Chile.



Figura 2.4 Trozas aserrables del material de estudio



Figura 2.5 Proceso de aserrado en el Centro Tecnológico de la Madera



1.1.1.1.1 Figura 2.6 Madera aserrada



Figura 2.7 Madera aserrada dimensionada

3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos con el objetivo de obtener la información relevante para madera aserrada de Sequoia crecida en Chile, según la metodología propuesta.

3.1 Distribuciones diamétricas de las trozas

Tal como se planteó, los 19 árboles extraídos de tres predios generaron 77 trozas de 2,4 m de largo para el aserrado. Las trozas se agruparon en 9 clases diamétricas desde 15 cm hasta 69 cm, regidas por el diámetro menor de la troza.

Con el fin de visualizar correctamente la distribución diamétrica de las trozas, es necesario corregir la Frecuencia Relativa, para evitar distorsiones, ya que las dos últimas clases tienen una amplitud mucho mayor a los intervalos de las clases anteriores. Las distribuciones diamétricas de las trozas se presentan en el Cuadro 3.1. El gráfico asociado se presenta en la Figura 3.1.

Cuadro 3.1
Distribución diamétrica de las trozas

Intervalos (cm)	Clase Diamétrica	Frecuencia (N° de trozas)	Frecuencia Relativa (%)	Frecuencia Relativa Corregida (%)
15-17	16	3	4%	4,3 %
18-20	19	8	10%	11,6 %
21-23	22	15	19%	21,7%
24-26	25	16	21%	23,1 %
27-29	28	15	19%	21,7 %
30-32	31	6	8%	8,7 %
33-35	34	5	6%	7,2 %
36-52	45	4	5%	0,7 %
53-69	62	5	6%	0,9 %

La mayor proporción de trozas ingresadas al aserradero está comprendida en las clases diamétricas 22 y 31, con un porcentaje acumulado de 67 %, es decir, 46 trozas. Luego el 4,3% de las trozas son de diámetros menores, entre 15 a 18 cm, y el restante 17,7% corresponde a clases diamétricas superiores a 30 centímetros. Cabe señalar que las trozas de la clase 62 provienen de un sólo árbol, por lo tanto, la madera originada no es representativa para el estudio.

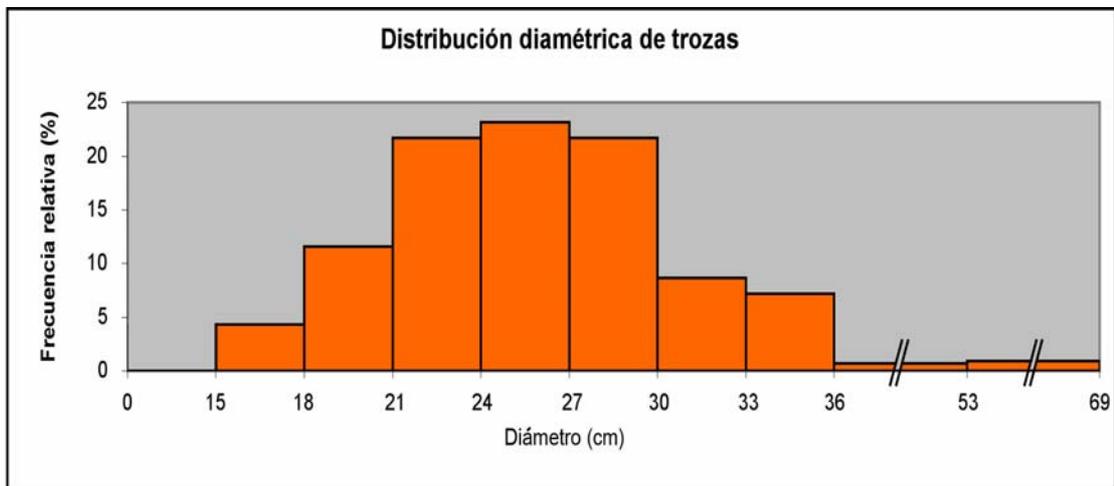


Figura 3.1 Distribución diamétrica de trozas

Las trozas de las clases 16 a 45 son obtenidas de plantaciones de 30 a 36 años. Sólo la clase 62 proviene de un sólo árbol con una edad de 43 años.

3.2 Aprovechamiento de la materia prima en el aserrado.

3.2.1 Aprovechamiento y forma de las trozas según posición relativa de la troza en el árbol

Para analizar la conicidad de las trozas (disminución gradual del diámetro promedio de un trozo desde la base a la punta), éstas se agruparon según su posición en el árbol. Así a la primera troza de la parte inferior se asignó el número uno, hasta llegar a la sexta troza del extremo superior. Luego se promediaron las conicidades de acuerdo a su posición relativa en el árbol y se comparó con el promedio del rendimiento volumétrico, información que se presenta en la Figura 3.2.

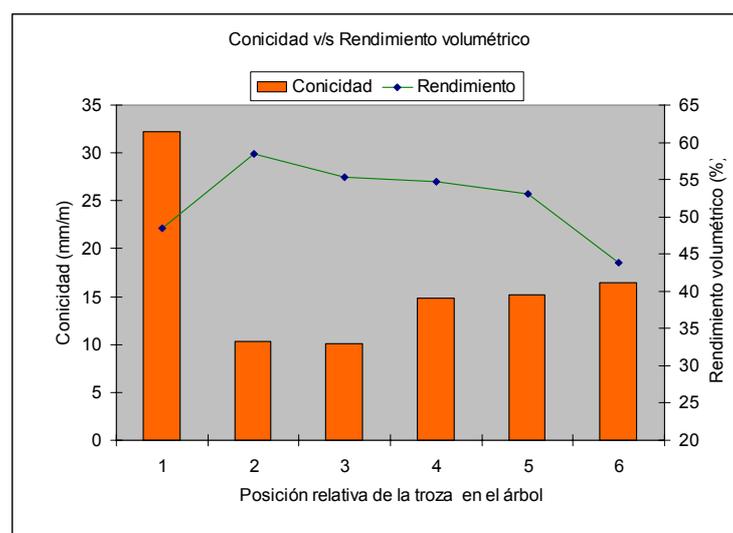


Figura 3.2 Conicidad v/s rendimiento volumétrico según posición relativa de la troza

En las primeras trozas de la parte basal se ve reflejada una severa conicidad de 32,2 mm/m. Esto significa que por cada metro de longitud, la troza aumenta en diámetro 32,2 mm. A medida que aumenta la altura esta conicidad disminuye a 10 mm/m para luego volver a aumentar levemente a 16 mm/m en la parte superior.

Estas condiciones afectan sin lugar a dudas al rendimiento volumétrico. Para los casos extremos (troza basal y superior) la conicidad aumenta y el rendimiento volumétrico disminuye respectivamente, llegando a rendimientos de 48% en la parte basal. Para las trozas de la parte superior, menores diámetros asociados y un efecto de conicidad mediana agrava la situación y disminuye el aprovechamiento aún más, llegando a un 44%.

Para las trozas de diámetros menores existe una gran diferencia de rendimiento en comparación con las mayores, lo que se debe principalmente a la forma de la troza. La conicidad y la geometría irregular que presentan las trozas de la parte superior del árbol, con grandes ramas, distorsionan la forma de la troza disminuyendo el rendimiento al momento de obtener tablas dimensionadas.

Por otro lado, las trozas de la parte basal presentan la mayor conicidad entre todas, pero a diferencia de las trozas de la parte alta, son bastantes regulares y cilíndricas, sin grandes ramas que distorsionen la forma de la troza.

3.2.2 Aprovechamiento de madera aserrada según clase diamétrica

Para el estudio se procesaron 77 trozas de distintos diámetros y de distintas posiciones de ésta en el fuste. Del proceso de aserrado se obtuvieron 8,11 m³ de madera dimensionada, de anchos variables entre tablas y tablones.

Según la metodología propuesta, se presentan los promedios de los resultados del volumen de madera de las trozas y el aprovechamiento volumétrico obtenido, ambos para cada clase diamétrica. La figura 3.3 presenta los resultados de los rendimientos obtenidos.

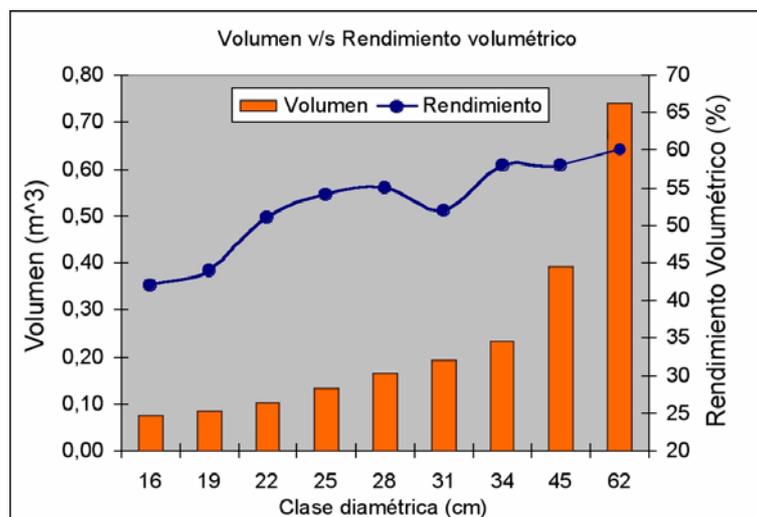


Figura 3.3 Aprovechamiento de madera aserrada según diámetro

Para trozas provenientes de árboles con rotaciones comerciales entre 30 y 36 años (en adelante, trozas con diámetro menor sin corteza entre 15 y 45 cm) el aprovechamiento promedio es de 52%. Para trozas de clase diamétrica 62 (en adelante, trozas con diámetro menor sin corteza entre 45 y 70 cm), el aprovechamiento llega a un 60%. Estos resultados están dentro de los valores esperados para un proceso de laboratorio, si lo comparamos con una línea de proceso establecida como sucede en las plantas de aserrado.

El volumen de las trozas ingresadas al proceso aumenta proporcionalmente a medida que aumenta el diámetro de éstas. Lo mismo sucede para la recuperación de madera aserrada. La Figura 3.3 muestra que a mayor diámetro de la troza, la proporción de madera aserrada de anchos variables se incrementa normalmente.

Las trozas con diámetros reducidos presentan un aprovechamiento muy bajo comparado a los diámetros superiores, esto ya fue relacionado con los efectos de la forma de la troza. Además, cabe tomar en cuenta que el aprovechamiento de las trozas está relacionado con la conicidad de la troza, por lo que el aumento del aprovechamiento no presenta una tendencia lineal.

3.2.3 Comparación de rendimientos con PALCO

En PALCO el procesamiento de la madera es similar a todos los aserraderos. Básicamente las trozas provenientes de bosques de la empresa, de diámetros 15 hasta 120 cm, son descargadas y acopiadas en grandes estanques de agua. Las trozas de diámetros sobre los 100 cm son actualmente escasas en comparación a períodos anteriores, debido a las restricciones de corta presentadas por el gobierno local. Todas las clases diamétricas son pasadas alternadamente entre trozas grandes y pequeñas por la misma línea de aserrado, para mantener un rendimiento óptimo en el aserradero. Cierta cantidad de trozas de diámetros entre 15 y 30 cm, provenientes de la parte alta del árbol, se procesan por separado produciendo basas cuadradas, para finalmente pasarlas por una sierra circular múltiple y destinarlas a productos con presencia de albura para entablados y cercos. Luego de descortezada, la troza es aserrada en la máquina principal, la que cuenta con sistema de scanner y láser, para la optimización del corte. La troza es rotada mediante un sistema hidráulico, para así obtener los tablonés. La idea es obtener grados de calidad y anchos comerciales, con la menor cantidad de pérdidas. Los tablonés de mayor espesor pasan a una sierra múltiple, y luego a una despuntadora que corta a los largos deseados.

Tomando en cuenta los resultados aportados por PALCO, para trozas entre 15 y 30 cm, con un promedio de 25 cm de diámetro, los aprovechamientos obtenidos están entre 58 y 60%. Para trozas entre 3 a 6 m de largo y 30 a 120 cm de diámetro, con un promedio de 43 cm, los aprovechamientos obtenidos son entre 55 y 58%. Los resultados contrastados con los aprovechamientos del estudio se ven reflejados en la Figura 3.4.

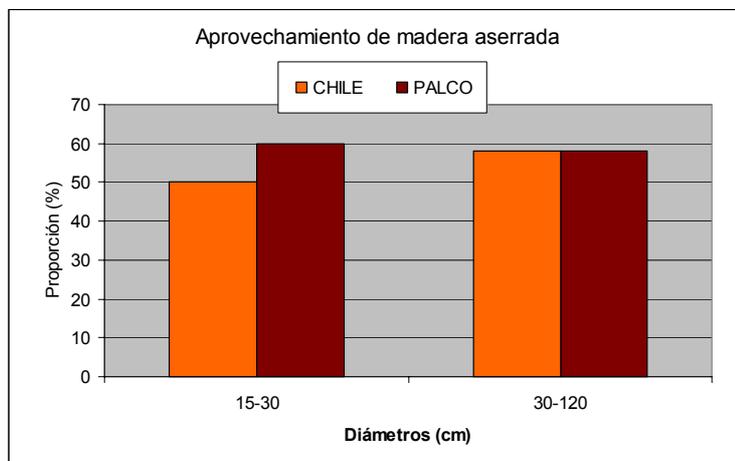


Figura 3.4 Aprovechamientos de madera aserrada del material de estudio y en aserraderos PALCO

En PALCO, los aprovechamientos de las trozas con diámetros menores tienen mejores resultados comparados con los rendimientos de trozas de diámetros superiores. Estos rendimientos volumétricos están dentro de los resultados esperados para un aserradero de tal nivel tecnológico.

En los diámetros menores se nota un mayor rendimiento para los árboles de PALCO, pudiendo ser el resultando de la combinación de uno o más factores como:

- El mayor nivel tecnológico involucrado en PALCO influye en el rendimiento volumétrico. Resultan mayores aprovechamientos comparados con un proceso de laboratorio, donde no se cuenta con el factor tecnológico ni con la experiencia productiva necesaria.
- Los rendimientos en PALCO son calculados de acuerdo a las basas obtenidas del proceso y no a las tablas dimensionadas.
- Problemas de forma de las trozas superiores del estudio, un aspecto irregular de la troza conlleva a un menor rendimiento asociado.

3.3 Madera de duramen

Se realizaron mediciones del contenido de duramen de cada pieza aserrada por medio del despiece, es decir, “cut stock” de largo establecido que cumplan con la condición de ser sólo duramen. Esto tiene como fin establecer la proporción de madera de duramen presente en las tablas por clase diamétrica. Los resultados se presentan en la Figura 3.5.

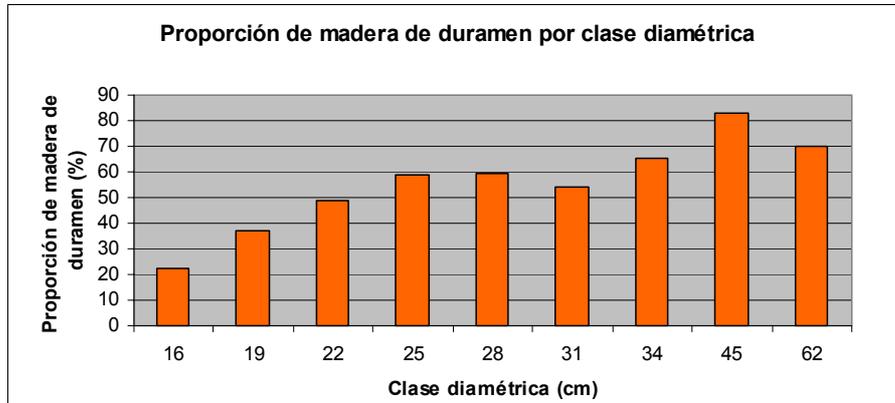


Figura 3.5 Proporción de Madera de Duramen

La madera de duramen aumenta considerablemente conforme aumenta el diámetro de las trozas. Las tablas de las clases diamétricas 45 y 62, llegan a tener sobre un 70% de madera de duramen, y bajo la clase diamétrica 22, la proporción de duramen es menor a 50%. En la clase 62, se aprecia una disminución en la presencia de duramen, esto puede originarse por distintos motivos, como la información originada para esa clase proviene de un sólo árbol y esto distorsiona los resultados para esta clase. Otra razón puede ser que en la clase 45 se dan las condiciones de obtener una mayor cantidad de “cut stock” de duramen por el efecto de mejor forma y mayor diámetro, comparado con otras trozas.

Para mostrar de una manera más clara las proporciones de madera sólo duramen, es decir, que la tabla de 2.4 m sea íntegramente de madera de duramen, se presenta la Figura 3.6.

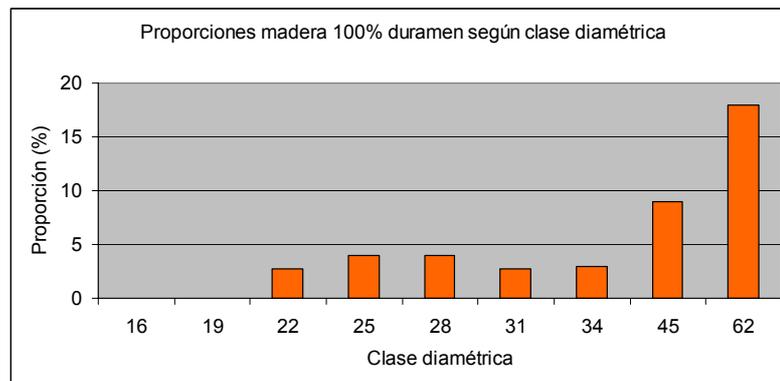


Figura 3.6 Madera sólo duramen de 2,4 m.

En la Figura 3.6 se presentan las proporciones de madera de duramen por clases diamétricas donde cada columna corresponde a la proporción de volumen de madera 100% duramen dentro de cada clase para el total de las tablas cuantificadas. La madera sólo duramen se presenta sólo sobre los diámetros de 21 cm, manteniéndose bajo hasta la clase 45 donde aumenta a un 9%. La clase 62 concentra el mayor volumen de madera sólo duramen, con un 18%. En general, el volumen de tablas con sólo duramen representa el 43% del total de la madera aserrada en el estudio. Esto hay que analizarlo

desde el punto de vista que las trozas tienen 2,4 m de largo, ya que para largos mayores, esta cifra puede decrecer notablemente.

3.4 Madera libre de defectos (clear)

Se realizaron mediciones de madera libre de defectos para ambas caras, por medio del despiece, para determinar la proporción de madera “clear” presente en la madera. Los resultados de tales mediciones se presentan en la Figura 3.7.

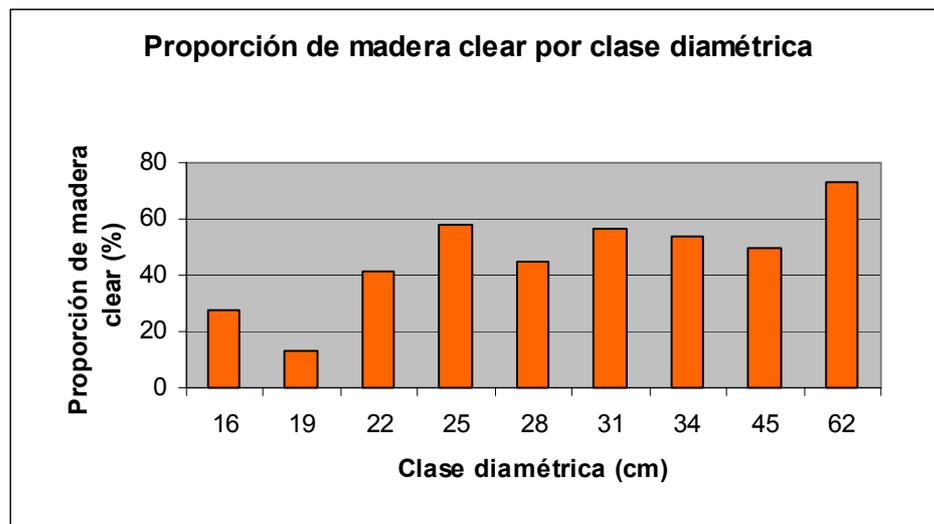


Figura 3.7 Porcentajes de madera libre de defectos por clase diamétrica

En general, las proporciones de “blocks clear” tienden a aumentar conforme aumenta el diámetro de las trozas. Tomando en cuenta tanto la madera lateral como la madera central del árbol, para las clases diamétricas estudiadas entre 15 y 45 cm, los rendimientos están en torno al 40%. Este rendimiento está dentro de los valores esperados de una conífera, donde los principales defectos a eliminar son nudos de todo tipo, canto muerto y médula.

El máximo generado lo alcanza la clase diamétrica 62, donde la proporción de madera libre de defectos sobrepasa el 70%, refiriéndose a que puede ser destinada a generar “blocks clear” para finalmente, con un proceso de “finger-joint”, formar “blanks” libres de nudos.

3.5 Desechos

En el aserradero se generaron desechos que incluyen aserrín, corteza, tapas, lampazos y desechos del canteado. Éstos se cuantificaron con el fin de establecer una relación entre la clase diamétrica del trozo y la cantidad de desecho generado por esa clase. Los resultados obtenidos se presentan la Figura 3.8.

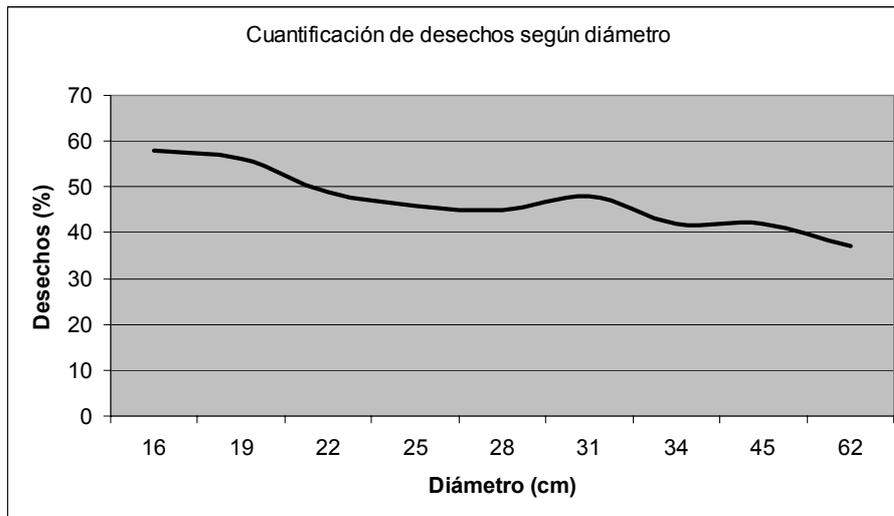


Figura 3.8 Desechos acumulados del aserrado

Existe una relación directa entre las cantidades de desechos generados y las clases diamétricas de los trozos. Esto se puede ver en el comportamiento de la curva en que la tendencia es prácticamente lineal.

3.6 Calidad de la madera aserrada

La calidad de la madera es esencial al momento de elaborarla y transformarla, ya que ésta rige el valor asociado y las posibilidades de utilización. Para esto es necesario determinar las calidades de la madera obtenida del proceso de aserrado. En este caso, la madera se clasificó basándose en dos criterios, la Norma Chilena y las Normas RIS.

Para ambos casos se analizó detenidamente cada tabla y se asignó una calidad, para posteriormente agrupar todas las calidades por clase diamétrica y así poder apreciar como varía la calidad de las piezas a medida que aumenta el diámetro de las trozas.

3.6.1 Clasificación RIS

A continuación se presentan los resultados de calidades de acuerdo a las normas "Redwood Inspection Service". Los grados de clasificación incluidos son "Garden Grades" y "Arquitectural Grades" o "B & Better".

3.6.1.1 Garden Grades

SH: Select Heart: madera sólo duramen, permite sólo nudos vivos proporcionales al ancho de la tabla.

S: Select: madera con combinación de albura y duramen, permite sólo nudos vivos proporcionales al ancho de la tabla.

CH: Construction Heart: madera de duramen con presencia de nudos vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar, proporcionales al ancho de la tabla.

- CC: Construction Common: madera con combinación de albura y duramen con presencia de nudos vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar, proporcionales al ancho de la tabla.
- MH: Merchantable Heart: madera sólo duramen, con presencia de nudos vivos o muertos de gran envergadura, proporcionales al ancho de la tabla.
- M: Merchantable: madera albura y duramen, con presencia de nudos vivos o muertos de gran envergadura, proporcionales al ancho de la tabla.
- E : Economy: madera que acepta todo tipo de defectos, la última calidad en la madera de Sequoia

En el Anexo 2 se presenta la pauta para clasificar maderas tipo “Garden Grades” para espesores menores a 2 pulgadas.

En el Anexo 3 se presenta la pauta para clasificar maderas tipo “Garden Grades” para espesores mayores a 2 pulgadas.

En la Figura 3.9 se presentan las proporciones de calidades de madera tipo “Garden Grades” para el total del volumen aserrado por clases diamétricas. Cada calidad se presenta con un color diferente.

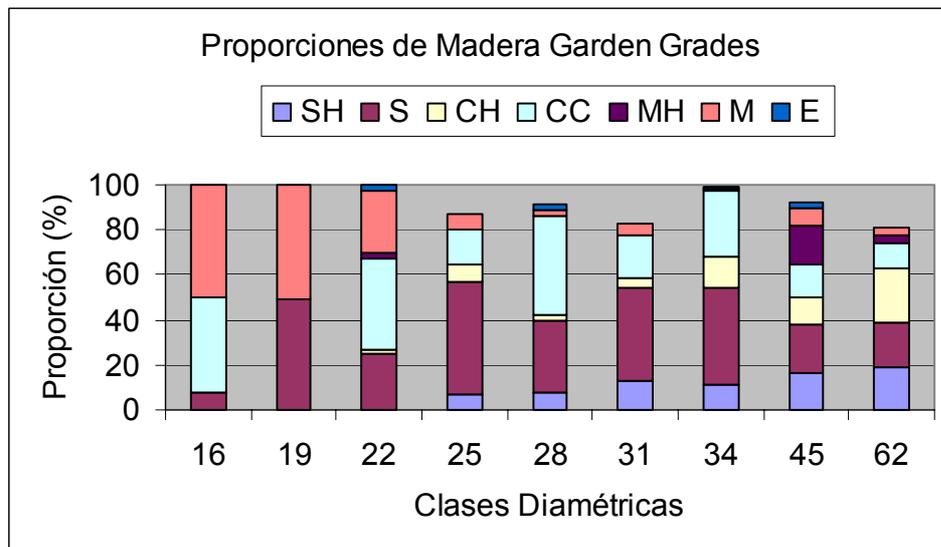


Figura 3.9 Calidades de madera tipo Garden Grades

Para las clases diamétricas 16, 19 y 22 cm, las tablas obtenidas son principalmente de baja calidad, predominando las tablas tipo “Merchantable”. Estos diámetros provienen de la parte alta del árbol, con gran cantidad de nudos vivos y, además, la presencia de canto muerto en la mayoría de las piezas. La madera tipo “Construction Common” y “Select” representan el resto de las calidades de las tablas. Cabe destacar la ausencia de madera de duramen, y madera de calidad debido a los reducidos diámetros de esta clase.

En las clases diamétricas 25, 28 y 31, más del 65% de las tablas son de calidad “Select” y “Construction Common”. La madera sólo duramen está presente con un porcentaje de 15% en las calidades de “Select Heart” y “Construction Heart”. Esto refleja mayores proporciones de madera de duramen a medida que aumenta el diámetro.

Para la clase diamétrica 34, la cantidad de madera de calidad “Select” es de 43%. Le siguen las piezas de calidad “Construction Common” con un 29% de presencia. La madera de duramen acumula entre “Select Heart” y “Construction Heart” un porcentaje de 25% de las piezas.

Para la clase 45, donde coincide que la mayoría de las trozas provienen de la parte basal, aumentan las cantidades de “Merchantable Heart”, “Merchantable” y “Economy”, sumando un 27% de las piezas. Lo anterior explica que para estos diámetros la presencia de nudos y nudos muertos aumenta considerablemente por provenir de la base del árbol. La madera de duramen también tiene mayor representatividad que las clases menores.

La clase 62 representa a un árbol de 43 años y diámetro superior a 70 cm. Aquí la presencia de duramen se ve fuertemente desarrollada, llegando a un 47% entre las calidades de construcción. La madera tipo “Economy” está ausente en su totalidad, mientras que la madera de calidades “Merchantable Heart” y “Merchantable” representa sólo el 7%, apuntando a que esta clase diamétrica no tiene grandes problemas por desclasificación por nudos muertos ni por nudos vivos grandes.

Si comparamos la clase 45 con la 62, se advierte gran diferencia con respecto a las calidades. En la clase 45 existe una mayor proporción de madera tipo “Merchantable Heart”, mientras que en la clase 62 este tipo de madera se presenta con menor frecuencia y se aumenta la proporción de madera tipo “Construction Heart”.

De acuerdo a PALCO, los valores comerciales a mayo de 2004 de madera dimensionada verde están alrededor de los 300 a 350 US\$/m³ para “Construction Common” y “Select”, luego “Construcción Heart” tiene un precio del orden de 420 a 500 US\$/m³; finalmente “Select Heart” alcanza los 700 US\$/m³. Con estos precios podemos apreciar donde esta el mayor valor de la madera, en cuanto a madera tipo “Garden Grades” se trata, y si esto se relaciona con el diámetro de los árboles, podemos concluir que a mayor diámetro se logra una mayor utilidad, debido a que existe mayor volumen y mejor calidad.

En general, mayores diámetros aseguran una mejor rentabilidad al momento de aserrar la madera, esto se debe a que mayores diámetros están asociados a una mayor proporción de madera de duramen, y por ende, el valor comercial de ésta es mayor.

3.6.1.2 Arquitectural Grades o “B & Better”

CAH: Clear All Heart: madera de mayor calidad, sólo duramen, sin nudos y libre de defectos.

HC: Heart Clear: madera sólo duramen, acepta sólo 2 nudos vivos pequeños.

C: Clear: madera con combinación de albura y duramen con sólo 2 nudos vivos pequeños.

HB: Heart B: madera de duramen, permite sólo 3 nudos vivos proporcionales al ancho de la tabla.

B: B Grade: madera de albura y duramen, permite sólo 3 nudos vivos proporcionales al ancho de la tabla.

En el Anexo 1 se presenta la pauta utilizada para maderas tipo “Arquitectural Grade” para todo espesor.

En la Figura 3.10 se presentan las proporciones de calidades de madera tipo “B & Better” para el total del volumen aserrado, por clases diamétricas. Las cinco calidades se presentan con colores diferentes.

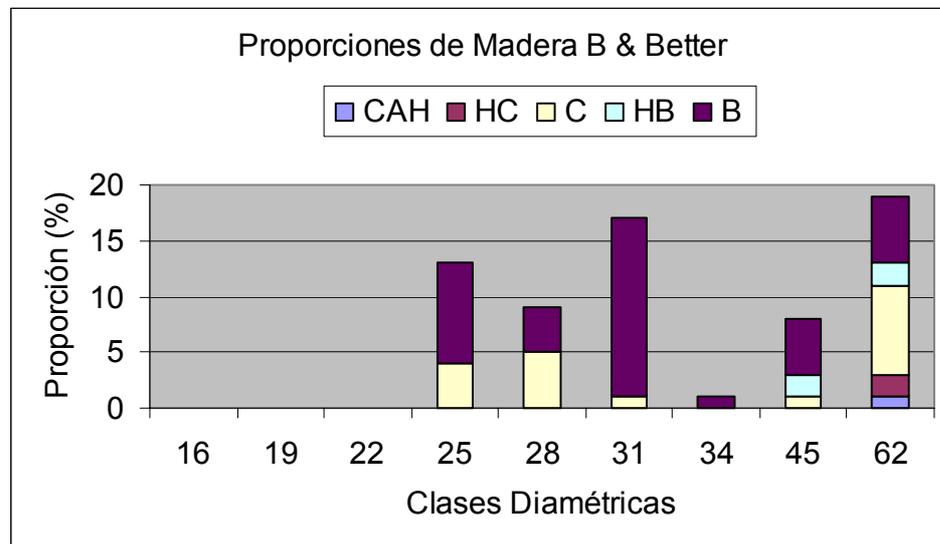


Figura 3.10 Calidades de madera tipo B & Better

Esta madera, de mayor calidad, no tiene una distribución clara conforme aumenta el diámetro de las trozas. Lo que sí se advierte es en las clases menores no existe madera de tal calidad, principalmente por la cantidad de nudos presentes. Para estas calidades la madera que más abunda es “B Grade” variando las proporciones desde 0 a 16%. Luego en presencia le sigue la calidad “Clear”, con variaciones desde 0 a 8% de las existencias. La madera tipo “Heart B” está presente sólo en diámetros sobre 40 cm y en muy baja cantidad. Finalmente la madera de mayor calidad “Clear Heart” y “Clear All Heart” está sólo presente en las trozas de diámetros mayores a 50 cm y nuevamente en muy bajas cantidades, no mayores a 3%. Este tipo de madera es difícil de conseguir, ya que debe cumplir tanto con la ausencia de defectos, como con la presencia de duramen por toda la tabla. Para esto sería necesario conseguir trozas con rotaciones comerciales mayores a 36 años, y además, una alta intervención en cuanto a podas de ramas para evitar nudos en la madera.

Con respecto a la calidad de la madera aserrada, con relación al diámetro de la troza, se aprecia una leve tendencia a aumentar la calidad conforme aumenta el diámetro. Cabe destacar en las clases diamétricas comprendidas entre 22 y 34 cm, la suma de las

proporciones de madera de calidad “Construction Common” y “Select” alcanzan valores que van desde 60 a 75% de las existencias. Esto refleja que entre estas clases predominan las calidades propias de esta madera: tablas con presencia de nudos vivos de diámetros medianos y además la presencia de nudos muertos de pequeños diámetros. Para las clases menores la diferencia se aprecia en la ausencia de madera de duramen y la calidad de la madera que se mantiene baja.

Según PALCO, la madera dimensionada verde de calidad “Clear all Heart” puede estar entre los 1300 a 1700 US\$/m³, llegando a 2000 US\$/m³ o más para madera seca y elaborada. Esto nos confirma la conveniencia de procesar trozas de mayores diámetros, con espaciamientos adecuados y con las respectivas podas para evitar los nudos y defectos que disminuyan de calidad y de valor la madera.

En general, podemos concluir que la madera de Sequoia en Chile tiene un alto volumen de madera tipo “Garden Grades” (88%) de bajo valor comercial y un muy bajo volumen (12%) de madera tipo “B & Better” de alto valor comercial.

La comparación entre los datos aportados por PALCO y los datos del estudio para trozas entre las clases diamétricas 16 a 31 se presentan en la Figura 3.11.

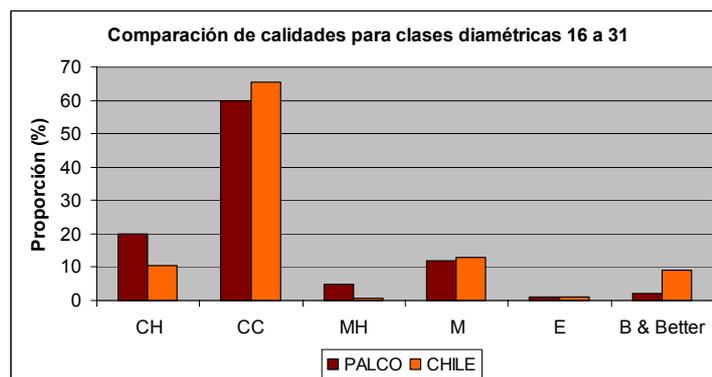


Figura 3.11 Comparación de calidades para clases diamétricas 16 a 31

En PALCO, el procedimiento de clasificación también se rige de acuerdo a las normas RIS. Al momento de clasificar tanto las calidades tipo “Construction Common” y “Select”, como también las calidades “Construction Heart” y “Select Heart”, quedan agrupadas finalmente en una sola calidad, siendo “Construction Common” y “Construction Heart” respectivamente. La razón de esto es que, actualmente, ya no se comercializa este tipo de calidades bajo nombres distintos, sino se incluyeron ambas dentro de una sola calidad.

En la Figura 3.11 se aprecia que las diferencias entre las calidades de las dos maderas no son significativas. La madera de calidad duramen tiene una mayor presencia en PALCO con un 12% más entre todas las calidades, en tanto para la madera de mayor interés, “B & Better”, la madera nacional tiene una proporción mucho mayor con un 9,2% frente a sólo un 2% de la madera americana. Esto se debe a que PALCO destina estas clases diamétricas para producciones de entablados y cercos, y estas trozas tienen una menor calidad asociada y por ende la madera “B & Better” se ve disminuida.

La comparación entre los datos aportados por PALCO para trozas entre los diámetros 15 y 120 cm y los resultados del estudio para trozas entre los diámetros 15 y 70 cm, se

presentan en la Figura 3.12. En este caso, los grados de “Clear All Heart” y “Heart Clear” se agrupan en uno solo, “Clear All Heart”.

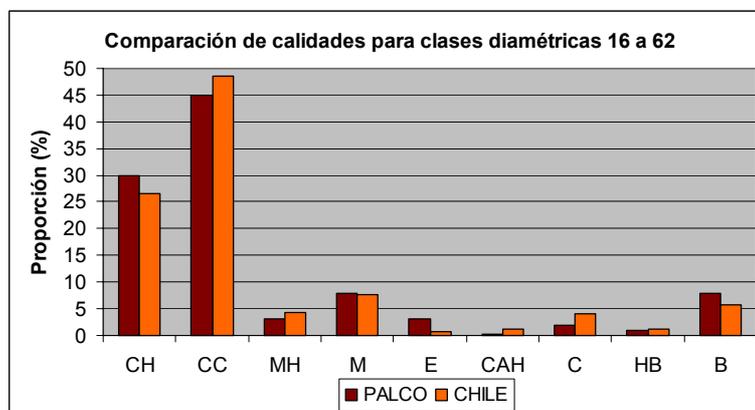


Figura 3.12 Comparación de calidades para clases diamétricas 16 a 62

En este caso, al igual que en el caso anterior, las calidades de la madera tienen proporciones muy parecidas para ambas localidades.

En general, la madera nacional no presenta grandes diferencias en cuanto a las calidades, comparado a la producción de PALCO. Esto puede interpretarse como un comportamiento del crecimiento de la madera en ambas localidades similar. Esto está directamente relacionado al tratamiento silvicultural aplicado a las plantaciones como el número de podas y las densidades manejadas en el bosque.

3.6.2 Clasificación según Norma Chilena

Esta clasificación está desarrollada para ser enfocada en torno a dos productos principales, que se seleccionaron de acuerdo a la calidad de la madera de las trozas disponibles, y el posible mercado de remanufactura (nacional o internacional) donde se puede colocar la madera de Sequoia. Esta apreciación se tomó en cuenta tomando la idea original del proyecto FONDEF, el cual incluye desarrollar algún producto elaborado de Sequoia incluyendo madera de albura y duramen.

A continuación se presentan los grados de clasificación según la Norma Chilena:

- P1: Elaboración de muebles de terraza con madera de albura y duramen combinada, donde la madera presenta sólo nudos vivos y de diámetros proporcionales al ancho de la tabla. No mayores a 30 mm.
- P2: Madera de albura y duramen para generar tablas de cercas o divisiones, donde se presentan nudos vivos de mayores diámetros, nudos muertos y otros defectos proporcionales al ancho de la tabla.
- P3: Madera fuera de clasificación no apta para ningún propósito anterior ya que se desclasifica por la presencia de nudos vivos y muertos muy grandes, que influyen en el uso final de la madera. Para ser usada en moldajes de concreto o construcciones temporales.

En el Anexo 4 se presenta la pauta utilizada para esta clasificación.

El total de las trozas aserradas generaron 5,8 m³ de madera proveniente de árboles entre 30 y 36 años, de los cuales el estudio generó los resultados representados en la Figura 3.13.

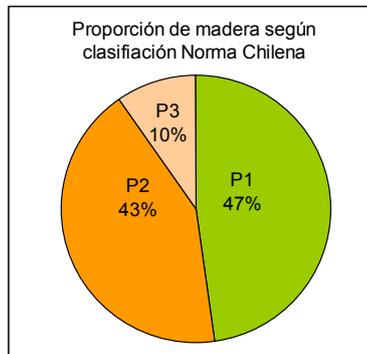


Figura 3.13 Calidades de madera para árboles de 30 y 36 años según Norma Chilena

De las dos calidades P1 y P2 es posible destinar la producción tanto a muebles de terraza como a cercas de madera.

Para la madera proveniente de árboles con rotaciones mayores a 43 años, se generaron los resultados representados en la Figura 3.14.

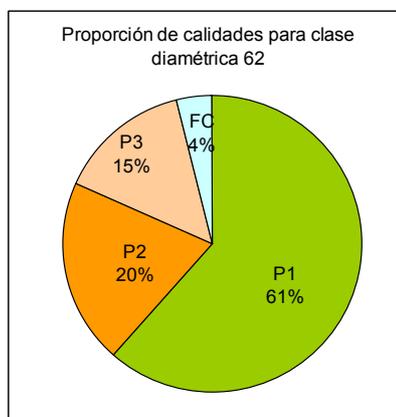


Figura 3.14 Calidades de madera para árboles de 43 años según Norma Chilena

En este tipo de madera se nota una mayor proporción de madera de calidad P1, haciendo disminuir la calidad P2. Esto se debe a mayores diámetros y por ende mejor calidad de la madera. Es posible destinar mayor cantidad de madera a la elaboración de mobiliario de terraza que para maderas de menores diámetros.

Estos productos están compuestos de una mezcla entre albura y duramen, por lo que visualmente tiene un aspecto bicolor, resaltando los contrastes entre el intenso rojo del duramen y la palidez de la albura.

3.7 Calidad de la madera según posición relativa de la troza en el árbol

Para lograr visualizar si existe una relación entre la calidad y la posición de la troza en el fuste se presenta la Figura 3.15 con las proporciones de madera obtenidas para cada grado de calidad, según las normas RIS.

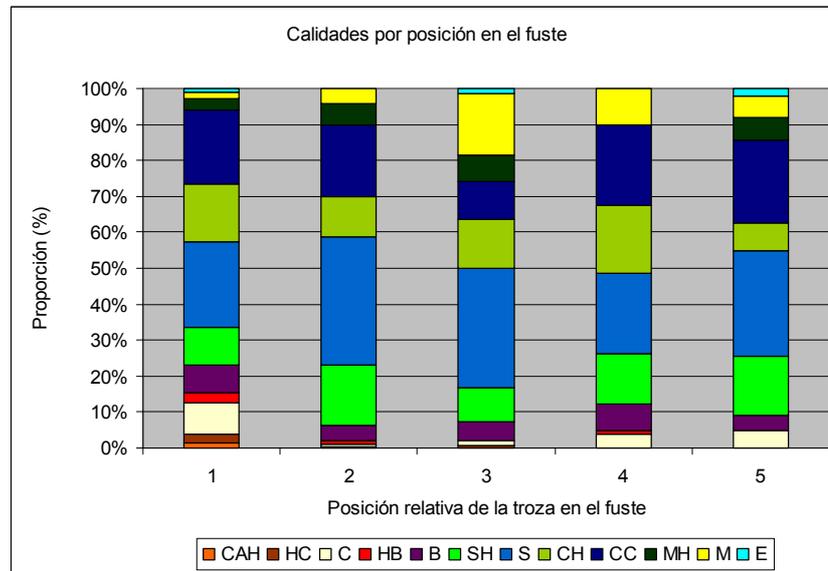


Figura 3.15 Calidad de madera según posición relativa en el árbol

Las calidades no presentan una distribución clara conforme aumenta la altura del árbol. Las calidades se presentan con proporciones homogéneas para cada troza variando en no más de 10% para todas las calidades. Sólo implica que la madera de duramen se presenta con mayor representatividad en las trozas basales que en las trozas superiores. De la misma manera, las calidades “Clear All Heart” y “Heart Clear” se presentan únicamente en la troza basal.

Esto significa que la calidad de la madera es homogénea a lo largo del fuste, dependiendo de las características propias del árbol y su estado silvícola.

3.8 Defectos presentes en la madera

Las principales características propias del árbol que influyen en la calidad de la madera se presentan en la Figura 3.16.

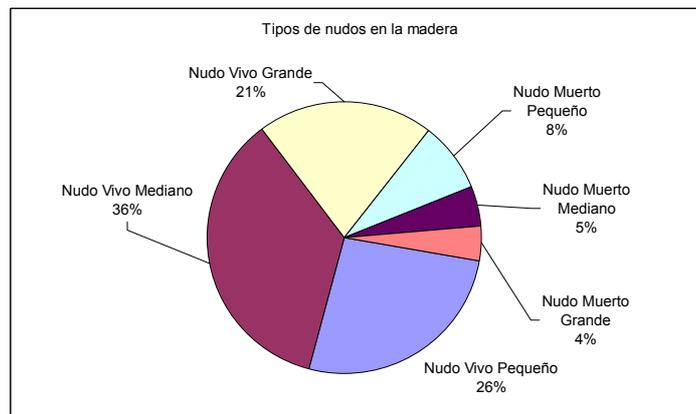


Figura 3.16 Tipos de nudos presentes en la madera

El principal defecto son los nudos vivos medianos de entre 15 y 25 mm. Luego siguen los nudos vivos pequeños de entre 1 y 15 mm. Aunque los nudos vivos representen el mayor defecto encontrado en las tablas, estos no disminuyen de valor la madera tanto como lo hacen los nudos muertos, por pequeños que sean. Otros defectos comunes propios de la madera, pero presentes en mucha menor proporción, son el canto muerto, la médula y manchas. Cabe señalar la ausencia de defectos como pecas y bolsillos de resina, propios de las coníferas.

Como vimos anteriormente, los tratamientos silviculturales influyen en la presencia de nudos en la madera y por ende la calidad de ésta. Hay que tomar en cuenta que las trozas del estudio no tienen poda alguna y esto favorece la presencia de nudos vivos y muertos a lo largo de todo el fuste, disminuyendo las proporciones de madera libre de defectos en gran medida.

Si bien la madera de albura no desclasifica la madera, sí la disminuye automáticamente de calidad. Por lo que la presencia de ésta se toma como un defecto en la madera al no lograr mostrar un color homogéneo en toda la pieza.

Como se planteó anteriormente, para la madera destinada a productos de mayor valor agregado, como paneles encolados de canto, que no cumpla con las condiciones de "matching" o color uniforme, el precio disminuye sustancialmente. La única manera de evitar la diferencia de color es pintando la madera. En el caso de pintar o teñir la madera se quita todos los atributos intrínsecos de ésta, como son la veta y el grano, lo que es más importante resaltarlos que ocultarlos. Y si esta es su utilización final resulta más conveniente utilizar maderas de calidades inferiores donde el efecto y uso final es el mismo.

Definitivamente depende de las posibilidades que este producto tiene para ser comercializado como tal, madera de duramen con combinación de albura.



Figura 3.17 Patio de trozas en aserradero PALCO, Fortuna, California



Figura 3.18 Basa con presencia de duramen en aserraderos PALCO



Figura 3.19 Madera aserrada en PALCO, calidad Construction Common



Figura 3.20 Madera aserrada en PALCO, calidad Construction Heart

4 CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio se presentan de acuerdo a las trozas provenientes de los árboles de 30 a 36 años (diámetro menor de la troza entre 15 y 52 cm).

La madera aserrada de Sequoia crecida en Chile y la de Estados Unidos son muy similares, tanto en aprovechamiento como en calidad.

El aprovechamiento promedio es de 52% de madera aserrada de anchos variables, aumentando proporcionalmente conforme incrementa el diámetro de las trozas. Esto representa resultados esperados para este tipo de árbol.

La conicidad de las trozas es alta en la base del árbol. Luego disminuye a conicidad baja conforme aumenta la altura. Para finalmente aumentar levemente a una conicidad media sobre los 10 m. La conicidad tiene una relación indirecta con los aprovechamientos del aserrado.

El crecimiento homogéneo de esta especie permite establecer una relación directa entre la calidad de la madera y el diámetro. A mayor diámetro, mejor calidad de la madera aserrada. Lo mismo sucede para el aprovechamiento de la madera aserrada.

Según la clasificación de las Normas RIS, la madera de Sequoia en Chile tiene un alto volumen de madera tipo "Garden Grades" (88%) de bajo valor comercial y un muy bajo volumen (12%) de madera tipo "B & Better" de alto valor comercial.

Para procesos de "finger joint" y posterior elaboración de molduras, se consiguen rendimientos de 40%. La proporción de madera de sólo duramen llega a un 7,4% para tablas de 2,4 m. Para "cut stock" de largo variable y sólo duramen tiene un aprovechamiento de un 54%.

De acuerdo a las Normas Chilenas, un 47% de madera con nudos vivos no mayores a 30 cm es posible de obtener para destinarla a la elaboración de muebles de terraza con mezcla de albura y duramen.

Los principales elementos naturales del árbol agrupados de menor a mayor incidencia, que afectan la calidad de esta madera son: nudos muertos de toda clase, nudos vivos grandes, nudos vivos menores, canto muerto, médula y presencia de albura.

La madera de primera calidad de Sequoia destinada a procesos de remanufactura de alto valor agregado, es posible encontrarla en bajas proporciones y en trozas de diámetros sobre 24 cm.

Dada la calidad obtenida en la madera y su supuesta durabilidad natural, los productos de Sequoia poseen un nicho de mercado específico: el de madera para uso en exterior, es decir, productos donde la madera esta presente a la vista, tales como revestimientos, vigas, pisos, terrazas y construcciones. En cambio no se aconseja para usos decorativos en interior o muebles ya que es superada por maderas de mejores características estéticas donde la uniformidad del color no presenta un problema.

5 RECOMENDACIONES

Para obtener madera tipo “Arquitectural Grade”, en mayor cantidad, es necesario proveerse de árboles con mayores rotaciones, donde los diámetros asociados aseguren una buena cantidad de duramen. Asimismo, el tratamiento silvicultural esta directamente relacionado con la calidad de la madera a obtener. Por lo tanto, vale analizar los aprovechamientos y la calidad de la madera de Sequoia con intervenciones de podas y espaciamientos adecuados.

El alto valor comercial asociado a la madera de Sequoia esta directamente relacionado con su durabilidad natural. Es importante desarrollar estudios que permitan establecer la durabilidad de la madera de Sequoia crecida en Chile. Sin estos estudios no podemos estar seguros del verdadero valor de esta madera para ser comercializada y por lo tanto la decisión de incorporarla en las plantaciones comerciales queda condicionada a este importante factor.

Aún cuando el estudio se basó en las Normas Chilenas y las Normas RIS, aparece una notoria diferencia entre ambas normas. El alcance de las Normas Chilenas es algo ambiguo, demasiado general y sin proyecciones, comparado con las Normas RIS, un documento actualizado que involucra todos los productos comerciales de Sequoia, y deja claramente estipulados los valores admisibles para cada calidad. Tener una norma de clasificación de madera acorde al mercado es muy importante, ya que agiliza y promueve la comercialización de la madera de cualquier especie.

6 BIBLIOGRAFÍA

- ALDEN, H., 1997. Softwoods of North America. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin. Estados Unidos. 151 p
- BOND, B., 2002. Understanding Log Scales and Log Rules. Department of Forestry, Wildlife and Fisheries. The University of Tennessee. Estados Unidos. 12 p.
- BROWN, N. y BETHEL, J., 1958. Lumber. New York, Estados Unidos. 379 p.
- CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION, 2000. Redwood lumber patterns. Estados Unidos. 26 p.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, 1977. A Handbook of Softwoods. Her Majesty's Stationery Office. Inglaterra.
- FAO, 1982. Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo. Roma, Italia. 173 p.
- FRESARD, G., 1977. Rendimiento comparativo de tres modalidades de aserrado en Pino Insigne. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 76 p.
- FRONIUS, K., 1984. Técnicas de aserrado y mantención. Seminario tecnología del aserrado. Universidad del Bío-Bío, Concepción. Chile.
- HASLETT, T., 1995. Calidad de la madera de Pino Radiata y su influencia en la calidad de los trozos aserrables y el proceso de aserrío. Seminario VI Silvotecnía. Concepción. Chile. 16 p.
- HAYGREEN, J., 1996. Forest Products and Wood Science 3rd ed. Iowa State University Press. Iowa. Estados Unidos. 484 p.
- HOFFMANN, A., 1983. El árbol urbano en Chile. Santiago, Chile. 255 p.
- INFOR, 1979. La clasificación de la madera. Informe técnico N°52. Santiago, Chile. 64 p.
- INFOR, 1998. Caracterización de la *Sequoia sempervirens*. Concepción, Chile. 28 p.
- INFOR, 2003. Caracterización del mercado de *Sequoia sempervirens* en Estados Unidos. Santiago, Chile. 52p.
- INN, 1999. NCh992 EOf72. Madera, defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición. Santiago, Chile. 22 p.
- INN, 1999. NCh993 EOf72. Madera, procedimiento y criterios de evaluación para clasificación. Santiago, Chile. 16 p.
- KANNEGIESER, U., 1990. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Descripción de la especie. Ciencia e Investigación Forestal. Vol.4(1). División Regional INFOR, Concepción, Chile. 124-132 p.

- MELO, R. Y RAVÓN, H., 1989. Análisis y diagnóstico de procesos industriales de transformación de mecánica de la madera. INFOR. Concepción. 162 p.
- MEZZANO, S., 1998. Comportamiento del aprovechamiento y calidad de madera aserrada de *Pinus Radiata* D. Don a partir de variables de las trozas. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Santiago. Chile. 54 p.
- PANSHIN, A. y ZEEUW, C., 1980. Textbook of wood technology. Vol1. MacGraw-Hill Book Company. Estados Unidos. 705 p.
- REDWOOD INSPECTION SERVICE, 2000. Standards specifications for grades of California Redwood Lumber. Estados Unidos. 124 p.
- REDWOOD, 2003. California Redwood Association: Reference. [En línea] <<http://www.calredwood.org>> [consulta Noviembre 2003]
- SESINK, B., 1988. South African Forestry Journal. California Redwood: A posible Species for timber production in South Africa. The Southern African Institute of Forestry. 144 p.
- SMITH, J., 2001. Comparación de rendimientos de trozos de Pino Insigne. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Mayor. Santiago. Chile. 51 p.
- SOFTWOOD ORGANIZATION, 2003. Softwood Export Council. [En línea] <<http://www.softwood.org>> [consulta Noviembre 2003].
- SZYMANI, R., 1993. Sawing technology update. International conference on woodworking technologies Ligna 1993, Hannover. Series of publications of the IWF. California, Estados Unidos. 12.1-12.11 c.
- THUNELL, B., 1979. Principles and methods for determining lumber quality. Sixth Wood Machining Seminar. University of California. Forest Products Laboratory. Richmond, California, Estados Unidos. 107-118 p.
- USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 2003. Technology Transfer Fact Sheet *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. [En línea] <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/SoftwodNA/pdf_files/sequoiasempmet.pdf> [consulta Noviembre 2003].
- VIGNOTE, S. y JIMÉNEZ, F., 2000. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España. 653 p.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

DATOS ORIGINADOS DEL ESTUDIO*

*Por efectos de extensión del documento, sólo se incluyen los datos agrupados por trozas y no los datos obtenidos por cada tabla.

Origen troza	Número troza	Número anillos	Largo troza (cm)	Diámetro mínimo sin corteza (cm)	Diámetro máximo sin corteza (cm)	Posición relativa en el fuste	Clase Diamétrica (cm)	Volumen troza (m ³)	Σ Volumen tablas (m ³)	Rendimiento árbol (%)	Volumen duramen (%)	Volumen clear (%)
Antiquina	11	28	235	27,5	35	1	28	0,183	0,097	53	62	46
Antiquina	12	19	234	26,5	28	2	28	0,137	0,083	61	62	24
Antiquina	13	16	233	22	28	3	22	0,116	0,064	55	56	39
Antiquina	14	14	235	20	23	4	19	0,086	0,042	49	33	36
Antiquina	21	26	236	34,5	45,5	1	34	0,301	0,155	52	75	44
Antiquina	22	23	235	33,5	35	2	34	0,217	0,129	59	78	39
Antiquina	23	23	235	31,5	33	3	31	0,192	0,125	65	63	42
Antiquina	24	20	234	29	31	4	28	0,166	0,112	67	71	23
Antiquina	25	17	234	26	29	5	25	0,139	0,084	61	62	67
Antiquina	26	14	235	23	26,5	6	22	0,114	0,066	58	61	17
Antiquina	27	13	235	20,5	23,5	7	22	0,090	0,041	46	48	48
Antiquina	31	26	237	25	30,5	1	25	0,145	0,066	45	80	56
Antiquina	32	22	235	22,75	25	2	22	0,105	0,061	58	75	24
Antiquina	33	21	229	22,5	23,5	3	22	0,095	0,043	45	47	21
Antiquina	34	18	236	20,5	22,5	4	22	0,086	0,044	51	57	32
Antiquina	35	15	234	25,5	27,5	5	25	0,129	0,071	55	65	41
Antiquina	41	26	235	28,5	36	1	28	0,195	0,092	47	63	53
Antiquina	42	18	229	26	27	2	25	0,126	0,066	52	23	38
Antiquina	44	16	234	23	26	4	22	0,111	0,059	54	75	51
Antiquina	45	13	234	21,5	23,5	5	22	0,093	0,044	47	87	31
Antiquina	52	22	234	33,5	34,5	2	34	0,212	0,135	64	67	72
Antiquina	54	18	231	29,5	32,5	4	31	0,175	0,102	58	54	75
Antiquina	55	15	235	27,5	29	5	28	0,147	0,090	61	40	25
Antiquina	56	15	234	24	28	6	25	0,125	0,063	50	46	36
Antiquina	57	13	229	20,5	24,5	7	22	0,092	0,037	40	8	27
Antiquina	58	11	235	15	21,5	8	16	0,063	0,025	40	0	0
Antiquina	61	25	235	28,5	33,5	1	28	0,179	0,096	54	72	59
Antiquina	62	20	237	26,5	28,5	2	28	0,141	0,090	64	81	56
Antiquina	63	18	240	25,5	27,5	3	25	0,133	0,068	52	57	44
Antiquina	64	17	234	23	24,5	4	22	0,104	0,051	50	64	43

Origen troza	Número troza	Número anillos	Largo troza (cm)	Diámetro mínimo sin corteza (cm)	Diámetro máximo sin corteza (cm)	Posición relativa en el fuste	Clase Diamétrica (cm)	Volumen troza (m ³)	Σ Volumen tablas (m ³)	Rendimiento árbol (%)	Volumen duramen (%)	Volumen clear (%)
Antiquina	65	17	235	20,5	24	5	22	0,092	0,041	45	50	39
Antiquina	66	11	235	19	20,5	6	19	0,072	0,026	37	77	0
Antiquina	71	25	234	26	38,5	1	25	0,198	0,071	36	82	41
Antiquina	72	22	230	33,5	35	2	34	0,212	0,116	55	63	59
Antiquina	73	20	210	30,5	32,5	3	31	0,164	0,082	50	47	35
Antiquina	74	17	235	27	29,5	4	28	0,148	0,075	51	76	57
Antiquina	76	14	235	23,25	25	6	22	0,108	0,054	51	75	46
Antiquina	77	12	228	19,5	22,5	7	19	0,079	0,020	26	57	28
Antiquina	83	28	236	25	27,5	3	25	0,128	0,096	65	83	38
Antiquina	84	22	236	24,5	27,5	4	25	0,126	0,081	65	81	34
Antiquina	85	16	213	22,5	24	5	22	0,091	0,058	64	64	23
Antiquina	91	24	235	31	36	1	31	0,208	0,092	44	56	54
Antiquina	92	22	234	28,5	30,5	2	28	0,160	0,105	66	71	44
Antiquina	93	19	233	27	28,5	3	28	0,141	0,081	58	48	20
Antiquina	95	15	234	19,5	23,75	5	19	0,087	0,045	52	48	12
Antiquina	101	31	234	46,5	57	1	45	0,499	0,228	46	89	54
Antiquina	102	24	234	44	49,5	2	45	0,405	0,293	62	79	49
Antiquina	103	22	234	40	43,5	3	45	0,322	0,194	60	78	32
Antiquina	105	18	234	27,5	34	5	28	0,176	0,096	55	55	28
Antiquina	106	12	232	19,75	27	6	19	0,102	0,047	47	0	16
Frutillar	111	26	243	31	39,5	1	31	0,241	0,112	47	67	30
Frutillar	112	21	242	27	31	2	28	0,161	0,074	46	79	34
Frutillar	113	18	237	24,5	26,5	3	25	0,121	0,057	47	70	61
Frutillar	114	15	243	19,5	24,5	4	19	0,094	0,042	45	58	15
Frutillar	121	25	242	28,5	38,5	1	28	0,218	0,063	29	68	39
Frutillar	122	18	241	25,5	28,5	2	25	0,139	0,064	46	68	53
Frutillar	123	15	242	23,5	25	3	25	0,112	0,066	59	58	48
Frutillar	124	12	242	17,5	23	4	16	0,079	0,032	41	40	45
Frutillar	131	27	234	25,5	28,5	1	25	0,134	0,079	59	54	49
Frutillar	132	18	245	24,5	26,5	2	25	0,125	0,075	60	76	63

Origen troza	Número troza	Número anillos	Largo troza (cm)	Diámetro mínimo sin corteza (cm)	Diámetro máximo sin corteza (cm)	Posición relativa en el fuste	Clase Diamétrica (cm)	Volumen troza (m ³)	Σ Volumen tablas (m ³)	Rendimiento árbol (%)	Volumen duramen (%)	Volumen clear (%)
Frutillar	133	18	240	24,25	25	3	25	0,114	0,052	45	67	68
Frutillar	135	14	233	19,5	20,5	5	19	0,074	0,035	47	36	0
Frutillar	141	27	234	40,5	46	1	45	0,345	0,185	54	97	59
Frutillar	144	17	233	28,25	35	4	28	0,185	0,097	52	71	55
Frutillar	145	15	245	21,5	30	5	22	0,131	0,060	46	50	34
Frutillar	152	18	236	32,5	36	2	34	0,218	0,127	58	72	54
Frutillar	153	15	221	30,5	33	3	31	0,175	0,084	48	75	68
Frutillar	155	10	237	17,25	23,5	5	16	0,079	0,036	46	16	37
Frutillar	161	23	243	23	27,5	1	22	0,123	0,066	54	70	39
Frutillar	163	14	236	20	21,75	3	19	0,081	0,044	55	24	36
Frutillar	172	19	243	24,25	27,5	2	25	0,128	0,070	55	76	49
Frutillar	182	21	239	28	29	2	28	0,153	0,091	59	37	0
Chillán	191	38	220	70,5	80,5	1	62	0,989	0,581	59	76	79
Chillán	192	37	242	65	69	2	62	0,854	0,509	60	83	62
Chillán	193	35	220	59,75	63,75	3	62	0,660	0,405	61	80	56
Chillán	194	33	242	55,75	60,5	4	62	0,643	0,390	61	89	71
Chillán	195	32	242	52,5	55,5	5	62	0,555	0,335	60	76	55

ANEXOS

ANEXO 1
Clasificación Redwood Inspection Service (RIS)
ARQUITECTURAL GRADES

Madera verde 2,4 m. de largo, ancho variable, **todos los espesores**

Clasificación mejor cara y un canto de la pieza

Calidad	Albura / Duramen	Uso	Hoyos Diá. (mm)	Nudos vivos		Nudos muertos		Canto Muerto	Observaciones	Contracara
				Diá. (mm)	N°	Diá. (mm)	N°			
CLEAR ALL HEART	Sólo Duramen	Gran valor de terminación ambas caras	No	No	0	No	0	No	<13 cm ancho: mejor cara y 2 cantos >15 cm ancho :mejor cara y 1 canto	Tablas 13 cm y menos, contracara calidad Heart Clear Tablas 15 cm y mas, contracara y un canto calidad Heart Clear
HEART CLEAR	Sólo Duramen	Gran valor de terminación ambas caras	No	20 mm	2	No	0	No		1 nudo muerto 0,1a canto muerto con 1/4e*0,1a* del ancho de tabla
CLEAR	Albura y Duramen	Gran valor de terminación ambas caras	No	20 mm	2	No	0	No		1 nudo muerto 0,1a canto muerto con 1/4e*0,1a* del ancho de tabla
HEART B	Sólo Duramen	Uso una cara y un canto se exponen	3 mm	Sí (*)	3	No	0	No	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 16 25 38 51 51 51 64	canto muerto 1/2e * 1/4a * 60
B GRADE	Albura y Duramen	Uso una cara y un canto se exponen	3 mm	Sí(*)	3	No	0	No	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Max nudo (mm) 16 25 38 51 51 51 64	canto muerto 1/2e * 1/4a * 60

Los valores son los máximos admisibles

No se permite ninguna combinación de nudos que tenga un mayor efecto que el mayor diámetro de un nudo permitido

ANEXO 2
Clasificación Redwood Inspection Service (RIS)
 GARDEN GRADES

Madera verde 2,4 m. de largo, ancho variable, **espesor <2"**

Clasificación sólo mejor cara

Calidad	Alb / Dura	Uso	Hoyos	Nudos vivos N°	Nudos muertos		Canto Muerto	Observaciones	Contracara
					Tipo	N°			
Select Heart	Sólo Duramen	Construcciones alta calidad	No	Ilimitado (*) Firmes	Diám. máximo 32mm	1	No	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 51 64 64	Select Heart o Construction Heart
Select	Albura y Duramen	Construcciones alta calidad	No	Ilimitado (*) Firmes	Diám. máximo 32mm	1	No	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 51 64 64	Merchantable
Construction Heart	Sólo Duramen (?)	Construcciones alta calidad y jardín	Sólo 1 <25mm	Ilimitado (*)	Vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar (*)	Ilimitado	No	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 38 51 64 70 83 102	Merchantable
Construction Common	Albura y Duramen	Construcciones alta calidad y jardín	Sólo 1 <25mm	Ilimitado (*)	Vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar (*)	Ilimitado	1/2e*1/4a en el 10% tablas en 2 cantos de la cara	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 38 51 64 70 83 102	Merchantable
Merchantable Heart	Sólo Duramen (?)	Cualquier uso donde no es necesario un grado mayor	Igual que nudos	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	1/2e*1/4a en el 10% tablas en 2 cantos de la cara	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 51 64 76 89 102 127	Defectos que no interfieran en el uso de la madera
Merchantable	Albura y Duramen	Cualquier uso donde no es necesario un grado mayor	Igual que nudos	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	1/2e*1/4a en el 10% tablas en 2 cantos de la cara	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 51 64 76 89 102 127	Defectos que no interfieran en el uso de la madera
Economy	Albura y Duramen	Construcciones temporales y moldajes	Sí	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	1/2e*3/4a sin extenderse a la otra arista	(*) Diámetro del nudo no mas del 75% del ancho de la cara	

Los valores son los máximos admisibles

No se permite ninguna combinación de nudos que tenga un mayor efecto que el mayor diámetro de un nudo permitido

(?): 10% Albura en una esquina de una cara

ANEXO 3
Clasificación Redwood Inspection Service (RIS)
 GARDEN GRADES

Madera verde 2,4 m. de largo, ancho variable, **espesores >2"**
 Clasificación cuatro caras

Calidad	Alb / Dura	Uso	Hoyos	Nudos vivos N°	Nudos muertos		Canto Muerto	Observaciones
					Tipo	N°		
Select Heart	Sólo Duramen	Construcciones alta calidad	No	Ilimitado (*) Sanos, sin resina y firmes	Diám. máximo 32mm	1	No	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 51 64 64
Select	Albura y Duramen	Construcciones alta calidad	No	Ilimitado (*) Sanos, sin resina y firmes	Diám. máximo 32mm	1	No	(*) Ancho cara (cm) 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 51 64 64
Construction Heart	Sólo Duramen (?)	Construcciones y jardín	1 (*)	Ilimitado (*)	Vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar (*)	Ilimitado	13 mm espesor 0,1 *ancho 0,25 * largo	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 64 70 83 102 hoyos (solo1)(mm) 10 19 19 19 25 25 25
Construction Common	Albura y Duramen	Construcciones y jardín	1 (*)	Ilimitado (*)	Vivos o muertos, pero fijos al momento de clasificar (*)	Ilimitado	13 mm espesor 0,1 *ancho 0,25 * largo	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 25 38 51 64 70 83 102 hoyos (solo1)(mm) 10 19 19 19 25 25 25
Merchantable Heart	Sólo Duramen (?)	Cualquier uso donde no es necesario un grado mayor	Igual que nudos	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	0,5* espesor 0,25* ancho en dos cantos de la cara mas ancha	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 29 51 64 76 89 102 127
Merchantable	Albura y Duramen	Cualquier uso donde no es necesario un grado mayor	Igual que nudos	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	0,5* espesor 0,25* ancho en dos cantos de la cara mas ancha	(*) Ancho cara (cm) 5 8 10 15 20 25 30 Diá. max nudo (mm) 29 51 64 76 89 102 127
Economy	Albura y Duramen	Construcciones temporales y moldajes	Sí	Ilimitado (*)	Vivos, muertos o sueltos (*)	Ilimitado	0,5*esp 0,75 * ancho sin extenderse a la otra arista	

Los valores son los máximos admisibles

No se permite ninguna combinación de nudos que tenga un mayor efecto que el mayor diámetro de un nudo permitido

Anexo 4
Clasificación Norma Chilena

Madera verde 2,4 m. de largo, ancho variable, todo espesor.
 Clasificación sólo mejor cara con mayor proporción de duramen

Tipo defecto	Característica a medir	Ancho tabla (mm)	Unidad	Calidad		
				P1	P2	P3
Agujero y/o nudo muerto	Diámetro medio	> 150 mm	mm	20	30	40
		< 150 mm	mm	0,13a	0,2a	0,27a
	Espaciamiento mínimo		cm	largo	40	S/L
	Número de nudos por cara		N°	1	2	3
Nudo Firme Nudo en grupo Nudo en racimo	Diámetro medio	> 150 mm	mm	30	40	50
		< 150 mm	mm	0,2a	0,27a	0,33a
	Número de nudos por cara		N°	S/L	S/L	S/L
Médula	Ancho		mm	0	0,05a	0,15a
	Largo o suma de largos		cm	0	0,1l	0,3l
Arista Faltante	Dimensión máxima en cara		mm	0,05a	0,1a	0,15a
	Dimensión máxima en canto		mm	0,05e	0,1e	0,15e
	Largo o suma de largos		cm	0,1l	0,2l	0,3l

Los valores son los máximos admisibles

S/L : Sin límite