

Manual

La Construcción de Viviendas en

Madera

Centro de Transferencia Tecnológica

I n d i c e

	PAG.		PAG.
•		Presentación de José Ignacio Letamendi, Presidente de la Corporación Chilena de la Madera	4
•		Palabras de José Rafael Campino, Presidente Directorio Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera	5
•		Prólogo de Sergio Lavanchy, Vicepresidente Ejecutivo del Consejo de Rectores de Universidades Chilenas	6
•		Acerca del Autor	7
•		El Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera de CORMA	8
✓		CAPITULO I CONSIDERACIONES GENERALES	10
		Unidad 1 LA MADERA	11
1.1		Introducción	13
1.2		El recurso forestal	13
1.3		El árbol y su estructura	14
1.4		Especies madereras	17
1.5		La madera y sus propiedades	18
1.6		Secado de la madera	33
1.7		La madera para construcción	35
1.8		Clasificación estructural del Pino radiata	36
1.9		Maderas comerciales	39
		Bibliografía	52
		Unidad 2 PATOLOGÍAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO	57
2.1		Introducción	59
2.2		Agentes bióticos destructores de la madera	59
2.3		Agentes abióticos de destrucción o degradación de la madera	63
2.4		Tecnología del tratamiento de la madera	65
		Bibliografía	73
		Unidad 3 ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA	75
3.1		Proyecto de construcción de vivienda	77
3.2		Partes y estudios que contempla un proyecto de vivienda en madera	78
		Bibliografía	83
		Unidad 4 SEGURIDAD Y PREVENION DE RIESGO EN LA CONSTRUCCION	85
4.1		Generalidades	87
4.2		Características generales del sector construcción	87
4.3		Disciplinas de la prevención de riesgos laborales	90
4.4		Causas de un accidente	93
4.5		Factores personales y técnicos o del trabajo	95
		Bibliografía	97
		Unidad 5 HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS	99
5.1		Introducción	101
5.2		Herramientas	101
5.3		Instrumentos	113
		Bibliografía	117
✓		CAPITULO II ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA	118
		Unidad 6 SISTEMAS ESTRUCTURALES	119
6.1		Generalidades	121
6.2		Clasificación de los sistemas estructurales	121
		Bibliografía	127
		Unidad 7 FIJACIONES Y UNIONES	129
	7.1	Introducción	131
	7.2	Fijaciones mecánicas	132
	7.3	Otras uniones	151
		Bibliografía	152
		Unidad 8 FUNDACION	155
	8.1	Introducción	157
	8.2	Presencia de agua en el terreno de fundación	157
	8.3	Fallas en las fundaciones	158
	8.4	Clasificación de fundaciones	159
	8.5	Soluciones de fundaciones más utilizadas en viviendas con estructura de madera de uno y dos pisos	159
	8.6	Aspectos a considerar para el diseño de las fundaciones, según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	162
	8.7	Aspectos constructivos generales a considerar en la materialización de las fundaciones	165
		Bibliografía	174
		Unidad 9 ENTRAMADOS HORIZONTALES	177
	9.1	Generalidades	179
	9.2	Tipos de entramados	179
	9.3	Componentes de un entramado semirígido	180
	9.4	Elementos estructurales que se identifican según desempeño y ubicación	185
	9.5	Empalmes y conexiones de las piezas estructurales que conforman una plataforma	188
	9.6	Situaciones estructurales especiales en los entramados	192
	9.7	Entramados con vigas especiales	193
	9.8	Aspectos generales a considerar en la definición de los elementos estructurales que conforman la plataforma	197
	9.9	Solución constructiva de un entramado de piso y entrepiso de vivienda prototipo, considerando los aspectos de diseño de arquitectura y estructura	199
		Bibliografía	208
		Unidad 10 ENTRAMADOS VERTICALES	211
	10.1	Introducción	213
	10.2	Definición	213
	10.3	Componentes de los entramados verticales	215
	10.4	Criterios de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones para estructuración de tabiques	222
	10.5	Especificación de la madera de Pino radiata para entramados verticales	224
	10.6	Uniones clavadas entre componentes que conforman los entramados verticales	225
	10.7	Solución de encuentros entre tabiques	231
	10.8	Aspectos a considerar en la fabricación y montaje de entramados verticales	236
		Bibliografía	248
		Unidad 11 ESTRUCTURA DE TECHUMBRE	251
	11.1	Introducción	253
	11.2	Terminología	254
	11.3	Etapas del proyecto relacionadas con la arquitectura y estructura de la techumbre	255
	11.4	Solución de la estructura con cerchas	260
	11.5	Diafragmas inclinados	269
	11.6	Arriostramiento definitivo como base de la cubierta de techumbre	285
	11.7	Aleros	286
	11.8	Faldón	287
	11.9	Fijación de los elementos estructurales de la techumbre a los entramados verticales	288
	11.10	Lucarnas	290
		Bibliografía	291

	PAG.		PAG.
Unidad 12 ESCALERAS	295	Unidad 19 SOLUCION DE REVESTIMIENTO DE CIELO Y PARAMENTOS INTERIORES	447
12.1 Generalidades	297	19.1 Generalidades	449
12.2 Soluciones típicas de escaleras para viviendas de dos pisos	297	19.2 Preparación de la base	449
12.3 Componentes que conforman una escalera	300	19.3 Instalación del revestimiento	451
12.4 Componentes de seguridad	302	Bibliografía	459
12.5 Diseño de la escalera	303	Unidad 20 REVESTIMIENTOS DE MADERA COMO SOLUCION DE PISO	461
12.6 Construcción de la escalera	305	20.1 Generalidades	463
Bibliografía	312	20.2 Preparación de la base	464
CAPITULO III ASPECTOS GENERALES PARA EL DISEÑO	314	20.3 Instalación del revestimiento de piso	467
Unidad 13 ASPECTOS DE HABITABILIDAD	315	Bibliografía	471
13.1 Introducción	317	Unidad 21 TERMINACION CON MOLDURAS DE MADERA DECORATIVA	473
13.2 Protección ambiental	317	21.1 Generalidades	475
13.3 Humedad en la vivienda	317	21.2 Molduras para encuentros de muros con piso y cielo (guardapolvos y cornisas)	476
13.4 Aspectos a considerar en el diseño higrotérmico de una vivienda estructurada en madera	322	21.3 Molduras para cubrir juntas de puertas y ventanas (cubrejuntas)	479
Bibliografía	331	Bibliografía	481
Unidad 14 AISLACION Y VENTILACION	333	Unidad 22 PUERTAS Y VENTANAS	483
14.1 Introducción	335	22.1 Introducción	485
14.2 Aislación térmica	335	22.2 Condiciones a cumplir	485
14.3 Barreras de humedad	345	22.3 Puertas	487
14.4 Ventilación en la vivienda	350	22.4 Ventanas	495
14.5 Aislación acústica	358	Bibliografía	507
Bibliografía	371	CAPITULO V GESTIÓN DE CALIDAD	508
Unidad 15 PROTECCION CONTRA EL FUEGO	373	Unidad 23 Gestión de calidad	509
15.1 Generalidades	375	23.1 Introducción	511
15.2 Fases de desarrollo de un incendio	376	23.2 Conceptos generales relacionados con la gestión de calidad	511
15.3 Consideraciones técnicas y reglamentarias	377	23.3 Requisitos de la vivienda	515
15.4 Recomendaciones de diseño para la aplicación de la protección pasiva	381	Bibliografía	523
Bibliografía	397	CAPITULO IV TERMINACIONES	408
Unidad 16 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO Y EJECUCION DE LAS INSTALACIONES EN UNA VIVIENDA	399	Unidad 17 SOLUCION DE CUBIERTA EN MADERA	409
16.1 Generalidades	401	17.1 Generalidades	411
16.2 Consideraciones en la colocación de los ductos y artefactos	403	17.2 Tejuela de madera	412
16.3 Cielos, vigas y pilares falsos	404	Bibliografía	423
16.4 Cortes y perforaciones en los elementos estructurales	405	Unidad 18 REVESTIMIENTOS EN MADERA PARA PARAMENTOS EXTERIORES	425
16.5 Cortes y perforaciones en los elementos no estructurales	407	18.1 Generalidades	427
Bibliografía	407	18.2 Preparación de la base	428
CAPITULO IV TERMINACIONES	408	18.3 Revestimientos de madera	428
Unidad 17 SOLUCION DE CUBIERTA EN MADERA	409	18.4 Consideraciones en la colocación	431
17.1 Generalidades	411	18.5 Instalación del revestimiento	435
17.2 Tejuela de madera	412	18.6 Protección y mantenimiento del revestimiento de madera	443
Bibliografía	423	Bibliografía	444
Unidad 18 REVESTIMIENTOS EN MADERA PARA PARAMENTOS EXTERIORES	425		
18.1 Generalidades	427		
18.2 Preparación de la base	428		
18.3 Revestimientos de madera	428		
18.4 Consideraciones en la colocación	431		
18.5 Instalación del revestimiento	435		
18.6 Protección y mantenimiento del revestimiento de madera	443		
Bibliografía	444		

Presentación

Convertido en el segundo exportador del país después de la minería, el sector forestal ha experimentado un vertiginoso crecimiento en las últimas tres décadas, el que se ha traducido en el desarrollo de innumerables productos forestales y madereros, en múltiples inversiones, en un aumento sostenido de las exportaciones y el interesante desarrollo de un mercado interno con significativas proyecciones de futuro.

Aunque este sector productivo era y es todavía considerado como una actividad principalmente exportadora, el mercado interno de la madera ha pasado a tener un papel relevante para las empresas productoras, fundamentalmente debido a que la disponibilidad de este producto se duplicará el 2015.

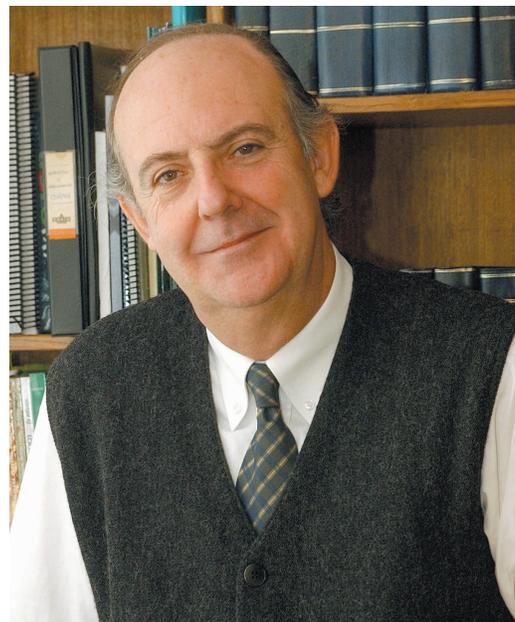
Estas y muchas otras razones de orden económico y constructivo, entre ellas, nuestra calidad de país con gran territorio de suelos de aptitud forestal, hacen pensar en altos índices de construcción en madera, atendiendo también a la gran disponibilidad del recurso y a las características propias de habitabilidad del material, lo que, sin embargo, no ha ocurrido.

Otro elemento que debiera impulsar el uso de la madera en la construcción de viviendas es que en la actualidad en Chile se elaboran todos los productos que se requieren para construir viviendas y edificios de madera en general –como madera aserrada, herrajes y tableros– con altos estándares de calidad, lo que entrega total seguridad al usuario respecto de las características y durabilidad que tendrá la vivienda; tal es así que se exportan en gran cantidad a países desarrollados que construyen fundamentalmente en madera.

Aún así, la construcción en madera no refleja en la actualidad el potencial que esta área tiene en el país, por lo que se hacía fundamental incorporar en este proceso a más profesionales que diseñaran y construyeran en el material, dándoles a conocer las cualidades de la madera como elemento constructivo.

Esta alianza estratégica entre sector privado y académico ha tenido su base en el Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera, creado hace tres años por la Corporación Chilena de la Madera, CORMA, con el apoyo de CORFO, con el objeto de impulsar un mayor consumo de madera en el país en la construcción de viviendas y otros usos, revertir la falta de una cultura de uso de este material en Chile, así como promover la existencia de productos de calidad garantizada.

En este proceso ha resultado fundamental la academia, a través de universidades de todo el país que han respondido a esta lógica inquietud manifestada por la institución, participando y aportando activamente en esta instancia de trabajo, analizando la situación actual de la enseñanza de la construcción en madera en Chile y proponiendo aspectos que podrían mejorarse en la formación de las futuras generaciones.



Parte de ese trabajo se puede apreciar a través de este documento “La Construcción de Viviendas en Madera”, una herramienta para el uso docente que recorre, a través de sus más de veinte unidades, los principales elementos que un profesional debe conocer a la hora de proyectar o edificar en madera, información teórica y recomendaciones que se complementan con cientos de imágenes y ejemplos prácticos, que permiten hacer más interactivo el proceso de aprendizaje.

Este material dirigido a los profesores y alumnos de las diversas casas de estudio del país, así como también a profesionales del área, representa un significativo esfuerzo por recopilar un gran volumen de información y resume la experiencia de múltiples años de docencia y experiencia de su autor. Sin embargo, éste forma parte de un gran proyecto que incorpora también directrices sobre cómo educar en torno a la madera en las carreras de arquitectura, ingeniería y construcción, labor que contó con la participación de destacados profesionales de las diversas Universidades del país.

Aunque es un primer paso que dará frutos en el futuro, estamos ciertos de que este documento, junto al trabajo desarrollado en la orientación de la enseñanza de la construcción de viviendas en madera, será un gran aporte a la docencia en estas áreas del país, ya que los académicos podrán contar con un excelente material para guiar a sus alumnos en el interesante mundo de la construcción en madera, con productos, tecnologías y estándares de calidad de países desarrollados.

Para la Corporación Chilena de la Madera constituye un orgullo haber impulsado esta iniciativa, que consideramos de gran relevancia futura para un país de verdadera vocación forestal.

JOSE IGNACIO LETAMENDI ARREGUI
Presidente
Corporación Chilena de la Madera



La creación de un Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera, se orienta a desarrollar un programa de trabajo que permita caracterizar la madera de Pino radiata, estandarizar su oferta, proponer cambios a normas de INN y establecer un proceso de transferencia tecnológica directa a empresas y profesionales de la construcción.

En el ámbito de la formación, nuestro objetivo ha sido establecer una alianza con el sector educacional chileno, que permita enriquecer los programas de estudio en las áreas de arquitectura, construcción, ingeniería y carpintería.

Esta iniciativa ha sido presentada a la Comisión Bicentenario de la Presidencia de la República, siendo favorablemente acogida.

El presente Manual se complementa con la generosa contribución de las instituciones que han aceptado nuestra invitación a integrar el Consejo Educacional del CTT, que ha generado compendios de directrices para estructurar programas para formar profesionales y técnicos con habilidades para diseñar, calcular y construir en madera.

Esta labor se ha desarrollado a través de las siguientes comisiones permanentes:

- Arquitectura
- Construcción e Ingeniería
- Administración y Ejecución de Obras

Agradezco la entusiasta y valiosa participación de las veintiséis instituciones educacionales que han apoyado la labor de nuestro Centro de Transferencia Tecnológica. Hemos estructurado en forma exitosa una valiosa alianza entre la industria maderera y el sector educacional, imprescindible para contribuir en forma conjunta al desarrollo de Chile.

Director

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

RAFAEL CAMPINO
Presidente del Directorio
Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera

Prólogo



La publicación del Manual de Construcción de Viviendas en Madera, iniciativa de la Corporación Chilena de la Madera, representa una valiosa contribución para el conocimiento y utilización de uno de los recursos naturales más importantes con los que cuenta nuestro país para su desarrollo.

Es conocido el hecho que para Chile, la exportación de productos forestales constituye uno de los rubros que más recursos aporta a la economía nacional. Estas exportaciones están compuestas en su mayor parte por productos primarios como madera aserrada, pulpa química y tableros, llegando el año 2003 a constituir el 63% del total exportado.

En contraposición a esta capacidad exportadora de productos derivados de la madera, está el bajo grado de utilización de este recurso en aplicaciones para el desarrollo interno como son la construcción de viviendas, infraestructura vial y otros usos que presentan ventajas comparativas con respecto a otras soluciones más tradicionales.

El presente manual es una contribución notable para incentivar a ingenieros, arquitectos, constructores civiles y otros profesionales asociados a la construcción, para lograr una mayor y más intensiva utilización de la madera en nuestro país.

El manual está estructurado en base a 23 unidades contenidas en cinco capítulos temáticos. Los dos primeros capítulos están dedicados a presentar los conceptos básicos que caracterizan la madera como son las propiedades físicas, estructuras mecánicas, morfológicas, y otros de carácter general. Los capítulos restantes se orientan a aplicaciones concretas de la madera como elemento estructural para la construcción de viviendas.

El presente manual será una herramienta de gran utilidad y constituirá un texto de referencia relevante para los estudiantes de las carreras que se imparten en el Sistema de Educación Superior y que están relacionadas con el campo de la construcción.

SERGIO LAVANCHY MERINO

Rector Universidad de Concepción

Vicepresidente Ejecutivo del Consejo de Rectores de Universidades Chilenas

Acerca DEL AUTOR

Alexander Fritz Durán es constructor civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con una destacada trayectoria a lo largo de más de treinta años, tanto en el campo académico como profesional. Tiene un Magíster en Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Colombia, así como post-títulos como experto profesional en Prevención de Riesgos Ocupacionales de la Pontificia Universidad Católica de Chile y experto en Fotointerpretación en Proyectos de Ingeniería Civil en el Centro Interamericano de Fotointerpretación (C.I.A.F) en Bogotá, Colombia.

Gran parte de su vida laboral ha estado ligada a la actividad académica, a través de diversas cátedras impartidas principalmente en la Pontificia Universidad Católica de Chile, como profesor en la Escuela de Ingeniería y en la Escuela de Construcción Civil, en cátedras de topografía, fotogrametría, aeropuertos y construcción, entre otras. También ejerció la docencia en la Universidad Nacional de Colombia y en la Universidad Nacional Andrés Bello de Chile, en las áreas de las obras civiles y edificación.

Actualmente se desempeña como profesor adjunto en la Escuela de Construcción Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ocupando el cargo de Secretario Académico, presidente de la Comisión de Memorias y Exámenes de Titulación, investigador en la línea de Construcción en Madera, Miembro del Directorio del Centro de Investigación y Desarrollo de la Madera y docente a cargo de las cátedras de Tipologías de Construcción y Construcción en Madera.

Asimismo, ha participado representando a esa Casa de Estudios en diversas instancias nacionales y en visitas tecnológicas en el extranjero, principalmente a Canadá.

Entre los proyectos de investigación en que ha participado, se encuentran el plan de desarrollo para la industria de la construcción en madera con Fundación Chile para CORFO, así como múltiples informes preliminares de investigación relativos a diferentes aspectos de la construcción de viviendas en madera y es coautor de un libro técnico con Fundación Chile sobre construcción de viviendas en madera.

En el ámbito de la extensión, ha sido expositor en numerosas conferencias en la Cámara Chilena de la Construcción, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Colegio de Arquitectos y de Constructores Civiles y la Universidad Tecnológica Metropolitana, entre otras instituciones.

Su actividad profesional ha estado orientada a la participación como socio en empresas de construcción en edificación, asesorías en la gestión inmobiliaria y en la inspección técnica-administrativa y de seguridad, lo que le ha permitido ejecutar y participar en múltiples proyectos de edificación tanto en extensión como en altura, en albañilería armada, reforzada, hormigón y en madera.



Centro de Transferencia

Tecnológica de la Madera

El Centro de Transferencia de la Madera, CTT, fue creado hace tres años por la Corporación Chilena de la Madera, con el apoyo de CORFO, para incrementar el consumo de madera en la industria de la construcción en Chile, contrarrestar la carencia de tradición en la utilización de este material y promover la existencia de productos de calidad idónea.

En un marco más amplio, la labor se ha orientado a caracterizar la madera de Pino radiata, estandarizar su oferta, proponer cambios a las normas relativas al material que hoy existen en el Instituto Nacional de Normalización, elaborar nuevas y establecer un proceso de transferencia tecnológica directa a empresas y profesionales del área, entre otros.

El Centro se estructura en cuatro unidades: Certificación, Tecnología, Investigación y Extensión. La primera de ellas se ha orientado a formular el modelo que permitiría crear una unidad certificadora independiente que permita asegurar que los consumidores de madera aserrada (verde, seca, estructural y de remanufactura) adquieren un producto con calidad certificada estandarizada. El objetivo es desarrollar un sello de garantía que acredite la idoneidad de los sistemas de control de calidad y clasificación del producto. En tanto, la Unidad de Tecnología ha trabajado en definir y ajustar los estándares de la oferta de productos y caracterizar las propiedades mecánicas del Pino radiata en cada uno de sus grados y tipologías, así como generar normas de uso, en particular en la industria de la construcción, con material didáctico para ingenieros, arquitectos, constructores y carpinteros.

La investigación tecnológica en madera es otra área en que el Centro ha orientado este quehacer desde su creación, a través de la Unidad de Investigación y Desarrollo. En este marco se hizo una alianza con el Ministerio de Obras Públicas para promover el uso de la madera en infraestructura vial, aeropuertos y obras portuarias, entre otros. La idea es entregar una visión del sector forestal y su potencial de desarrollo en el mercado interno, utilizándolo en vialidad, específicamente en señales, barreras de contención, pasarelas, puentes, sitios de recreación y otros.

El énfasis en el área académica se ha dado mediante la Unidad de Extensión, en la que el Centro se ha propuesto contribuir al desarrollo de programas educacionales de arquitectura, construcción e ingeniería que permitan formar profesionales con habilidades para diseñar, calcular y

construir en madera. En esta tarea se ha contado con el apoyo de un gran número de universidades e institutos nacionales, junto a instituciones extranjeras como University of British Columbia y British Columbia Institute of Technology. Para ello se estableció una alianza estratégica con el Consejo de Rectores de Universidades Chilenas, la que por primera vez reunió a las Casas de Estudio nacionales en torno a este tema y permitió establecer una estrecha relación que los llevara a conocer en profundidad a la industria forestal chilena. En este marco se conformaron diversas instancias de trabajo, entre las que figuran:

- Consejo Consultivo, integrado por líderes de opinión en educación técnico-universitaria, quienes representan a 26 instituciones y podrán imprimir cambios en los programas educacionales. Este consejo designó a los integrantes del Comité Educacional.

- Comité Educacional, integrado por un equipo multidisciplinario e interinstitucional, con capacidad técnica para efectuar un diagnóstico y desarrollar una propuesta de la estructura y contenidos que las mallas curriculares de arquitectura, carpintería, construcción e ingeniería requerirían incorporar para formar profesionales de excelencia en el ámbito de la utilización de madera. Este comité se ha estructurado en cuatro comisiones: Arquitectura, Construcción, Ingeniería y Administración de Obras.

Las comisiones están lideradas por los siguientes académicos:

Arquitectura:

Presidente : Ricardo Hempel,
Universidad del Bío Bío.
Vicepresidentes : Luis Goldsack, Universidad de Chile.
: Ricardo Napadensky,
Universidad Mayor.

Ingeniería:

Presidente : Mario Giuliano,
Universidad de Concepción.
Vicepresidentes : Hernán Arnés, Universidad Austral.
: Representante de la Universidad
de Chile.

Construcción Civil:

Presidente : Marcos Espinoza,
Universidad Tecnológica Metropolitana.

La Comisión de Administración de Obras ha sesionado activamente en estrecha alianza con British Columbia Institute of Technology sin nombrar una directiva.

Como resultado de este trabajo, cada comisión desarrolló un compendio de directrices para la enseñanza de la construcción en madera en sus distintos ámbitos de competencia, de forma de entregar ciertas pautas respecto de qué elementos deberían considerar los programas de arquitectura, administración de obras, construcción civil e ingeniería, labor que complementa el aporte que constituye el libro "La Construcción de Viviendas en Madera", orientado al ámbito docente.



INTEGRANTES DEL CENTRO DE TRANSFERENCIA DE LA MADERA

- Agrospec
- Arch-Quimetal
- Aserraderos Arauco S.A.
- Aserraderos Cementos Bío Bío S.A.
- Aserraderos Paillaco S.A.
- Barpimo Chile S.A.
- CMPC Maderas S.A.
- Comercial e Industrial JCE
- Corza S.A.
- Chilcorrofin S.A.
- Empresas Fourcade S.A.
- Fibre-Gen (Nueva Zelanda)
- Fundación DUOC
- Inacap
- Ingelam Ltda.
- Lamitec Ltda.
- Maderera Río Itata S.A.
- Preserva Ltda.
- Renewable Resources Inc.
- Royal House Constructora
- Simpson Strong Tie Inc.
- Tapel
- Terranova
- Tulsa S.A.
- Universidad Central de Chile
- Universidad de Concepción
- Universidad del Bío Bío
- Universidad Diego Portales
- Universidad Mayor
- Universidad Federico Santa María
- Universidad Tecnológica Metropolitana
- Wagner Electronics



Capítulo I

Unidad 1

La Madera

Unidad 2

Patologías y Protección de la Madera en Servicio

Unidad 3

Aspectos Relevantes a Considerar en un Proyecto de la Construcción de Vivienda

Unidad 4

Seguridad y Prevención de Riesgo en la Madera

Unidad 5

Herramientas e Instrumentos



Unidad 1

LA MADERA



Unidad 1

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 1

LA MADERA



1.1 INTRODUCCIÓN

La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. La madera tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que ser un material diseñado para satisfacer necesidades de carpinteros.



Figura 1 - 1: Rodela de Secuoya de dos mil años. Se encuentra en Forintek, Vancouver, British Columbia, Canadá.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material.

En este aspecto radica la importancia de que exista información adecuada y estructurada a los actuales requerimientos, ya que permite a los profesionales que intervienen en el diseño, cálculo y ejecución de construcciones en madera, realizar una acertada gestión y correcta utilización del material, con el objeto de cumplir altos estándares de calidad y bienestar, a precios convenientes en el mercado de la vivienda.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos.



Figura 1 - 2: Edificio de departamentos multifamiliar de cuatro pisos estructurado en madera en 1998, Calgary, Alberta, Canadá.

1.2 EL RECURSO FORESTAL

En Chile el bosque que se da en forma natural lo hace en zonas templadas y frías, a diferencia de otros lugares en el mundo, donde predominan selvas lluviosas tropicales.



Figura 1 - 3: Plantaciones de Pino radiata.

Sin embargo, en Chile se han introducido variadas especies forestales, entre las cuales destacan los cultivos de Pino radiata y eucalipto. Estas especies fueron traídas desde Estados Unidos y Australia, respectivamente, y en la actualidad constituyen la base del desarrollo forestal nacional.

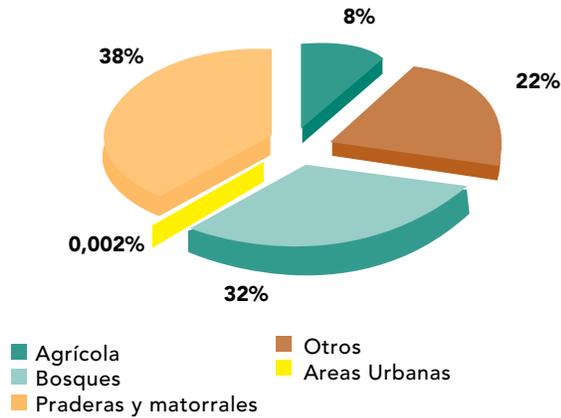


Gráfico 1-1: Distribución de los suelos en Chile.

La plantación de estas especies ha significado la recuperación de 1,9 millones de hectáreas de suelos no aptos para la agricultura, descubiertos y erosionados, siendo el Pino radiata el que ocupa el 90% de los cultivos (Fuente: INFOR).

La superficie total de bosques en Chile abarca 15,6 millones de hectáreas. Esta cifra corresponde al 21% de la superficie total del país (Fuente: INFOR).

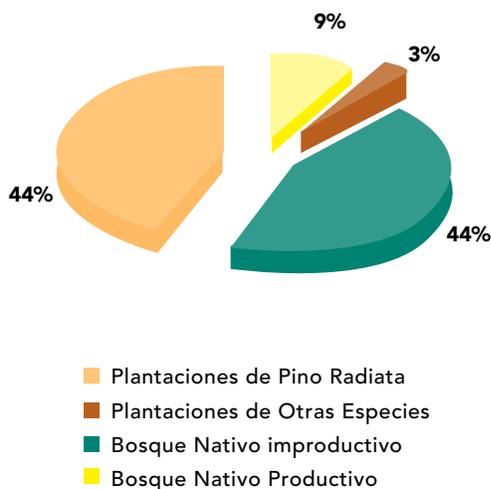


Gráfico 1 - 2: Distribución de la superficie boscosa de Chile.

El Pino radiata ocupa un 9% de la superficie total de bosques en Chile.

Por otra parte, en el país se producen 21,5 millones de metros cúbicos de madera en trozas. El Pino radiata constituye la principal especie utilizada, con 77% del total producido.

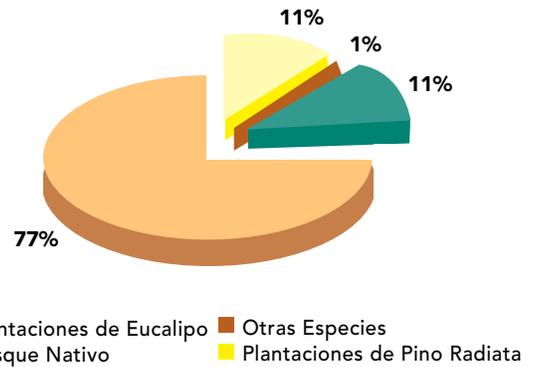


Gráfico 1-3: Distribución de la producción de madera en trozas en Chile.

En la actualidad, existen casi 20 millones de m³ de madera aserrable de Pino radiata. La proyección de este recurso es duplicar su disponibilidad en los próximos 25 años.

Esto permite proyectar que el principal recurso que se utilizará en el futuro para aplicaciones en la construcción, es la madera proveniente de plantaciones de Pino radiata.

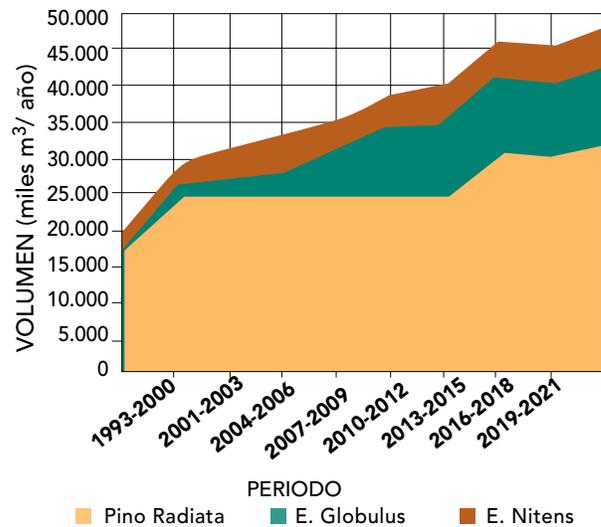


Gráfico 1 - 4: Disponibilidad actual y futura de madera aserrable: Pino radiata, Eucalipto globulus, Eucalipto nitens.

1.3 EL ÁRBOL Y SU ESTRUCTURA

El árbol está compuesto por tronco, copa y raíces.

Del tronco se obtiene materia prima para la producción de madera aserrada, perfiles y tableros contrachapados; y de la copa (ramas), tableros de hebras orientadas, OSB (Oriented Strand Board).

UNIDAD 1

LA MADERA

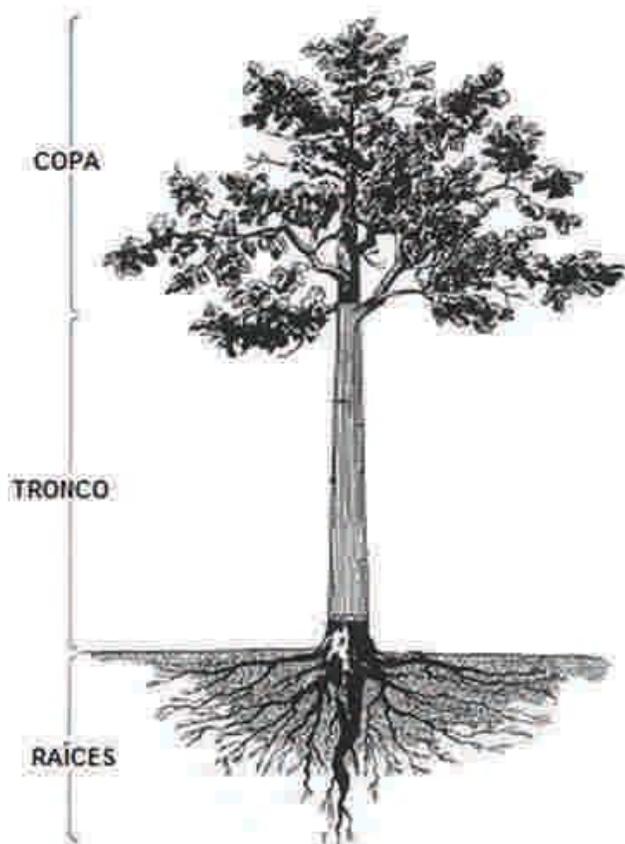


Figura 1-4: Secciones de un árbol: copa, tronco y raíces.

Al hacer un corte transversal de un árbol y analizar desde el exterior hacia el interior una sección de éste, se pueden apreciar zonas claramente diferenciadas, las cuales cumplen funciones específicas:

- La primera zona apreciable es la **corteza**, formada por materia muerta, de aspecto resquebrajado, que se divide en corteza exterior y corteza interior (floema).

La corteza exterior está compuesta por células muertas que cumplen la función de proteger la estructura interior frente a agentes climáticos y biológicos.

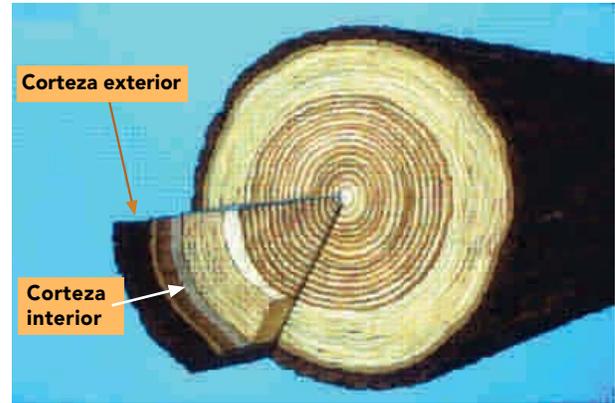


Figura 1-5: Sección transversal de un tronco en que se muestra la corteza exterior y la corteza interior o floema.

- Siguiendo hacia dentro se encuentra la corteza interior, compuesta por células que trasladan savia elaborada.

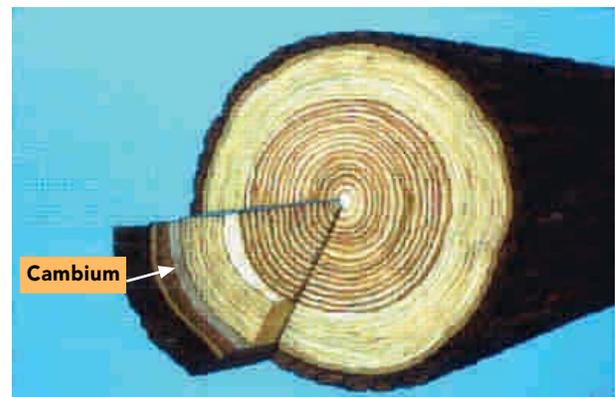


Figura 1 - 6: En la sección transversal del tronco se muestra el cambium o cambio, que se encuentra adyacente al xilema y hacia la corteza.

- Luego se presenta el **cambium o cambio**, zona que corresponde al tejido generador de células, es decir, donde se produce el crecimiento del árbol. Hacia el interior forma el **xilema** y hacia el exterior, forma el **floema**.
- En el **xilema** podemos distinguir la **albura** hacia el exterior, con células que cumplen la función de sostén y traslado de agua y nutrientes.



Figura 1-7: La zona al interior del cambium es la albura.

- Hacia el interior del xilema se forma el duramen, compuesto por células inactivas, pero que mantienen la función de sostén.



Figura 1-8: Al interior de la albura se encuentra el duramen.

- En el centro del árbol se encuentra la médula, tejido inactivo sin función específica.

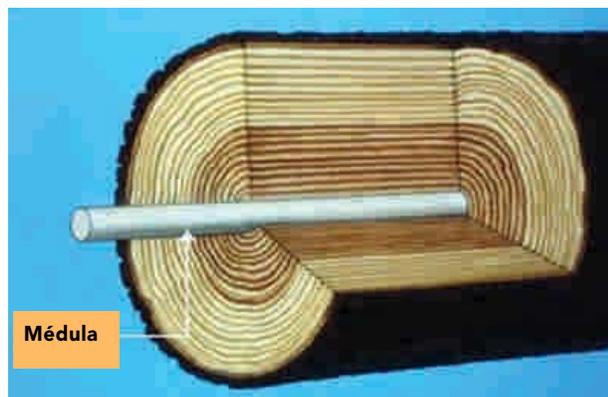


Figura 1-9: En el centro se ubica la médula.

Otra de las características relevantes del árbol en su sección transversal son los denominados anillos de crecimiento (concéntricos), los cuales son apreciables a simple vista, dependiendo de la especie.

Las especies madereras, como se detallará más adelante, se clasifican en dos grandes grupos: coníferas y latifoliadas. En las primeras, los anillos de crecimiento son perfectamente diferenciables, mientras que en las segundas, no son tan apreciables.

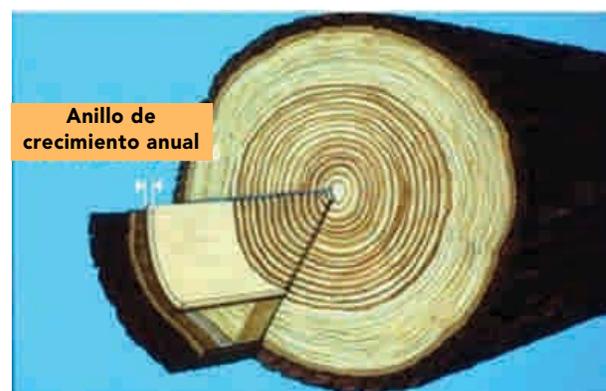


Figura 1-10: Anillo de crecimiento anual.

En las coníferas se pueden apreciar dos bandas concéntricas, diferenciadas en los anillos de crecimiento. La banda más clara es denominada madera de primavera o temprana. La banda más oscura, más densa que la de primavera, es la madera de verano o tardía. En esta última, al llegar el receso invernal puede observarse la reducción de su crecimiento.



Figura 1-11: Madera de primavera o temprana y madera de verano o tardía.

Si amplificamos el anillo de crecimiento, podemos identificar la madera temprana, formada por células de mayor tamaño y la madera tardía, compuesta por células más concentradas.

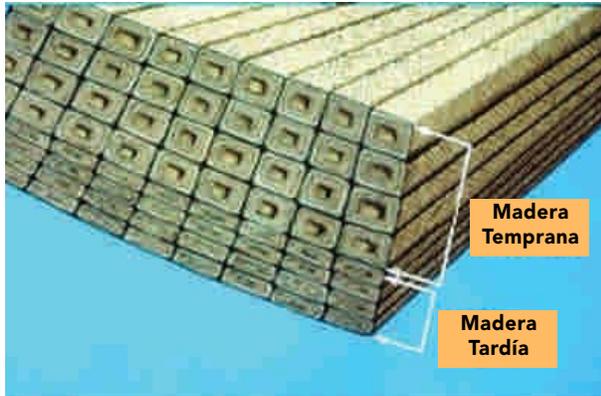


Figura 1 - 12: Ampliación del anillo de crecimiento.

Las células en coníferas pueden medir de 3 a 5 milímetros de largo, dependiendo de la especie. En el caso de latifoliadas, el largo puede llegar a 1 mm.



Figura 1 - 13: Dimensión de las células en coníferas y latifoliadas.

1.4 ESPECIES MADERERAS

La madera es producto de un proceso metabólico en un organismo vivo (árbol), que crece en la naturaleza en condiciones climáticas, geográficas y de suelos muy diversos.

Esta diversidad afecta el crecimiento y las características de la madera en relación con su estructura celular.

Al analizar una probeta en microscopio se observa la madera igual a cualquier ser vivo, conformada por células generalmente alargadas y dispuestas en la dirección del eje del árbol, pudiendo cumplir esencialmente 2 funciones: sostén del propio árbol y conductora de savia.

Por esto, a nivel de estructura celular se pueden clasificar las especies arbóreas en dos grandes grupos de árboles:

- Coníferas
- Latifoliadas

1.4.1 Coníferas

La madera de coníferas está constituida esencialmente por células de características homogéneas, del grupo traqueidas, las cuales realizan la doble función de sostén del árbol y conducción de la savia (NCh 173 Madera – Terminología General).

Las especies pertenecientes a este grupo presentan un tronco recto, cónico hasta su ápice (extremo superior) y revestido de ramas.

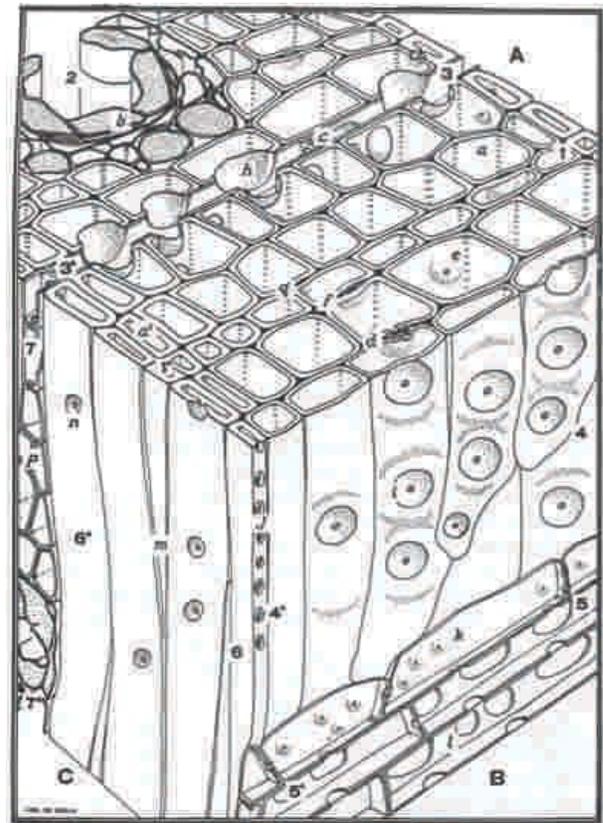


Figura 1 - 14: Estructura anatómica de una conífera.

1.4.2 Latifoliadas

La madera de latifoliadas proviene del grupo de angiospermas, los que están constituidos esencialmente por **vasos**, los cuales realizan la función conductora de la savia y por **fibras** que son el sostén del árbol (NCh 173 Madera – Terminología General).

Las especies latifoliadas presentan en general, una copa bien ramificada y un tronco que varía en dimensiones y forma.

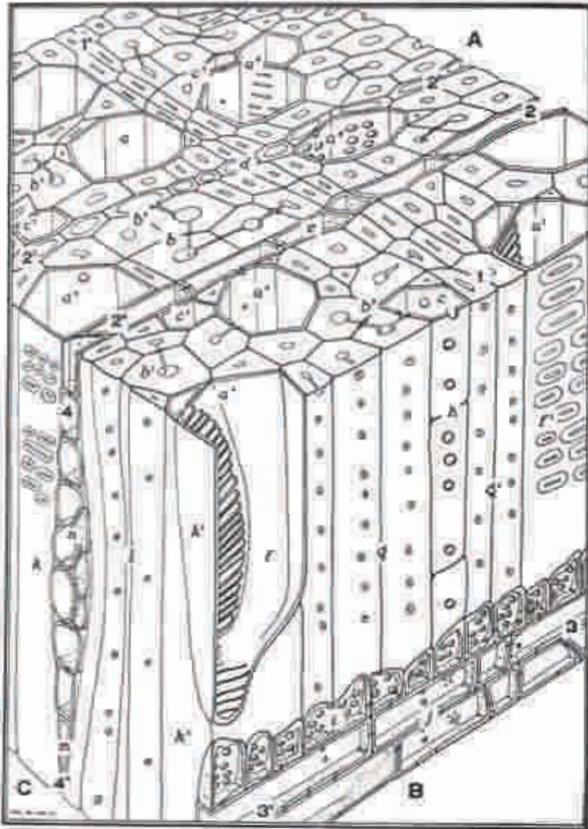


Figura 1-15: Estructura anatómica de una latifoliada.

Las especies madereras comercializadas en Chile, atendiendo a su origen se clasifican en:

- Especies nativas (originarias de Chile)
- Especies exóticas (introducidas)

En la actualidad, especies forestales nativas como: Raulí, Coigüe, Lengua, Roble, Mañío, Alerce y Araucaria, están sujetas a utilización restringida y en algunos casos, prohibida.

Por otra parte, las especies exóticas corresponden a especies forestales originarias de otros países e introducidas en nuestro territorio. Destaca entre ellas el Pino radiata, que encontró entre la V y la IX regiones del país, condiciones excepcionales de crecimiento y desarrollo, transformándose en la principal especie comercial de uso estructural en el país.

Algunas especies exóticas que pueden encontrarse en Chile datan de más de cien años, como por ejemplo: Pino oregón, Hemlock, Roble americano, Fresno y Cerezo (también norteamericanos), Haya y Larch (de Europa), Mara, Cedro y Roble boliviano, Ramin, Almendrillo, Paquio, Ipé, entre otras especies tropicales.

Las especies coníferas y latifoliadas nacionales, para uso estructural, se muestran en las normas NCh 1970 Maderas Parte 1 y 2: Especies (Latifoliadas/Coníferas)– Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.

El Pino radiata por su disponibilidad actual y futura, características físicas y comportamiento mecánico estructural, se ha convertido por excelencia en la especie maderera más utilizada en la construcción, tanto para fines estructurales como estéticos.

Hoy en día se puede acceder comercial y masivamente a la madera de Pino radiata clasificada estructuralmente, según norma chilena NCh 1207 (Pino radiata- Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad) o la normativa británica EBS – 159/1, seca en cámara, y contenido de humedad entre 12 y 15%.

1.5 LA MADERA Y SUS PROPIEDADES

La madera elaborada a través de un proceso de aserrío se denomina pieza de madera y posee propiedades definidas.

1.5.1 Propiedades Básicas

Independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.



Foto 1 - 16: Aserradero automatizado donde la madera es dimensionada.

Es un **material biológico**, ya que está compuesto principalmente por moléculas de celulosa y lignina. Siendo madera elaborada, puede ser biodegradada por el ataque de hongos e insectos taladradores, como son las termitas.

Por ello, a diferencia de otros materiales inorgánicos (ladrillo, acero y hormigón, entre otros), la madera debe tener una serie de consideraciones de orden técnico que garanticen su durabilidad en el tiempo.

La madera es un **material anisotrópico**. Según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer:

- Eje tangencial
- Eje radial y
- Eje axial o longitudinal

El **eje tangencial**, como su nombre lo indica, es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

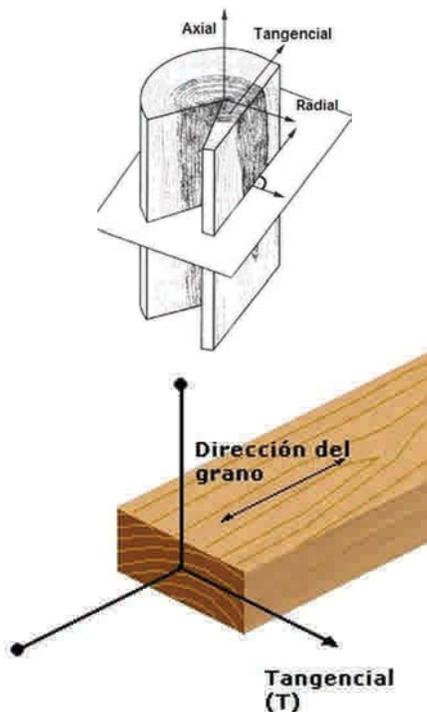


Figura 1 - 17 y 18: Eje tangencial en una pieza de madera.

El **eje radial** es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal.

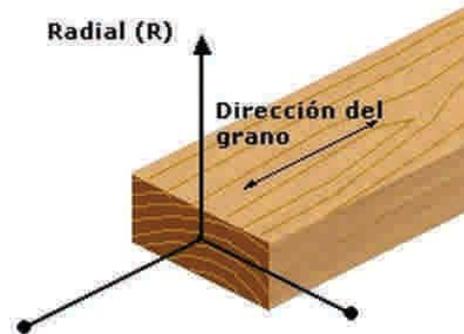


Figura 1-19: Eje radial en una pieza de madera.

El **eje longitudinal** es paralelo a la dirección de las fibras y por ende, al eje longitudinal del tronco. Forma una perpendicular respecto al plano formado por los ejes tangencial y radial.

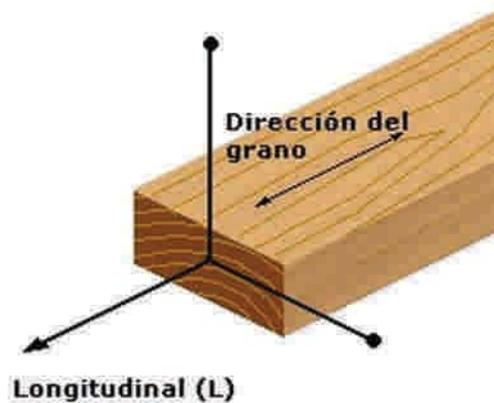


Figura 1 - 20: Eje longitudinal en una pieza de madera.

La madera es un **material higroscópico**. Tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente. Este comportamiento es el que determina y provoca cambios dimensionales y deformaciones en la madera.

1.5.2 Propiedades Físicas

1.5.2.1 Contenido de humedad

La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como **agua ligada** (savia embebida) en las paredes celulares y como **agua libre**, en el interior de las cavidades celulares.

Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como **contenido de humedad**.

% Contenido de humedad =	Peso del agua x100
	Peso de madera seca en cámara
Donde:	
Peso del agua =	Peso madera - Peso madera seca
	húmeda en cámara

Tabla 1-1: Cálculo del contenido de humedad de la madera.

Por ejemplo, si una pieza de madera contiene 15% de humedad, significa 15 kilos de agua por cada 100 kg de madera. El procedimiento y ensayo para calcular el contenido de humedad está establecido en la norma chilena NCh176/1 OF1984 Madera- Parte 1: Determinación de humedad.

El agua contenida en el interior de la madera, sea en forma natural o por estar expuesta a condiciones del medio ambiente, puede variar principalmente debido a la humedad y temperatura predominantes en el lugar donde se utiliza.

Al cortar un árbol, la madera contiene gran volumen de agua en sus cavidades y paredes celulares, humedad que oscila alrededor del 80%. En algunos casos, puede ser superior al 100%, es decir, el peso del agua contenida en el volumen de madera es superior al peso de ésta anhidra.

Dependiendo de las condiciones ambientales, la madera entrega al medio agua libre contenida en sus cavidades, y luego agua adherida por capilaridad a las paredes celulares.

Cuando el intercambio de humedad que produce el medio ambiente cesa, se dice que la madera ha alcanzado un punto denominado **humedad de equilibrio**.

Se denomina, entonces, humedad de equilibrio al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

Los cambios climáticos del aire que se suceden continuamente, día y noche según las estaciones, hacen que la humedad de la madera también cambie, aunque en valores pequeños.

Kollmann (1959) comprobó que la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, y elaboró un ábaco para determinar este valor. O sea, cuando la madera es sometida a un ambiente saturado de humedad (100% de humedad relativa del aire), la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, alcanzando un valor máximo de 30%.

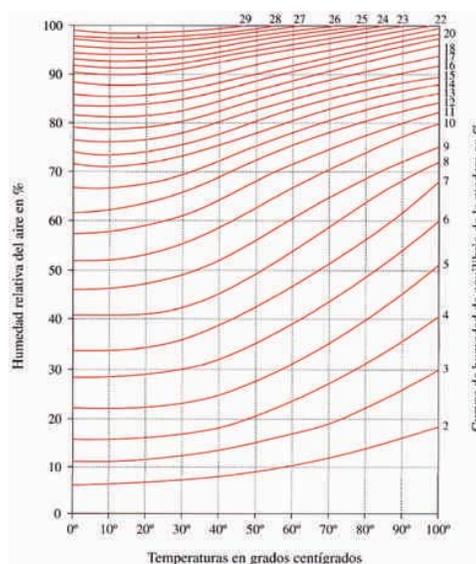


Gráfico 1-1: Curvas de humedad de equilibrio de la madera.

Dicha condición se produce en casi todas las especies cuando el agua libre ha sido entregada al ambiente, permaneciendo con agua sólo las paredes celulares.

A este punto de humedad se le denomina punto de saturación de la fibra (PSF).

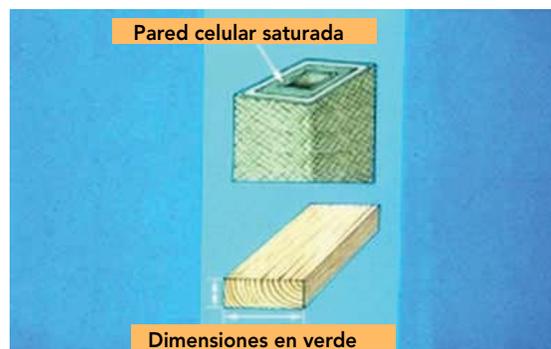


Figura 1-21: Punto de saturación de la fibra, PSF.

Desde este punto porcentual y sobre él, la madera tiene las dimensiones de la madera verde.

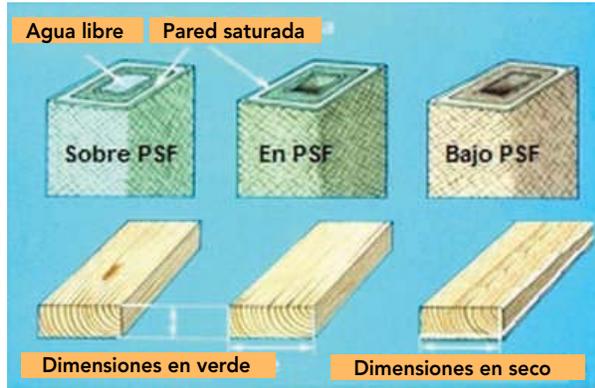


Figura 1 - 22: Madera sobre el PSF. Presencia de agua libre y agua ligada.

Cuando la madera tiene un contenido de humedad bajo (el punto de saturación de las fibras es menor al 30%), se habla de madera seca. Sin embargo, para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad debe ser inferior al 15%.

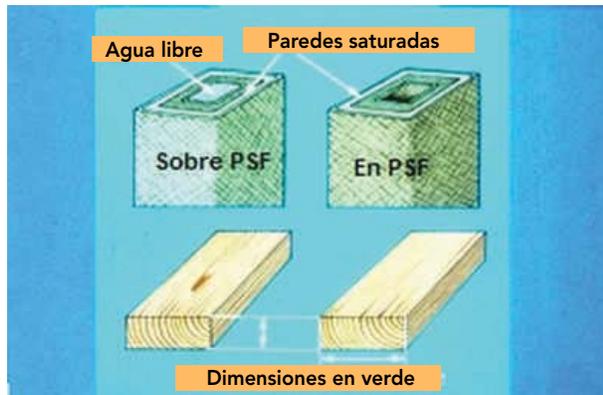


Figura 1 - 23: Madera seca. La contracción se inicia.

1.5.2.2 Densidad de la madera

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen.

En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

La norma chilena NCh 176/2 Of 1986 Mod. 1988 Madera-Parte 2: Determinación de la densidad, establece las siguientes densidades de la madera, determinadas a partir del contenido de humedad de la pieza:

- Densidad Anhidra: Relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca).
- Densidad Normal: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad Básica: Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%.
- Densidad Nominal: Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad de Referencia: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera ambos con igual contenido de humedad.

1.5.2.3 Contracción y expansión de la madera

El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera. Cuando esto ocurre se dice que la madera "trabaja".

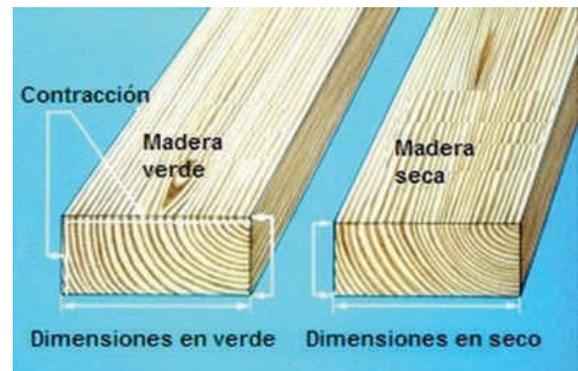


Figura 1 - 24: Madera verde y madera seca.

Las dimensiones de la madera comienzan a disminuir en los tres ejes anteriormente descritos: tangencial, radial y longitudinal. Sin embargo, en este proceso la contracción tangencial es mayor a la que se produce en un árbol.

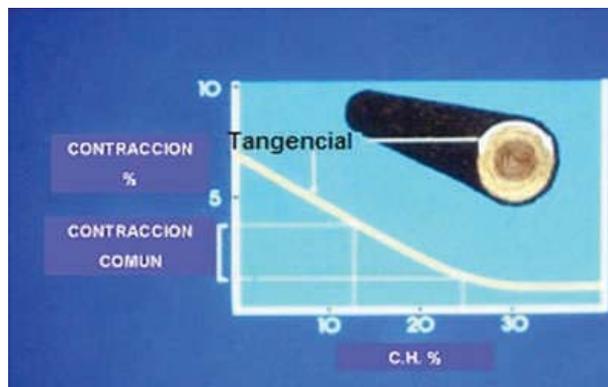


Figura 1 - 25: El gráfico muestra la magnitud de la contracción tangencial y el sentido en el tronco.

A la contracción tangencial le sigue la radial, con menos efecto, pero significativo en la deformación de la pieza.

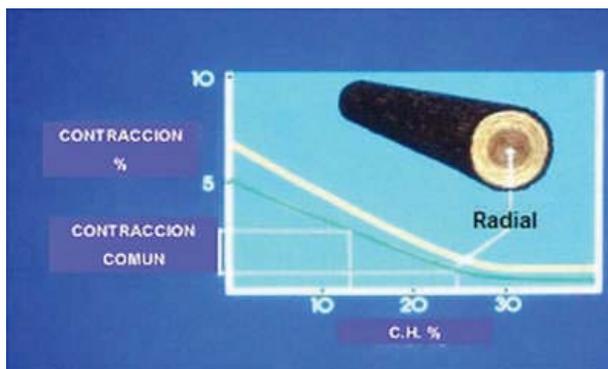


Figura 1 - 26: El gráfico muestra la magnitud de la contracción radial y el sentido en el tronco.

La contracción longitudinal es prácticamente despreciable en madera utilizada con fines estructurales.

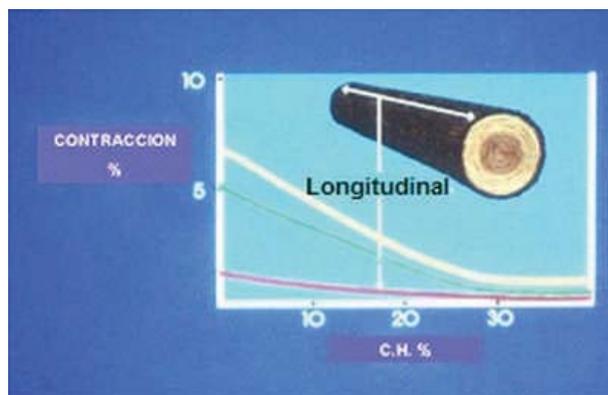


Figura 1 - 27: Gráfico que muestra la proporción de la contracción de la madera en su eje longitudinal.

Desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de la fibra es una variable muy importante, puesto que sobre él, la madera no variará sus características ni su comportamiento físico o mecánico. Sin embargo, cuando la madera se encuentra bajo dicho punto, sufre cambios dimensionales y volumétricos que pueden ir de leves a drásticos.

Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado (al aire o en cámara).

HUMEDAD	DIMENSION	CONTRACCION %
Verde -12%	Tangencial	4,0
	Radial	2,0
	Longitudinal	0,1
	Volumétrica	6,0
Verde-Seco en cámara	Tangencial	7,0
	Radial	3,4
	Longitudinal	0,2
	Volumétrica	10,5

Tabla 1-2: Contracción en Pino radiata secado al aire y en cámara.

La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.



Figura 1-28: Efectos de la contracción en la madera.

1.5.2.4 Propiedades eléctricas

La madera anhidra es un excelente aislante eléctrico, propiedad que decae a medida que aumenta el contenido de humedad.

En estado anhidro y a temperatura ambiental, la resistencia eléctrica es de aproximadamente 10^{16} ohm-metro, decreciendo a 10^4 ohm-metro, cuando la madera está en estado verde. Esta gran diferencia se produce cuando el contenido de humedad varía entre 0% y 30 %, base para el diseño de los instrumentos eléctricos que miden humedad (xilohigrómetros).

1.5.2.5 Propiedades acústicas

La madera, como material de construcción, cumple un rol acústico importante en habitaciones y aislación de edificios, ya que tiene la capacidad de amortiguar las vibraciones sonoras. Su estructura celular porosa transforma la energía sonora en calórica, debido al roce y resistencia viscosa del medio, evitando de esta forma transmitir vibraciones a grandes distancias.

1.5.2.6 Propiedades térmicas

El calor en la madera depende de la conductividad térmica y de su calor específico.

- a) **Conductividad** es la capacidad que tiene un material para transmitir calor, y se representa por el coeficiente de conductividad interna; definido como la cantidad de calor que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, un cubo de un metro de arista, desde una de sus caras a la opuesta y cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1 grado Celsius ($^{\circ}$).

La conductividad térmica se mide mediante un coeficiente de conductividad y está íntimamente relacionada con la densidad de la madera. Las cavidades celulares de la madera seca (bajo el PSF) están llenas de aire, el cual es un mal conductor térmico. Por ello, las maderas de baja densidad conducen menos calor que las de alta densidad.

- b) **Calor específico** es definido como la cantidad de calor necesario para aumentar en 1 grado Celsius ($^{\circ}$), la temperatura de un gramo de madera.

El calor específico en la madera es 4 veces mayor que en el cobre y 50% mayor que en el aire. No depende de la especie ni densidad, pero sí varía con la temperatura.

La combinación de estos dos aspectos hace de la madera un material que absorbe calor muy lentamente.

La alta resistencia que ofrece la madera al paso del calor, la convierte en un buen aislante térmico y en un material resistente a la acción del fuego.

La madera, al igual que otros materiales, se dilata o contrae al aumentar o disminuir la temperatura, pero su efecto es bastante menor, sin ser despreciable, en valores que representan $1/3$ del acero y $1/6$ del aluminio, aproximadamente.

1.5.3 Propiedades mecánicas

1.5.3.1 Generalidades

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas.

Se entiende por fuerza externa cualquier sollicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada tensión unitaria.

Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta (Gráfico 1 – 5), hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material.

El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica.

El esfuerzo necesario para sollicitar un material hasta el límite elástico, determina la tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.

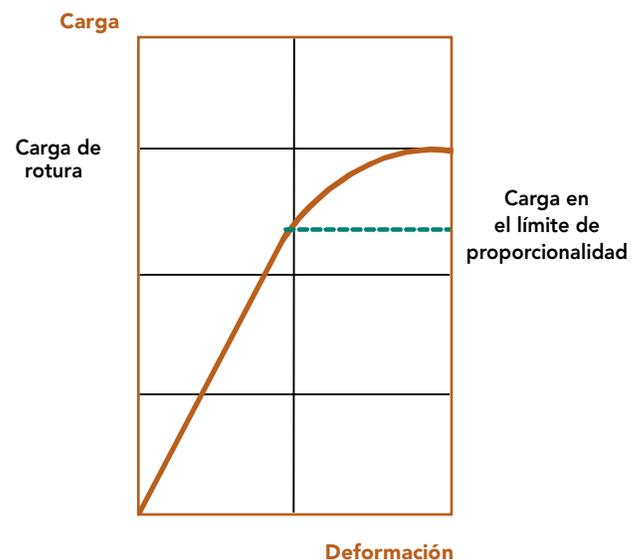


Gráfico 1- 2 : Gráfica carga - deformación.

La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud.

Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

1.5.3.2 Ensayos

Los ensayos se realizan en dos estados de contenido de humedad, uno con probetas de humedad superior al 30% (estado verde), y el segundo con probetas de humedad 12% (estado seco al aire).

1.5.3.2.1 Compresión paralela a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, la que se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.



Figura 1 - 29: Esquema de ensayo de compresión paralela a las fibras.

1.5.3.2.2 Compresión normal a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.

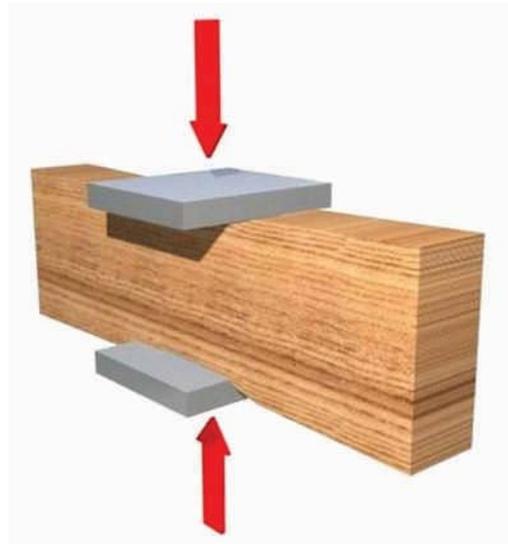


Figura 1 - 30: Esquema de ensayo de compresión normal a las fibras.

1.5.3.2.3 Flexión estática

Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

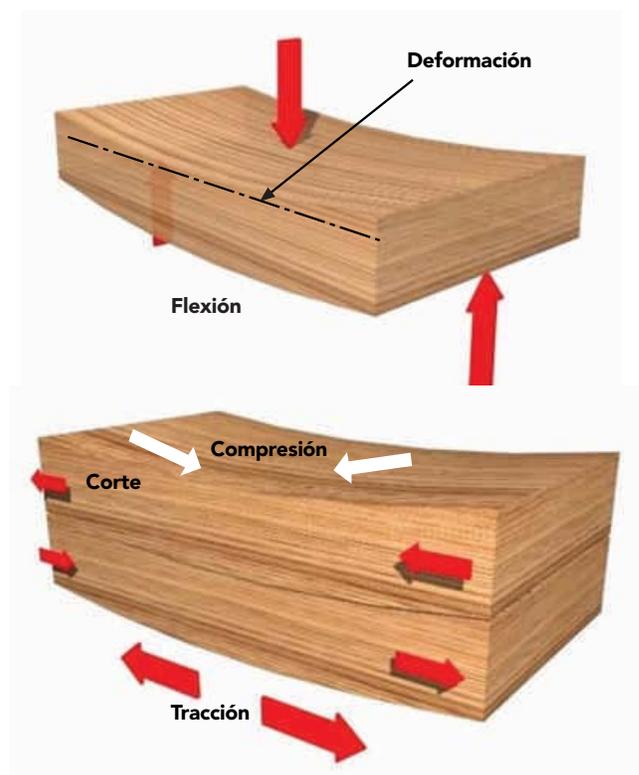


Figura 1 - 31: Esquema de ensayo de la flexión estática.

1.5.3.2.4 Tenacidad

Es la capacidad que tiene la madera de absorber energía al aplicar una carga que actúa en forma instantánea.



Figura 1 - 32: Esquema de ensayo de tenacidad.

1.5.3.2.5 Cizalle

Es la medida de la capacidad de la pieza para resistir fuerzas que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre otra.



Figura 1 - 33: Esquema de ensayo de cizalle longitudinal.

Según la dirección de las fuerzas que la producen se pueden clasificar en:

a) Cizalle paralelo tangencial

La sollicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla, tangente a los anillos de crecimiento.

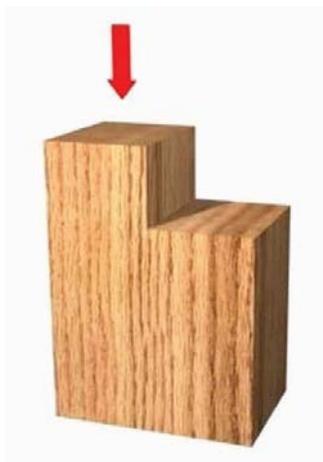


Figura 1 - 34: Esquema de ensayo de cizalle paralelo tangencial.

b) Cizalle paralelo radial

La sollicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla perpendicular a los anillos de crecimiento.

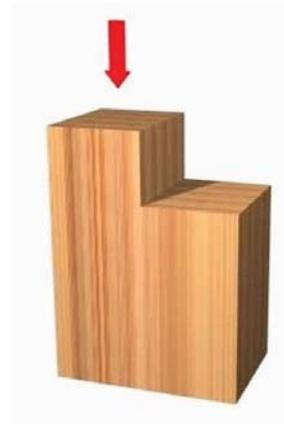


Figura 1 - 35: Esquema de ensayo de cizalle paralelo radial.

1.5.3.2.6 Clivaje tangencial y radial

El clivaje es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento. Puede ser tangencial y radial, dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento.



Figura 1 - 36: Esquema de ensayo de clivaje. Dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento con respecto al plano de falla, el clivaje puede ser tangencial y radial.

a) Clivaje tangencial

El plano de falla es tangente a los anillos de crecimiento.

b) Clivaje radial

Es aquel en que el plano de falla es normal a los anillos de crecimiento.

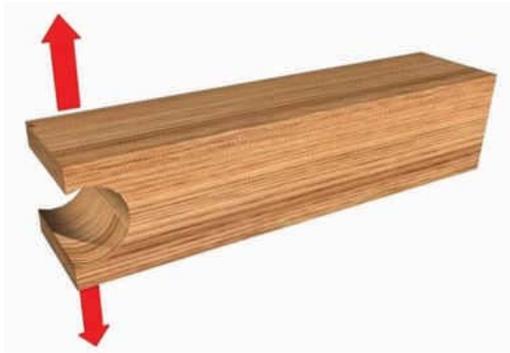


Figura 1 - 37: Esquema de ensayo de clivaje radial.

1.5.3.2.7 Tracción paralela a las fibras

Es la resistencia a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.



Figura 1 - 38: Esquema de ensayo de tracción paralela a las fibras.

1.5.3.2.8 Tracción normal a las fibras

Es la resistencia que opone la madera a una carga de tracción en la dirección normal a las fibras.

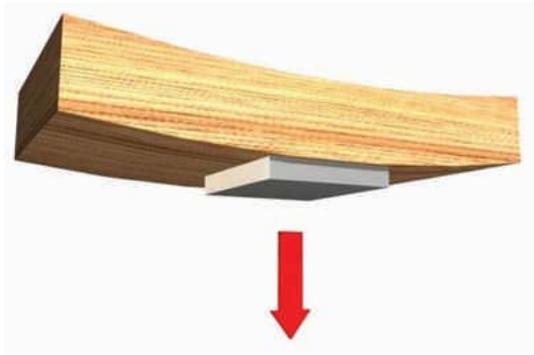


Figura 1 - 39: Esquema de tracción normal a las fibras.

Según la posición del plano de falla con respecto a los anillos de crecimiento, se puede distinguir la tracción normal tangencial y la tracción normal radial.

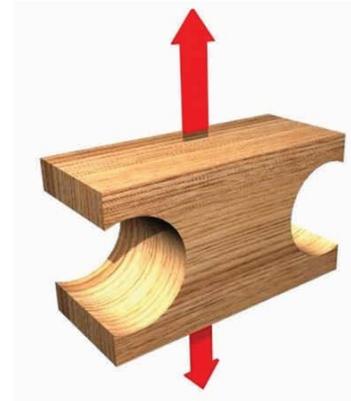


Figura 1 - 40: Esquema de tracción normal radial a las fibras.

1.5.3.2.9 Dureza

Es la resistencia que presenta la madera a la penetración.



Figura 1 - 41: Esquema de ensayo de dureza. Puede medirse en forma normal o paralela a la fibra.

1.5.3.2.10 Extracción de clavo

Se mide su resistencia por la fuerza necesaria para extraer un clavo de la madera. Se debe considerar la resistencia al desclavo en una superficie paralela a las fibras y en una superficie normal a las fibras.



Figura 1 - 42: Esquema de ensayo de extracción de clavo.

1.5.3.3 Factores que afectan las propiedades mecánicas

Existe una serie de variables relacionadas con la estructura natural de la madera que pueden afectar sus propiedades mecánicas:

1.5.3.3.1 Defectos de la madera

Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico-química de la madera, que afecte los aspectos de resistencia o durabilidad, determinando generalmente una limitante en su uso o aplicación.

El identificar los defectos de la madera permite clasificarla por aspecto o resistencia.

La norma NCh 993 Of. 72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación, establece diez niveles de defectos de la madera (de la A a la J) en la clasificación por aspecto.

En una clasificación por resistencia, cada nivel está vinculado a una razón de resistencia y se clasifica según el grado estructural.

Se distinguen, además, defectos por manipulación de la madera (secado y elaboración) y los inherentes a ella, los cuales influyen al momento de clasificarla por aspecto y por resistencia.

Sus definiciones y métodos de clasificación se encuentran establecidos en la norma chilena NCh 992 E Of. 72 Madera-Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.

A continuación se exponen los defectos propios de la madera por elaboración y cuidados en el almacenamiento y protección en pie de obra, que repercuten en la resistencia o desempeño de las piezas en servicio.

Es importante conocer los términos relacionados con la geometría de una pieza, extraídos de la norma chilena NCh 992, indispensable para comprender las definiciones y métodos de medición de los defectos de la madera.

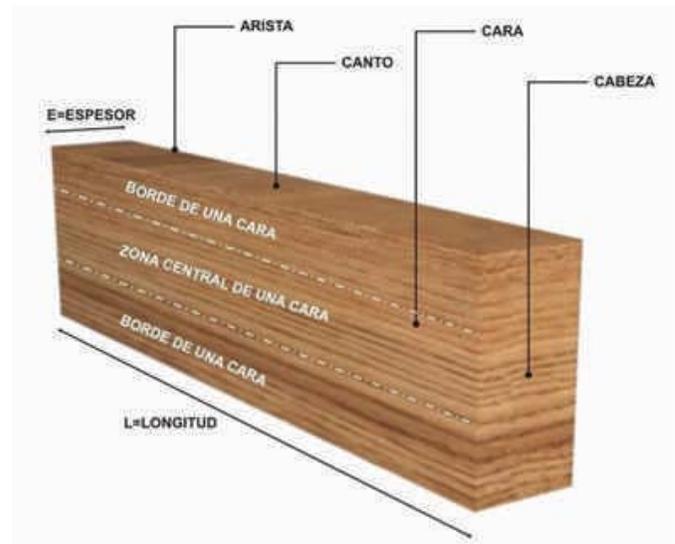


Figura 1-43: Términos relativos a la geometría de una pieza.

Arista: Línea recta de intersección de las superficies que forman dos lados adyacentes.

Cabeza: Sección transversal de cada extremo de una pieza.

Cantos: Superficies planas, menores y normales a las caras paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.

Caras: Superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza o cada una de las superficies planas de una pieza de sección cuadrada.

Borde de una cara: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda limitada en el ancho, por una arista y por una línea imaginaria paralela a la arista y a una distancia de ésta igual a la cuarta parte del ancho de la pieza.

Zona central de una cara: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza que queda comprendida entre los bordes de la cara. El ancho de esta zona es igual a la mitad del ancho de la pieza.

Escuadría: Expresión numérica de las dimensiones de la sección transversal de una pieza. Se debe especificar en milímetros (mm) de acuerdo a la norma vigente. Como en Chile está arraigado el uso de las pulgadas, se ha considerado conveniente especificar las escuadrías de las piezas indistintamente en ambos sistemas, como por ejemplo: 2" x 4" ó 2x4 ó 41 x 90 mm.

Ancho: Dimensión mayor de la escuadría.

Espesor: Dimensión menor de la escuadría.

a) Defectos propios:

Los defectos propios que más inciden sobre las propiedades de resistencia y durabilidad son:

- **Nudos sueltos**

Abertura de sección relativamente circular, originada por el desprendimiento de un nudo.

Si no interesa su posición en la pieza, la norma establece que se debe calcular el diámetro medio, midiendo su diámetro mayor y menor, en milímetros, y calculando el promedio.

Los agujeros y/o nudos sueltos se pueden ubicar en la arista, en el borde de la cara, en el canto o en la zona central de la cara.

La posición de este defecto es determinante en la magnitud de la alteración que causará en las propiedades resistentes. Así, un agujero, dentro o cerca de un canto, afecta fuertemente la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión. En cambio, un agujero en el centro de la cara alterará más su resistencia de cizalle, cuando se aplica a ella el mismo esfuerzo de flexión.

Ejemplos:



Figura 1-44: Medición de agujero y/o nudo suelto en el borde de la cara.



Figura 1- 45: Medición de agujero y/o nudo suelto en la arista.

- **Rajaduras**

Separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

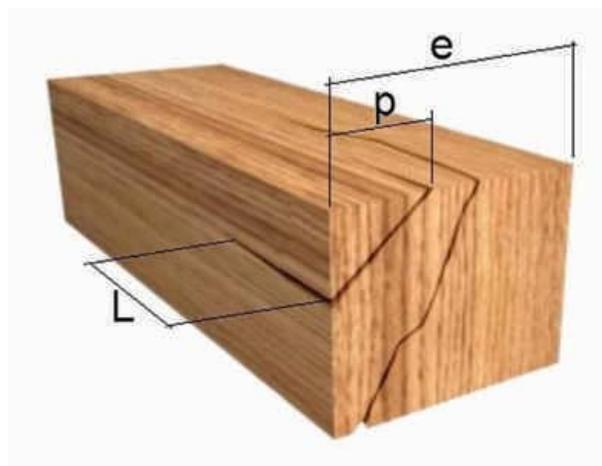


Figura 1- 46: Medición de la longitud de la zona afectada por la rajadura.

- **Grietas**

Separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

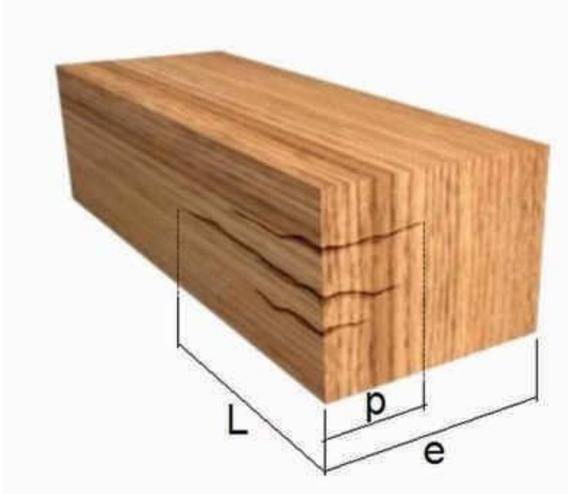


Figura 1- 47: Medición de grietas.

- **Fibra inclinada**

Desviación angular que presentan los elementos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal de la pieza.

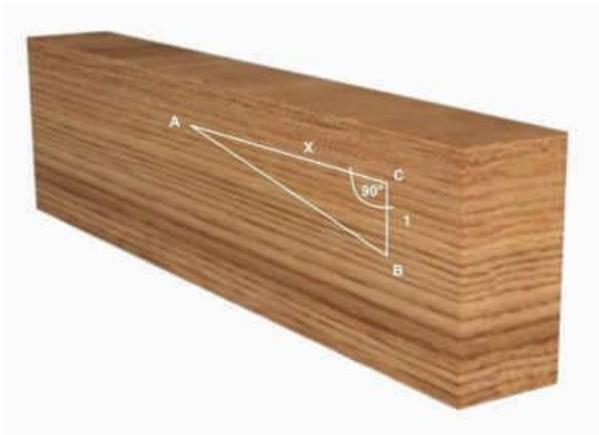


Figura 1- 45: Medición de la desviación de la fibra.

- **Perforación**

Galería u otro tipo de orificio producido por la presencia de insectos taladradores. En cualquier caso, la madera con este defecto debe ser desechada.

- **Pudrición**

Degradación, descomposición y destrucción de madera por presencia de hongos xilófagos y ambiente húmedo. La presencia parcial de putrefacción implica una creciente reducción de la resistencia. No se debe utilizar como material de construcción.

Otros defectos que inciden en la resistencia, pero en menor grado, son:

- **Bolsillo de corteza**

Presencia de masa de corteza total o parcial comprendida en la pieza. Se conoce también como "corteza incluida".

- **Bolsillo de resina**

Presencia de una cavidad bien delimitada que contiene resina o tanino. Se conoce también como "bolsa o lacra".

Los efectos que tiene el bolsillo de corteza y/o resina sobre la resistencia son los mismos descritos para el agujero y/o nudo suelto.

La medición dependerá de la ubicación que tiene el bolsillo en la pieza, el cual se puede ubicar en la arista, borde de la cara, en el canto o en la zona central.



Figura 1- 49: Medición de bolsillo de corteza y/o resina en la zona central de la pieza.

- **Acebolladuras**

Separación de la pieza entre dos anillos consecutivos. Cuando aparece en las caras o cantos, se mide su longitud y separación máxima (mm).



Figura 1 - 50: Forma y medición de una acebolladura.

- **Alabeos**

Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura. Estos son defectos típicos por secado inadecuado, tema que se trata más adelante.

Ejemplo:

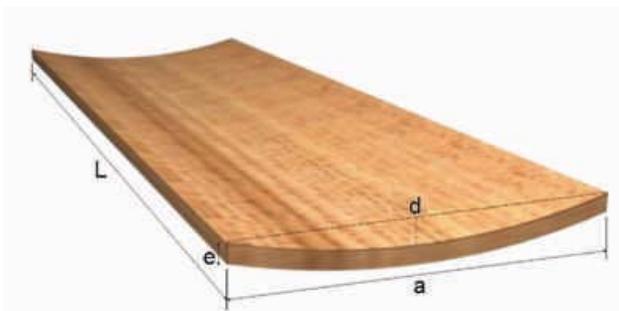


Figura 1-51: Acanaladura, alabeo de las caras en la dirección transversal. Se conoce también como "abarquillado" (en la imagen se muestra la medición de la acanaladura).

- **Colapso**

Reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado, sobre el punto de saturación de las fibras, y se debe al aplastamiento de sus cavidades celulares.

Este defecto no es admisible en la madera, puede afectar la resistencia y además su presencia.

- **Médula**

Corresponde al tejido parenquimatoso y blando de la zona central del tronco. Afecta la clasificación por aspecto de superficies que quedan a la vista.



Figura 1- 52: Medición de médula.

- **Canto muerto**

Se conoce por canto muerto o arista faltante a la falta de madera en una o más aristas de una pieza.

Se mide en la arista, su largo o suma de largos en mm, mayor dimensión en el canto (x) y mayor dimensión en la cara (y).

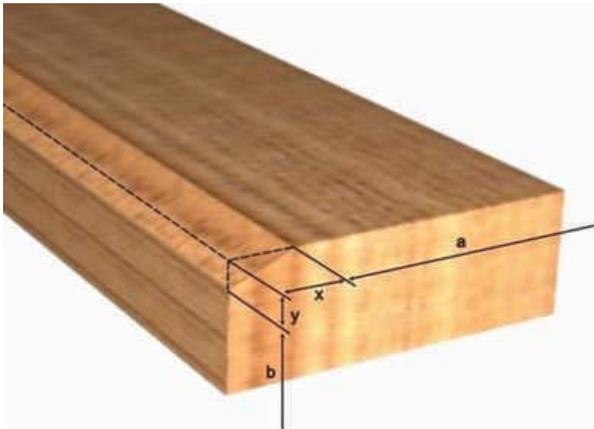


Figura 1 - 53: Medición de la arista faltante o canto muerto.

b) Defectos por elaboración:

- **Escuadría irregular**
Variación de la escuadría nominal de una pieza producida por la desviación del plano de corte durante el aserrío, por ejemplo, sobredimensión.

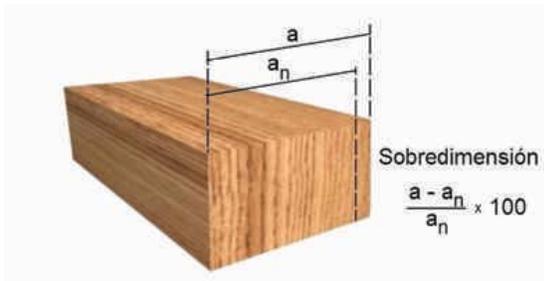


Figura 1 - 54: Escuadría irregular.

- **Grieta**
Separación de los elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

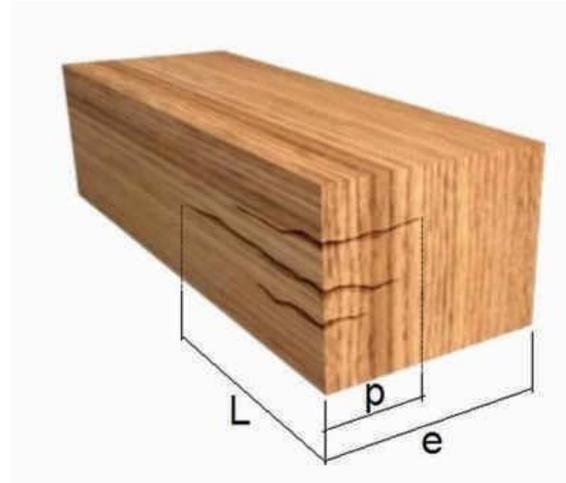


Figura 1 - 55: Medición de una grieta.

- **Marca de sierra**
Depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal.
- **Rajadura**
Separación de fibras de la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

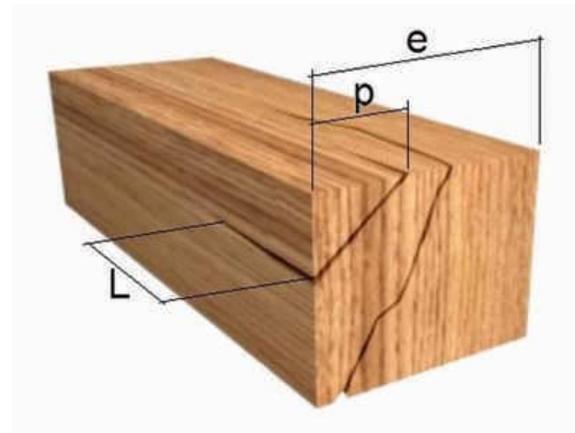


Figura 1 - 56: Medición de la longitud de la zona afectada por rajadura.

- **Cepillo desgarrado**
Levantamiento de fibras en las superficies cepilladas causado por trabajo defectuoso. Ocurre con mayor frecuencia al procesar madera verde.
- **Cepillo ondulado**
Depresiones sucesivas dejadas por cuchillos sobre la superficie de una pieza cepillada.

- **Cepillado incompleto**
Áreas de la superficie de una pieza que quedan sin cepillar.
- **Depresión por cepillado**
Concavidad producida durante el cepillado.



Figura 1 - 57: Depresión por cepillado.

- **Marca de astillamiento**
Depresión en las caras cepilladas, causada por desprendimiento de fibras.
- **Mancha de procesamiento**
Cambio de color que puede ocurrir en la madera durante los procesos de aserrío, cepillado y/o almacenamiento.
- **Quemado**
Carbonización de la madera durante su procesamiento, producida por fricción de la herramienta.

c) Cuidados y consideraciones de piezas de madera para el almacenamiento y protección a pie de obra

Si bien la madera recibida en obra puede llegar en óptimas condiciones, también puede sufrir severas deformaciones que afectan su resistencia o su desempeño en servicio, producto de una deficiente manipulación y/o mal almacenamiento en obra.

Debido a esto, es de suma importancia tomar las siguientes precauciones y consideraciones:

- Almacenar la madera en forma encastillada y protegida de la exposición directa al sol.
- Evitar almacenar la madera en ambientes húmedos.
- Evitar contacto directo de la madera con el suelo.
- Mantener encastillado en orden, evitando piezas arribadas.



Figura 1 - 58: Almacenamiento de la madera en paquetes con uso de separadores.

1.5.3.3.2 Densidad

La densidad es una variable importante para determinar la resistencia de la madera. Esta depende de varios factores, entre los cuales se puede mencionar:

- **Composición de las paredes celulares**
- **Grosor de las paredes celulares**
- **Tamaño de las porosidades**
- **Composición de la celulosa**

1.5.3.3.3 Contenido de humedad

Cuando la madera pierde agua por debajo del punto de saturación de las fibras, cada célula se compacta, lo que provoca mayor rigidez y resistencia de las fibras, y por ende, un incremento de su resistencia.

1.5.3.3.4 Temperatura

En general, las propiedades mecánicas de la madera decrecen al aumentar la temperatura interna, produciendo el efecto inverso cuando se enfría.

1.5.3.3.5 Albura y duramen

Por los tejidos de la albura se conduce la savia desde la tierra a las hojas, siendo de vital importancia en el crecimiento del árbol, además de ser su soporte. En la primera etapa del árbol, su sección transversal corresponde a la albura, luego, parte de ésta se transforma en duramen, cuya única función es el soporte mecánico del tronco.

No existen diferencias significativas entre las propiedades mecánicas de albura y duramen.

1.5.3.3.6 Temporada de corte

En general el árbol se puede talar en cualquiera estación del año, no habiendo ninguna diferencia en sus propiedades, lo importante es que una vez talado, se procede de inmediato a su procesamiento y secado en cámara.

1.5.3.3.7 Tratamiento de la madera

En varios estudios se ha demostrado que el proceso de la impregnación, debido al sometimiento de alta presión para lograr un buen resultado, produce un debilitamiento de la pieza y disminución de su resistencia.

1.6 SECADO DE LA MADERA

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo en el interior de la vivienda (queda incorporada a la vida útil de ésta), sea con fines estructurales o de terminación.

La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

- **Mejora sus propiedades mecánicas: la madera seca es más resistente que la madera verde.**
- **Mejora su estabilidad dimensional.**
- **Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).**
- **Aumenta la retención de clavos y tornillos.**
- **Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.**
- **Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.**
- **Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.**
- **Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.**
- **Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.**

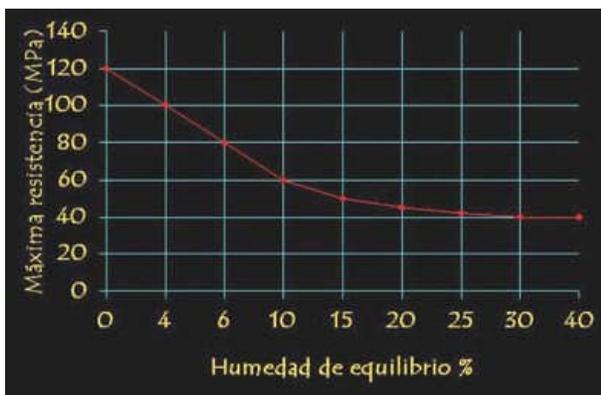


Gráfico 1 - 3: Efecto del contenido de humedad en la resistencia de la madera.

El secado de la madera puede ser realizado a través de dos métodos:

1.6.1 Secado al Aire

Se efectúa simplemente encastillando la madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación de aire en forma expedita y, según las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, el secado de la madera. Tiene la desventaja de ser un proceso lento y poco efectivo.

Los principales factores que influyen en un buen secado al aire son:

- Disponer de una cancha o patio que permita exponer la madera al aire, y que el encastillado sea efectuado de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.
- El mejor sistema de encastillamiento para un secado rápido con el mínimo de agrietamiento y torceduras, es el apilado plano.

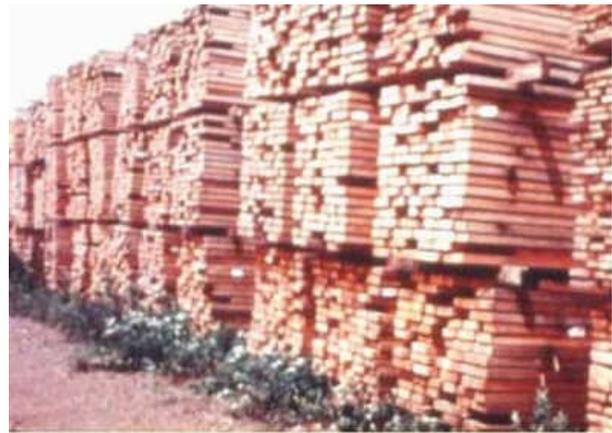


Figura 1 - 59: El adecuado almacenamiento previene los defectos del secado de la madera.

1.6.2 Secado convencional en horno

Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura (80 a 90 °C). Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado.

Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.

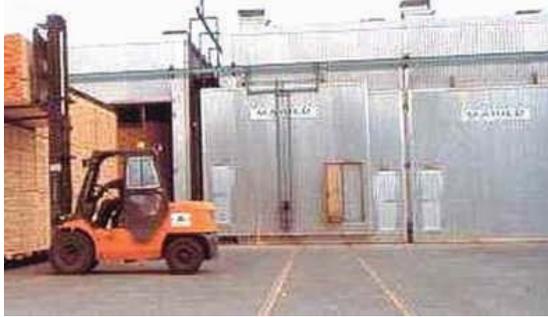


Figura 1 - 60: Secadores de madera, se muestra la carga de los carros.

Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Tiempo de Secado (horas)
78	2.2	120 (40 mm)
80	2.8	100 (40 mm)
90/60	5.0	48 (40 mm)
120/70	6.0	18 (2")
140/90	8.0	11 (2")
200/100	10.0	3 (2")

Tabla 1 - 3: Tabla de secado de Pino radiata.

1.6.3 Defectos por secado

Los defectos por secado se producen cuando se realiza un proceso que genera tensiones internas a nivel de estructura de la madera, siendo los más frecuentes:

1.6.3.1 Arqueadura

La arqueadura o combado es el alabeo de las caras en dirección de las fibras de la madera (NCh 173 Madera-Terminología general). La flecha que se forma por una de sus caras indica el grado de deformación, el cual se debe analizar para determinar el nivel de aceptación que se permite en la madera para un determinado uso.



Figura 1 - 61: Alabeo o deformación de la madera llamado arqueadura.

1.6.3.2 Acanaladura

La acanaladura o abarquillado es un alabeo en dirección transversal a las fibras (según norma NCh173).

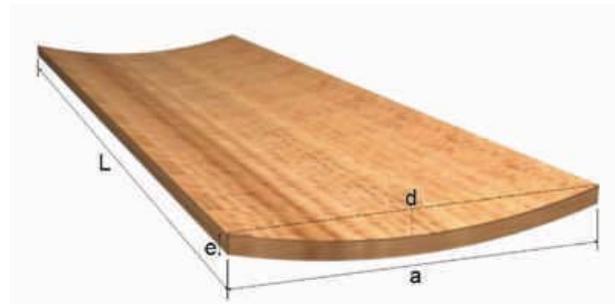


Figura 1 - 62: Alabeo o deformación de la madera llamado acanaladura.

1.6.3.3 Encorvadura

La encorvadura o curvatura lateral corresponde al alabeo de los cantos en el sentido de las fibras (según norma NCh173).

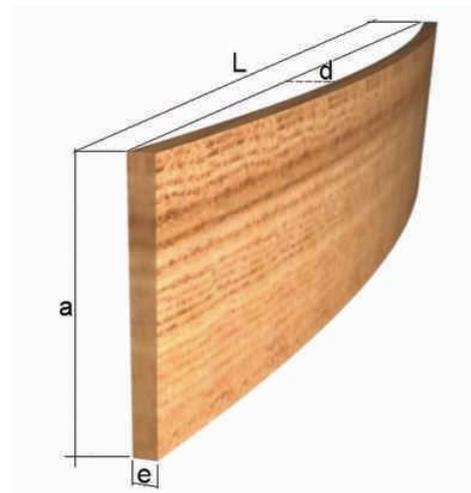


Figura 1 - 63: Alabeo o deformación de la madera llamado encorvadura.

1.6.3.4 Torcedura

La torcedura o revirado es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras (según norma NCh173).

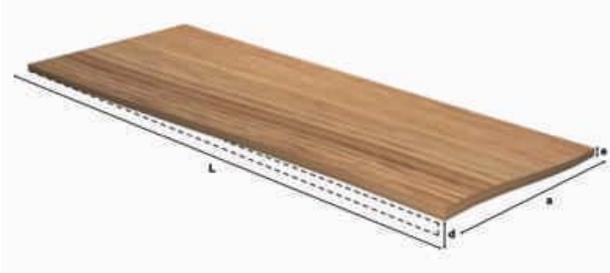


Figura 1 - 64: Alabeo o deformación de la madera llamado torcedura.

1.6.3.5 Colapso

Reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado sobre el punto de saturación de las fibras. Se debe a un aplastamiento de las cavidades celulares.

1.7 LA MADERA PARA CONSTRUCCIÓN

En la construcción de viviendas la madera puede tener tres categorías de uso:

1.7.1 Madera de uso definitivo

Es aquella incorporada a la edificación, ya sea a nivel de estructura o terminaciones, cuyo objeto es cumplir con la vida útil establecida para el edificio, es decir, queda incorporada definitivamente a la vivienda.

1.7.2 Madera de uso transitorio

Cumple la función de apoyar estructuralmente la construcción del edificio, sin quedar incorporada a su estructura al finalizar la actividad. En esta categoría se encuentra, por ejemplo, toda la madera utilizada en encofrados para hormigón.

1.7.3 Madera de uso auxiliar

Es aquella que cumple sólo funciones de apoyo al proceso constructivo. En esta categoría se pueden considerar, por ejemplo, la instalación de faenas, niveletas o tablaestacados, reglas y riostras de montaje, entre otros.

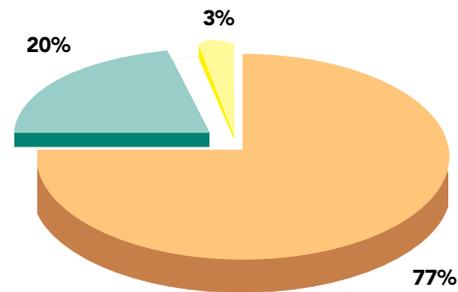
Por ello, no toda la madera utilizada en las actividades de construcción de una vivienda debe tener propiedades, especificaciones y requerimientos iguales, ya que éstas dependerán del destino que tendrá.

Para efectos del presente manual, se entenderá como construcción en madera a aquellas viviendas o edificios cuya estructura está resuelta íntegramente en madera, independiente del material utilizado en la terminación interior o exterior de la edificación.

Dicha estructura debe contar además con un adecuado sistema de arriostamientos, solucionado generalmente con tableros estructurales del tipo contrachapado fenólico o de hebras orientadas, OSB.

También considera la utilización de madera preservada (impregnada), aislación termoacústica, barreras de vapor y humedad, y material resistente al fuego por el interior, como por ejemplo, placas de yeso cartón o fibrocemento.

No considerar alguno de estos componentes, implicará que la estructura no cumpla con adecuados requerimientos de seguridad, habitabilidad y durabilidad.



■ Uso Definitivo ■ Uso Transitorio ■ Uso Auxiliar

Gráfico 1- 4: Distribución de volumen de madera utilizado en viviendas de construcción tradicional.



Figura 1 - 65: Tabiques estructurales típicos de madera de Pino radiata.

No es válido, entonces, hablar de una construcción en madera al referirse a viviendas de emergencia, puesto que estas soluciones no cumplen con especificaciones y requerimientos mínimos para que los usuarios tengan condiciones básicas de calidad de vida.



Figura 1 - 66: *Mediaguas de madera construidas en contacto directo con el suelo (construcción de emergencia).*

Estas construcciones no contemplan barreras de humedad, aislación termoacústica, componentes de resistencia al fuego y protección de la madera. Por eso presentan serios problemas de durabilidad, puesto que normalmente están en contacto directo con el suelo y la madera carece de protección.

Hoy en día se tiene completa claridad de que toda pieza de madera que pasa a formar parte de la estructura o terminaciones de una vivienda debe ser madera seca. Esta es una condición que el mercado de la construcción está exigiendo.

De aquí en adelante, por simplicidad se debe desterrar la referencia de especificar "madera seca". Para realizar una adecuada especificación técnica de madera para uso definitivo en la construcción, se debe incorporar la condición de secado pre-establecido. Por ejemplo: madera seca con un 12% de contenido máximo de humedad.

1.8 CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL PINO RADIATA

La madera de Pino radiata puede ser clasificada estructuralmente mediante dos métodos normalizados. El primero de ellos y el más conocido a nivel nacional, es la **clasificación estructural visual**, la que se basa en establecer en una pieza de madera, la razón de área nudosa presente en su interior, que provoca desmedro o incluso anula las propiedades mecánicas de la pieza. Otro método de clasificación ampliamente utilizado en Chile, pero poco conocido aún, es la **clasificación estructural**

mecánica, la cual consiste en medir el módulo de elasticidad de las piezas por medio de métodos mecanizados y automatizados.

1.8.1 Clasificación estructural visual

Cada pieza de madera, como consecuencia de las características individuales del árbol de origen, posee también características singulares. Por ello, es posible establecer un número indeterminado de **grados estructurales**, pero por razones de economía y conveniencia en la distribución y comercialización, resulta necesario agrupar en cantidad.

Cada **grado estructural** consiste en un agrupamiento de piezas ligeramente diferentes, pero igualmente adecuadas para el uso o aplicación prevista para ellas.

En aquellas clasificaciones destinadas a usos en los que se debe garantizar **propiedades mecánicas admisibles**, las normas de clasificación limitan la presencia de características con efectos reductores sobre dichas propiedades.

Para Pino radiata, se ha podido comprobar que la característica de crecimiento que afecta en mayor proporción las propiedades mecánicas es la **presencia de nudosidades**.

En segundo plano, quedan los efectos de incorporación de médula, inclinación de la fibra y velocidad de crecimiento, entre otros.

Por ello, el criterio de clasificación visual se basa en el riguroso control del tamaño, ubicación y frecuencia de los nudos. Se recurrió para estos efectos al método de **Razón de Área Nudosa, RAN**, desarrollado en Inglaterra y adoptado posteriormente por las principales normativas europeas y de Oceanía.

Descrito en términos simples, consiste en que el clasificador, después de decidir la sección más débil de la pieza, debe visualizar la geometría de proyección del nudo o grupo de nudos presentes en dicho sector.

Para entender lo que se denomina **geometría de proyección de nudos**, se establece como sección de la pieza en estudio, un volumen transparente y cuerpos de nudos en su interior como material opaco.

El método se aplica examinando piezas en terreno, mediante la obtención de gráficos de nudos en las secciones transversales estimadas como críticas.



Figura 1 - 67: Proyección del nudo en la sección interior de la pieza.

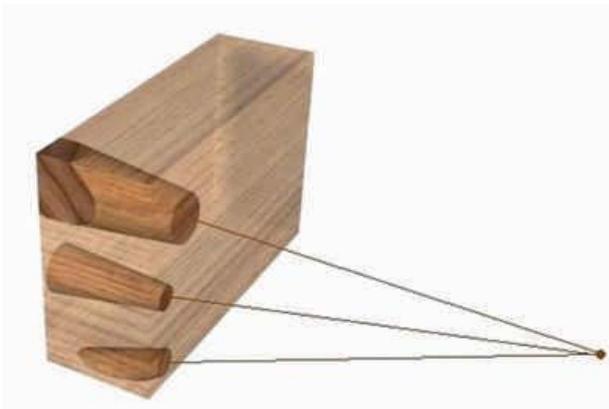


Figura 1 - 68: Proyección cónica del nudo fuera de la sección de la pieza.

En el trazado, se indica que los nudos se desarrollan en forma cónica desde la médula hacia la periferia.

En una clasificación comercial, el técnico clasificador hace una estimación visual de la **RAN**, sin mediciones físicas y en lapsos reducidos. Para ello se basa en la habilidad ganada durante su capacitación por la aplicación de las técnicas descritas.

Los nudos ubicados en zonas de borde se procesan en forma más severa. Por esto, el clasificador debe preocuparse especialmente de los cuartos adyacentes al espesor de pieza (cantos). La razón de área nudosa en las zonas de borde, se designa como **RANB** y en su valoración, se considera siempre el canto más desfavorable de ambos.

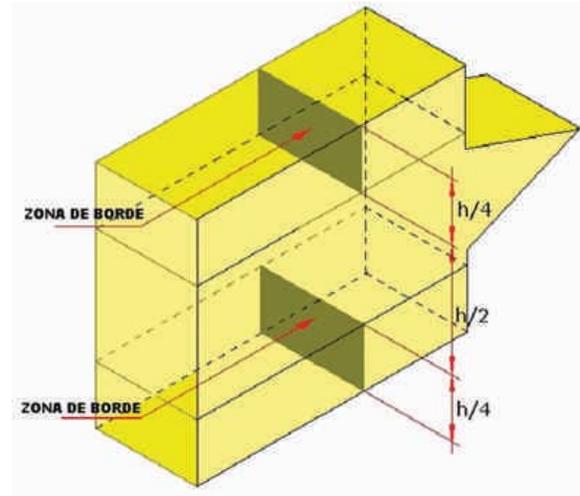


Figura 1-69: Proyección de la zona de borde en una pieza de madera.

Con el objeto de mantener como estándar una tensión admisible en flexión de 5 Mpa que debe resistir la pieza de madera, (según clasificación estándar internacional nivel F5 australiana*), se considera conveniente incorporar en la clasificación el concepto de **condición de borde**, situación que se manifiesta cuando más del 50% de una zona de borde de la sección transversal crítica se encuentra ocupada por nudos.

Al existir una condición de borde, las restricciones de **RAN** para un mismo grado son más rigurosas que las establecidas para situaciones en la que no existe condición de borde.

* La clasificación estructural visual de la madera aserrada de Pino radiata. Comité Regional de Promoción del uso de la madera en la construcción de viviendas sociales. Concepción, Junio 2001.

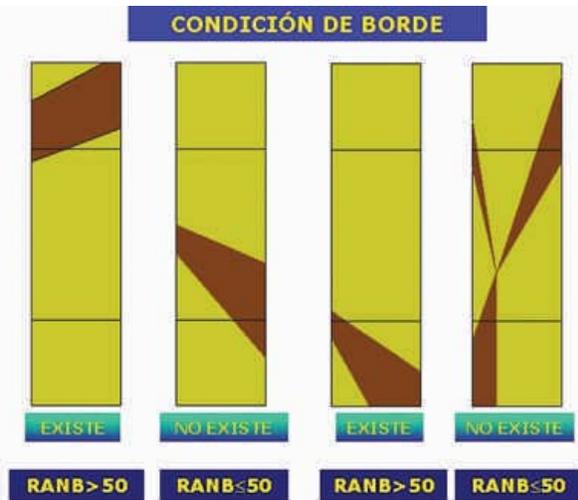


Figura 1-70: Condición de borde según proyección de razón de área nudosa en zonas de borde.

Dependiendo entonces de la razón de área nudosa y la razón de área nudosa en zonas de borde, la madera de Pino radiata puede ser clasificada en tres categorías estructurales:

- **Grado GS** o selecto: es aquel en que RAN fluctúa entre 20 y 33,3% y no existe condición de borde.
- **Grado G1:** Aquel en que RAN fluctúa entre 33,3 y 50% y no existe condición de borde. También corresponde a esta clasificación, si existiendo condición de borde, la RAN no excede el 33,3%.
- **Grado G2:** Aquel en que RAN fluctúa entre 50 y 66,7% y además existe condición de borde.
- Si la pieza presenta en su sección de área nudosa más desfavorable una RAN mayor a 66,7%, simplemente se descarta o rechaza.

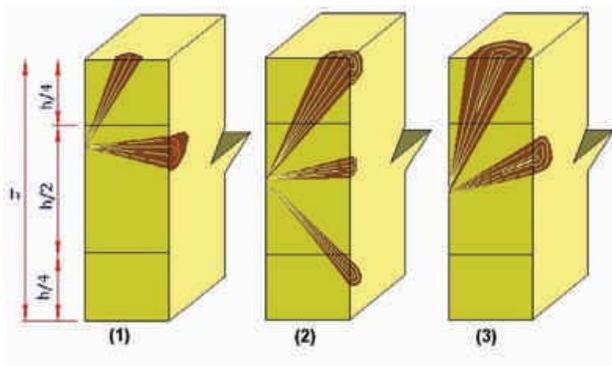


Figura 1-71: Ejemplos de aplicación en la determinación de grados estructurales de la madera.

En la Figura 1-71 se presentan tres ejemplos para interpretar y determinar el grado estructural de la madera, en base a la clasificación estructural visual:

En el caso (1) se puede observar que la RANB, en el cuarto superior de la pieza, es inferior al 50%, por lo tanto no existe condición de borde. Por otra parte, la RAN total de la pieza es inferior al 33%. Luego, la pieza corresponde a una clasificación estructural GS o grado selecto.

En el caso (2), la RANB en el cuarto superior de la pieza es inferior al 50%, por lo tanto, no existe condición de borde. Sin embargo, la RAN en la sección total de la pieza, se encuentra entre 33,3 y 50%. Entonces, la pieza clasifica estructuralmente como G1 o grado 1.

Finalmente, en el caso (3), en el cuarto superior de la pieza la RANB es mayor que 50%, por lo tanto existe condición de borde. No obstante lo anterior, la RAN total en la sección de la pieza es menor que 33,3%. Por lo tanto, la pieza clasifica estructuralmente como G1 o grado 1.

1.8.2 Clasificación estructural mecánica

El concepto de clasificación estructural mecánica de la madera fue estudiado en forma simultánea en varios países a principios de 1960. La inquietud de dicho estudio surgió por la necesidad de mejorar la eficiencia que entregaba la clasificación estructural visual, en la estimación de las propiedades resistentes de la madera.

El proceso de clasificación estructural mecánica sólo se hizo posible cuando se verificó la existencia de una relación entre la resistencia de flexión, compresión y tracción, y el módulo de elasticidad en flexión (E_f), determinado en luces cortas. El posterior diseño de una máquina capaz de medir el E_f permitió la clasificación de piezas de madera con propiedades resistentes superiores a un valor mínimo previamente establecido.

Las actuales máquinas de clasificación estructural usan esencialmente el mismo principio. Cada pieza de madera que se clasifica es deformada en una de sus caras como viga, y la magnitud de fuerza asociada con la deformación constante aplicada por la máquina, permite determinar el valor del E_f .

Con ese valor, se estiman las propiedades resistentes y con ellas, la clasificación de las piezas.

La clasificación estructural mecánica está especialmente indicada para piezas que serán utilizadas como envigados, tijerales, escaleras y muros estructurales.

La madera clasificada estructural en el mercado nacional se rige por la norma británica BS EN-519: 1995 y las piezas comercializadas llevan un timbre que garantiza su resistencia.

Las piezas de madera clasificadas con el sistema estructural mecánico, tienen las siguientes características:

- **Piezas estables y derechas**
- **Cubren luces de hasta 4,80 m en vigas y tijerales**
- **Sus fijaciones ofrecen una mejor retención**
- **El contenido de humedad promedio es del 12%**

En Chile existen máquinas de clasificación estructural mecánica que permiten contar en el mercado con madera clasificada.

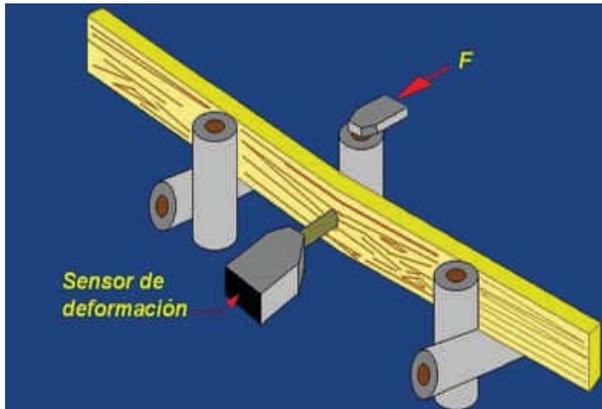


Figura 1 - 72: Esquema de funcionamiento de la máquina de clasificación estructural mecánica.

En la **Tabla 1- 4** se presenta la clasificación estructural de la madera referida a la norma BS EN 368. En ella se indica una serie de propiedades mecánicas de la madera para el cumplimiento de requerimientos estructurales pre-establecidos.

CLASE ESTRUCTURA SEGUN BS EN 368			
PROPIEDAD	UNIDAD	C-16	C-24
Flexión paralela	N/mm ²	5,3	7,5
Tracción paralela	N/mm ²	3,2	4,5
Compresión paralela	N/mm ²	6,8	7,9
Compresión normal	N/mm ²	2,2	2,4
Cizalle paralelo	N/mm ²	0,67	0,71
Módulo de elasticidad promedio	N/mm ²	8.000	10.800
Módulo de elasticidad mínimo	N/mm ²	5.400	7.200
Densidad característica	Kg/m ³	310	350
Densidad promedio	Kg/m ³	370	420

Tabla 1 - 4: Clase estructural de la madera según normativa británica BS-EN 368.

1.9 MADERAS COMERCIALES

Las maderas comerciales pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- Madera aserrada y cepillada
- Molduras de madera
- Maderas reconstituidas
- Maderas laminadas

1.9.1 Madera aserrada y cepillada

La madera aserrada y cepillada se comercializa en piezas cuya dimensión nominal se conoce como **escuadría de la pieza** y se expresa en milímetros.

No obstante lo anterior, para entender las dimensiones de la madera de Pino radiata, es necesario tener presente ciertos aspectos legales y normativos.

De acuerdo a la legislación vigente, en Chile se utiliza el sistema métrico decimal (Ley de 1848). Además, por Decreto Supremo N° 1379 de 1998, Chile adopta el acuerdo de Obstáculos Técnicos de Comercio de ALADI, en el que se consigna el uso obligatorio del Sistema Internacional de Unidades. La Ley de Protección de los Derechos de los Consumidores (Ley N° 19.486, Artículo 32) también consigna el uso del sistema de unidades adoptado por Chile.

Por uso y costumbre, la madera de Pino radiata que se comercializa en Chile utiliza como unidad para espesor y ancho la pulgada y como unidad para volumen, la pulgada maderera.

Con el objeto de facilitar la comprensión y promover el buen uso de la nueva norma chilena NCh 2824 Of. 2003, Maderas - Pino radiata - Unidades dimensiones y tolerancias, se introduce el concepto de **Denominación Comercial (DC)**, que corresponde a una designación adimensional de las dimensiones nominales de piezas de madera de Pino radiata.

Por ello, a partir de una pieza de madera expresada en dimensiones nominales, se pueden establecer o especificar tres tamaños de escuadría:

- **Aserrada verde**
- **Aserrada seca**
- **Cepillada seca**



Figura 1-73: Piezas de madera cepillada de Pino radiata de diferentes escuadrías.

En el Anexo I se presenta la tabla de espesores y anchos nominales para madera de Pino radiata y sus dimensiones, según la elaboración que se especifique.

DIMENSION NOMINAL (mm)	DENOMINACION COMERCIAL (adimensional)
13	1/2
19	3/4
25	1
38	1 1/2
50	2
63	2 1/2
75	3
88	3 1/2
100	4
125	5
150	6
175	7
200	8
225	9
250	10

Tabla 1- 5: Equivalencias entre la dimensión nominal y la denominación comercial.

La madera de Pino radiata puede tener los siguientes usos:

- **Construcción pesada**
- **Postes de transmisión**
- **Postes de cerco y rodrgones**
- **Estructura para construcción**
- **Vigas, techos, cerchas**
- **Pisos**
- **Revestimientos exteriores**
- **Revestimientos interiores**
- **Muebles y guarniciones interiores**
- **Embalajes**
- **Moldajes o encofrados**
- **Chapas**
- **Contrachapados**
- **Pulpa mecánica**
- **Pulpa química (celulosa)**
- **Tableros de fibra**
- **Tableros de partículas**

1.9.2 Molduras de madera

Las molduras se obtienen a partir de madera aserrada seca a la cual, por medio de máquinas, herramientas y equipos especiales, se confiere una determinada forma para cumplir en servicio con objetivos específicos de terminación, acabado, protección y decoración.

Las molduras de madera comúnmente comercializadas se clasifican en tres grupos :

Grupo 1: Molduras Interiores (MI)

Son molduras para utilizar en forma horizontal o vertical para el revestimiento interior de tabiques y en aplicaciones tales como:

- Cielos (C)
- Pisos (P)

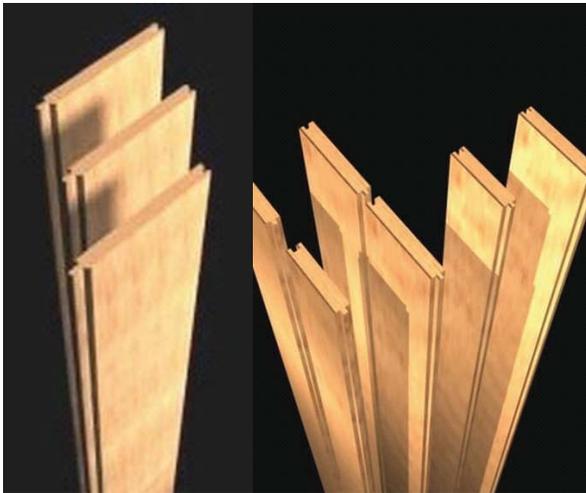


Figura 1 - 74: Molduras para revestimiento interior que se pueden disponer en forma horizontal o vertical.

Grupo 2: Molduras Exteriores (ME)

Molduras utilizadas exclusivamente en forma horizontal, para el revestimiento exterior de tabiques. Las molduras exteriores sólo se clasifican en:

- Revestimiento horizontal (R)



Figura 1 - 75: Moldura usada en forma horizontal para el revestimiento exterior de tabiques.

Grupo 3: Molduras Decorativas (MD)

Molduras utilizadas en terminaciones generalmente de carácter decorativo, tales como:

- Balaustres (BA)
- Cornisas (CO)
- Cuarto rodón (CR)
- Esquineros (ES)
- Guardapolvos (GP)
- Junquillos (JN)
- Pilastras (PL)
- Tapajuntas (TJ)



Figura 1 - 76: Perfiles de madera de pino radiata, guarda polvos y pilastras.

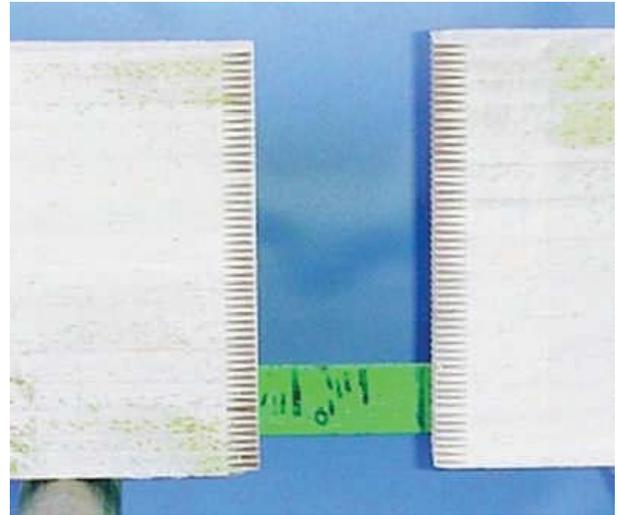


Figura 1 - 79: Perfiles decorativos de uso interior con unión finger-joint que serán pintados como terminación.



Figuras 1 - 77 y 78: Uniones mediante finger-joint o multidedo: se basan en realizar un dentado y contradentado a la madera, aumentando al máximo la superficie de unión, y por tanto la resistencia de ésta. La tecnología finger-joint se basa en que la unión de las partes se realice mediante la zona lateral de los dedos, por lo que siempre debe quedar un mínimo espacio en la testa de los dedos.

GRUPO	APLICACIÓN / NOMBRE	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES NOMINALES (mm)	CARA DE AVANCE (Designación WMPA)	PERFIL DE LA MOLDURA
1	Revestimiento	MI/R-7	19 x 115	108	
	Revestimiento	MI/R-15	19 x 140	126	
	Cielo	MI/C - 1	8 x 65	60	
	Piso	MI/P - 3	19 x 90	83	
2	Revestimiento	ME/R - 4	19 x 114	98	
3	Balaustro	MD/BA - 1	32 x 32	-	
	Cornisa	MD/CO - 1	14 x 32	-	
	Guardapolvo	MD/GP - 2	14 x 45	-	

Tabla 1- 6: Ejemplos representativos de molduras de madera por aplicación, designación y perfil, según norma chilena NCh 2100 Of 2002.

La designación y dimensiones para molduras de madera están definidas en la norma chilena NCh 2100 CR 2002, Maderas-molduras- designaciones y dimensiones. En la Tabla 1- 6 se indican ejemplos representativos de molduras de madera ordenados por aplicación, dimensiones y perfil.

1.9.3 Maderas reconstituidas

Se entiende por maderas reconstituidas todo panel (nombre genérico que se refiere a material que se produce en fábrica) elaborado con derivados de la madera. El grupo más importante lo forman los tableros a base de madera que pueden ser de madera maciza, chapas, cintas, partículas, fibras, cortezas o a partir de otras materias primas lignocelulósicas en forma de tallos, partículas o fibras que dan origen a:

- **Tableros contrachapados**
- **Tableros de fibra**
- **Tableros de partículas**
- **Tableros enlistonados (placa carpintera)**

La ligazón requerida entre los derivados de la madera que conforman el tablero se logra por las propiedades adhesivas inherentes al material (algunos tableros de fibras) o por la adición de agentes de aglutinación orgánicos (tableros de partículas) durante su fabricación o bien un aglutinante inorgánico como el cemento Portland, obteniendo o aumentando determinadas propiedades del tablero.

Estos tableros pueden ser utilizados en una amplia gama de soluciones que van desde requerimientos estructurales hasta fines decorativos y equipamiento (muebles, clóset y otros). Dependiendo del tamaño de los granos de madera, del tipo de chapa que se utilice, el adhesivo y tipo de unión, se clasifican en:

- **Tableros estructurales**
- **Tableros no estructurales**

1.9.3.1 Tableros estructurales:

- **Contrachapados**
- **De hebras orientadas (OSB)**

1.9.3.1.1 Tableros contrachapados (Plywood)

El tablero contrachapado, según la Norma NCh 724 Of. 79 (Paneles a base de madera, tableros, vocabulario), es aquel formado por superposición de láminas previamente encoladas. En general las láminas se disponen simétricamente a ambos lados de una lámina central o alma, de modo que los granos de dos láminas consecutivas se crucen entre sí, generalmente en ángulo recto.

Los tableros contrachapados son elaborados principalmente a base de chapas o folias de Pino radiata, las cuales se adhieren entre sí perpendicularmente al sentido de sus fibras, siempre en caras impares, para lograr mayor estabilidad y resistencia.



Figura 1 - 80: Contrachapados según diferentes espesores.

La fabricación de estos tableros comprende la colocación de una chapa sobre la otra con sus fibras orientadas en forma perpendicular.

Están constituidos por un número impar de chapas, en que las exteriores tienen la fibra orientada en sentido longitudinal del tablero.

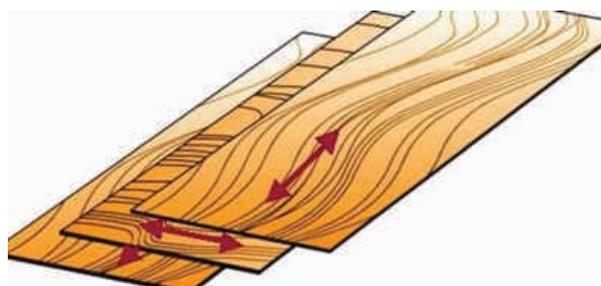


Figura 1 - 81: Número impar de chapas, la orientación de las fibras es perpendicular entre las chapas.

Dependiendo del uso requerido, sus caras pueden presentar grados de terminación variados, si son especificados para fines estructurales o en la confección de moldajes para hormigón.



Figura 1 - 82: Tablero contrachapado con grados de cara C/D para fines estructurales o soportantes, en elementos horizontales, inclinados y verticales de construcción.



Figura 1 - 83: Tablero contrachapado con grados de cara An/B para confección de moldajes en hormigón, revestimientos interiores, muebles, clóset y elementos decorativos.

Los principales grados de cara de los tableros contrachapados de Pino radiata se indican en la siguiente tabla:

GRADO	DESCRIPCION
An	Cara sólida, libre de nudos mayores de 10 mm y lijada. Sin reparaciones sintéticas. Sólo se permiten reparaciones con pasta base de madera
B	Cara sólida con reparaciones menores. Se permiten nudos ocasionales firmes, de hasta 20 mm y defectos de lijado menores.
C	Superficie sin lijar. Se permiten nudos firmes e imperfectos hasta 40 mm. También acepta perforaciones hasta 25 mm.
D	Superficie no reparada, permite nudos firmes y sueltos, agujeros de nudos hasta 65 mm. Se aceptan grietas y partiduras hasta 25 mm.

Tabla 1- 7: Equivalencias entre la dimensión nominal y la denominación comercial.

En la fabricación de tableros contrachapados se pueden identificar las siguientes etapas de producción:

• **Tronzado**

Es una operación que tiene por objeto sanear y dimensionar la longitud de trozas antes de la entrada al torno de debobinado.

• **Descortezado**

Se elimina la corteza de las trozas para evitar que piedras y arenas incrustadas deterioren los cuchillos del torno de debobinado.

• **Estufado o vaporizado**

Consiste en sumergir en agua caliente o aplicar vapor a la troza ya descortezada por un período de 12 a 48 horas, con el objeto de ablandarla y facilitar el debobinado.

• **Debobinado**

Es la operación clave en la fabricación de los tableros contrachapados. Consiste en situar la troza centrada en los puntales de la máquina debobinadora, mediante un lector óptico.

Los puntales o garras del debobinador, hacen girar la troza a una velocidad determinada y constante. Posteriormente un cuchillo debobinador la desmenuza hasta un diámetro de 8 a 12 cm aproximadamente, obteniendo un producto secundario (polín).

• **Cizallado**

En esta etapa se dimensiona el ancho y longitud de las chapas.

• **Secado**

Etapla previa al encolado en que las chapas son secadas hasta alcanzar 7 a 8% de humedad.

• **Encolado**

Se realiza mediante rodillos encoladores. Se utilizan adhesivos de tipo fenol formaldehído, los cuales confieren a estos tableros elevadas características de resistencia, tanto en ambientes secos como húmedos o a la intemperie.

• **Formación**

Se realiza disponiendo transversalmente las chapas pares encoladas y las impares sin encolar.

• **Prensado**

Se realiza mediante prensas de platos planos en caliente y por acción hidráulica.

• **Escuadrado**

Se realiza el corte y saneado de cantos en los tableros.

- **Lijado y calibrado**

Tiene por objeto dar el espesor final al tablero, así como la calidad de la superficie, de acuerdo a los grados anteriormente señalados.



Figura 1 - 84: Ejemplos de aplicación de los tableros contrachapados en requerimientos estructurales y decorativos.

Más adelante se indicarán las principales utilizaciones, formatos y espesores de estos tableros y su forma de colocación y fijación a los entramados de madera.



Figura 1-85: Ejemplo de aplicación de tableros contrachapados en moldajes para elementos de hormigón armado.

1.9.3.1.2 Tableros de hebras orientadas (OSB)

Los tableros de hebras orientadas (Oriented Strand Board, OSB) son fabricados en base a hebras de madera rectangulares, adheridas con ceras y adhesivos fenólicos. Dispuestas en tres capas orientadas perpendicularmente entre sí, prensadas a alta temperatura y presión, cortadas, selladas en los cantos y embaladas. El uso de resinas fenol formaldehído (resistentes al agua) les confiere elevadas características de resistencia física y mecánica.

Se recomiendan especialmente para aplicaciones estructurales en elementos verticales, inclinados y horizontales.

Los formatos y espesores de estos tableros y su forma de colocación y fijación a los entramados de madera, se indicarán más adelante.

Se recomienda al adquirir estos tableros exigir la certificación del proceso de fabricación por una entidad especializada.

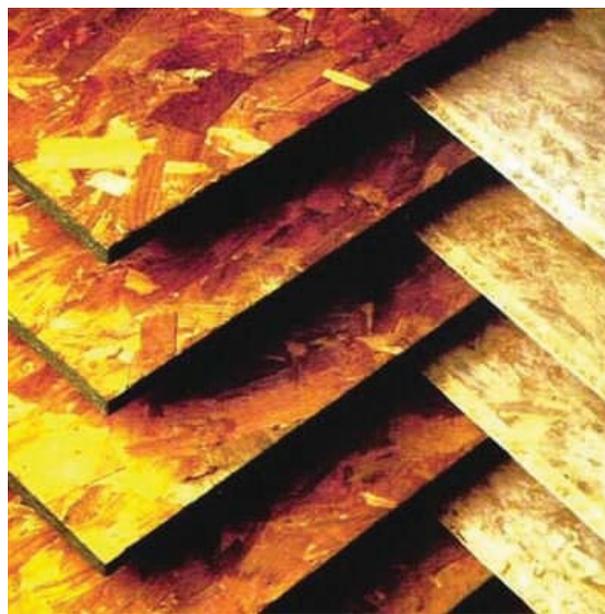


Figura 1 - 86: Tablero de hebras orientadas OSB.



Figura 1 - 87 : Construcción en altura en estructura de madera y tableros de hebras orientadas, como elemento arriostrante de los entramados verticales.

1.9.3.2 Tableros no estructurales

- De fibra
- De partículas
- De listones

1.9.3.2.1 Tableros de fibra

Los tableros de fibra son aquellos formados a base de madera desfibrada u otros materiales lignocelulósicos fibrosos, sometidos a alta presión y temperatura sin el uso de cola o aglutinante, conformando un tablero duro y delgado (NCh 724 Paneles a base de madera – Tableros - Vocabulario).

Se clasifican en base a sus densidades y método de fabricación, dividiéndose en prensados y no prensados.

Se distinguen:

1.9.3.2.1.1 Tableros de fibras prensadas

a) Tableros de fibras HDF (High Density Fiber)

La densidad de estos tableros fluctúa entre 0,8 y 1,2 gr/ cm³.

Se presentan dos tipos:

- Tableros corrientes, tal como se producen en fábrica.
- Tableros sometidos a tratamientos después de fabricados, como calentamiento especial para aumentar su solidez y resistencia al agua o pueden ser inmersos en mezcla de aceites secantes.

Las aplicaciones de estos tableros en la construcción son en revestimientos de puertas interiores y muebles de cocina.

Por su bajo espesor no se recomiendan para usos estructurales.

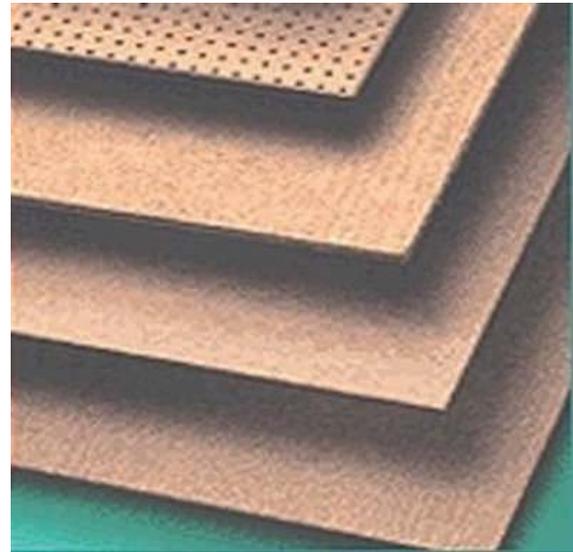


Figura 1 - 88 : Tableros de fibras HDF.

b) Tableros de fibras MDF (Medium Density Fiber)

Los tableros de fibras de densidad media son fabricados en forma similar a los de HDF, sin embargo su densidad sólo fluctúa entre 0,4 y 0,8 gr/cm³.

Por las características del tablero, se recomienda su uso especialmente en la industria del mueble, pudiendo ser aplicado también en construcción bajo ciertos criterios especiales de aplicación.



Figura 1 - 89: Los tableros de MDF poseen la característica de ser fácilmente moldeables, fresables y cortables.



Figura 1 - 90: Ejemplo de aplicación de MDF en la fabricación de molduras (pilastras, cornisas, cubrejuntas, tapajuntas) repintadas para terminaciones interiores.

1.9.3.2.1.2 Tableros de fibras no prensadas

Son tableros de una densidad máxima de 0,4 gr/cm³.

Se identifican dos tipos:

- Tableros aislantes semi-rígidos, cuya densidad está entre 0,02 y 0,15 gr/cm³. Su utilización principalmente es como aislante térmico y acústico.
- Tablero aislante rígido, cuya densidad está entre 0,15 y 0,40 gr/cm³. Su utilización también es como aislante.

1.9.3.2.2 Tableros de partículas

Tableros de madera formados por partículas de 0,2 a 0,5 mm de espesor con un aglutinante orgánico, en unión de uno o más de los siguientes agentes:

- Calor
- Presión
- Humedad
- Catalizador

Se excluyen los tableros de lana de madera u otros con aglutinantes inorgánicos.

Se clasifican según su densidad y según el método con que son fabricados:

- Tableros de partículas de baja densidad. Densidad hasta un máximo de 0,4 gr/cm³. Se utilizan como paneles aislantes del ruido y calor.
- Tableros de partículas de densidad media. Su densidad fluctúa entre 0,40 y 0,80 gr/cm³.

En el proceso de fabricación también intervienen métodos de presión y temperatura.

Pueden utilizarse como revestimiento de tabiques divisorios interiores, muebles, clósets y elementos decorativos, cuando se les incorpora además, enchapados de madera o cubiertas melamínicas.

- Tableros de partículas de gran densidad. Densidad superior a 0,80 gr/cm³.

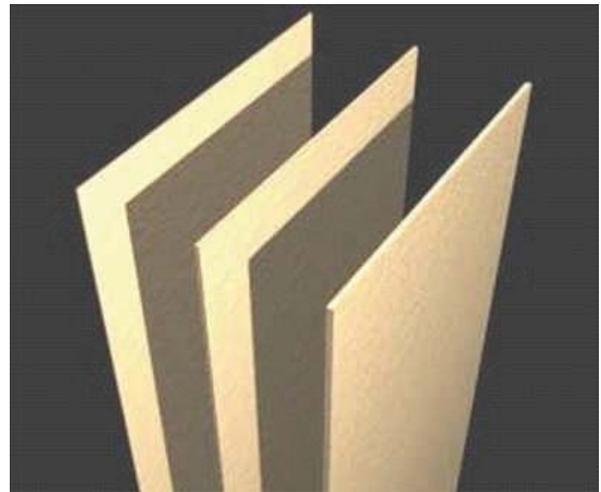


Figura 1 - 91: Tableros de partículas utilizados como divisiones interiores de clóset, revestimientos de tabiques interiores.

1.9.3.2.3 Tableros enlistonados

También conocidos como placa carpintera, son tableros formados a base de tablas, tablillas o listones angostos, dispuestas una junto a otra conformando un panel recubierto con chapas por ambas caras.

Se clasifican en:

- **Entulipados:** formados por un alma de tablas, tablillas o listones y láminas de madera (tulipa), cuya terminación es lijado apto para ser pintado. Su uso normal es como moldajes de hormigón a la vista.

- **Enchapados:** semejantes a los entulipados, a los que se pega en ambas caras enchapaduras de maderas finas (especies nativas). Su uso normal es como muebles y revestimiento.

1.9.4 Madera laminada

1.9.4.1 Introducción

La madera laminada es un producto industrial que se ha utilizado en el mundo desde hace muchos años, pero en las últimas cuatro décadas su uso se ha incrementado notoriamente. Este producto tiene una alta aplicación en la vida cotidiana de las sociedades desarrolladas, desde la construcción de edificaciones hasta reemplazar productos que provienen de recursos naturales, por lo que ha adquirido un alto valor industrial y social.

Es un material renovable, acumulador natural de energía solar, poco necesitado de energía de transformación, no productor de agentes contaminantes y completamente reutilizable o reciclable.

En Chile se fabrica con Pino radiata, uniendo piezas entre sí por medio de unión finger-joint en sentido longitudinal y una pieza sobre otra, pegadas con adhesivo en las caras.

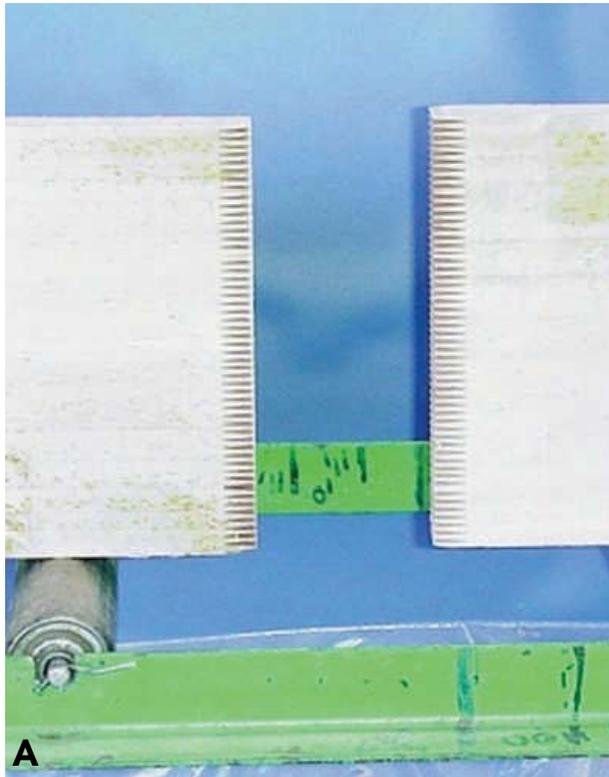


Figura 1 - 92: A) Pieza de Pino radiata en que se ha eliminado nudo, se somete al proceso de confección de los dedos para la unión. B) Unión de las piezas, logrando continuidad de la pieza.



Figura 1 - 93: Unidas las diferentes piezas por las caras, se somete al cepillado lateral.

Se pueden desarrollar diversas formas y dimensiones, tanto en escuadría como en largo.



Figura 1 - 94: Vigas curvas de variados radios circulares o de radios compuestos.

El resultado es la fabricación de grandes vigas, tanto rectas como curvas, que permiten cubrir grandes luces.



Figura 1 - 95: Aplicación de la madera laminada en estructuras de grandes luces, construcción industrial.

Elementos estructurales fabricados bajo condiciones técnicamente controladas. La unión con adhesivos es de calidad estructural y resistente a condiciones climáticas.

Normalmente, la madera laminada es fabricada con Pino radiata de calidad estructural grado G2 o superior, especificada en la norma chilena NCh 1198, seca en cámara y con un contenido de humedad inferior al 14%.

En su fabricación están presentes las normas NCh 176-1, NCh 992, NCh 1207, NCh 2148, NCh 2149, NCh 2150 y NCh 2151.



Figura 1 - 95: Aplicación de la madera laminada en estructuras de grandes luces, construcción industrial, arquitecto José Cruz Ovalle.

La madera cuando está expuesta a la intemperie, puede ser atacada por distintos elementos xilófagos o biológicos, viento, lluvia, y la acción solar; rayos UV e infrarrojos.

Para evitar su acción destructiva, la madera se somete a un proceso de impregnación, por medio del cual se introduce a presión un compuesto químico, a base de cobre-cromo-arsénico, que reacciona con la celulosa y lignina, formando un precipitado insoluble que modifica la composición del material leñoso; por lo tanto, lo inutiliza como alimento para los diferentes xilófagos.

1.9.4.2 Características y propiedades

Dadas sus características naturales y adecuados diseños, la madera laminada ofrece grandes ventajas con respecto a estructuras de acero u hormigón, tales como:

- **Liviandad:** el peso propio de los elementos laminados son bastante inferiores a los elementos tradicionales de acero u hormigón, significando una reducida inercia, que en países sísmicos como Chile constituye una importante ventaja.



Figura 1 - 97: Pasarela peatonal ciudad de Concepción, arquitecto Ricardo Hempel.

- **Flexibilidad:** se logran diseños de formas diversas, cubriendo grandes luces sin apoyos intermedios.



Figura 1 - 98: Flexibilidad en las soluciones constructivas con aporte a la estética.

- **Aislación térmica:** como ya se mencionó, la madera tiene una transmitancia térmica inferior a los materiales tradicionales (acero y hormigón), lo que significa excelentes propiedades aislantes.
- **Resistencia química:** En ambientes ácidos o alcalinos no reacciona con agentes oxidantes o reductores.



Figura 1 - 99: Pasarela peatonal ciudad de Valparaíso, arquitecto José Cruz Ovalle.

- **Resistencia al fuego:** La madera laminada resiste por largo tiempo una eventual exposición ante las llamas. Muchos ensayos han demostrado que sólo se compromete 1,5 a 2,0 cm de la superficie exterior.



Figura 1 - 100: Resultado del ensayo a la resistencia al fuego.

- **Estética:** el grado de terminación y calidez de la madera se hace presente en forma notable en las estructuras de madera laminada encolada.



Figura 1 - 101: Museo interactivo, ciudad de Santiago. Arquitecto Martín Hurtado Covarrubias.

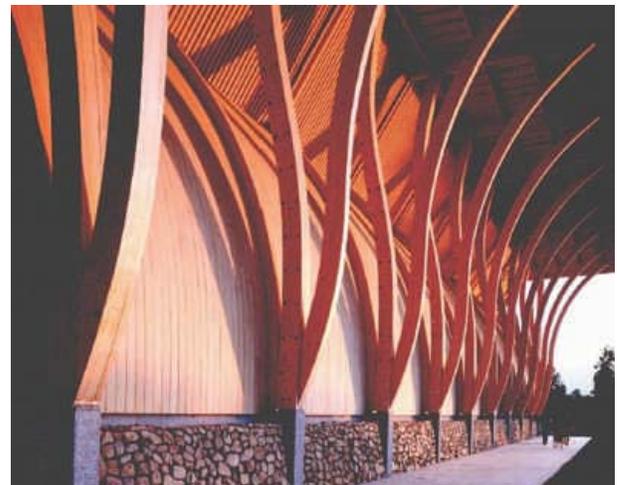


Figura 1 - 102: Viña Pérez Cruz, arquitecto José Cruz ovalle.



Figura 1 - 103: Viña Los Robles, arquitecto José Cruz Ovalle.

1.9.4.3 Mantenimiento de una estructura de madera laminada

No se necesita inmunizar la madera frente a la acción de elementos biológicos macrocelulares, insectos y perforadores marinos, pero sí se debe proteger su superficie con productos que tengan propiedades impermeabilizantes para evitar la captación de humedad por lluvia y/o humedad ambiental que puede generar proliferación de hongos manchadores y/o pudrición. Estos productos también tienen propiedades de filtro solar, protegiendo la acción oxidante de rayos ultravioletas e infrarrojos.

El viento tiene un efecto únicamente abrasivo, del punto de vista estético, al transportar partículas de tierra u otros que ensucian los materiales. En este caso se usa como protector un producto compuesto que posee propiedades preservantes e hidrorrepelentes fácilmente lavables.

BIBLIOGRAFIA

- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered wood Construction", Washington D.C, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU. 1996.
- American Plywood Association, "Noise-rated Systems", EE.UU. 2000.
- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.
- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, 1991.
- Burrows, D, "Técnicas Básicas de Carpintería", Editorial Albatros S.A.C.I, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, 1991.
- Code NFPA; "Building Energy", EE.UU., 2002.
- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Gilbert, V; Lazcano, R; Martin, F; Vall-Ilosera, E, "Trabajos en Madera", 1° Edición, Ediciones Parramón S.A, España, 1997.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E, "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU., 1998.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- La clasificación estructural visual de la madera aserrada de Pino radiata. Comité Regional de Promoción del uso de la madera en la construcción de viviendas sociales. Concepción, Chile, 2001.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc, Nueva York, EE.UU., 2001.
- Primiano, J, "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Villasuso, B, "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Spence, W, "Residencial Framing", Sterling Publishing Company Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.ine.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.awpa.com (American Wood-Preservers Association).
- www.awpi.org (American Wood Preservers Institute).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.agctr.lsu.edu/termites/ (Louisiana State University).
- www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm (University of Toronto, Faculty of Forestry).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).
- www.canadianrockport.com (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).
- www.lpchile.cl (Louisiana Pacific Ltda.).
- www.douglashomes.com (Douglas Homes).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 176/1 Of 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.
- NCh 176/2 Of1986Mod.1988 Madera – Parte 2: Determinación de la densidad.
- NCh 176/3Of1984 Madera Parte 3: Determinación de la contracción radial y tangencial.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 630Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 760Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.
- NCh 761 Of 1980 Paneles a base de madera- Tableros – Determinación de las dimensiones y de la forma.
- NCh 762 Of1976 Planchas y tableros a base de madera – Determinación del contenido de humedad.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 819 Of.2003 Madera preservada - Pino radiata – Clasificación y requisitos.
- NCh 969 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas- Condiciones generales para los ensayos.
- NCh 973 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela.
- NCh 974 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- NCh 975 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tracción perpendicular a las fibras.
- NCh 976 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.
- NCh 977 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de clivaje.
- NCh 978 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de dureza.
- NCh 979 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de extracción de clavo.
- NCh 986 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tenacidad.
- NCh 987 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.
- NCh 992 E Of.72 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1040 c1972 Madera – Madera contrachapada para usos generales – Especificaciones.
- NCh 1198Of 1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

- NCh 2059 Of 1999 Maderas – Tableros de fibra de densidad media y tableros de partículas-Determinación del contenido de formaldehído -Método de extracción denominado del perforador.
- NCh 2100 Of. 2003 Maderas – Molduras – Designación y dimensiones.
- NCh 2100 Of 1992 Maderas – Perfiles – Dimensiones nominales y tolerancias.
- NCh 2149 Of.89 Madera – Madera aserrada – Determinación del módulo de elasticidad en flexión – Método de ensayo no destructivo.
- NCh 2150 Of.89 Mod. 1991 Madera laminada encolada – Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de Pino Radiata.
- NCh 2151 Of.89 Madera Laminada encolada estructural – Vocabulario.
- NCh 2165 Of. 1991 Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de Pino radiata.
- NCh 2824 Of. 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

Unidad 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO



Unidad 2

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los aspectos que serán tratados en esta unidad se refieren a los factores que afectan a la madera por el hecho de ser materia orgánica, susceptible al ataque de seres vivos que pueden provocar su total degradación, a la acción de agentes bióticos que pueden destruirla o degradarla y al tratamiento necesario en función de los requerimientos de durabilidad a que vaya a estar expuesta la madera en servicio o encastillada para ser montada y formar parte de una estructura de una vivienda de madera.

Por estas razones, la imagen generalizada que se tiene de la madera es de un material poco durable. La verdad es que sólo en parte se puede afirmar que es así, ya que si se analiza que frente al oxígeno del aire la madera no reacciona, como sucede con los metales que se oxidan, o que es muy poco sensible a la luz que degrada los plásticos, se puede concluir que la madera es prácticamente inalterable por los agentes físicos del medio ambiente.

Por otro lado, con respecto a la presencia de insectos y hongos (agentes bióticos), la madera no es susceptible de ser atacada en todas las condiciones, existen soluciones arquitectónicas que permiten evitarlo, entre otras formas.

La idea de durabilidad que se tiene de otros materiales es difícil compararla con la de la madera. Si bien la madera se degrada, se debe tener presente en qué condiciones esto ocurre, ya que existen un sinnúmero de protectores que garantizan su durabilidad.



Cubierta de madera sin mantención



Cubierta de madera con mantención

Figura 2-1: Madera con y sin mantención contra agentes externos.

Basta recordar los cientos de años que se han mantenido las estructuras de innumerables catedrales en Europa e iglesias de la isla grande de Chiloé en el Sur de Chile, por el simple hecho de haber previsto una pequeña mantención para proteger la estructura contra la humedad del ambiente.

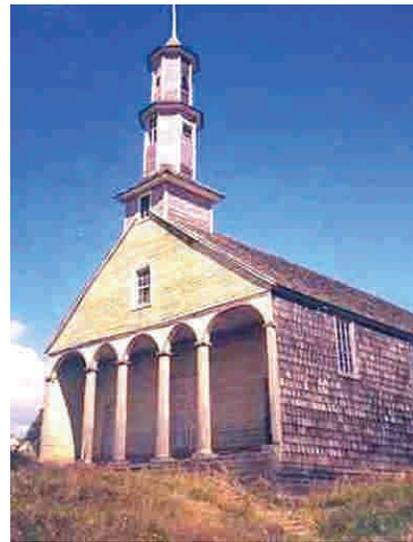


Figura 2 - 2: Iglesia de Vilupulli, con cinco arcadas coronadas por una torre de 22 metros de altura, construcción típica del siglo XVIII, visitada por Darwin en 1834.

2.2 AGENTES BIÓTICOS DESTRUCTORES DE LA MADERA

La degradación de la madera se puede deber a diferentes causas y es importante saber en cada caso, el principal agente causante de dicha degradación, lo que permitirá elegir el modo de proteger la madera.



Figura 2 - 3: Degradación de la madera.

2.2.1 Causas biológicas:

Para que los agentes biológicos se desarrollen y subsistan se requiere que existan ciertas condiciones como son:

- Fuente de material alimenticio para su nutrición.
- Temperatura para su desarrollo. El intervalo de temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C.
- Humedad entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no existe el suficiente oxígeno para que pueda vivir.
- Una fuente de oxígeno suficiente para la subsistencia de los micro-organismos.

Al existir las condiciones descritas, el ataque biológico es factible que ocurra, pudiendo producir alteraciones de importancia en la resistencia mecánica de la madera o en su aspecto exterior.

2.2.1.1 Hongos cromógenos

Se caracterizan por alimentarse de las células vivas de la madera.

El efecto importante que producen es un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular.



Figura 2 - 4: Piezas de madera machihembrada de Pino Radiata, la que fue atacada por hongos cromógenos estando encastillada.

Según lo expuesto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la realidad es que el hecho de presentar dicha coloración, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no es visible su ataque, probablemente éste se ha producido en alguna medida.

2.2.1.2 Hongos de pudrición

En este caso los hongos se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos.

En un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación, dependiendo si el hongo se alimentó de la lignina o de la celulosa.

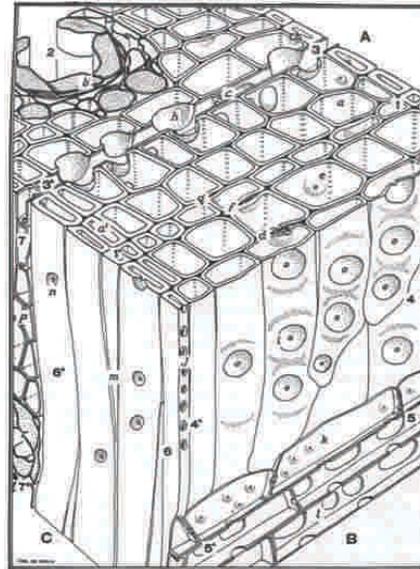


Figura 2 - 5: Estructura anatómica de una especie conífera con hongos que se alimentan de la pared celular.

La pudrición blanca es causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. En este caso la madera se rompe en fibras, por lo que también se denomina pudrición fibrosa.

La pudrición parda es causada por hongos que se alimentan de la celulosa dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se desgrana en cubos, por lo que también se le conoce como pudrición cúbica.

UNIDAD 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.2.1.3 Mohos

Son hongos que tienen una apariencia de algodón fino. La extensión de estos depende fundamentalmente de la temperatura y de una humedad abundante.

Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades.

Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición, ya que el crecimiento de mohos estimula su desarrollo.

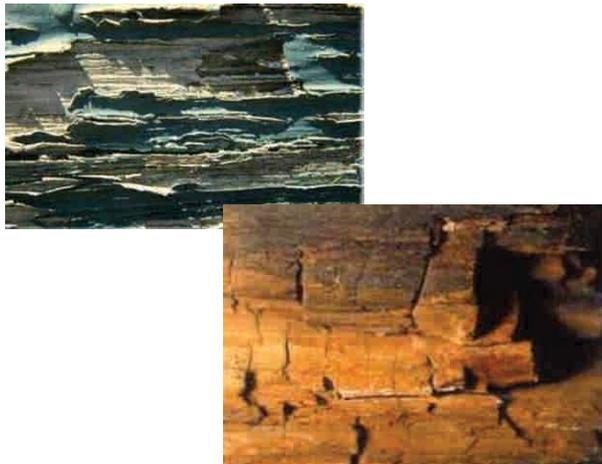


Figura 2 - 6: Pieza de madera atacada por hongo de pudrición.

2.2.1.4 Insectos

Existe una gran cantidad de insectos que usan la madera para reproducirse y vivir y se alimentan de la celulosa que ésta contiene. El daño se produce debido a que sus larvas, orugas y adultos abren galerías en la madera para obtener alimento y protección. Dentro de estos insectos figuran los siguientes:

2.2.1.4.1 Coleópteros

Los coleópteros xilófagos pueden ser agrupados en tres categorías:

- a) Insectos que requieren un contenido de humedad en la madera mayor al 20%, siendo la familia más importante los Cerambícidos, cuyas larvas se alimentan de almidón, azúcares y sustancias albuminoideas de la madera. La mayoría ataca a los árboles en pie y un número reducido de especies invade la madera que se encuentra encastillada, tanto de coníferas como latifoliadas.



Cerambícidos

Figura 2-7: Insecto cerambícido que ataca la madera.

- b) Insectos que atacan maderas parcialmente secas (menos del 18 % de humedad), siendo la albura habitualmente la zona afectada.

A este grupo pertenecen los Líctidos, que se caracterizan porque las larvas se alimentan del almidón contenido en la pared celular, para lo cual practican galerías de alrededor de 1 mm de diámetro, destruyendo la madera y dejando tras de sí un aserrín muy fino.

No atacan a las coníferas, solamente a las latifoliadas.

Líctido



Figura 2-8: El líctido sólo ataca latifoliadas.

- c) Insectos que atacan a las maderas secas, tanto coníferas como latifoliadas, y que pertenecen a la familia de los Anóbidos, comúnmente llamados Carcoma, que se alimentan a expensas de la celulosa y lignina.



Anóbido

Figura 2-9: El anóbido se alimenta de celulosa y lignina.

Su tamaño es relativamente pequeño, con una longitud desde 2,5 mm hasta 8,5 mm y practica galerías de unos 2 a 3 mm de diámetro, dejando tras de sí un aserrín un poco menos fino que el de los Lícidos.

2.2.1.4.2 Termitas

Son los ataques de estos insectos los que pueden causar mayores daños a la estructura de madera de una vivienda.



Figura 2 - 10: En la imagen se observan termitas subterráneas en pleno ataque a una solera de un tabique.

En Chile tenemos termitas endémicas, muy reconocidas tanto en el Sur como el Norte del país, que construyen sus nidos dentro de la madera a la cual atacaron, alimentándose principalmente en su estado larvario.

La termita subterránea, especie norteamericana introducida a nuestro país a mediados de los años 80 en embalajes de madera, no vive en la madera, sino en termiteros que se ubican normalmente al interior del suelo y árboles (caso no muy común). Las obreras se dirigen a la zona donde existe celulosa para alimentarse, construyendo galerías por el interior del suelo, y por muros exteriores, las que pueden llegar a medir centenas de metros.

Son capaces de introducirse entre los cimientos, sobrecimientos, radieres y muros de las edificaciones taladrando el hormigón, aprovechando las grietas, las cañerías y ductos que atraviesan estas estructuras o practicando galerías exteriores a base de una argamasa extraordinariamente dura.

Las colonias están conformadas por distintas castas como son las reproductoras, soldados y obreras, estas últimas son las que buscan el alimento celulósico y alimentan al resto de la colonia.



Figura 2 - 11: Túneles elaborados por termitas subterráneas desde el terreno, el cual contiene una humedad permanente por no estar ventilado en la zona bajo la plataforma.



Figura 2 - 12: Túneles generados por las termitas subterráneas desde el terreno al friso, formando túneles con barro protector llamados tubo refugio. Conformados por fragmentos de tierra y madera digerida cementada con excrementos de las termitas obreras.

Las obreras desarrollan galerías en dirección de la fibra, dejándolas libres de aserrín, dado que todos los días deben volver a su termitero. Las huellas de ataque son tubos de barro, sin embargo, es usual ver el daño sólo cuando la madera falla por falta de resistencia. Estos insectos requieren de humedad para poder vivir, elementos que se encuentran en el suelo y las áreas húmedas de la estructura, pero atacan maderas secas.



Figura 2 – 13: En tabique sanitario, la presencia de humedad por una pequeña filtración de la cañería de agua, crea el ambiente propicio en el interior del tabique para la presencia de termitas subterráneas. Se puede observar la destrucción del pie derecho y solera inferior.

2.3 AGENTES ABIÓTICOS DE DESTRUCCIÓN O DEGRADACIÓN DE LA MADERA

2.3.1 Degradación por la luz

El espectro ultravioleta de la luz descompone la celulosa de la madera produciendo su degradación.

La acción de la luz es lenta y a medida que transcurre el tiempo la degradación no aumenta, dado que los primeros milímetros afectados sirven de protección al resto.

Así, los efectos de la luz se hacen visibles entre el primer y el séptimo año y la madera cambia de color, oscureciéndose o aclarándose, según el grado de exposición en que se encuentre. La degradación afecta los primeros milímetros de la madera, con mayor intensidad las zonas de primavera que las de otoño, y más la albura que el duramen.

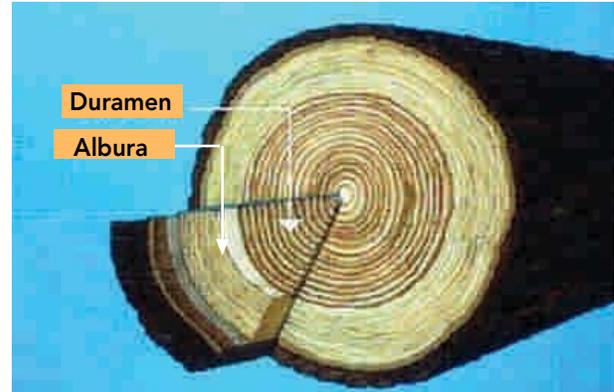


Figura 2 – 14: Corte transversal que muestra la ubicación de duramen y albura.

La degradación por la luz es más rápida si se combina con el deslavado que puede producir la lluvia, que arrastra la celulosa descompuesta de la superficie, produciendo la degradación denominada “madera meteorizada”.

El espectro infrarrojo afecta en la medida que calienta la madera, aumentando su incidencia cuanto mayor sea su exposición al sol y más oscura sea. Este calor puede producir secado y con ello merma de la madera, y por ende, agrietamientos en dirección de las vetas por las cuales penetra la humedad, favoreciendo la invasión de los hongos xilófagos.

2.3.2 Humedad atmosférica

La humedad atmosférica produce deterioro por los repetidos cambios de dimensiones que se producen en las capas superficiales de las piezas que se encuentran a la intemperie.

Cabe recordar que la madera es una sustancia higroscópica, influida por los cambios de las condiciones de humedad atmosférica, produciéndose absorción de agua en las superficies que quedan expuestas, hinchándose con clima húmedo y lluvioso y contrayéndose en los periodos de sequía.

En todo caso, la penetración de agua por las razones expuestas es relativamente lenta y no se producen cambios en el contenido de humedad o en el volumen de la pieza, siempre que no haya una condición especial, en que el estado de humedad o sequedad se exceda de lo normal.

Se puede concluir que el daño esperado se concentra en las capas externas de la madera, ya que se producen tensiones alternas de compresión y dilatación que se traducen en una desintegración mecánica de las capas superficiales.

2.3.3 Efecto hielo – deshielo

La humedad contenida en las cavidades celulares se transforma a estado sólido, aumentando el volumen (anomalía del agua) de las fibras leñosas de la madera en estado verde, produciendo un daño en la integridad física del material, lo que puede traducirse en la destrucción de las células ubicadas en la superficie. Si este fenómeno es repetitivo puede afectar la resistencia de la pieza.

2.3.4 Fuego

Es uno de los agentes destructores que ningún material puede tolerar indefinidamente sin presentar algún deterioro.

La reacción al fuego de las maderas depende de:

- Espesor de la pieza de madera
- Contenido de agua de la madera
- Densidad de la madera (especie)

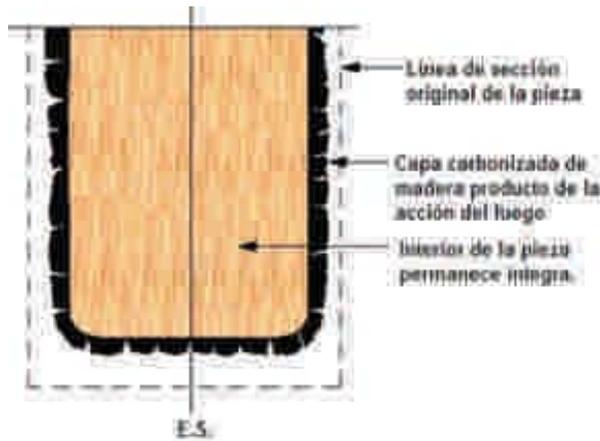


Figura 2-15: La capa de carbón producto de la acción del fuego actúa como protector.

Comportamiento de la madera frente al fuego:

La madera está formada fundamentalmente por celulosa (aproximadamente un 44%) y lignina, materiales ricos en carbono, admitiéndose que la madera contiene aproximadamente un 48 % de carbono.

La temperatura de inflamabilidad de la madera, en circunstancias favorables, es aproximadamente 275°C, siendo un factor importante el tiempo durante el cual es calentada.

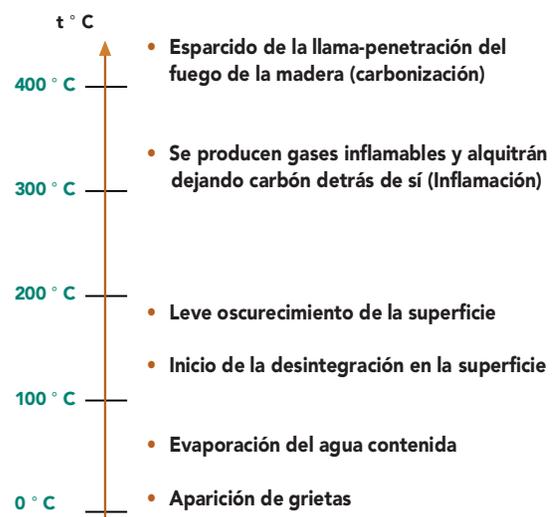
Por debajo de 100°C, casi no se escapa de la madera más que el vapor de agua, incluso si la temperatura externa es superior a 100°C, la de la madera queda igual a 100°C si el agua no se ha desprendido del todo.

De 100°C a 275°C se desprenden gases: CO₂ incombustible, CO combustible y piroleñosos. Hacia los 275°C la reacción es exotérmica. Los gases se desprenden en abundancia, la proporción de CO₂ disminuye rápidamente y aparecen los hidrocarburos. La madera adquiere un color achocolatado. Por encima de los 350°C los desprendimientos gaseosos son menos abundantes, pero son todos combustibles. Más allá de los 450°C el hidrógeno y los carburos constituyen la mayor parte de los gases desprendidos, siendo el residuo sólido carbón de madera, susceptible de quemarse con desprendimiento de gases combustibles.

La temperatura de la madera en el curso de su combustión está comprendida entre los 400°C y 500°C aproximadamente. Esta temperatura es la mínima necesaria para continuar la combustión, por supuesto si existe suficiente oxígeno.

Por otro lado, se ha encontrado que en edificaciones realizadas con el sistema constructivo de poste y viga, las vigas de grandes secciones transversales atacadas por el fuego sólo han comprometido una superficie carbonizada de pequeño espesor, que cubre y protege la madera no afectada por el fuego. La explicación es la baja conductibilidad térmica de la madera, que transmite una pequeña proporción del calor hacia el interior de ella.

Mayores detalles y aspectos que deben ser considerados en el diseño, en la estructuración, así como en la construcción en madera se exponen en el Capítulo III, Unidad 15.



Gráfica 2 - 1: Comportamiento de la madera frente a la acción del fuego.

2.4 TECNOLOGÍA DEL TRATAMIENTO DE LA MADERA

En el tratamiento de la madera se deben definir los requerimientos de durabilidad que son necesarios, o sea, si la madera elegida tiene la capacidad para resistir el ataque de los diferentes agentes de destrucción, una vez puesta en servicio sin ningún tratamiento preservador.

Sólo en caso de que no se puedan utilizar las especies adecuadas a la durabilidad exigida, se debe realizar el tratamiento que corresponda. Recordemos que desde siempre la madera en la arquitectura ha sido considerada como un material importante, no tan sólo en componentes de terminación, sino que también como elemento estructural. Desde este punto de vista, la protección de la madera frente a agentes destructores adquiere vital relevancia al momento del diseño arquitectónico, especialmente si se tiene en cuenta que la especie que hoy se utiliza en forma mayoritaria en nuestro país es el Pino radiata, considerada como poco durable (según norma chilena NCh789/1 Maderas– Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural), la que por ende requiere ser protegida con un preservante adecuado y por medio de un método de impregnación confiable.



Figura 2-16: Es esencial proteger la madera considerando los agentes a que estará expuesta y el tipo de madera que es (densidad).

2.4.1 Tipos de productos protectores

Los productos protectores se clasifican según los siguientes aspectos:

2.4.1.1 Por la acción protectora que realizan:

- **Insecticidas:** protegen frente a la acción de los insectos xilófagos, destacan el tipo Piretrinas o Clorpirifos.
- **Fungicidas:** protegen frente a la acción de hongos xilófagos. Si es pudrición se emplean productos con contenidos de cromo, cobre y arsénico (CCA); cobre, azoles orgánicos (CA); cobres, azoles orgánicos y boro (CAB); cobre y amonios cuaternarios (ACQ) y boro.

Si se trata de mancha azul, los productos más utilizados son el tribromofenato de sodio, quinolatos de cobre y carbendazimas.

- **Ignífugos o retardadores de fuego:** protegen frente a la acción del fuego convirtiendo a la madera desde un material combustible, a uno difícilmente combustible. En este grupo se distinguen los que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos y los que basan su acción ignífuga en que reaccionan con el calor, emitiendo sustancias que acaparan el oxígeno del aire, impidiendo que la madera se queme.
- **Protectores de la luz:** Pinturas con pigmentos metálicos que sellan la veta de la madera. Se mantiene la veta, oscureciéndola en algún grado.

2.4.1.2 Por el tipo de preservante:

- **Solventes orgánicos:** Son los protectores que con mayor facilidad penetran en la madera, no producen manchas y son compatibles con la mayoría de los barnices de fondo y acabados, lo que hace que sean los más utilizados en la carpintería de terminación. Son aplicados a maderas secas por su característica de no otorgar humedad a ésta.
- **Hidrosolubles:** el disolvente es el agua, se utiliza para el tratamiento industrial de maderas húmedas, bajo el 28% (en Chile vía vacío y presión).
- **Creosotados:** Son derivados del petróleo y la hulla, su penetración en la madera es dificultosa y además la mancha, haciendo incompatible la madera tratada con cualquier terminación a la vista.

2.4.1.3 Por el tipo protección que se desea lograr:

- **Protección preventiva:** Productos que evitan que la madera pueda ser atacada por agentes destructores, entre los cuales se distinguen:
 - **Temporal:** cuya eficacia preventiva se limita a un determinado tiempo, generalmente los tratamientos superficiales como pinturas y barnices entran en este grupo o como el típico tratamiento antimancha de la madera.
 - **Permanente:** cuya eficacia preventiva es permanente, por lo menos duran varias decenas de años, el producto protector queda fijo en la madera independientemente de que sufra humedecimiento o secado. En este grupo están los tratamientos industriales de la madera a través de vacío-presión o vacío-vacío.
- **Protección curativa:** en este caso la madera se encuentra atacada, por lo que la protección curativa pretende eliminar dichos agentes, como por ejemplo mediante el simple oreado o secado de la madera, cuando el ataque que presenta es de hongos.

En el caso de los insectos existen los siguientes tratamientos:

- **En insectos de ciclo larvario:** la larva se encuentra en el interior de la madera, lo que hace necesario introducir insecticida para que al entrar en contacto elimine al insecto. La aplicación puede ser inyectando insecticida líquido o gases que sean capaces de introducirse hasta el interior de la madera, mediante un tratamiento térmico u otros más sofisticados.
- **En caso de termitas:** en este caso, el insecto no vive en el interior de la madera, por lo que su eliminación es difícil. Existen trazadores radioactivos mediante soluciones ionizantes (Na24, P32, Cl36, Ca45), con los que se capturan varios insectos, los que son sumergidos en una solución radiactiva y se les sigue hasta su termitero y al localizarlo se procede a su destrucción.

Las colonias son atacadas mediante sistemas de cebos a base de celulosa, a los que se les añade un insecticida y se les ubica cada cierta distancia alrededor de la vivienda. Hoy en Chile se utilizan productos antiquinizantes que impiden la muda de los insectos, los que mueren desecados. Las termitas obreras ingieren este producto, alimentan con sus jugos a todas las castas, y tanto las obreras como las ninfas, cuando van a mudar mueren, con lo que la colonia no puede funcionar ni alimentarse. Investigaciones del tema y cientos de pruebas comerciales han demostrado la eliminación de colonias de termitas subterráneas ocupando esta tecnología de cebos.



Figura 2 - 17: Los cebos se colocan alrededor de la vivienda, equidistante a lo menos 50 centímetros.



Figura 2 - 18: Tubos de plástico en cuyo interior se ubican los cebos. Por las ranuras ingresan y salen las termitas con la alimentación, bajo tierra, ya que el tubo se entierra en forma vertical hasta el anillo superior, por donde se registra.

Por ser las termitas un tema desconocido y recurrente en nuestro país, es preciso tratarlo más en extenso.

Las termitas han habitado la tierra durante millones de años, incluso antes que la humanidad. No se requiere hacer desaparecer a las termitas del planeta, sino que arquitectos, constructores y mandantes o propietarios adopten las medidas al diseñar, construir y mantener las edificaciones ya materializadas libres de termitas.

En países como Estados Unidos, las termitas subterráneas han producido más daño económico que huracanes y tornados en conjunto, afectando cinco veces más casas que los incendios que normalmente suceden.



Figura 2 – 19: El no tomar resguardo contra las termitas y asesorarse por expertos puede tener consecuencias de alto costo en las viviendas.

Por ello se debe cambiar de estrategia:

Lo primero que se debe pensar si se construye en zona de termitas, con el sistema constructivo que sea (madera, acero, hormigón o albañilería), es en tener la asesoría inmediata de un especialista o de una empresa experta en la materia, así como la consulta de normas y literatura referente al tema, que permita contar con el máximo de antecedentes sobre la estrategia de diseño contra las termitas. Antes de realizar la instalación de faena, es necesario eliminar las colonias de termitas existentes, así como posibles lugares propicios para su desarrollo, extrayendo raíces y trozos de maderas no tratados que estén enterrados.

Durante el proceso de construcción se debe cuidar de no dejar estacas o trozos de madera enterrados o en contacto con el hormigón, muchas veces se dejan partes de los moldajes de las fundaciones olvidadas bajo tierra. En general, se debe evitar dejar cualquier remanente fabricado en celulosa, como por ejemplo, almacenar cajas de cartón en lugares de difícil acceso.

En la actualidad, la manera más efectiva para combatir las termitas ha sido mantener el suelo de fundación y sus alrededores en condiciones que minimicen el posible desarrollo de colonias, implementando tecnologías que produzcan barreras infranqueables o que eliminen a las colonias, como las barreras físicas, químicas y cebos.

Las barreras físicas consisten en la instalación de mallas de acero inoxidable y barreras de arena, cuidadosamente construidas para que las termitas no las puedan penetrar, colocadas debajo de los cimientos y extendidas hacia la superficie alrededor de la edificación. Ambas técnicas han sido aplicadas con éxito en países con concentraciones activas de termitas, como Australia y Hawaii.

En Chile, en los últimos años las barreras químicas continuas son las que se han aplicado masivamente con óptimos resultados, utilizan productos tóxicos para las termitas, que se aplican directamente al terreno antes de la materialización de las fundaciones de cimientos continuos o aislados y protegen a la estructura por largos períodos (años). La aplicación la realizan profesionales capacitados, no presentando riesgos a humanos, animales, ni al ambiente.

En caso de post-construcción, según la situación, pueden ser controladas instalando barreras no continuas para evitar romper los interiores de las estructuras para la colocación de termicidas bajo los radiadores. La eliminación de las colonias de termitas subterráneas se puede lograr ocupando la tecnología de cebos, que no requiere intervenir las estructuras interiores, resultando ser la más adecuada.

Las medidas preventivas mínimas que deben considerar los diseñadores, constructores y propietarios de viviendas en general son:

- Diseñar los cimientos de forma que sobresalgan como mínimo 200 mm sobre el nivel del terreno del punto más desfavorable, para permitir inspeccionar y buscar túneles de barro protectores o también llamados tubos refugio que construyen las termitas para entrar en la edificación.
- Especificar que las maderas que estén en contacto con el sobrecimiento estén protegidas del hormigón por un fieltro doble de 15 libras. Se recomienda que sean tratadas con CCA, CA, CAB, ACQ o boro, los que también protegen contra el deterioro y son preservantes que han sido utilizados en forma segura por décadas.
- Para usos a la intemperie, en que es probable la exposición a la humedad, lo más seguro es impregnar la madera con CCA, CA, CAB y ACQ.

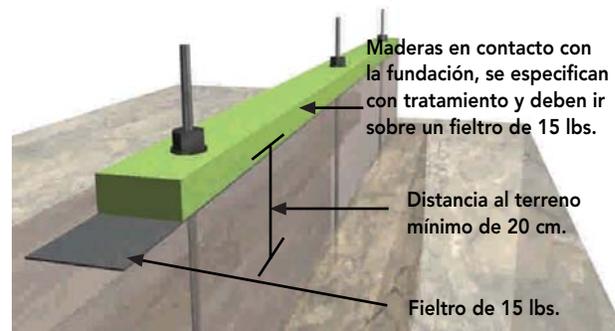


Figura 2 – 20: Fundación continua de hormigón de altura mínima de 20 cm en punto más desfavorable.

Los propietarios de viviendas de cualquier sistema constructivo en que habitan termitas, deben practicar una mantención preventiva de su vivienda que considere:

- Inspección profesional a lo menos una vez al año, se debe actuar con suficiente anticipación en la detección de estos insectos o evaluar los daños ya causados antes que sea demasiado tarde.
- Identificar posibles rutas de entrada de termitas y sellarlas, ya que este insecto puede ingresar por una ranura de 1,5 mm.
- Eliminar y mantener limpio el jardín y patio de leña, de pedazos de madera, cajas de cartón o cualquier material que contenga celulosa.
- Mantener secos los materiales que contengan celulosa, reparar en forma urgente filtraciones por la cubierta o por cañerías de desagües de aguas lluvias o por agua potable.
- Mantención de drenajes de aguas lluvias en viviendas que especialmente se han diseñado para estos fines.
- Mantener separadas las tuberías de descarga de aguas lluvia, de los muros perimetrales de la edificación, de modo que no haya una humedad constante en dicho sector.
- En caso de tener barreras físicas como arena o mallas para protección de la vivienda, no se debe colocar tierra o corteza de árboles ni permitir que crezcan raíces en ellas.

2.4.2. Tipos de tratamientos

2.4.2.1 Tratamientos superficiales

Se caracterizan porque la penetración del protector en la madera apenas supera unos milímetros de profundidad.

Son recomendables en la prevención de ataques superficiales como la mancha azul. No son indicados en los casos de ataques en profundidad, como es el caso de hongos a mediano y largo plazo, cuando vaya a estar expuesta a riesgos de humedades más o menos constantes, o del ataque de termitas, como es el caso de maderas situadas en el interior de la vivienda.

Estos tipos de tratamientos son aplicados mediante brochas, pulverizadores o inmersión rápida de la madera en un producto protector formado a partir de insecticidas y fungicidas.

La penetración de unos milímetros del producto químico es suficiente como para evitar los ataques superficiales. La profundidad del tratamiento va a depender del tipo de producto, fundamentalmente del tipo de disolvente, la mayor o menor penetrabilidad de la madera y de las condiciones de ésta.

2.4.2.2 Tratamientos en profundidad

Son los más indicados cuando la madera está expuesta a humedad del exterior, o en contacto con el suelo o bien que estando en el interior tenga el riesgo de ataques de termitas.

Son variados los sistemas, el boucherie o de sustitución de savia, consiste en que se introduce la madera en un depósito por varios minutos para que el producto protector vaya ocupando la savia del árbol. Los productos utilizados son sales, los que con la humedad de la madera y con el movimiento de la savia se introducen al interior por difusión. Este tratamiento se aplica a maderas que se utilizan en cierros y estacas en general.

Otro sistema es el caliente y frío, en el que se introduce la madera en un depósito con agua caliente por algunos minutos para abrir los poros, lo que permite facilitar la entrada del producto protector y luego se introduce la madera por varias horas en otro depósito que contiene las sales protectoras. Este tratamiento es utilizado para postes, vigas y piezas que en general quedarán a la intemperie.

Existe un tratamiento en autoclave, el que por ser de carácter industrial, es el único que puede garantizar su profundidad, las retenciones del producto protector y con ello su eficiencia.

El autoclave es un sistema conformado por un cilindro de acero, una bomba de vacío y otra de presión. Con la bomba de vacío se extrae el aire de la madera conjuntamente con abrir los poros y con la bomba de presión se introduce el producto protector.

Según la facilidad o dificultad de tratamiento y el tipo de producto utilizado, será diferente el vacío, la presión y el tiempo de cada una de las fases del tratamiento.

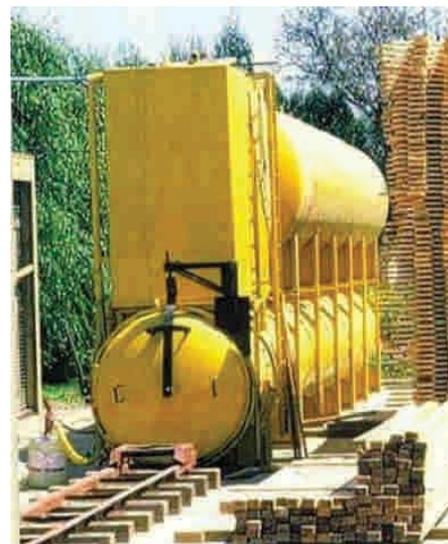


Figura 2 - 21: Planta de tratamiento mediante vacío/presión.

Además se cuenta con una norma chilena, NCh 819 Of 2003 Madera preservada – Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo.

Clasificación	Uso/Agentes de deterioración
Grupo 1 (R1)	Maderas usadas en interiores, ambientes secos, con riesgo de ataque de insectos solamente, incluida la termita subterránea.
Grupo 2 (R2)	Maderas usadas en interiores, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 3 (R3)	Maderas usadas en exteriores, sin contacto con el suelo, expuestas a las condiciones climáticas. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 4 (R4)	Maderas enterradas o apoyadas en el terreno, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 5 (R5)	Maderas enterradas en el suelo, componentes estructurales críticos, en contacto con aguas dulces. Riesgo de ataque de hongos e insectos.
Grupo 6 (R6)	Maderas expuestas a la acción de agua marina y para torres de enfriamiento. Riesgo de ataque de horadores marinos.

Tabla 2-1 : Clasificación de la madera de Pino radiata según uso y riesgo esperado de servicio.

Tipo de Preservante	Norma	Descripción
CCA	NCh 790	Oxidos de cobre, cromo y arsénico
Boro (SBX)	AWPA P5. 9	Boro expresado como oxidos de boro
CPF	AWPA P8.11	Clorpirifos
CA-B	AWPA P5.18	Cobre-azole tipo B
CBA-A	AWPA P5.17	Cobre-azole Tipo A
ACQ	AWPA	Cobre-amonio cuaternario

Tabla 2 - 2 : Descripción de los preservantes.

Preservante	Sistema de Aplicación
CCA	Vacío-presión
Boro	Vacío-presión/Difusión
Clorpirifos	Vacío-presión/Inmersión/Vacío-Vacío
CBA-A	Vacío-presión
CA-B	Vacío-presión
ACQ-D	Vacío-Presión

Tabla 2 - 3 - Sistema de aplicación de preservantes especificados en Tabla 2 – 2 .

Grupo	CCA (Kg./m3)	Boro (Kg./m3)	CPF (Kg./m3)	CBA-A (Kg./m3)*	CA-B (Kg./m3)	ACQ
1	4,0	4.4	0.5	3.3	1.7	4,0
2	4,0	4.4	No se aplica	3.3	1.7	4,0
3	4,0	No se aplica	No se aplica	3.3	1.7	4,0
4	6.4	No se aplica	No se aplica	6.5	3.3	6,4
5	9.6	No se aplica	No se aplica	9.8	5.0	9,6
6	40.0-24.0 (zona exterior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
	24.0-14.0 (zona interior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica

Tabla 2 - 4 : Retención mínima neta del preservante - Mínimo por ensayo.

* La retención mayor se debe usar cuando existe riesgo de ataque de *Teredo* y *Limnoria Tripunctata*.

Producto	Clasificación de riesgo	Zona de ensayo
Madera aserrada de espesor menor o igual a 50 mm	R1,R2,R3,R4	15 mm desde la superficie (0-15 mm)
Madera aserrada de espesor mayor a 50 mm	R1,R2,R3,R4	25 mm desde la superficie (0-25 mm)
Madera aserrada utilizada en fundaciones (R5)	R5	35 mm desde la superficie (0-35)
Polines Polines	R4, R2, R3	25 mm desde la superficie 15 mm desde la superficie
Postes y otros elementos estructurales redondos	R5	12-50 mm (tarugo de 50 mm de largo, eliminando tramo de 12 mm exterior)
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o agua dulce	R5	50 mm desde la superficie
Contrachapados < a 16 mm Contrachapados > o = a 16 mm	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Todo el espesor 16 mm desde la superficie, por la contracara
Pilotes marinos (redondos)	R6	50 mm desde la superficie

Tabla 2 - 5 : Zona de ensayo para determinar la retención de preservante en la madera.

Producto	Clasificación de riesgo	Requisitos mínimos de penetración en albura profundidad mínima (mm) en las caras	
		Albura	Profundidad mínima (en caso de duramen expuesto o baja porción de albura en la superficie)
Madera aserrada y elaborada	R1, R2, R3, R4	100%	10 mm
Madera aserrada utilizada en fundaciones	R5	100%	64 mm
Polines	R4	100%	25 mm
Polines	R3	100%	10 mm
Postes y otros elementos redondos	R5	90%	89 mm
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o aguas dulces	R5	100%	64 mm
Contrachapados	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Cada una de las chapas debe estar penetrada	-
Maderas redondas para pilotes marinos	R6	100%	64 mm

Tabla 2 - 6 : Penetración de los preservantes.

2.4.2.3 Requisitos de penetración

La penetración se comprobará según los métodos descritos en NCh 755 Preservación – Medición de la penetración de preservantes de la madera para CCA. Para otros preservantes, los ensayos se realizarán de acuerdo a la última versión de la Norma AWPA A3.

2.4.3 Tratamiento a aplicar

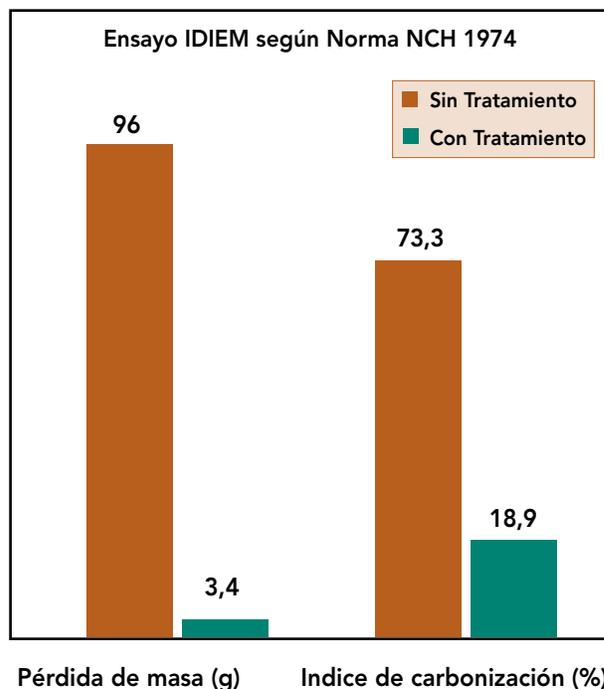
El tipo de producto protector a usar y el sistema de tratamiento más adecuado dependerá del riesgo de los diferentes ataques a que estará expuesta la madera en servicio, como se describe en las tablas anteriores.



Figura 2 - 22: El tipo de tratamiento y el método de aplicación que recibe la madera dependerá del grado de protección que se quiere obtener y contra qué agentes se quiera proteger.

Con respecto a los métodos para reducir la reacción de la madera al fuego, en Chile se utiliza el tratamiento industrial de vacío y presión en autoclaves, logrando absorciones y penetraciones totales del producto. Este aspecto no es menor, pues en obra se puede realizar todo tipo de cortes y uniones, lo que dejaría expuestas zonas de madera no protegidas, como sería si se hubiera aplicado retardadores en forma superficial con brocha o pistolas de presión o simplemente se dejara en manos de lo bien o mal que el encargado haya realizado la aplicación.

Como producto de última generación al cual se le han hecho todas las pruebas y ensayos bajo las normas chilenas en los laboratorios de fuego de IDIEM de la Universidad de Chile, destaca un producto en base a boro que además de ser un retardador del fuego, posee atributos fungicidas e insecticidas, características relevantes en estos tiempos donde el tema de la termita está muy presente. Además, ayuda a disminuir la producción de gases tóxicos, impedir la generación de la llama y reducir la expansión de ésta, ayudando a las estructuras de madera a mantener su resistencia estructural frente a un incendio, a no cambiar su color natural y mantenerse exento de olores.



Gráfica 2-2: Se puede concluir que como resultado de haber aplicado el producto protector a una probeta de madera, disminuye en un alto porcentaje la pérdida de masa, como la carbonización.

BIBLIOGRAFIA

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- www.agctr.lsu.edu/termites/ (Louisiana State University).
- www.awpa.com (American Wood-Preservers' Association).
- www.awpi.org (American Wood Preservers Institute).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S.Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm (University of Toronto, Faculty of Forestry).
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 631 Of.95 Madera Preservada – Extracción de muestras.
- NCh 755 Of.96 Madera – Preservación – Medición de penetración de preservantes de la madera.
- NCh 786 Of.95 Madera – Preservación – Clasificación de los preservantes.
- NCh789/1 Of. 87Maderas–Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 790 Of.95 Madera – Preservación – Composición y requisitos de los preservantes para madera.
- NCh 819 E Of.77 Madera – Preservación – Clasificación de productos preservados y requisitos de penetración y retención.

Unidad 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN
UN PROYECTO DE CONSTRUCCION
DE VIVIENDA



Unidad 3

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA



3.1. PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

Corresponde a la idea que debe ser materializada en terreno para dar solución a una necesidad de vivienda.

La vivienda corresponde a un proyecto de construcción de carácter habitacional que permite el alojamiento temporal o permanente de una o varias personas, la que debe proporcionar a sus usuarios seguridad, comodidad y las condiciones de habitabilidad y de higiene que permitan el desarrollo cotidiano de la vida de sus habitantes.

3.1.1 Requisitos de la vivienda

La vivienda constituye en sí misma una de las necesidades fundamentales del hombre.

Debe satisfacer una gran cantidad de requisitos del usuario, que le permitan el desarrollo normal de su vida. En general, son requisitos que se encuentran directamente relacionados con el costo de la vivienda que pueda solventar el mandante.

Los principales aspectos que deben prevalecer en todo diseño son:

- Seguridad
- Funcionalidad
- Durabilidad

3.1.1.1 Seguridad:

La estructura de la vivienda debe ser capaz de resistir fenómenos de la naturaleza como sismos, vientos, lluvias y nieve, así como también solicitaciones mecánicas y a sus instalaciones (sanitarias, gas, electricidad entre otras), y la acción del fuego.

Es decir, la seguridad se relaciona con aquellos mecanismos que aseguren el buen funcionamiento de un proceso, producto o servicio, previniendo que falle o colapse y disminuyendo situaciones de riesgo para las personas y/o bienes materiales.

Por lo anterior, la vivienda debe estar diseñada y construida en función del:

- Diseño arquitectónico
- Diseño estructural
- Diseño de las instalaciones
- Procedimiento constructivo
- Materiales especificados para el proyecto

Todos estos aspectos permiten garantizar la seguridad tanto de los usuarios de la vivienda como de los bienes que en ella se encuentran.

3.1.1.2 Funcionalidad:

La funcionalidad de una vivienda está definida por los hábitos y costumbres de los habitantes que cobija, pero también se debe situar dentro del medio ambiente en que se encuentra, con condiciones estables y adecuadas con respecto a la temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación y calidad de aire.

Como se desprende, la funcionalidad se encuentra asociada a la habitabilidad y estética de los distintos espacios y elementos que componen la vivienda, o sea, debe contar con espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional, que permitan el desarrollo armónico de las actividades normales de la familia.

3.1.1.3 Durabilidad:

Es la capacidad de los materiales de mantener sus propiedades o características frente a exigencias o solicitaciones para las cuales fueron diseñados durante un tiempo determinado, el cual se conoce como el período de vida útil del elemento en cuestión.

En una vivienda se debe analizar la durabilidad de todos los materiales que la componen. Con ello, se podrán tomar las medidas de control y aseguramiento más apropiadas para cada material, lo que permitirá una reducción de costos por concepto de mantención, mejoramientos y reposición de las partidas afectadas. Esto es posible a través del adecuado diseño de los elementos, la correcta elección de los materiales y de una puesta en obra que asegure la máxima durabilidad de lo construido.

3.2. PARTES Y ESTUDIOS

QUE CONTEMPLA UN PROYECTO DE VIVIENDA EN MADERA

3.2.1. Estudio del terreno

Considera los siguientes aspectos:

3.2.1.1 Ubicación del terreno:

Comuna en que se encuentra, identificación de avenidas, calles, número municipal, accesos, deslindes y orientación cardinal. En caso que el terreno se ubique en una zona sub-urbana, es necesario especificar con monolitos y puntos de referencia que permitan la delimitación del lote correspondiente.



Figura 3 - 1: Terreno en zona sub-urbana.

3.2.1.2 Características del terreno:

Condiciones del terreno donde se va a materializar la construcción como:

3.2.1.2.1 Topografía del terreno:

Conocer en detalle la caracterización del predio donde se ejecutará el proyecto, o sea, su forma, dimensiones, relieve, orientación, elementos existentes sobre él como posibles construcciones, árboles, cursos de agua, instalaciones (sanitarias, eléctricas, telefónicas), y tipos de cercos, entre otros.

En una visualización global del relieve del terreno, se identifican los puntos de mayores o menores cotas (alturas), los sectores de mayores o menores pendientes, la existencia de cambios de pendientes, las zonas de posibles accidentes topográficos del lugar (quebradas o montículos), y el sentido del escurrimiento de las aguas lluvias, tanto del predio como de su entorno.

3.2.1.2.2 Características del subsuelo:

Los aspectos que es necesario conocer son:

- Estratos del subsuelo, conformación y características de los diferentes estratos.

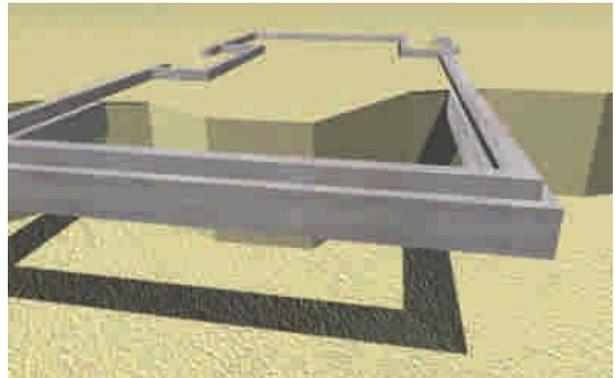


Figura 3 - 2: Corte del terreno de fundación.

- Nivel de la napa freática, comportamiento y variación.
- Capacidad de soporte del suelo y característica de consolidación.

A continuación se expondrán los conocimientos generales para el estudio de un proyecto y construcción de una obra de edificación. Debemos estar seguros que la base de una vivienda se fundará en un suelo conocido, o sea, la carga admisible es la adecuada para la magnitud del peso que deberá soportar, además, asegurar que en el transcurso de los años la resistencia del suelo no tendrá cambios que puedan repercutir en la vivienda.

3.2.1.2.2.1 Características de los suelos:

Un suelo se deforma al recibir cargas a través de una fundación continua o aislada. El diseñar una fundación adecuada consiste en limitar las posibles deformaciones a valores que no produzcan efectos perjudiciales a la vivienda, evitando asentamiento total y/o asentamientos diferenciales.



UNIDAD 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

Los suelos pueden ser de las más variadas combinaciones de estratos, por lo que tienen cada uno diferentes comportamientos y características propias, producto del resultado de una lenta desintegración de las rocas originales que componen la corteza terrestre.

Los componentes de las rocas son diversos y con mayor razón el suelo que ha recibido la influencia prolongada, a través de los años, de factores físicos, químicos y biológicos.

La desintegración de las rocas produce fragmentos que son arrastrados por los torrentes de los ríos y dan origen a los bolones, gravas, gravillas y otros.

Así es como otros materiales granulares forman el subsuelo, se vuelven a compactar o unir entre sí a lo largo del tiempo, a veces por simple compresión o ser aglomerados o ligados por cementos naturales de variada naturaleza, formando un producto de distinta consistencia.

Los suelos más comunes son:

a) Suelo de roca

De acuerdo a su génesis se clasifica en:

- **Ignea:** proveniente del magma, terreno muy adecuado para fundar, duro e impermeable, con excelente resistencia al aplastamiento.
- **Sedimentaria:** proveniente de sedimentos aluviales y coluviales. Terrenos que tienen características variables en función de su resistencia, en general para el caso de las viviendas de madera resultan un buen suelo para fundar.
- **Metamórfica:** proveniente de la transformación de las rocas ígneas y sedimentarias, es más densa, de resistencia muy diferente según la dirección de los esfuerzos a que esté sometida.

En general el suelo de roca es un terreno que reúne las condiciones para fundar, es resistente y no experimenta cambios, pero se debe tener presente algunas restricciones técnicas y económicas.

Por su rigidez no disipa la energía de los sismos transmitiéndola a la superestructura, aspecto que en el caso de la edificación de madera no presenta mayor problema por el comportamiento que tienen las estructuras de madera.

Si la roca donde se funda está fracturada, puede presentar planos de deslizamiento, lo que hace necesario reforzarla con pernos y anclajes especiales.

Si se considera que la excavación en roca requiere de metodologías especiales, resulta altamente costosa y de bajo rendimiento.

b) Suelo de grava

Suelo adecuado para fundar, con excelentes características de drenaje, permeable, a no ser que entre su estrato se encuentre algún material arcilloso.

El material de grava, de granos comprendidos entre 7,5 cm a 2,4 mm, conforma en un alto porcentaje este suelo (mayor del 70 %).

c) Suelo arenoso

Tiene características de formación definida si está bien compactado. Si está suelto se deforma bajo la aplicación de cargas, el peligro mayor se encuentra cuando existen vibraciones induciendo a las partículas pequeñas que llenen los huecos con el resultado de un asentamiento de la fundación. El diámetro medio de los granos se encuentra entre los 0,076 mm y 2,4 mm, por lo que las características de drenaje son variables de acuerdo a sus componentes, especialmente si existen materiales más finos (arcillas) que normalmente absorben agua.

Este tipo de suelo se puede transformar en una arena movediza si se satura y actúa como líquido, o sea, pasando a un estado de resistencia nula conocida como licuefacción.

En general, en terrenos arenosos o gravosos resulta de gran importancia el grado de compactación, sobre todo en zonas sísmicas.

d) Suelo de grano con poca plasticidad

Está compuesto por limos con características de comportamiento intermedio entre arenas y arcillas.

Tiene una cantidad importante de material menor de 0,076 mm y con características de drenaje de regulares a malas.

e) Suelo de grano fino con plasticidad media a elevada

Suelo compuesto principalmente por material de grano medio menor a 0,002 mm arcilloso, con malas características de drenaje, el agua circula a muy pequeña velocidad, se puede considerar como un terreno impermeable.

Sin embargo, normalmente presenta la desventaja de ser susceptible a absorber agua, produciéndose una hinchazón que posteriormente presenta una contracción al secarse, lo que hace altamente peligroso fundar en una zona donde la variación del nivel de agua subterránea permita alcanzar el estrato de estos suelos.

f) Otros suelos

Suelos sobre los que se recomienda no fundar una edificación son:

- Terrenos barrosos de capacidad de carga prácticamente nula.
- Terrenos con capa vegetal importante. Esta debe removerse completamente ya que si se funda sobre ella, se puede descomponer.
- Terrenos de relleno con capacidad de soporte muy baja y que pueden presentar asentamientos importantes.
- Suelos salinos naturalmente cementados, altamente susceptibles a las filtraciones de agua, lo que puede disolver esta estructura salina, resultando posibles asentamientos diferenciales de la fundación que afectan la superestructura.

3.2.1.2.2.2. Presencia de agua en el terreno de fundación

La presencia de agua en el terreno de fundación afecta:

- a) La capacidad de soporte del suelo
- b) El diseño de la fundación
- c) La materialización de la fundación

a) Capacidad de soporte del suelo

Dependiendo de la clasificación del suelo, afectará sus propiedades de diferentes formas, por ejemplo, en terrenos donde predomina la granulometría gruesa (ripio, arena gruesa), el comportamiento será el mismo como si fuese seco.

En cambio, en los suelos de predominio de arenas arcillosas, la humedad actúa como agente cementicio, aumentando la adherencia y volumen de suelo. En este caso, es aconsejable considerar zanjas de drenajes o drenes y así evitar la presencia de agua para que no haya esta variación de volumen.

En suelos arcillosos se debe adoptar el mismo criterio y evitar ciclos alternados de suelos secos a saturados que afectan la capacidad de soporte del suelo, produciendo asentamientos diferenciales.

b) Diseño de la fundación

Si la vivienda se encuentra emplazada en un terreno con presencia de agua superficial en zona lluviosa y con pendiente pronunciada, el agua puede socavar las fundaciones, lo que hace necesario proteger la fundación construyendo zanjas para desviar las aguas.

En el caso de terrenos con exceso de humedad (napa freática superficial), la fundación tenderá a absorber el agua por capilaridad, afectando posiblemente al sobrecimiento en caso de plataforma de piso. Las soluciones son diversas, como fundar sobre pilotes de madera preservada o de hormigón impermeable, sobre la cual se materializa la plataforma de madera.



Figura 3 - 3: Fundación aislada, pilotes impregnados (C.C.A).

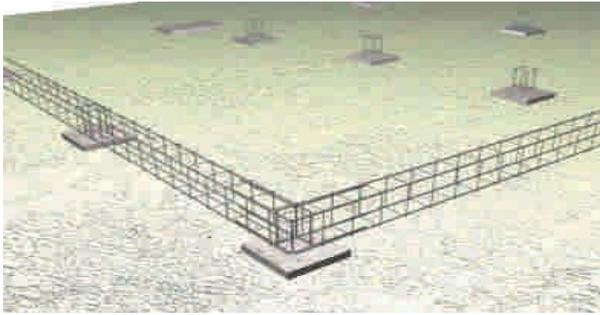


Figura 3 - 4: Fundación continua, pilotes de hormigón con viga de fundación.

En otros casos, será necesario el empleo de drenes, sellos para evitar el acceso del agua por capilaridad. En el caso de la construcción en madera, siempre se debe considerar el tratamiento de impregnación de toda madera que se encuentre en contacto con el hormigón.

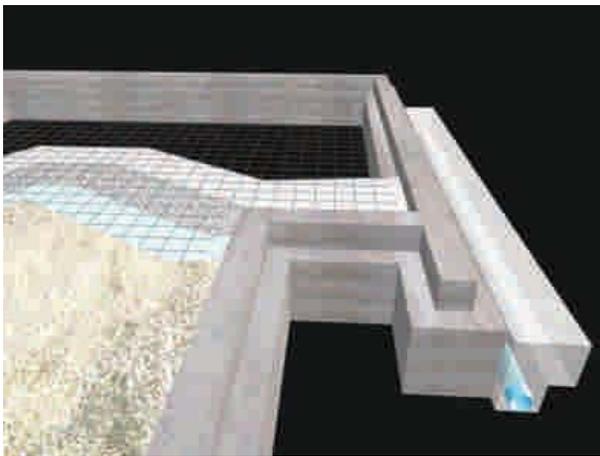


Figura 3 - 5: Tubo de P.V.C perforado adyacente al cemento y que colecta las aguas, evacuándolas al punto más bajo.

En caso que el emplazamiento de la vivienda se encuentre en zonas frías, las bajas temperaturas congelarán el agua de las capas superficiales del suelo, produciendo un cambio de volumen y afectando sus propiedades. En esta situación las fundaciones deben profundizarse para que no sean afectadas por los cambios de temperatura. Por ejemplo, en el extremo sur de Chile se deben profundizar entre 1,00 m a 1,50 m, según la clase de suelo.

c) Materialización de la fundación

Cuando el sello de fundación se encuentra bajo el nivel de la napa, las condiciones y métodos para la ejecución de la fundación cambian ostensiblemente, repercutiendo fuertemente en los costos, por tal razón se debe realizar las excavaciones atendiendo a:

- no producir efectos negativos con el método de excavar en el suelo de sustentación, debido a las presiones de filtración.
- no modificar las condiciones del suelo que puedan afectar su estructura por el uso de sistemas de drenaje.
- estudiar detenidamente el sistema más económico y seguro para excavación de las fundaciones.

3.2.1.3 Abastecimiento

Resulta de gran importancia conocer los diferentes centros de abastecimiento que existen en el lugar para la construcción (materiales, arriendo de equipos y proveedores en general), estudiar alternativas y conocer los recursos de mano de obra requeridos.

3.2.1.4 Aspectos legales y reglamentarios

Son condiciones impuestas en la comuna por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, por disposiciones locales que reglamentan el tipo, altura, forma y tamaño de la construcción que se materializará en el lote elegido.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones exige que las comunas mayores de 7 mil habitantes cuenten con un plano regulador que especifique información sobre:

- Antecedentes existentes: límites urbanos, avenidas, calles, espacio de áreas verdes y recreacionales, entre otros.
- Uso del suelo: residencial o industrial, rasantes, altura de construcción.
- Proyectos futuros y en estudio: futuros trazados de calles, ensanchamientos de avenidas y calles, entre otros.
- Factibilidad de los servicios: condiciones impuestas por las diferentes empresas que entregan los servicios de alcantarillado, agua potable, gas y electricidad a los usuarios. Para ello se solicita un certificado de factibilidad a las empresas que se comprometen a la entrega de dicho servicio.

- Reglamento interno de condominio: es de gran importancia antes de comprar un terreno que se encuentra dentro de un loteo en condominio, conocer las limitaciones impuestas por el reglamento del condominio como son: número de pisos a construir, características de cierros, distanciamiento a medianeros y otros.

3.2.2 Diseño arquitectónico

En esta etapa el arquitecto comienza a interpretar y a plasmar las ideas del encargo general (programa del proyecto, idea del sistema constructivo y estructural) que el mandante desea materializar.

Para el diseño se considera la estandarización de materiales y elementos que se integrarán al proyecto, así como también todos los aspectos de habitabilidad que aseguren la mejor condición de vida a sus ocupantes, incorporando protección contra la humedad, aislación de la envolvente, protección acústica y calidad del aire interior.

El diseño considera las siguientes etapas:

- **Programa:** Documento en el que se dan a conocer los requerimientos del mandante y que se deben reflejar posteriormente en la construcción de la vivienda.
- **Anteproyecto:** Bocetos de la solución que el arquitecto presenta para satisfacer las necesidades y requerimientos del mandante. Una vez aprobado el anteproyecto, se definen costos y plazos estimativos para que el mandante decida sobre la alternativa más adecuada según sus intereses.
- **Proyecto arquitectónico:** Estudio que comprende:
 - a) Planos generales de emplazamiento de planta de arquitectura por piso, elevaciones, cortes, y cubiertas.
 - b) Planos de detalle de escantillón, puertas y ventanas, escaleras, revestimientos con diseño (baños, cocina) y otros.
 - c) Maquetas para un mejor entendimiento del proyecto, en caso de ser necesario.

3.2.3. Diseño estructural

Dotar al proyecto definido de las estructuras necesarias que le permitan ser capaz de resistir todas las solicitaciones a que será sometido durante su vida útil.

Comprende las siguientes etapas:

- Determinación de tipo y magnitud de las solicitaciones por peso propio, sobrecargas, acción del viento, nieve, temperatura y sismos.

- Estructuración y definición de los elementos que resistirán las solicitaciones estimadas, de forma de asegurar que la estructura cumpla para lo que fue diseñada.
- Diseño de elementos estructurales: definir los materiales, forma y dimensión de los elementos que absorberán los esfuerzos con su diseño de uniones.
- Planos de fundaciones, estructura de plataformas, entramados horizontal, vertical, techumbre, escalera o cualquier otra estructura especial, con memoria de cálculo, recomendaciones y especificaciones respectivas.

3.2.4. Diseño de instalaciones

De acuerdo a las características propias de cada edificación, se deben elaborar planos, especificaciones técnicas y memorias de cálculo para los principales proyectos como son:

- Instalaciones sanitarias (alcantarillado y agua potable)
- Instalación de gas
- Instalación eléctrica
- Especialidades (corrientes débiles, calefacción, etc.)

3.2.5 Documentos complementarios

Son los que complementan al diseño. Entre ellos destacan:

- Especificaciones técnicas: conjunto sistematizado de requisitos técnicos necesarios para ejecutar la vivienda, complementar la representación gráfica del proyecto según diseño y contener todas aquellas exigencias que sea posible o conveniente indicar en los planos, definiendo los criterios de aceptación para determinar el control de calidad de ésta.
- Bases administrativas: cláusulas que definen conceptos, atribuciones, procedimientos y responsabilidades durante la etapa de la construcción, de forma que la relación entre mandante y constructor sea expedita.
- Estudio presupuestario: comprende el estudio de cubrición del proyecto a materializar, análisis del precio unitario de cada una de las partidas, cancelación de derechos, aportes, permisos y seguros, gastos generales y utilidad.

3.2.6 Constructabilidad

Definido como el empleo óptimo del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, adquisición y ejecución de actividades que conforman el proyecto a materializar.

La participación de personas con experiencia y conocimiento en construcción, desde las actividades preliminares de un proyecto, permite una operación más eficiente y eficaz en terreno.

Poder prever y adelantarse a las dificultades que puedan acontecer en la obra permite tomar las medidas para dar solución en forma anticipada durante la etapa de diseño o planificación.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Bascuñan, R; Ghio, V; De Solminihac, H; Serpell, A, "Guía para la innovación tecnológica en la construcción", 2° Edición, Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Centro Madera Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- De Solminihac, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.
- Evans, J; Lindsay, W, "Administración y Control de la Calidad", Internacional Thomson Editores, México, 2000.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Gonzalo, G; "Manual de Arquitectura Bioclimática", Imprenta Arte Color Chamaco, Tucumán, Argentina, 1998.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Mutual de Seguridad Mutual Universal 2001 Cie Inversiones, "Manual Técnico de la Construcción Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales y de la Protección del Medio Ambiente", Editoriales Dossat, 2000.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

Unidad 4

SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN



Unidad 4

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 4

SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN

4.1 GENERALIDADES

Hoy en día no se concibe una empresa exitosa sin políticas de seguridad y prevención de riesgos, sin preocupación por la seguridad de sus trabajadores en faenas. Esto se complementa por razones de:

- Responsabilidad ética
- Mandato legal
- Interés económico
- Imagen de la empresa

En toda obra o industria de la construcción, los trabajadores se empeñan en garantizar que los bienes o servicios que la empresa ofrece a sus clientes, contengan las prestaciones que ellos demandan. Esto se obtiene a través de la calidad que cada uno de los trabajadores imprime al producto, sumado a la capacidad para hacer entrega en el instante que la demanda lo requiera.

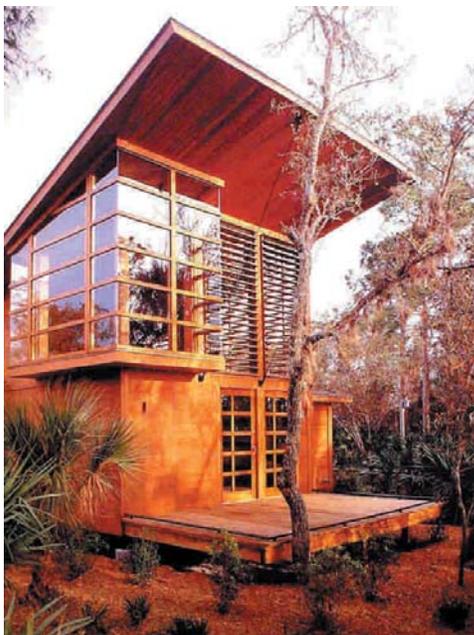


Figura 4-1: Toda obra de arquitectura ofrece riesgos de accidentes durante su ejecución.

Esto determina la posibilidad de introducir productos en el mercado que dependen de la productividad del factor trabajo.

La productividad a su vez depende de mantener una capacidad de producción en el tiempo y de la facilidad para realizar la labor, a modo de garantizar una alta productividad por cada trabajador adicional.

En la primera variable, la productividad medida del factor trabajo, depende directamente de la disponibilidad del trabajador para desempeñar las actividades que se le encomienden. En el segundo, depende directamente de los elementos que el trabajador requiere para realizar lo encomendado.

Para asegurar la capacidad productiva del factor trabajo, la empresa requiere que el trabajador se desempeñe en el lugar designado y tenga un nivel de salud compatible con la labor a realizar. Además de dotar al trabajador de conocimientos y recursos necesarios para lograr el producto deseado.

Por lo expuesto, las empresas deben realizar el máximo esfuerzo en la prevención de riesgos laborales, evitando o reduciendo probabilidades de que ocurran accidentes durante la faena, también limitar y controlar enfermedades producto de la exposición del organismo del trabajador a un medio hostil.

4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN

4.2.1 Mano de obra no capacitada

Una de las principales características de los trabajadores de la construcción constituye su falta de capacitación formal en áreas de especialidad. La mayoría ingresan a la construcción sin tener oficio o profesión determinada. Buscan trabajo donde no requieren estudios o es más fácil iniciarse. De este modo ingresan a alguna obra en el puesto de jornal, desde donde pasan a ayudante de maestro, y con el transcurso de los años y deseos de aprender un oficio determinado, se transforman en maestros. Si estos trabajadores reúnen ciertas condiciones,

referidas principalmente a don de mando y poder organizativo, pueden acceder a puestos superiores como capataz, y por último, como jefe de obra.

Como se puede apreciar, en todo este proceso es muy baja la capacitación en la formación de cada oficio. Sólo algunos pueden acceder a cursos, a través de instituciones como corporaciones u organismos, en los cuales se ofrecen distintos programas desde capacitación básica en oficios como gasfitería, albañilería o carpintería, pasando por niveles intermedios como interpretación de planos, hasta llegar a cursos para capataces y jefes de obra.

Sin embargo, a pesar de la existencia de estos programas de capacitación, son pocos los trabajadores que pueden ingresar a ellos, principalmente por los horarios (vespertinos), costos y en general, por la baja escolaridad.

Es así, entonces, como la formación de los trabajadores de la construcción se consigue casi única y exclusivamente en el trabajo diario, aprendiendo oficios con los mismos vicios y virtudes de sus eventuales maestros.

Esta característica del trabajador en la construcción, de contar con escasa preparación, cobra especial importancia al tratar de implantar medidas de seguridad o métodos de trabajo seguros, pues el trabajador tiende a hacer las cosas siempre de la misma forma como las aprendió, resultando muy difícil su incorporación a esquemas nuevos y rigurosos.



Figura 4-2: El trabajador debe ser dotado con los elementos de seguridad que le permitan enfrentar con seguridad el trabajo asignado.

4.2.2 Rotación de mano de obra

Una característica muy particular de la construcción es la alta rotación de trabajadores e inestabilidad de la fuente de trabajo, debido principalmente a la transitoriedad de las obras. De este modo, existen empresas que a veces superan el 250% de rotación del personal en un año, porque tienen obras de muy corta duración y baja ocupación de personal.

Esto trae consigo bastantes problemas, sobre todo en la administración de la obra, puesto que es difícil conocer a todos los trabajadores contratados durante el período que dura la obra, siendo prácticamente imposible establecer métodos de trabajo estandarizados y alguna capacitación. En muchas obras se contrata mano de obra no calificada para la función que se debe desempeñar, lo que se percibe sólo al cabo de los primeros trabajos ejecutados, por lo que la empresa incurre en grandes pérdidas.



Figura 4-3: Trabajador realizando cortes en la madera en la sierra de banco protegiendo sus manos (guantes), oídos (tapones) y cabeza (casco).

Se aprecia en general un comportamiento diferente entre el trabajador del sector industrial con respecto al de la construcción, ya que el segundo resulta poco apegado a las normas de la empresa en cuanto a convivencia interna, administración o seguridad, ya que está consciente que su paso por ella es transitorio.

4.2.3 Cambio de lugares de trabajo

Otra característica del rubro construcción es el cambio frecuente de lugares de trabajo, debido a diferentes emplazamientos y ubicación de las obras. Es frecuente el continuo peregrinaje de trabajadores de una obra a otra,

UNIDAD 4

SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN

incluso, el cambio de función dentro de la misma. Esto trae consigo problemas en el aspecto de seguridad, ya que el trabajador tiene que enfrentarse día a día con nuevos ambientes de trabajo, desconociendo en la mayoría de los casos los riesgos propios del quehacer.

Al cambio de ambiente físico se suma el hecho de contar con nuevos compañeros de trabajo y jefes y por ende, nuevos sistemas. Además de lo anterior, muchas veces hay que considerar otros factores, como cambio de clima, topografía, erradicación temporal del trabajador de su hogar y vida en campamento, entre otros, todos factores que afectan de alguna manera la productividad y seguridad de una obra.

4.2.4 Cambio de sistemas de trabajo

Como se esbozó en el punto anterior, el continuo cambio de lugar de trabajo o de empresa, trae consigo que el trabajador debe adaptarse a constantes cambios. Esto le produce desorientación, ya que requiere tiempo de adaptación al nuevo sistema. La desorientación es mayor cuanto más complejo sea el cambio. Pasar de un sistema artesanal a uno semi-industrial se torna complicado para cualquier trabajador, más aún, con la característica de baja preparación en la construcción anteriormente descrita. El caso inverso también es complicado, es decir, volver luego de una sesión de capacitación acuciosa al antiguo sistema artesanal, hace que la persona sienta una baja de categoría, con el consiguiente deterioro psicológico que esto conlleva.

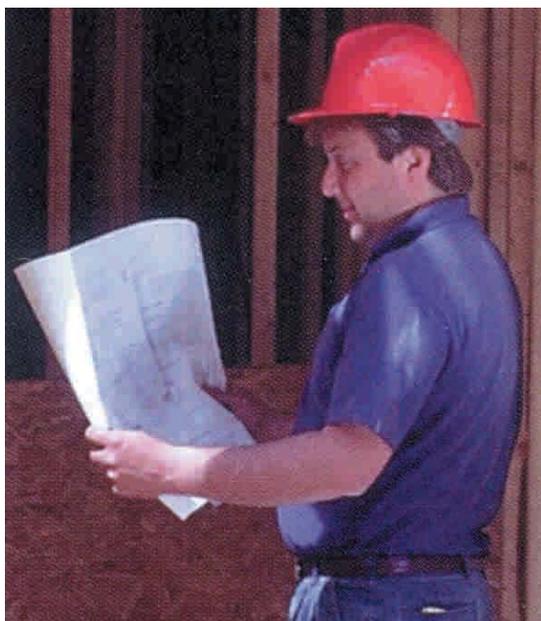


Figura 4 - 4 : Profesional a cargo de la obra provisto del correspondiente casco de seguridad.

Muchas veces los cambios no se deben sólo a que el trabajador rote de trabajo, es equivalente si tiene especificaciones técnicas distintas a las tradicionales. También influye la incorporación de nuevas tecnologías que las empresas constructoras van implementando en sus sistemas de trabajo, con el afán de ser más productivas y rentables.

4.2.5 Alta competencia en el sector

La alta competencia del rubro construcción hace que las empresas trabajen con presupuestos muy ajustados, ya que gran parte de las obras se adjudican por propuesta, obligando a estudiar ajustes de precios y utilidades. Para llevar a cabo el contrato, las empresas deben abaratar costos, manejando casi siempre el recurso más flexible que es la mano de obra y recortando presupuestos en la instalación de faena, ejecutándola de la forma más económica que la funcionalidad permita.

También se ha eliminado de los presupuestos el antiguo porcentaje dedicado a imprevistos, de tan frecuente ocurrencia en una obra de construcción. Esto se supera, en muchos casos, especificando con más detalles el proyecto, a fin de que los imprevistos puedan surgir con cargo al mandante. Siempre es aconsejable considerar imprevistos como paralización de las actividades normales de la obra por mal tiempo, escasez de mano de obra especializada, casos en los cuales la empresa debe asumir mayores costos implícitos. Consideraciones que dada la alta competencia del sector, en la mayoría de los casos obliga a dejar fuera algunos presupuestos que hoy resultan de gran importancia como la capacitación y prevención de riesgos en la obra.

4.2.6 Infraestructura de empresas

La diversidad de empresas constructoras existentes, en términos de especialidad, tamaño, infraestructura y capacidad económica, tienen facilidades para ingresar a este rubro, ya que no necesitan de gran infraestructura para funcionar.

Esto lleva a la aparición de empresas con características precarias que disponen de escasos recursos materiales, la mayoría arrendados por el tiempo que dure la obra.



Figura 4 - 5: Trabajador protegiendo sus manos, ojos y oídos con los elementos adecuados de seguridad.

Instalaciones de obra rudimentarias, maquinarias en mal estado de conservación y mantenimiento, mano de obra mal calificada. Esta infraestructura en la mayoría de los casos, sumada a la transitoriedad de las obras, crea un sinnúmero de condiciones que las hace altamente inseguras para los trabajadores.

También se puede observar que muchas empresas medianas no cuentan con departamentos de mantenimiento, capacitación o prevención de riesgos. Para cumplir con la Ley N° 16.744, las empresas se limitan a contratar un experto en prevención a jornada parcial, aún cuando cuenten con el número de trabajadores exigidos para formar un departamento de prevención de riesgos con expertos a jornada completa. Sólo las grandes empresas sobresalen a esta característica, ya que han logrado tener una trayectoria exitosa y permanente en el tiempo, pudiendo desarrollar una estructura organizacional con recursos adecuados.

4.3 DISCIPLINAS DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

4.3.1 Prevención de riesgos profesionales

Es la técnica aplicada a la detección, evaluación y control de riesgos potenciales presentes en el ambiente laboral (humano y físico) que puedan afectar al individuo, equipos e instalaciones. Significa controlar:

- Accidentes en el trabajo
- Enfermedades profesionales
- Equilibrio armónico del ambiente y trabajo

4.3.2 Conceptos generales y definiciones

4.3.2.1 Accidente del trabajo

Hecho inesperado (acontecimiento no deseado) que interrumpe un proceso normal de trabajo y puede dar como resultado algunos de los siguientes problemas:

- Lesiones a personas
- Daños a equipos
- Daños a materiales
- Daños a instalaciones
- Interrupción del proceso productivo, con pérdida de tiempo
- Incidencia directa o indirecta en la calidad final del producto



Figura 4 - 6: Trabajador usando las herramientas adecuadas, protección de los ojos y cabeza.

Bajo el punto de vista jurídico, esta definición es diferente a la de la Ley N° 16.744, que define como accidente del trabajo “toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo y que le produzca incapacidad o muerte”, o sea, accidente y lesión son dos conceptos inseparables, existiendo una marcada diferencia del concepto de accidente desde el punto de vista legal, cuya finalidad es indemnizar al accidentado, y desde el punto de vista preventivo de la seguridad industrial, que busca evitar que estos hechos imprevistos ocurran.

4.3.2.2 Accidente de trayecto

Accidente que ocurre en el trayecto directo de ida o regreso desde el domicilio del trabajador y su lugar de trabajo. Es considerado como accidente del trabajo, y asegura a los trabajadores las mismas prestaciones médicas y económicas en ambos tipos de siniestro.

4.3.2.3 Accidente de circulación por el trabajo

Accidente que se produce cuando el trabajador requiere desplazarse fuera de su centro de trabajo habitual por cualquier medio de transporte.

4.3.2.4 Enfermedad profesional

Es causada de manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realiza una persona y que le produce incapacidad o muerte. Las enfermedades profesionales se suelen producir de forma lenta y progresiva, como consecuencia de la exposición del trabajador durante cierto tiempo a riesgos ambientales, los que se clasifican como:

- Riesgos químicos
- Riesgos físicos
- Riesgos biológicos

Según el reglamento, las enfermedades profesionales tipificadas son:

4.3.2.5 Incidente

Acontecimiento no deseado, que bajo circunstancias diferentes, pudo haber resultado en lesión o daño.

4.3.2.6 Peligro:

Cualquier situación (condición o acto) que posibilite lesión o daño.

4.3.2.7 Riesgo

Probabilidad de que algún peligro específico resulte en pérdida.

4.3.2.8 Lesiones no incapacitantes

Lesión que requiere tratamiento de primeros auxilios, considerando que el tiempo perdido es el que se produce como consecuencia de atender la lesión, no siendo mayor a una jornada.



Figura 4 - 7: Diferentes elementos de protección que deben ser usados en obra según el riesgo para ojos, oídos, vías respiratorias y manos, entre otros.

4.3.2.9 Lesiones incapacitantes

Lesión que requiere tratamiento médico y produce ausencia del trabajo igual o superior a una jornada.



Figura 4 - 8: Protección de manos al efectuar cortes en la madera con sierra manual.

4.3.2.10 Observación planeada del trabajo

Técnica cuyo objetivo es determinar si una tarea se está efectuando de acuerdo al procedimiento previsto, permitiendo identificar conductas inseguras, falta de destreza, inhabilidades o contradicciones para el trabajo.

4.3.2.11 Inspección planeada del trabajo

Técnica que permite identificar riesgos asociados a herramientas, máquinas, equipos, instalaciones y actitudes que puedan ser causa de lesiones o pérdidas materiales en el lugar de trabajo.

4.3.2.12 Análisis de tareas

Análisis de cada paso en una tarea específica, con el objeto de identificar riesgos asociados a cada fase y definir procedimientos para la ejecución eficiente y correcta del trabajo.

4.3.3 Seguridad e Higiene Industrial

En el campo de la prevención de riesgos y como una forma de especialización y control, se han establecido dos áreas de acción: Seguridad Industrial e Higiene Industrial.



Figura 4 - 9: Todos los trabajadores deben estar motivados en contribuir a la eliminación de acciones y condiciones inseguras en el trabajo.

4.3.3.1 Seguridad Industrial

Area de la prevención de riesgos laborales que se ocupa fundamentalmente de identificar, evaluar y controlar aquellos riesgos potenciales que puedan producir accidentes o pérdidas materiales en los lugares de trabajo.

Desde la definición de un proyecto de construcción, siguiendo por el diseño y la planificación, hasta la puesta en marcha, intervienen numerosas personas: profesionales independientes, integrados a empresas, organismos oficiales, contratistas, subcontratistas, técnicos, trabajadores, promotores inmobiliarios y finalmente usuarios de la obra.

Esta diversidad de personas hace que el proceso constructivo sea complejo, razón por la cual resulta fundamental incorporar técnicas preventivas a las empresas constructoras y a las obras que ejecuten.



Figura 4 - 10: Se deben proteger ojos, cabeza y manos.

Para cumplir con objetivos económicos, manteniendo la calidad constructiva y respetando los plazos, las empresas reducen los costos para ser más competitivas, lo que dificulta realizar un programa orientado a la reducción de accidentalidad.

El empresario debe conseguir controlar riesgos mediante la implantación de programas orientados a mejorar la eficiencia operacional, la calidad de vida de los trabajadores, y lograr una mejor imagen corporativa de la empresa.

El conjunto de actividades de un programa de actuaciones preventivas se puede integrar en tres grupos de actuaciones, dependiendo del momento y el objetivo que se desea lograr. Estos son:

a) Actividades preventivas:

- Liderazgo y compromiso directivo
- Entrenamiento laboral
- Elaboración de inventarios críticos
- Análisis de tareas
- Elaboración de procedimientos
- Inspecciones planeadas
- Observaciones planeadas
- Cumplimiento de disposiciones legales
- Establecimiento de reglamentos y normas internas
- Comunicaciones internas
- Control de contratistas
- Control de compras



Figura 4 - 11: Al desarrollar una actividad en andamios, el trabajador debe siempre utilizar cinturón de seguridad.

b) Actividades reactivas:

Investigación de sucesos no deseados como:

- Accidentes
- Incidentes
- Interrupción de procesos

c) Actividades de conservación:

- Mantenimiento preventivo
- Preparación de situaciones de emergencia

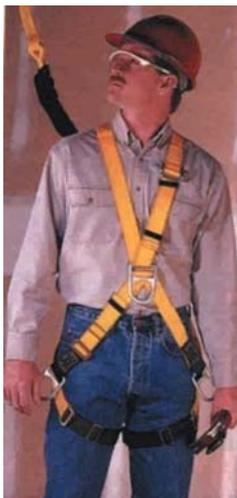


Figura 4 - 12: Trabajo en altura, como por ejemplo, colocación de cubierta en vivienda de dos pisos, uso de arnés unido a línea de vida.

4.3.3.2 Higiene Industrial

Es la disciplina que se ocupa del reconocimiento, evaluación y control de los riesgos ambientales (químicos, físicos o biológicos) que pudieren, en determinadas circunstancias, provocar en el individuo una enfermedad profesional, causada por los agentes enunciados.

4.4. CAUSAS DE UN ACCIDENTE

4.4.1 Generalidades

Los accidentes no existen por casualidad, siempre hay algo que los causa.

Los accidentes y/o enfermedades profesionales dañan el sistema interior de la empresa, produciendo una especie de entalpía (energía negativa) que se libera al interior del sistema y produce lesiones y pérdidas. Un profesional a cargo de una faena específica, debe saber reconocer las causas de los accidentes y tomar las medidas necesarias para eliminarlas.



Figura 4 - 13: Anteojos especiales de seguridad que deben ser usados cada vez que la actividad signifique riesgo de desprendimiento de partículas. Por ejemplo, corte de piezas de madera con sierra eléctrica.

4.4.2 Accidentes típicos en las obras de construcción

Considerando las estadísticas que existen, los accidentes más significativos del sector desde el punto de vista de la incidencia son:

- Golpes
- Sobreesfuerzos
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de objetos
- Proyección de partículas
- Pisadas sobre objetos punzantes
- Los derivados de la manipulación manual de materiales
- Atrapamiento por objetos
- Atropellos

- Derrumbes
- Atrapamiento por vuelco de máquinas

Desde el punto de vista de la gravedad:

- Caídas de personas a distinto nivel
- Atropellos
- Atrapamientos por vuelco de máquinas
- Atrapamientos por objetos
- Derrumbes
- Contactos con la electricidad
- Caídas de objetos

Las causas inmediatas por las cuales se producen este tipo de accidentes en la construcción, se pueden resumir en:

- Lugares de trabajo estrechos, desordenados y mal iluminados
- Superficies de trabajo, en condiciones defectuosas, como andamios, plataformas elevadas y escaleras.
- Máquinas y herramientas en mal estado o sin las protecciones necesarias
- Elementos defectuosos para el izado de cargas
- Instalaciones eléctricas en mal estado
- Iluminación insuficiente
- Mala ventilación en espacios confinados
- Quemaduras por trabajos de soldaduras
- Trabajos permanentes en posturas incómodas
- Falta de organización en la circulación de vehículos por la obra
- Actitudes temerarias por parte de los trabajadores
- Actuación de los trabajadores en contra de las normas establecidas

Lo importante es que, conocidos los problemas, el objetivo es encontrar soluciones eficaces, tanto desde el punto organizativo como desde el ejecutivo.

4.4.3. Elementos que participan en un accidente

Para entender mejor las causas de los accidentes, se deben considerar cuatro elementos principales:

- Trabajadores
- Ambiente
- Máquinas y herramientas
- Materiales

a) Trabajadores:

Incluye a todo el personal que ejecuta labores productivas o administrativas.



Figura 4 - 14: Las escaleras no deben ser estructuras fabricadas improvisadamente en obra. Es recomendable el uso de escaleras metálicas.

b) Ambiente:

Condiciones o circunstancias físicas, sociales y económicas, entre otras, en el lugar de trabajo.

c) Máquinas y herramientas:

Todas las que dispone el trabajador para realizar su trabajo diario.

e) Materiales:

Elementos con los cuales el trabajador labora, formando diferentes estructuras y productos terminados.

4.4.4 Causas inmediatas que originan los accidentes

Las causas inmediatas son consecuencia directa de las causas básicas que originan accidentes. Estas son acciones inseguras y condiciones inseguras.

4.4.4.1 Acciones inseguras

Todo acto que comete el trabajador que lo desvía de una manera aceptada como segura, como por ejemplo:

- Usar los equipos, máquinas y/o herramientas en forma inadecuada
- Manejo inadecuado de materiales
- No utilizar elementos de protección personal
- Operar equipos sin autorización

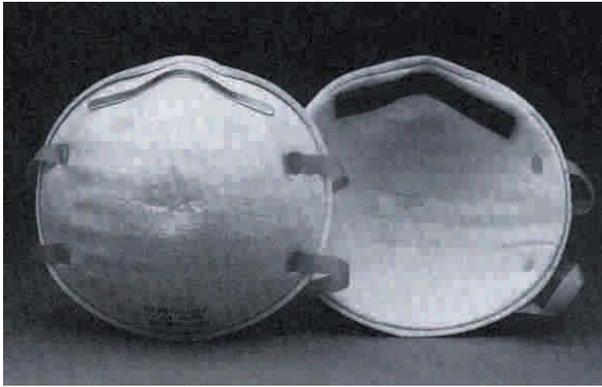


Figura 4 - 15: Mascarillas que deben ser utilizadas en ambientes de emanación de polvo.

4.4.4.2 Condiciones inseguras

Situación de riesgo creada en el ambiente de trabajo, como por ejemplo:

- Instalaciones eléctricas defectuosas
- Sierra de banco sin protección en zonas de peligro o contacto con el trabajador
- Falta de orden y aseo
- Superficie de trabajo defectuosa, escaleras en mal estado, falta de tabloneros en andamios
- Ruidos anormales en máquinas por falta de mantenimiento o mal uso de ellas.
- Ambiente tóxico por emanación de solventes y gases, entre otros.

4.5 FACTORES PERSONALES, TÉCNICOS O DEL TRABAJO

4.5.1 Factores personales

Son los que permiten que el trabajador actúe de una manera y no de otra, es decir, haga o no lo que corresponde.

La respuesta a esta actitud se puede deber a tres razones:

- No sabe qué hacer o cómo hacerlo. Desconocimiento.
- No quiere hacerlo. No le motiva hacerlo como corresponde, aunque sabe cómo.
- No puede hacerlo por incapacidad o se encuentra desadaptado.

Para evitar estos factores personales y/o controlarlos se debe:

- Instruir adecuadamente al personal en la forma que ejecuta su trabajo, en los riesgos que implica el desarrollo de éste y en la protección apropiada para la ejecución.
- Motivar y comunicar adecuadamente a los trabajadores para alcanzar nuevas metas.
- Ubicar o reubicar al personal de acuerdo a sus condiciones o aptitudes.



Figura 4 -16: Varios tipos de protectores de oídos, según nivel de riesgo acústico, condiciones del medio y aceptación del usuario según anatomía.

4.5.2 Factores técnicos o del trabajo

Son las condiciones de riesgo ambientales, de equipos, materiales o métodos.

Estos factores se determinan por:

- Fallas en los equipos o máquinas por mal funcionamiento y falta de mantenimiento, entre otros.
- Mala disposición para realizar el trabajo. El lugar para desarrollar la actividad no cuenta con espacio suficiente, desordenado, sin bancos de trabajo, etc..
- Métodos o procedimientos inadecuados, falta de instrucción al trabajador, mal uso de equipo y/o herramientas, y manejo inadecuado de materiales, entre otros.

El control de estos factores ayuda a eliminarlos. Para esto se debe considerar:

- Planificar y controlar las operaciones, estudiando el método de trabajo apropiado.
- Distribuir en forma correcta las herramientas y equipos.
- Contemplar un plan de mantenimiento de máquinas, orden y aseo general.
- Estandarizar los procedimientos de operación.



Figura 4-17: Sólo se deben usar andamios de estructura, barandas y tablonés metálicos que entregan una mayor seguridad para trabajos en altura.

En Anexo III se adjuntan cartillas de prevención de riesgos de las actividades de mayor riesgo en la construcción de viviendas en madera.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- De Solminihaç, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E;"Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Mutual de Seguridad Mutual Universal 2001 Cie Inversiones, "Manual Técnico de la Construcción, Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales y de la Protección del Medio Ambiente", Editoriales Dossat, 2000.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.ine.cl (Instituto Nacional de Estadísticas).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- Decreto N°40. Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
- Decreto N° 54. Reglamento para la constitución y funcionamiento de los comités paritarios de higiene y seguridad.
- Decreto N° 78. reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.
- NCh 347 Of 99 Construcción: Disposiciones de seguridad en demolición.
- NCh 349 Of 99 Construcción: Disposiciones de seguridad en excavación.
- NCh 350 Of 60 Instalaciones eléctricas provisionales en la construcción.
- NCh 351 Of 56 Escalas portátiles de madera.
- NCh 502 Of 70 Guantes de seguridad – Terminología y clasificación.
- NCh 721 EOf 71 Protección personal – Calzado de seguridad – Terminología y clasificación.
- NCh 997 Of 99 Andamios: Terminología y clasificación.
- NCh 999 Of 99 Andamios de madera de doble pie derecho: Requisitos.
- NCh 1258/0 Of 97 Equipos de protección personal para trabajos con riesgos de caídas. Parte 0: Terminología y clasificación.
- NCh 1258/1 Of 97 Equipos de protección personal para trabajos con riesgo de caídas: Requisitos y marcado.
- NCh 1261 Of 77 Protección personal – Respiradores – Métodos de ensayo.
- NCh 1301 Of 77 Protección personal: Anteojos protectores contra impacto. Requisitos
- NCh 1358 Of 79 Protectores auditivos: Clasificación.
- NCh 1331/1 Of 78 Protección personal: Protección contra el ruido.
- NCh 1582 Of 79 Protección de los ojos: Filtros ultravioletas: Requisitos.
- Ley N° 16.744. Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

Unidad 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS



Unidad 5

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Por herramienta e instrumento entenderemos un conjunto de piezas combinadas adecuadamente, que sirven con determinado objetivo el ejercicio de las artes y oficios.

Las herramientas e instrumentos ayudan a dar forma a la madera, desde la tala del árbol hasta el producto final, sea éste un mueble o el elemento estructural de una obra. Estas piezas tienen ingerencia en la obtención de un resultado óptimo y eficiente.

Es importante destacar que, si bien las herramientas son importantes en el trabajo a realizar, la labor y desarrollo de las habilidades de quien las maneje son esenciales, sobre todo en las herramientas manuales.

Sumado a lo anterior, el correcto y óptimo uso de las herramientas requiere conocimiento en la disposición de los elementos físicos y constitutivos de la estructura de madera. Frecuentemente, los nudos, fibras y otras características naturales de la madera, pueden ser un problema para las herramientas.

A modo de ejemplo, el trabajar en el sentido de la veta en la madera hará que la labor sea más sencilla, en cambio, hacer cortes contrarios a la veta, podrá inducir a la herramienta a perder dirección e introducirse en la madera, acentuándose dicha dificultad si se usan herramientas mecánicas.

En carpintería podemos dividir las herramientas en dos grupos generales:

- Manuales
- De banco

Invertir en buenas herramientas, en la medida que el presupuesto lo permita, es muy importante, ya que son más seguras, fáciles de usar y mantener, obteniéndose óptimos resultados.

Los instrumentos a utilizar en carpintería son un complemento indispensable para las herramientas, ya que permiten obtener formas y dimensiones, así como efectuar el control a la forma y geometría de los elementos terminados, según el proyecto que se desea materializar.

Los instrumentos pueden dividirse, en general, en dos grupos:

- Mecánicos
- Electrónicos

Con respecto a la adquisición y uso de las herramientas e instrumentos, se debe tener presente ciertos aspectos para lograr un trabajo en condiciones óptimas y seguras:

- Deben ser de marca conocida y certificada.
- Deben ser usadas para lo que fueron diseñadas.
- Deben cumplir con las indicaciones del manual de uso y mantenimiento.

5.2. HERRAMIENTAS

En este manual se describirán las herramientas más relevantes utilizadas en la construcción de viviendas estructuradas en madera, las que ayudarán en la unión, fijación, corte, perforación, desbaste, pulido y desmontaje de los elementos y estructuras.

5.2.1. Herramientas manuales

Son herramientas livianas y portátiles, lo que permite agilizar muchas acciones, sobre todo aquellas que requieren ser realizadas fuera de un taller, como son el montaje e instalación de estructuras. Permiten acceder a lugares en posiciones que no serían posibles, de no ser por la adaptación manual que tienen y lo manejables que resultan ser. Pueden clasificarse en herramientas:

- Mecánicas
- Eléctricas
- Neumáticas

5.2.1.1. Herramientas mecánicas

Son aquellas herramientas que requieren la aplicación de fuerza del ser humano para realizar su labor.

Se pueden clasificar en herramientas de corte, perfilado y pulido, perforación, percusión y extracción.

5.2.1.1.1. Herramientas de corte

a) De corte dentado

Estas herramientas cuentan con una hoja de acero templado con dientes triangulares inclinados hacia delante. El corte lo realizan por medio de un movimiento de vaivén, cuando avanza la hoja se hace el corte y al retroceder, recupera su posición.

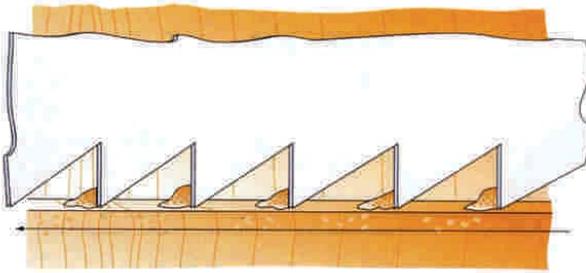


Figura 5 - 1 : Dientes de un serrucho.

En este subgrupo encontramos las siguientes herramientas:

- **Sierra común:** constituida por un armazón de madera y una hoja de acero de aproximadamente 80 cm de largo, que se estrecha en sus extremos para quedar insertada en sus correspondientes clavijas mediante pasadores. Varias vueltas de cuerda unen los extremos superiores de los cabeceros. La tarabilla retuerce la cuerda y, apoyándose en el travesaño, tensa la hoja de acero. La limitante de esta herramienta es que no permite aserrar tablas a lo largo, siendo la máxima medida a cortar, la distancia que hay entre la hoja de acero y el travesaño central.



Figura 5 - 2 : Sierra común con estructura de madera.

- **Arco de sierra:** consta de un marco de acero flexible en forma de U, con prensas en cada extremo para sujetar la hoja de sierra, más un mango. Es una buena herramienta para trabajos minuciosos y presenta la misma limitación que la sierra común.



Figura 5 - 3 : Arco de sierra.

- **Serrucho común:** consta de una hoja más ancha que las utilizadas en las sierras con cantos convergentes, donde en la parte más ancha se inserta una empuñadura fijada a la hoja por medio de tornillos remachados. Presenta la ventaja de no tener limitaciones en cuanto a la extensión de cortes rectilíneos.



Figura 5 - 4 : Serrucho común.

- **Serrucho de costilla:** está conformado por una hoja de forma rectangular, más fina y con dientes más pequeños que el serrucho común. Va reforzado en el canto superior por un perfil metálico en forma de canal para proporcionarle rigidez a toda la hoja, permitiendo realizar un corte más recto. Se utiliza para cortes de precisión sin profundizar demasiado en la madera.

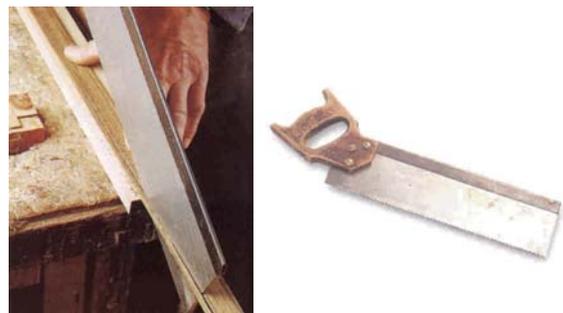


Figura 5 - 5 : Serrucho de costilla.

UNIDAD 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS

- **Serrucho de punta:** consta de una hoja estrecha inserta en un mango abierto, permite hacer cortes en redondo o calados que no tengan las curvas muy cerradas.



Figura 5 - 6 : Serrucho de punta.

- **Serrucho de empuñadura intercambiable:** son un set de serruchos y un mango que puede ser utilizado con las tres hojas desmontables: un serrucho común, de costilla o de punta. Cada una de las hojas desmontables tiene una ranura en la que se inserta el mango, usando para fijar la hoja una palanca que acciona un tornillo de presión.

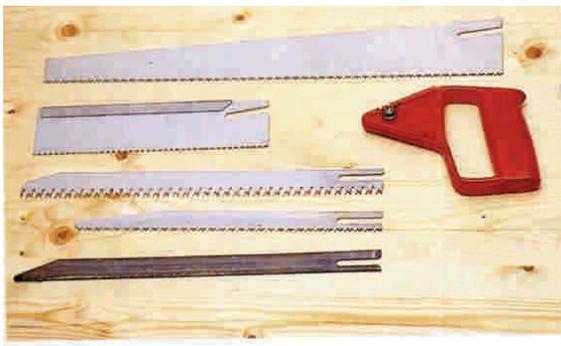


Figura 5 - 7 : Dientes de un serrucho.

- **Cortachapa:** está compuesto por una hoja de hierro acerado rectangular con dos de sus cantos ligeramente curvados y dentados, extremadamente finos, que se fija mediante tornillos a un soporte con mango de madera. Se usa para cortar terciados delgados, permitiendo cortes sin astillas.



Figura 5 - 8 : Cortachapa.

b) De corte con filo vaciador

Su función es cepillar, rebajar y moldear las piezas una vez realizado el corte por las sierras o serruchos. Se distinguen dos grupos: de corte guiado y las de corte libre.

- **Corte guiado:** se usa hoja de acero templado con filo en bisel ligeramente cóncavo. Su diseño considera una cubierta o contrahoja, y con ella evita que se levanten astillas en la madera al afinar o pulir. Estas herramientas se pueden agrupar, a su vez, en dos subgrupos: cepillos y desbastadores.
 - **Cepillos:** pueden ser de madera o metálicos, dentro de los cuales está la garlopa para cepillar tablas largas. El garlopín, usado para desbastar. El cepillo, para desbastar, pulir y afinar. El cepillo curvado de base convexa, utilizado para cepillar interiores curvos. El cepillo de dientes, en tanto, sirve para generar asperezas en las superficies que han de encolarse (facilita el agarre).



Figura 5 - 9 : Garlopa.



Figura 5 - 10 : Garlopín.



Figura 5 - 13 : Rebajador.



Figura 5 - 11 : Cepillo curvado.

- **Desbastadores:** su diferencia con respecto a otros cepillos es tener una caja cuya base deja libre todo el ancho de la hoja, la cual es estrecha por arriba y no lleva contrahoja, de modo que el corte puede tener la forma de la moldura perfilada en el filo de la hoja.

Entre los desbastadores más importantes se encuentra el guillame, usado para rebajar la madera en forma escalonada. Este rebajador es de mayor tamaño que el anterior y de desbaste graduable. Existe también el bocel, que sirve para realizar desbastes de media caña, el acanalador y el machihembrador, utilizados para hacer canales, ranuras y guías en la madera. Estas herramientas se usan luego del cepillado de la madera.



Figura 5 - 12 : Guillame.



Figura 5 - 14 : Acanalador.



Figura 5 - 15 : Machihembrador.

- **Corte libre:** posee una hoja de acero templado con filo en un extremo, que se va adelgazando longitudinalmente hasta terminar en punta, en la que se inserta un mango de madera. Entre ellas se encuentran:
- **Formón:** hoja de acero de 3 a 4 mm. de espesor con los bordes biselados, lo que permite una mayor penetración en esquinas. Se usa para cortar la madera en cualquier dirección, hacer rebajes, ajustes, encajar bisagras, y cerraduras, entre otras acciones.



Figura 5 - 16 : Distintos tipos de formones.

- **Escoplo:** parecido al formón, se diferencia en tener una hoja más angosta y robusta. Se usa para cortes profundos, mortajas y escopleaduras para ensamblar.

El escoplo, al igual que el formón, se afila en un ángulo de 35°, lo que permite tener cantos fuertes para trabajos duros.



Figura 5 - 17 : Escoplo.

- **Gubia:** se caracteriza por tener una hoja curvada y vacía, permitiendo realizar cortes en aro o círculo.



Figura 5 - 18: Distintos tipos de gubias.

5.2.1.1.2. Herramientas de perfilar y pulir

La madera requiere de un desbaste y pulido final previo al barnizado o pintado. Para dicha tarea se requiere de las herramientas que a continuación se detallan:

- **Escofina:** se caracteriza por tener una hoja plana por una cara y curvada por la otra, con dientes gruesos y triangulares, completamente distanciados unos de otros y más gruesos que los de la lima. Se utiliza para desbastar, en especial para perfilar curvas y rectas, donde no se puede acceder con el cepillo.



Figura 5 - 19 : Lima.

- **Lima:** puede tener una fila de dientes alargados en todo el ancho de la hoja, paralelos entre sí, dispuestos en un ángulo de 75° respecto al eje de la herramienta o bien dos filas de dientes que se cruzan en diferentes ángulos. Su finalidad es acabar de perfilar y quitar las asperezas dejadas por la escofina.

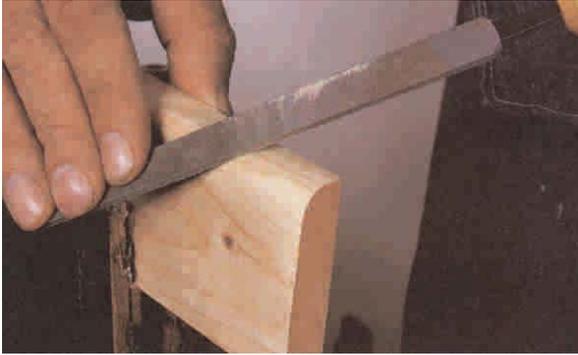


Figura 5 - 20 : Lima.

- **Limatón:** es un tipo de lima cilíndrica que va estrechándose hacia la punta. Existen dos tipos de limatón, uno con dientes de escofina y otro con rayado de lima.
- **Cuchilla:** consiste en una hoja de acero templado, semi-duro, con dimensiones aproximadas de 12 cm de largo, 6 a 7 cm de ancho y 1 mm de espesor. Con esta herramienta se puede conseguir un afinado propio de las últimas fases del acabado de una pieza.

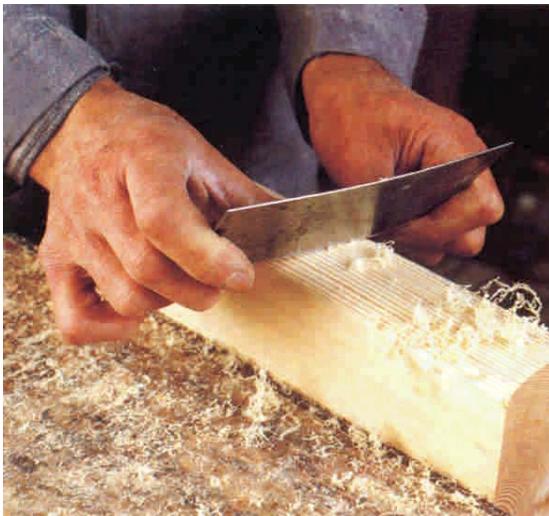


Figura 5 - 21 : Cuchilla.

- **Lija:** es una hoja de papel fuerte, que en una de sus caras tiene adherido polvo de vidrio, arena o esmeril fijado con cola. Existen varios grados de aspereza que se diferencian por números, siendo el 00 la que tiene el grano más grueso, hasta llegar a 120, que es el grano más fino. Para su uso se envuelve un taco de madera con medidas cómodas para la mano y sus caras planas.



Figura 5 - 22 : Variados tipos de lijas.

5.2.1.1.3. Herramientas de perforación

Existe una serie de herramientas que permiten taladrar y perforar la madera, produciendo el mínimo daño a la masa leñosa que circunda el agujero. Si se utilizara el método de generar la perforación mediante clavado de algún elemento con punta, se podría rajar o astillar la pieza, ya que en el lugar donde se realiza la perforación, la madera se expande en vez de eliminarse.

- **Punzón:** está conformado por una barra de acero terminada en punta y un mango que generalmente es de madera. Sirve para realizar perforaciones de pequeño diámetro y profundidad. En comparación con las perforaciones que puede realizar una broca, el uso del punzón se considera tosco y de mala terminación.
- **Barreno:** es una especie de tornillo terminado en punta que sirve como guía, al que le sigue una zona de corte con un gavlán que marca el diámetro, para evitar las astillas que se puedan producir por la hoja de corte. Luego tiene estrías helicoidales que facilitan la salida de la viruta que genera, terminando en forma cuadrada donde se coloca el mango.



Figura 5 - 23 : Punzón y barrenos.

- **Berbiquí:** se compone de una varilla de hierro en forma de U, que en la parte central y en el extremo lleva un mango; en el otro extremo tiene un dispositivo para colocar y fijar la broca, en el que se pueden adaptar varios tipos de brocas en forma rápida y fácil.



Figura 5 - 24 : Berbiquí.

- **Broca:** es una varilla de acero u otro material metálico resistente, que en uno de sus extremos tiene una punta que hace de guía, seguida de estrías helicoidales u hoja de corte y el otro extremo está acondicionado para ser fijado al taladro. Existen distintos tipos de brocas, tanto en largo, diámetro, como en la forma de la punta, dependiendo cómo se esté enfrentando la fibra de la madera. Si se va a taladrar a favor de la fibra, se utiliza la broca suiza. Cuando se va a taladrar perpendicular a la fibra, se usa la broca de boca o helicoidal o llamada cola de chancho.



Existe gran variedad de brocas con distintos diámetros, formas y largos.



Figura 5 - 25 : Distintos tipos de brocas.

- **Taladro:** es un aparato cuyo extremo inferior lleva un dispositivo para fijar la broca y en el centro tiene un mecanismo de funcionamiento basado en una rueda dentada, sincronizada a dos piñones y sujetas al eje, provista de una manivela con pomo giratorio. Otro pomo fijo al centro del eje, permite sujetar el aparato mientras se trabaja. Se puede taladrar más rápidamente que con el berbiquí, pero se pierde fuerza en la penetración, lo que limita el uso de brocas de gran diámetro.



Figura 5 - 26 : Taladro.

- **Atornillador:** está conformado por una varilla cilíndrica de hierro inserta en un mango estriado. El extremo libre de la varilla de acero tiene punta correspondiente al tipo de cabeza del tornillo, que puede ser paleta o simple y cruz, entre otros.



Figura 5 - 27 : Atornilladores.

5.2.1.1.4. Herramientas de percusión y extracción

La percusión, acción por la cual se introduce un elemento en otro mediante golpes, está íntimamente ligada a la extracción, como se puede constatar en el diseño del martillo carpintero. También existen herramientas más específicas que sólo realizan una acción en particular.

- **Martillo:** se compone de una cabeza de material metálico (generalmente de acero) y mango de madera dura u otro material liviano y resistente. La cabeza tiene una perforación en la parte central, donde se encaja y fija el mango. Su forma responde a la acción que realiza de clavar, golpear y en algunos casos extraer clavos.
- **Mazo:** tiene una cabeza y un mango al igual que el martillo, pero se diferencia en el uso y material de que está fabricado. El mazo tiene cabeza de madera, plástico duro o metal relativamente blando, como el cobre, siendo ideal para armado de ensambles, golpear sobre mangos de herramientas, u otros trabajos donde se deba percutir sin dejar marcas en la madera.



Figura 5 - 28 : Ejemplos de mazo y martillos que se pueden encontrar.

- **Engrapadora:** generalmente es de carcasa metálica liviana, la que contiene un sistema mecánico accionado por un gatillo que dispara grampas. Tiene un recinto interior, a veces adaptable a más de un tipo de grampa, donde se colocan y se disparan al ser accionado el mecanismo. Se utiliza principalmente para fijación de polietileno y fieltro.

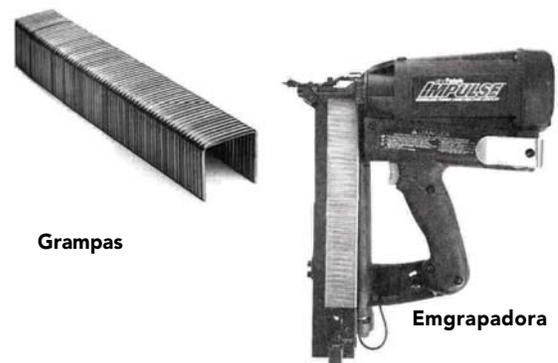


Figura 5 - 29 : Engrapadora neumática.

- **Tenazas:** consta de dos brazos móviles de acero trabados por un eje remachado. Existen distintos tipos de tenazas según el uso que se les quiera dar. Es así como la tenaza de cabeza redonda se usa en la extracción de clavos, cortar alambre y sujetar pequeñas piezas en el momento en que se vayan a manipular. Universal es la tenaza de cabeza rectangular, cuya superficie de sujeción es de forma irregular, teniendo una parte para cortar alambres, otra para sujetar secciones circulares y una superficie texturada, en el extremo de las caras interiores para facilitar la extracción y funcionar como pinza.



Figura 5 - 30 : Distintos tipos de tenazas.

- **Pata de cabra o diablito:** es una barra de hierro acerado que en un extremo tiene forma de palanca y en el otro la misma forma que el martillo común y de uña partida, siendo útil para sujetar la cabeza de las puntas en el momento de la extracción.



Figura 5 - 31 : Diablito.

- **Botador:** es una varilla de acero afilada por el extremo, sin que llegue a estar aguzada. Se usa para embutir las cabezas de los clavos y puntas en la masa leñosa.



Figura 5 - 32 : Botador de puntas.

5.2.1.1.5. Herramientas de presión

Además de las uniones de piezas por medio de empalmes, juntas, acoplamientos y ensambles, existe la opción de utilizar colas y adhesivos, los que requerirán herramientas capaces de mantenerlas fijas y presionadas mientras endurecen o fragüen, salvo los pegamentos de impacto.

- **Sargento:** consta de una pieza guía larga y dos brazos perpendiculares, generalmente de acero, los que se deslizan sobre la guía. Los brazos tienen cerca de su extremo libre un husillo metido en el agujero roscado y dispuesto paralelamente a la pieza guía y provista de un mango. La punta del husillo aprieta las piezas puestas contra el otro brazo y de esa forma las une. Cuando el husillo no aprieta por ser demasiado corto, se corren los brazos sobre la guía para acercarlos. Al apretar el husillo, los brazos quedan fijos en sus respectivas guías. Se usan para sujetar una pieza al banco o dos piezas entre sí.

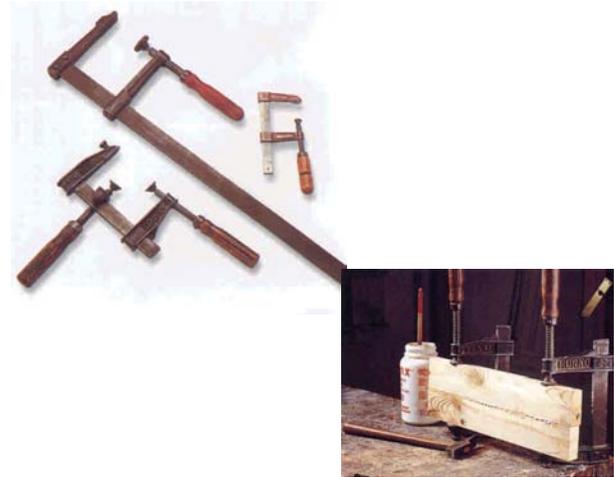


Figura 5 - 33 : Diferentes tamaños de sargentos. A la derecha, unión de dos piezas con ayuda del sargento.

5.2.1.2. Herramientas eléctricas

Realizan la misma función que las herramientas manuales, pero se obtienen resultados de mejor calidad, simplificando el trabajo y haciéndolo más eficiente.

Las herramientas eléctricas tienen en común ser relativamente livianas y portátiles, fabricadas en materiales ligeros como plástico duro o aluminio, tener motor monofásico con velocidad de rotación de sus ejes que va entre los 3.500 y los 20.000 r.p.m., acoplado directamente a las hojas de corte, carcasas de protección, guías y asas, para su manejo y gran maniobrabilidad.

De cada una de las herramientas existen distintos modelos y versatilidad de usos según los requerimientos del usuario. Es así como con un taladro podemos además de taladrar, atornillar y desatornillar con sólo mover un interruptor.



Figura 5 - 34 : Sierra circular eléctrica.



Figura 5 - 37 : Pulidora eléctrica.



Figura 5 - 35 : Caladora eléctrica.



Figura 5 - 38 : Taladro angular inalámbrico eléctrico.



Figura 5 - 36: Cepillo eléctrico.



Figura 5 - 39 : Atornillador eléctrico.



Figura 5 - 40 : Atornillador (con extensión).



Figura 5 - 41 : Taladro eléctrico.



Figura 5 - 42 : Fresadora eléctrica.

5.2.1.3. Herramientas neumáticas

Son complemento a las funciones que realizan las herramientas eléctricas y trabajan con aire comprimido, logrando gran fuerza y rapidez en la ejecución de tareas. Se debe tener presente que requieren compresor para su funcionamiento y que su alcance está limitado por el largo de la manguera para el aire comprimido con que cuenta.

- **Martillo neumático:** herramienta para clavos de distintos largos y espesores, los que vienen en tiras especiales. La fuerza del impacto la genera la presión de aire. Tiene la ventaja de realizar un trabajo rápido, seguro y sin marcar la madera, como sucede normalmente con el martillo común.



Figura 5 - 43 : Martillo neumático.

- **Engrapadora neumática:** al igual que la herramienta mecánica, sirve para colocar grampas de mayor tamaño en forma rápida y con mejor terminación.



Figura 5 - 44 : Engrapadora neumática.

5.2.2. Herramientas eléctricas de banco

Con respecto a estas herramientas, es necesario considerar el gran espacio que requieren por su tamaño y uso seguro para el operario. El recinto debe ser el necesario para labores de maquinismo, traslado y almacenamiento de la madera y su orden en función del proceso de elaboración. Son de costo bastante mayor a las herramientas manuales y permiten una producción a escala industrial.

- **Sierra de inglete:** herramienta que permite realizar cortes en ángulos en forma precisa, tanto en el ancho de la pieza como en el espesor.



Figura 5 - 45 : Sierra de inglete. Permite cortes en distintos ángulos en el ancho y en el espesor de la pieza.

- **Sierra de banco circular:** se compone de una base robusta, masa de hierro fundido, disco dentado con perforación en el centro, eje montado en posición horizontal sobre cojinetes. En uno de sus extremos, perpendicular al eje, lleva dos platos; uno fijo y otro móvil, que se fija mediante una rosca dentada al extremo del eje. El otro extremo va provisto de poleas para correas trapezoidales que lo unen al motor acoplado.

En casos justificados, dependiendo del tipo de obra y cantidad de madera a dimensionar, se puede llevar a terreno.

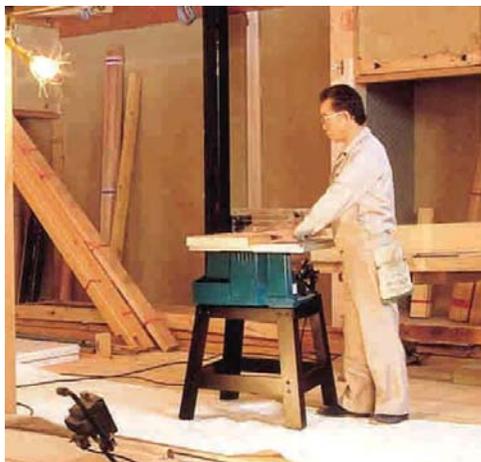


Figura 5 - 46 : Sierra circular para cortes rectos.

En sistemas industrializados, en los que la fabricación de elementos se hace en serie y a gran escala, la sierra circular se complementa con otras maquinarias tales como:

- **Sierra de cinta:** está compuesta por un brazo vertical, dos volantes, motor eléctrico acoplado, guía y base sobre la cual se asienta una mesa, todos de hierro fundido. La hoja dentada y triscada que realiza el corte es soldada en sus extremos de tal forma que resulta una cinta sin fin.



Figura 5 - 47 : Sierra de cinta.

- **Canteadora:** se compone de una base y dos mesas de hierro fundido, un cabezal de acero donde van alojados los cuchillos, motor, sistema de poleas que mediante correas trapezoidales se conecta al motor y una guía de apoyo para cepillar cantos. Su finalidad es cepillar la madera mediante hojas de filo vaciado.



Figura 5 - 48 : Cepilladora.

- **Cepilladora de calibración:** compuesta por una caja de hierro fundido donde se aloja el mecanismo que permite, una vez cepillada la pieza por una cara y un canto, quedar calibrada en toda su longitud.



Figura 5 - 49 : Cepillo con calibradora de cuchillas.

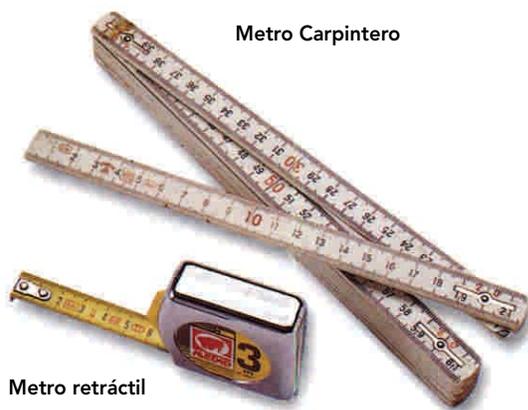
5.3 INSTRUMENTOS

5.3.1. Instrumentos mecánicos

- **Metro:** su función es medir distancias en forma continua, elementos cortos o de varios metros. Existen dos tipos de metros: el de varilla o carpintero y el de fleje enrollable.

El metro carpintero es fabricado en madera seca, plástico o aluminio. Si es de madera, debe cuidarse de no exponerlo al sol ni la lluvia por las deformaciones que puede sufrir.

El metro de fleje retráctil está fabricado tanto en metal de cinta rígida como en plástico de cinta flexible. En ambos casos viene graduado al milímetro.



Metro Carpintero

Metro retráctil

Figura 5 - 50 : Tipos de metro para medir distancias.

- **Pie de metro:** está constituido por una regla graduada, sobre la que se desliza otra regla graduada llamada nonio. Estas dos reglas tienen piezas a escuadra en ambos cantos, en uno de sus extremos. Entre las dos se pueden calibrar espesores con suma precisión. En el canto opuesto, otras dos piezas también a escuadra, permiten calibrar medidas interiores y por la parte baja, una varilla fina da la medida en profundidad. Todas las mediciones quedan recogidas en el nonio.



Figura 5 - 51 : Pie de metro.

- **Regla:** sirve para medir distancias pequeñas, su graduación es al milímetro. Es fabricada de diferentes aleaciones metálicas, siendo condición que no se deforme al momento de realizar la medición.
- **Escuadra:** su finalidad es permitir el trazado de líneas perpendiculares. Generalmente es metálica y graduada.



Escuadra de madera

Escuadra metálica

Figura 5 - 52 : Tipos de escuadras.

- **Caja de inglete:** su finalidad es guiar al serrucho en los cortes de 45° y 90°. Generalmente se fabrica de madera y lleva un corte que tiene el ángulo requerido, en el que se coloca la hoja del serrucho que se apoya sobre el elemento a cortar.



Figura 5 - 53: Caja de inglete.

- **Lápices:** cumplen la función de realizar marcas claras y precisas sobre la madera, pudiendo determinar los lugares de corte o ensamble. Existe uno especial para carpintería llamado lápiz carpintero, de sección ovalada, más grueso que los usados en dibujo y de una dureza intermedia. En algunos casos se utiliza el punzón como elemento de marca reemplazando al lápiz.

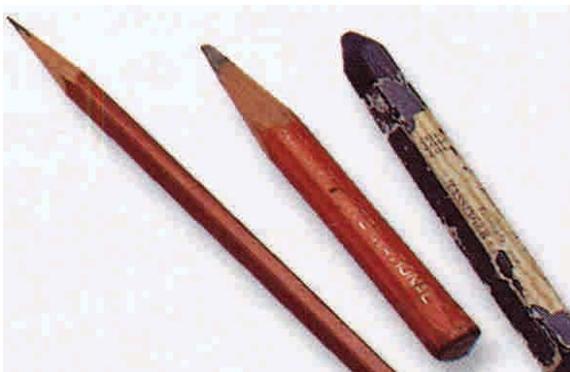


Figura 5 - 54 : Diferentes lápices.

- **Gramil:** se utiliza cuando es necesario trazar líneas paralelas sobre la madera. Se compone de una pieza rectangular de aproximadamente 20 cm de largo, 8 cm de ancho y 2 cm de espesor, más listones de 25 cm de largo por 2 cm de espesor y una cuña de más o menos 12 cm de largo, 3 cm en la parte ancha y 1,5 cm en la parte angosta. Son fabricados en madera.



Figura 5 - 55 : Gramil.

- **Compás:** su función es ayudar en el trazado de curvas, circunferencias o arcos. En uno de los extremos tiene habilitado un sistema que permite incorporar lápiz para realizar las marcas requeridas. Existen de varios tamaños, hechos en madera y metal, pudiendo tener la opción de ser graduados.



Figura 5 - 56 : Compás.

- **Nivel de mano:** sirve para controlar la horizontalidad o verticalidad de un elemento lineal, como por ejemplo, la verticalidad de un pilar o pie derecho, la horizontalidad de una solera, dintel, etc.. Si se requiere controlar la horizontalidad de una superficie, se apoya sobre ésta en dos direcciones, determinando su posición.

Está provisto de nivela tubular con una burbuja de aire en su interior que se desplaza según la posición. Existen de varios largos, siendo de mayor precisión los más extensos. Los de 1,20 m son de mayor sensibilidad. En construcción de viviendas de madera son de gran utilidad, para la materialización y control de cada elemento y superficie que conforma la estructura.



Figura 5 - 57 : Diferentes tipos de nivel de mano.

- **Plomada mecánica:** trabaja simplemente por gravedad y define una línea vertical cuando cuelga inmóvil de algún punto. Consta de una masa de plomo o material pesado, el cual termina en punta y cuelga de una lienza de largo variable.



Figura 5 - 58 : Plomada mecánica.

- **Tizador:** permite trazar una línea recta entre dos puntos, marcando con tiza el trayecto. Consta de un recipiente cerrado, el cual tiene tiza de color y en el que se encuentra enrollada una lienza, la cual se impregna del color de la tiza. Se extiende entre los puntos que interesa, se tensa y al extenderla hacia arriba suavemente y soltarla, marca la superficie con una línea recta.

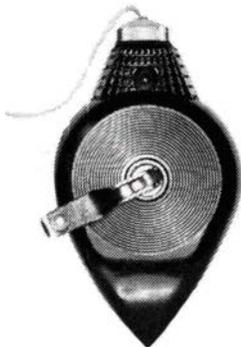


Figura 5 - 59 : Tizador.

5.3.2. Instrumentos electrónicos

- **Higrómetro:** medidor del contenido de humedad de la madera. Existen distintos tipos y en algunos casos sirven para medir la humedad de otros materiales.



Figura 5 - 60 : Higrómetros.

- **Medidor de distancia electrónico:** es un dispositivo electrónico que utiliza las ondas para determinar distancias.



Figura 5 - 61: Distanciómetros.

5.3.3. Instrumentos de precisión

- Nivel topográfico: instrumento óptico que permite determinar geoméricamente la diferencia de nivel entre dos o más puntos en el terreno, con precisión de ± 1 milímetro, dependiendo de diferentes factores (aumento del anteojo, distancias entre instrumento y regla de medición o mira, entre otros).



Figura 5 - 62 : Nivel Topográfico.

- Taquímetro: instrumento topográfico que permite efectuar alineaciones, mediciones angulares (horizontales y verticales), determinar trigonoméricamente distancias y diferencias de altura entre dos o más puntos del terreno.



Figura 5 - 63 : Taquímetro.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Burrows, D; "Técnicas Básicas de Carpintería", Editorial Albatros S.A.C.I, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- Gilbert, V; Lazcano, R; Martin, F; Vall-llosera, E, "Trabajos en Madera", 1° Edición, Ediciones Parramón S.A, España, 1997.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Reader's Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R, "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).