



**UNIVERSIDAD
MAYOR**

para espíritus emprendedores

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

Situación actual de la madera en Chile en el contexto de la construcción en edificación

Proyecto de Título para optar al Título profesional de Constructor Civil

Autor:

Felipe Varela Zenteno

Profesor Guía:

Alexander Fritz Durán

Asesor Metodológico:

Gabriel Olave Henríquez

Diciembre 2017

Santiago, Chile.

DEDICATORIA

A mi madre, que me ha acompañado no solo durante estos cinco años de carrera en la universidad sino también toda mi vida. A mis hermanas, Pamela y Emilia que día a día me entregaron su apoyo para que este trabajo tomara impulso y haya salido adelante. A mis amigos, Juan Pablo, Stefano, Matías, Felipe y Sebastián quienes siempre se tomaron con alegría y humor lo que yo estaba haciendo. A mi polola Carlita, que me incentiva a crecer y ser mejor persona en todos los sentidos. A mis profesores del colegio Zarko Yacsic, Gabriel Olave, Lorena Berrios y Julio Gutiérrez, quienes en más de una oportunidad compartieron conmigo fuera del aula y me aconsejaron para encausar mi camino.

Por último, a mi queridísimo padre que descansa en paz.

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Aguirre Núñez por aconsejarme en la primera entrega para solicitar un profesor guía. A Alexander Fritz Durán por exigirme desde el día uno para que esta memoria estuviera a la altura de un competente alumno. A Carlos Zeppelin, presidente de la CDT, por haberse tomado el tiempo en escuchar mi tema y entregarme una elemental ayuda con la beca para potenciar esta investigación, y que, además, fue una causa que impulsó mi motivación. A Carlos López, gerente de estudios de la CDT por ofrecerme su ayuda y entregarme todo el contenido que solicite en su momento. A Gabriel Olave, un viejo amigo que se cruzó en medio camino y me ofreció su ayuda para hacer el desarrollo metodológico de la mejor manera.

Finalmente, a la vida por darme la oportunidad de estar acá y por haberme topado con la gente correcta en el camino.

RESUMEN

Esta investigación aborda los aspectos más relevantes del producto madera en Chile y sus alcances en el rubro de la construcción en edificación. Se atiende el tema desde la perspectiva de las características de la madera como insumo para la construcción en edificación, la producción maderera en Chile y sus usos más recurrentes, el aporte que la madera podría alcanzar en el rubro de la construcción y los alcances reales que el tema de la madera tiene en Chile. Se abordó el tema de sus usos reales, de la importancia que el sector de la construcción le otorga, intentando dilucidar si la formación universitaria de los profesionales ligados a la construcción aborda con la importancia requerida en el rubro y las conclusiones sobre el escenario actual de la construcción y su relación con el uso de la madera.

A través de la recopilación de toda la información que contiene esta memoria surgen preguntas que dan abasto para reflexiones importantes acerca del tema construcción en edificación en Chile:

- ¿Quiénes deciden lo que se construye en Chile?
- ¿Cuánto pesa el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en los miles de viviendas que se construyen en Chile?
- ¿El material madera de que se dispone es el adecuado en términos de calidad y cantidad?
- ¿Está la industria preparada para atender la demanda que quisiéramos tener, entre 20% y 23%, es decir, 25.000 viviendas anuales?
- ¿Existen empresas constructoras que dominen el tema madera en construcción en edificación?

SUMMARY

This research approaches the most relevant aspects of the wood product in Chile and its scope in the construction sector. The issue is addressed from the perspective of the characteristics of wood as an input for construction, timber production in Chile and its most recurrent uses, the contribution that wood could achieve in the construction sector and the real scope of the theme of the wood has in Chile. The issue of its real uses, of the importance that the construction sector granted it, was addressed, trying to determine if the university education of the professions linked to construction deal with the importance required in the item and the conclusions about the current stage of the construction and its relation with the use of the wood.

Through the compilation of all the information contained in this report arises questions that provide for important reflections on the theme Building construction in Chile:

- Who decides what is being built in Chile?
- How much does the Ministry of Housing and Urban planning weigh in the thousands of homes that are built in Chile?
- Is the wood material available adequate in terms of quality and quantity?
- Is the industry prepared to meet the demand that we would like to have, between 20% and 23%, that is to say, 25.000 homes per year?
- Are there construction companies that dominate the wood theme in building?

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPITULO I.....	2
1.- PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
1.1 Problema de investigación	2
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivos específicos.....	3
2. CAPITULO II	4
MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA	4
2.1 Madera y sus características	4
2.2 Composición de la madera.....	6
2.3 Propiedades de la madera.....	7
2.4 Tipos de maderas.....	9
2.5 Composición y estructura del árbol.....	11
2.6 Beneficios de la madera como material de construcción	14
2.7 Grandes obras internacionales en madera.....	20
2.7.1 Iglesia Unres Stave.....	20
2.7.2 Bullit Center	21
2.8 Países que construyen con madera	22
2.8.1 Estados unidos.....	22
2.8.2 Japón	22
2.8.3 Canadá.....	22
2.9 Situación actual de las construcciones de madera en Chile.....	24
A) Campamento Paso Seco de Coronel.....	25
2.9.1 Grandes obras existentes en madera.....	30
B) Iglesia de Tenaún.	31
C) Iglesia de Colo	32
D) Campamento minero Sewell	33
E) Hotel pabellón del Inca	34

2.9.2 Grandes proyectos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo con madera	35
F) Oasis de Chañaral	35
G) Pabellón de Chile	36
2.10 Marco normativo con relación a la construcción en madera	37
A) Ley de Urbanismo y Construcción.....	38
B) Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.....	39
C) Norma Chilena de Construcción	40
C.1) NCH 433:	41
C.2) NCh 1198:	43
2.11 Situación actual de la formación de profesionales relacionados con el rubro de la construcción	45
2.11.1 Escuelas de Arquitectura	46
2.11.2 Escuelas de Construcción civil.....	48
2.11.3 Escuelas de Ingeniería	50
2.12 Producción forestal maderera en Chile.....	51
3. CAPITULO III.....	55
DISEÑO METODOLOGICO.....	55
3.1 Tipo de estudio.....	55
3.2 Metodología de trabajo	56
4. CAPITULO IV	57
ANALISIS.....	57
4.1 Análisis del marco normativo legal con relación a la construcción	58
4.2 Análisis del tema de madera para construcción en la formación de profesionales.....	60
4.3. Análisis de la producción forestal maderera en la construcción.....	65
5. CAPITULO 5: CONCLUSION Y BIBLIOGRAFÍA	66
5.1 Conclusión	66
Opinión y aporte personal.....	68
Límites y continuidad de estudio.....	68
5.2 Bibliografía.....	69
6. REFERENCIAS	72

6.1 Anexos.....	72
6.2 Índice de figuras, tablas y gráficos.....	74

INTRODUCCIÓN

Chile es un país forestal. La vocación forestal de Chile, basada en el desarrollo sostenible de la mayoría de sus suelos hace que la oferta actual y potencial de productos forestales supere en varias veces la demanda interna, permitiendo que las políticas anteriores, de libertad para exportar y de fomento a las exportaciones no tradicionales, se hayan podido implementar con éxito en el campo económico y sin arriesgar la calidad y cantidad de los bosques.¹

El aumento de la capacidad productiva es la que explica las cantidades exportadas, así como el incremento del consumo interno de productos forestales. Aunque Chile tiene un mercado interior pequeño, el sector forestal es bastante grande como para probar sus productos.

Bajo este escenario es que cabe preguntarse si la producción forestal, específicamente la madera, siendo un recurso importante en la producción del país, está siendo considerado como insumo para la construcción.

Esta y otras cuestiones son las que han motivado al autor a incursionar en el tema de la producción de madera, el uso que este valioso material está siendo dado en el rubro chileno.

A luces de la investigación que se detallará en estas páginas, se puede decir que hay interesantes artistas que no se han considerado en cuanto a la madera y sus potencialidades en la construcción, especialmente tomando en cuenta, que nuestro país es un productor de madera, que este material posee características que lo hacen idóneo para las construcciones tanto por las condiciones geográficas del territorio chileno como las condiciones sísmicas y de desastres naturales.

Estos puntos se abordaron para dar respuesta a la interrogante de si en Chile se considera la madera como material para la construcción, y de ser así, en qué condiciones y en qué escenarios.

¹ <http://www.fao.org/docrep/007/j2576s/j2576s06.htm>

1. CAPITULO I

1.- PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1 Problema de investigación

Si se centra en las características de la madera, lo primero que se debe señalar es que es un material reciclable, que puede ser reutilizable y además posee el valioso componente de ser biodegradable. Por otra parte, su capacidad para contribuir como aislamiento térmico supera en cuatro veces al conocido ladrillo. Si se sigue enumerando cualidades, es necesario puntualizar que es renovable, que tiene una relación resistencia-peso más favorable que el acero, y mucho más favorable que el hormigón. Se puede cortar y trabajar en diversas formas y tamaños².

Basado en los antecedentes anteriores y la opinión de varios profesionales relacionado con el rubro de la construcción y de la madera respectivamente. Tal es el caso de Raga³, presidente de la Corporación de la Madera; Lozano⁴; entre otros. Cabe entonces realizarse la siguiente pregunta ¿por qué en Chile no existe un mercado desarrollado para la construcción de casas en madera?

En esta investigación se aborda el tema de la madera y sus alcances como material para la construcción. Si la madera tiene cualidades para ser un potente recurso en el área de la construcción, cabe preguntarse sobre las razones o aspectos que no permiten que este valioso recurso marque la presencia que se espera, por otro lado, es interés de esta investigación establecer esos mismos aspectos y a partir de los resultados, proponer posibles puntos de encuentro en el sector y potenciar su uso.

El enfoque principal de esta memoria es saber efectivamente si la madera tiene un espacio en la industria de la construcción, identificando el potencial que tiene este recurso, las experiencias internacionales que han tenido buen desempeño, la situación actual de la construcción en Chile, el marco normativo, la situación actual de las casas de estudio sobre la preparación de profesionales capacitados para construir con madera y, finalmente, la producción forestal maderera de Chile.

²Silvanio, M. (2017) Por qué no se desarrolla el mercado de la madera en Chile
silvanio.mariani@diarioconcepcion.cl

³Sobre el punto, esto es "básicamente, por una razón cultural", explica Fernando Raga, presidente de la Corporación Chilena de la Madera, <https://www.diarioconcepcion.cl/sin-categoria/2016/09/11/por-que-no-se-desarrolla-el-mercado-de-la-madera-en-chile.html>

⁴ Francisco Lozano, presidente d Madera21, de Corma. Según Lozano, nos falta incorporar la madera en forma masiva y con calidad en viviendas de segmento medio y en edificios.

El problema de investigación está centrado en la siguiente interrogante:

¿Cuál es la situación actual del uso de la madera en el contexto de la construcción en edificación en Chile?

1.2 Objetivo general

Determinar la situación actual del uso de la madera en el contexto de la construcción en edificación en Chile.

1.3 Objetivos específicos

1. Identificar las características de la madera como material para la construcción en edificación.
2. Establecer los beneficios que la madera aporta al rubro de la construcción en edificación.
3. Establecer la situación actual de la madera en la construcción en edificación en Chile mediante la revisión de la normativa, la formación de profesionales y la producción maderera.

2. CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

2.1 Madera y sus características

La madera puede definirse como una de las materias prima de origen vegetal que más usos le da el hombre. Esencialmente se puede extraer de los árboles cuyas características corresponden a tallo leñoso, es decir, que tienen tronco, encontrando su parte más sólida debajo de la corteza del árbol. Si se tuviera que definir el concepto madera, se debería referir a "Materia prima que se obtiene de la parte de abajo de la corteza de los árboles con tallo leñoso"⁵

La madera posee propiedades físicas que la diferencian de los otros materiales usados en la construcción. Las principales propiedades son su resistencia, dureza, y densidad. Esta última suele indicar propiedades mecánicas, ya que cuanto más densa es la madera, su composición es más fuerte y dura. Entre sus cualidades resalta su resistencia a la compresión –que puede llegar a ser superior a la del acero- a la flexión, al impacto y a las tensiones. Estas características la convierten en un material de condiciones extraordinarias para múltiples aplicaciones que van desde la construcción de viviendas hasta la manufactura de objetos muy especializados como muebles, bates de béisbol, instrumentos musicales entre otros.⁶

La madera tiene características muy convenientes para su uso como material estructural. A diferencia de otros materiales estructurales, tiene resistencia a tensión superior a la de compresión, aunque esta última es también aceptablemente elevada. Su buena resistencia, su ligereza y su carácter de material natural renovable constituyen las principales cualidades de la madera para su empleo estructural. Cabe señalar, de acuerdo a Libardo, M (2012) *“Su comportamiento es relativamente frágil en tensión y aceptablemente dúctil en compresión, en que la falla se debe al pandeo progresivo de las fibras que proporcionan la resistencia”*⁷.

El material es fuertemente anisotrópico, ya que su resistencia es notablemente mayor en la dirección de las fibras que en las ortogonales de ésta.

Sus inconvenientes principales son la poca durabilidad en ambientes agresivos, que puede ser subsanada con un tratamiento apropiado, y la susceptibilidad al fuego, que puede

⁵ <http://www.areatecnologia.com/materiales/madera.html>

⁶ <http://www.icarito.cl/2009/12/72-1526-9-la-madera.shtml/>

⁷ Revista ARQHYS. 2012, 12. Generalidades de la Madera. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 10, 2017

reducirse sólo parcialmente con tratamientos retardantes y más efectivamente protegiéndola con recubrimientos incombustibles.

Las propiedades estructurales de la madera son muy variables según la especie y según los defectos que puede presentar una pieza dada; para su uso estructural se requiere una clasificación que permita identificar piezas con las propiedades mecánicas deseadas. En algunos países el uso estructural de la madera es muy difundido y se cuenta con una clasificación estructural confiable; en otros su empleo con estos fines es prácticamente inexistente y es difícil encontrar madera clasificada para fines estructurales.⁸

⁸ <http://www.arqhys.com/construccion/madera-caracteristicas.html>

2.2 Composición de la madera

La madera es un material natural, que esta está formada por fibras de celulosa, sustancia que conforma el esqueleto de los vegetales, y lignina, que le proporciona rigidez y dureza. Por las fibras circulan y se almacenan sustancias como agua, resinas, aceites, sales. En su composición están en mayoría el hidrógeno, el oxígeno, el carbono y el nitrógeno con cantidades menores de potasio, sodio, calcio, silicio y otros elementos. La Madera se descompone por parte de microorganismos tales como bacterias y hongos o daños por parte de insectos, por tal razón es importante darles un tratamiento que evite su deterioro.

2.3 Propiedades de la madera.

De acuerdo a la revista especializada Arqhys.com, y según la clasificación que hace el equipo de colaboradores⁹, la madera posee las siguientes propiedades:

Anisotropía. Es un material anisótropo, es decir no se comporta igual en todas las direcciones de las fibras. Es más fácil cepillar longitudinalmente al sentido de las fibras que transversalmente, y ocurre a la inversa con el aserrar. Las tres direcciones en las que recibe carga son mediante el eje tangencial, axial y longitudinal.

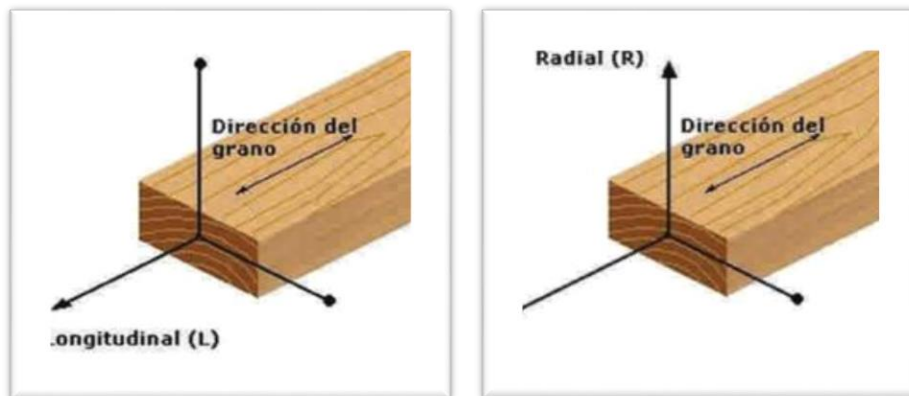


Figura N° 1 y N° 2

Resistencia. Por su especial estructura direccional, su resistencia será máxima cuando la sollicitación sea paralela a la fibra y cuando sea perpendicular su resistencia disminuirá. En esta sollicitación juegan un papel importante las fibras cortas o interrumpidas y los nudos, que minoran la resistencia.

⁹ <http://www.arqhys.com/construccion/madera-caracteristicas.html>

Flexibilidad. La madera puede ser curvada o doblada por medio de calor, humedad, o presión. Se dobla con más facilidad la madera joven que la vieja, la madera verde que la seca. Las maderas duras son menos flexibles que las blandas.



Figura N° 3

Dureza. Está relacionada con la densidad, a mayor densidad mayor dureza. La zona central de un tronco es la que posee mayor dureza, pues es la más compacta. La humedad influye de manera cuadrática en la dureza. Si la humedad es elevada la dureza disminuye enormemente. Por el contrario, si la madera se reseca, carece de humedad y se vuelve muy frágil.

Peso específico o densidad. Depende de su contenido de agua. Se puede hablar de una densidad absoluta y de una densidad aparente. La densidad absoluta viene determinada por la celulosa y sus derivados. Su valor oscila alrededor de 1550 kg/m³, apenas varía de unas maderas a otras. La densidad aparente viene determinada por los poros que tiene la madera, ya que dependiendo de si están más o menos carentes de agua crece o disminuye la densidad.

La madera es un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decayendo en proporción inversa con el grado de humedad. Ambas densidades unidas dan la densidad real de la madera.

Conductividad térmica. La madera seca contiene células diminutas de burbujas de aire, por lo que se comporta como aislante calorífico; el coeficiente λ vale 0,03 en sentido perpendicular a la fibra y vale 0.01 en sentido paralelo a la fibra. Lo cual quiere decir que su capacidad aislante es mayor en este último sentido.¹⁰

2.4 Tipos de maderas

Una de las clasificaciones más comunes de la madera está basada en su densidad, llamándolas duras y blandas.¹¹

Maderas duras: Son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento que tardan décadas, e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas. Pesan más y soportan mejor las inclemencias del tiempo que las blandas. Son mucho más caras que las blandas, debido a que su lento crecimiento provoca su escasez, pero son de mucha mayor calidad. Suelen ser aceitosas y se usan en muebles, en construcciones resistentes, en suelos de parqué, para algunas herramientas, etc. Las antiguas embarcaciones se hacían con este tipo de maderas. Ejemplo: Roble, Nogal, etc.

Maderas blandas: La ventaja respecto a las maderas duras, es que tienen un periodo de crecimiento mucho más corto, que provoca que su precio sea mucho menor. Este tipo de madera no tiene una vida tan larga como las duras. Dar forma a las maderas blandas es mucho más sencillo, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de astillas, por lo que el acabado es mucho peor. Además, la carencia de vetado de esta madera le resta atractivo, por lo que casi siempre es necesario pintarla, barnizarla o teñirla. Ejemplo: Álamo, sauce, acacia, pino, etc.

Otra clasificación, que incluye a la anterior, pero que se basa en criterios de calidad, usos incluye los tipos de madera

Maderas resinosas: Son especialmente resistentes a la humedad. Se usa en muebles, en la elaboración de algunos tipos de papel, etc. Ejemplos: Cedro, ciprés, etc.

Maderas finas: Se utilizan en aplicaciones artísticas, (escultura y arquitectura), para muebles, instrumentos musicales y objetos de adorno. Ejemplo: Ébano, abeto, arce, etc.

Maderas prefabricadas: La mayoría de ellas se elaboran con restos de maderas, como virutas de resto del corte. De este tipo son el aglomerado, el contrachapado, los tableros de fibras y el táblex.

¹⁰ Fuente: <http://www.arqhys.com/contenidos/madera-propiedades.html>

¹¹http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/clasificacion_madera.htm

Por otra parte, según la longitud de sus fibras, las maderas pueden ser clasificadas en maderas de fibras largas y maderas de fibras cortas.

En materia de construcción, la madera pino radiata se clasifica estructuralmente de la siguiente forma:

b) Pino radiata seco: H = 12%

Clase estructural	Tensiones admisibles de					Módulo de elasticidad en flexión E_f ^{*)}
	Flexión, F_f	Compresión paralela F_{cp}	Tracción paralela, F_{tp}	Compresión normal F_{cn}	Cizalle F_{cz}	
GS	11,0	8,3	6,6	2,5	0,9	10 500
G1	7,5	5,6	4,5	2,5	0,7	9 000
G2	4,0	4,0	2,0	2,5	0,4	7 000

Tabla N° 1

2.5 Composición y estructura del árbol.

Para entender las características de la madera, sus condiciones como recurso o material para la construcción, es necesario conocer también desde donde se extrae. Esto es, el árbol. La madera, como ya se ha señalado se extrae del árbol, pero específicamente de su tronco. De acuerdo con el análisis de su composición, se puede identificar las partes constitutivas de un tronco tipo.

El tronco.

El tronco de los árboles presenta distintos tipos de tejidos leñosos (fig. 4), cada uno de ellos cumple con funciones específicas del crecimiento y protección necesarios para la vida del árbol.

1. Cambium vascular: Tejido microscópico de una célula de espesor que se encuentra entre la corteza interior (Floema) y la madera (Xilema). Las células del cambium tienen la facultad de dividirse y conservan esta facultad hasta cuando el árbol muere. El cambium genera células de xilema hacia el interior y de floema hacia el exterior.

2. Xilema: Es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir la albura, el duramen y la medula.

- **Albura.** Es la parte exterior de xilema, sus funciones principales son dos: las de soporte del árbol que comparte con el duramen, y la de conducir el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas, donde se emplean para la fotosíntesis; generalmente es de color más claro que el duramen, su espesor varía en el tronco según la especie. La albura es la parte activa del xilema.
- **Duramen.** Es la parte inactiva del xilema y tiene como función proporcionar resistencia para soportar el árbol. Su formación se describe a continuación. Con el tiempo y el crecimiento del árbol, la albura pierde agua y sustancias alimentarias almacenadas, los conductos de esta son infiltrados por sustancias orgánicas e inorgánicas distintas, tales como aceites, gomas, resinas, taninos, sustancias aromáticas, colorantes, sales minerales, metales y silicatos, que en conjunto se denominan extractivos de la madera. Las infiltraciones de estas sustancias no modifican significativamente las propiedades físicas del xilema, durante este proceso la consistencia de la madera va tomando un color más oscuro y adquiere un mejor comportamiento al ataque de hongos e insectos xilófagos, estos últimos distinguen particularmente el duramen de la albura.
- **Medula.** Es la parte central de la sección del tronco de un diámetro muy reducido, además, es la parte más antigua del tronco y es ahí donde se originan las ramas. Está constituida por tejidos parenquimatosos. En general está formada por células de poca resistencia mecánica, es muy susceptible a ser atacada por hongos.

3. Corteza interior.

Es la capa que tiene por finalidad generar la corteza exterior conforme aumenta el diámetro del tronco, además, conduce el alimento elaborado en las hojas hacia las ramas, tronco y raíces, está constituido por el tejido floemático vivo, llamado también líber.

4. Corteza exterior.

Es la cubierta que protege al árbol de los agentes atmosféricos, en especial de la insolación; ésta formada por un tejido llamado floema que cuando muere forma esta capa.

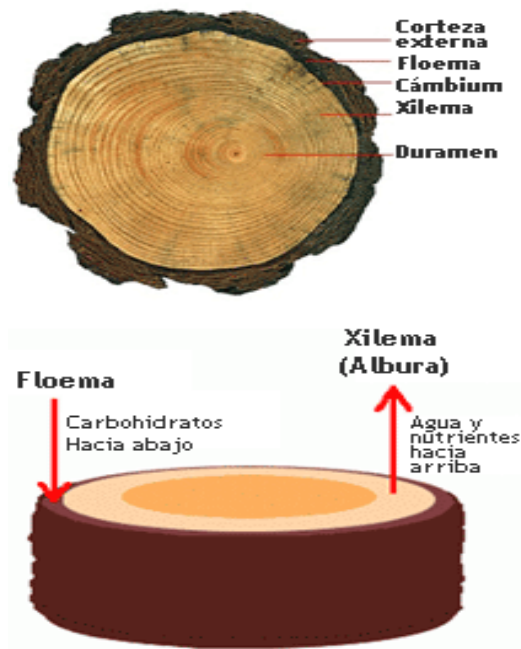


Figura N° 4

Los árboles se clasifican según la corteza, cambium y xilema. Dentro de esta agrupación existen cinco tipos:

Tipo	Características y especies
latifolios o latifoliados	Este grupo hace alusión a los árboles que tienen sus hojas más anchas y un tronco que varía en dimensión y forma. Especies: Eucalipto, Roble, Laurel, Nogal
Coníferos	Este grupo hace alusión a los árboles que tienen hojas circulares o bien más estrechas. Las especies que pertenecen a esta clasificación presentan un tronco recto, cónico hasta su copa. Especies: Pino, ciprés, Abeto, Araucaria
Perennefolios	Este grupo hace alusión a los árboles que pese a los cambios climáticos de su zona no sufren cambios en su estructura y vegetación. Especies: Encina, Olivo, Hiedra, Arizóni
Caducifolios	Este grupo hace alusión a los árboles que sufren cambios en su estructura y vegetación ante cualquier cambio climático que se presente en su zona. Especies: Sauce, Álamo, Peral, Manzano
Palmeras	Este grupo hace alusión a los árboles cuyo tronco mide más de 30m y que se encuentra en una zona subtropical. Especies: Palmera canaria, Cocotero, Areca, Palmera azul

Tabla N° 2

2.6 Beneficios de la madera como material de construcción

De acuerdo a las características de la madera como material para la construcción, los especialistas señalan que existen propiedades más que suficientes para considerar a este material como uno de los más recomendables para el rubro de la construcción, especialmente para viviendas¹². Entre estas se pueden establecer:

A) Material renovable.

Ecología y respeto al medio ambiente preocupan hoy día a la mayoría de los ciudadanos. Entre todos los materiales de construcción, la madera es el único natural y renovable. *“El proceso de transformación de la madera para su utilización en la construcción es bien sencillo y necesita muy poca energía si lo comparamos con los métodos de obtención de otros materiales”*.¹³

Construir en madera es concienciarse por el medio ambiente, reduciendo el consumo energético y contaminación así como promoviendo el crecimiento de bosques controlados que serán el pulmón de la Tierra. La casa de madera es una casa que respira, ya que la madera absorbe y expulsa la humedad regularizando así la del medio ambiente interior. Contribuye a evitar dolencias de reumatismo y problemas respiratorios, por estabilizar la humedad, filtrar y purificar el aire.

B) El campo bioeléctrico natural de la madera

Las construcciones en madera ya por sí solas actúan como aislamiento, al contrario de las que están realizadas en otros materiales, dónde en la mayoría de los casos han de estar complementadas con materiales aislantes sintéticos suplementarios. Las propiedades acústicas de la casa de madera son las óptimas. La madera absorbe las ondas que recibe. La casa de madera es una casa silenciosa, lo que reduce el estrés de sus habitantes. Y al contrario de lo que muchas personas creen, la madera es un buen material de construcción en comparación a los otros sistemas constructivos utilizados como el hormigón, el acero y la albañilería.

¹² http://es.drevidom.com/recursos_articulo-ventajas-construccion-madera-casas-de-madera.php?extern_link=1

¹³ http://es.drevidom.com/recursos_articulo-ventajas-construccion-madera-casas-de-madera.php?extern_link=1

La madera tiene una relación resistencia-peso más favorable que el acero, y mucho más favorable que el hormigón. También hay quienes consideran que las estructuras de madera solo duran unos decenios: Esto está muy lejos de la realidad. Y además la madera es uno de los pocos materiales que envejecen naturalmente. La amplia utilización de la madera en todo el mundo demuestra que las numerosas ventajas de la madera superan ampliamente a los inconvenientes.

C) Rapidez y facilidad de trabajarse

La madera se puede cortar y trabajar en diversas formas y tamaños, con la ayuda de sencillas herramientas manuales o de máquinas-herramientas de fácil transporte y utilización en el sitio de la construcción. Se trata de una construcción con un ahorro considerable en agua y tiempos de secados. Su facilidad de trabajo y el hecho de tratarse de una construcción en seco hacen que se convierta en una construcción rápida y eficaz.



Figura N° 5

D) Adaptabilidad

La madera se puede adaptar en cualquier sitio, sin importar el clima y las condiciones ambientales. Se puede utilizar en estructuras de gran complejidad tales como: cubiertas espaciales, puentes, teatros, auditorios, etc., así como en estructuras habitacionales de solución sencilla. Teniendo siempre presente que el diseño está bien trabajado.

E) Uniones eficientes

La madera se puede ensamblar y pegar con adhesivos apropiados, unir con clavos, tornillos, pernos y conectores especiales, utilizando herramientas sencillas y produciendo uniones limpias resistentes y durables. Es un punto importante por considerar ya que es una de las debilidades que tiene este sistema constructivo.

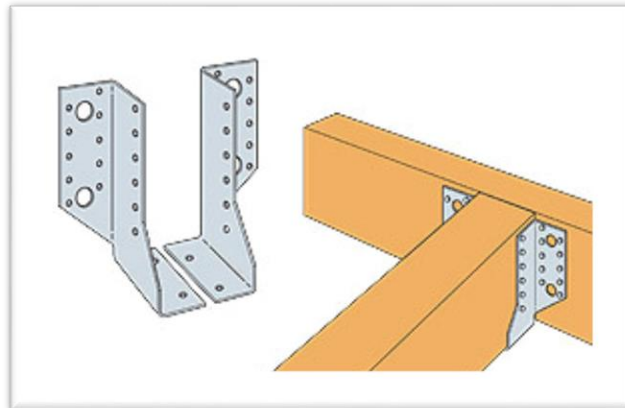


Figura N° 6

F) Durabilidad

La madera no es un material eterno, al igual que otros materiales. Sin embargo, si se toman las medidas de protección adecuadas contra la humedad, intemperie y el ataque de los organismos que se alimentan de celulosa, la vida de una estructura de madera puede ser superior a dos siglos, como lo atestiguan muchas aún existentes. La protección contra hongos e insectos se puede lograr desde un principio, usando maderas de especies que posean gran durabilidad natural. Esta durabilidad natural se debe a que, por razones poco conocidas, el duramen o centro de los árboles, quedan impregnados con sustancias químicas que son eficaces preservadores. Para las especies que no poseen esa durabilidad natural, existen soluciones preservadoras que se aplican, impregnándolas por medio de brochas, sumergiendo la madera en pilas que tengan la solución, o colocándolas en cámara de presión que es el método más eficiente, ya que el preservador penetra por los poros de la madera hasta la parte interior de ésta, llenando todas las células con dicha solución. Los preservadores más conocidos para este tratamiento son la creosota, el pentaclorofenol y las sales de cobre.

En el mercado se utiliza el tratamiento CCA y CCB (Cromo, carbono y arsénico y Cromo, Carbono y bronce, respectivamente). Sin embargo, se está tomando en cuenta lo peligroso y dañino que puede ser la composición química para el ser humano, considerando también los animales. Por esta razón, y debido también a las exigencias ambientales que ha impuesto Estados Unidos y parte de Europa, es que se ha desarrollado un nuevo preservante llamado LFF (Ligno, fenol y formaldehído). Este no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la madera, sino que también es más adecuado para la vida humana.

G) Buen aislante eléctrico, térmico y acústico

Como la madera es un material compuesto de fibras huecas, alineadas axialmente a la longitud del árbol, estos huecos o espacios contienen aire atrapado que le imparten excelentes cualidades como aislante del sonido y del calor. En lo que se refiere al aislamiento acústico, la madera tiene valores superiores a diez veces el hormigón armado y a cinco veces el tabique. El aislamiento acústico puede incrementarse, si se dejan espacios vacíos entre las maderas, o se utilizan materiales aislantes, tales como fibra de vidrio, yeso, etc. En relación con el aislamiento térmico, la madera es excelente. En este aspecto, es aproximadamente unas seis veces más eficiente que el tabique o ladrillo de barro cocido, quince veces más que el hormigón o la piedra y cuatrocientas veces, más que el acero. Si se combina con otros materiales (Madera Híbrida) como la fibra de vidrio, se puede satisfacer los requerimientos de aislamientos en los climas más extremos.

Como aislante eléctrico es eficiente, cuando la madera está seca, o sea, cuando su contenido de humedad es inferior al punto de saturación de la fibra.

H) Alta resistencia

La madera tiene una excelente rigidez y resistencia. Es resistente a muchos productos químicos que son altamente corrosivos a otros materiales. Posee una gran capacidad para absorber energía y para resistir cargas de impacto, lo que hace un buen material de construcción en zonas sísmicas.

I) Bajo costo

Debido a la ligereza de la madera, se ahorran energéticos en los procesos de elaboración y en el costo de transporte de los elementos, respecto a los costos correspondientes de otros materiales y sistemas constructivos.¹⁴

J) Consideraciones de la madera como material de construcción

Destacan entre ellas la abundancia de zonas forestales en el país, su fortaleza física y química, entre otras, siendo la más importante su contribución con el medio ambiente. En términos de construcción, es el único recurso sustentable cuyo uso es el más pertinente para disminuir el daño que se le ha causado al medio ambiente en las últimas décadas.

En términos técnicos, es la solución más óptima para atenuar y reducir el efecto del cambio climático, que si no es considerado en el presente es muy probable que existan mayores dificultades en el futuro.

La madera es el único material de construcción cuyo uso ayuda a reducir el CO₂ de la atmósfera, contribuyendo de esta manera a mitigar el cambio climático. Esto la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono.¹⁵

¹⁴ Ventajas de la construcción en madera - Casas de madera. En http://es.drevdom.com/recursos_articulo-ventajas-construccion-madera-casas-de-madera.php?extern_link=1

¹⁵ POR QUÉ MADERA: La madera es un material ideal para la construcción y el diseño: En: http://www.madera21.cl/?page_id=2757

También porque es un recurso renovable debido a que su disponibilidad para el consumo, en este caso para el sector construcción, está garantizado a medida que se utilice correctamente.

Por otro lado, Madera21 señala que “es un material cuya extracción y confección consume notablemente una menor cantidad de energía en comparación a los sistemas constructivos preponderantes en Chile, como lo es el acero y el hormigón” (Madera 21, 2016) como muestra el gráfico I:

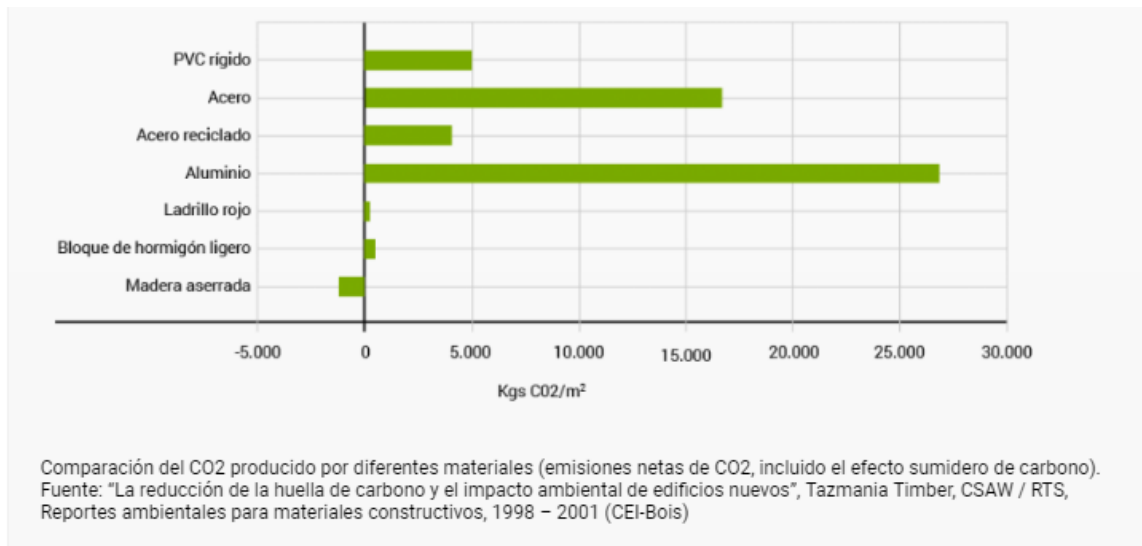


Gráfico N° 1

La madera es un recurso abundante en Chile dado que el bosque se da de forma natural por su presencia de zonas templadas y frías. Se estima una disponibilidad de 30.000 m³ de madera aserrada anuales para los próximos años. (Manual, 2015, pág. 14).

Las ventajas constructivas están certificadas por países como Canadá, Finlandia y Suecia. es un material que otorga más beneficios que inconvenientes en cuanto a la actividad sísmica por ser un material menos rígido y más flexible que los otros sistemas constructivos, la presencia de fuego, la aislación acústica y la optimización de costos

Dada las características y ventajas que presenta este material por sobre los otros materiales, considerando las condiciones climáticas de nuestro país y lo más importante, la abundancia que existe por las características geológicas de las zonas es que se debe usar la madera para la construcción, para que en vez de ser un país forestal Chile comience a encaminarse en la vía correspondiente para ser un país maderero.

2.7 Grandes obras internacionales en madera

Existen edificaciones en madera que, según expertos, han sido un éxito por su desempeño y no solo por su eficiencia energética, sino también por su destreza en la altura. Esta última característica colabora directamente con el aumento de densidad en las ciudades.

Dentro de muchos casos, se destaca:

2.7.1 Iglesia Unres Stave

Una evidencia de esto es la construcción eclesiástica en Noruega, la iglesia Urnes Stave. Data del año 1130, ubicada al oeste del país. Tuvo intervención en el año 1900 pero en cuanto a terminaciones, no a su estructura.

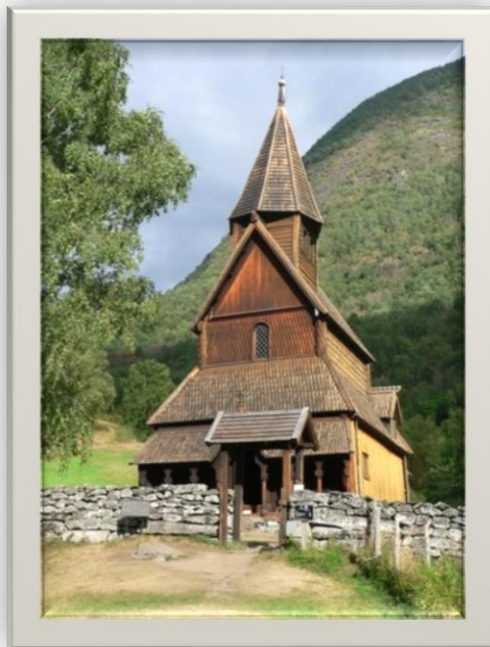


Figura N° 7

2.7.2 Bullitt Center

Considerado el edificio más eficiente en términos de energía. Ubicado en la ciudad Seattle, perteneciente al estado de Washington. Tiene seis pisos y será utilizado por la empresa de arquitectura Miller Hull. Está diseñado bajo los estándares de Living Building Challenge¹⁶.



Figura N° 8

¹⁶ www.living-future.org

2.8 Países que construyen con madera

Existen países que destacan por el uso de la madera en sus construcciones. Esto es por su notable desarrollo y desempeño en cuanto a avances tecnológicos y el óptimo uso de este noble recurso natural. En consecuencia, países como Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Suecia, entre otros, la madera aporta en un 85% y 90% aproximadamente en el sector construcción. También en la altura, existen edificios de hasta 18 pisos como es el caso de Haut, ubicado Vancouver, Canadá

2.8.1 Estados unidos

El edificio T3 está conformado por losas, vigas y columnas de madera y, por ahora, es el más grande de su tipo en Estados Unidos construido con esa tecnología. Está en Minneapolis, tiene siete pisos y corre la carrera por el título del “más alto”. El proyecto lleva la firma de Michael Green, un arquitecto canadiense que desde hace tiempo sostiene que la madera es el material de las estructuras del futuro.

“Actualmente, los edificios se construyen con dos materiales: acero y hormigón. Que son muy buenos, pero son del siglo pasado”, sentencia Green. Para el especialista, las estructuras tradicionales demandan mucha energía y altas emisiones de gases de efecto invernadero para su producción: “El acero representa alrededor del 3 % de las emisiones y el hormigón, más del 5 %”, detalla.¹⁷

2.8.2 Japón

La estructura de madera del Estadio Olímpico de Kengo Kuma para Tokio 2020 de tres niveles y 80.000 asientos se ubicará en el sitio del anterior estadio Olímpico de Tokio, diseñado por Kenzo Tange en 1964, con una superficie de juego hundida y una estructura de celosía de madera ligera inspirada en la arquitectura de los templos japoneses.

2.8.3 Canadá

El sistema constructivo de una casa canadiense de entramados de madera, con una tradición de varios siglos, ha alcanzado un alto grado de perfección, tanto en la

¹⁷ El futuro se construye con madera. En https://www.clarin.com/arq/construccion/futuro-construye-madera_0_SkPI9XdSx.html

construcción con entramado de madera (frame construction), como en la construcción de sistemas de pilares y vigas (post and beam construction).¹⁸

En el caso de las estructuras de entramado de madera, la estructura vertical consiste en una serie de montantes o pies derechos de madera de 2×4 o 2×6 pulgadas de sección, separados 30, 40 o 60 cm entre ejes. La estructura horizontal se compone de vigas principales, secundarias y cadenas para los forjados y de cerchas para la cubierta. Los muros resistentes tienen en su parte inferior una pieza de madera de la misma sección que los montantes que hace de durmiente y de dos piezas iguales en su parte superior que sirven para repartir las cargas del forjado. Para el arriostramiento de la estructura, se utiliza o bien un tablero clavado en su cara exterior contra el entramado o un sistema de arriostramiento en Cruz de San Andrés. La construcción de pilares y vigas se parece más a la construcción tradicional con estructuras de madera, disponiéndose pilares sobre los que apoyan vigas y sobre éstas el forjado, estando los pilares más separados que en el sistema anterior. La construcción con el sistema de entramado de madera se utiliza más ampliamente que el de pilares y vigas.

El principal motivo por el que se usa la madera para la construcción es simple y llanamente la disponibilidad. El emplear desde un principio este material para la construcción por parte de los primeros colonos en el Nuevo Continente se debió en gran medida a la abundancia y la frondosidad de bosques de, especialmente, el norte de Estados Unidos y Canadá. No sólo la tradición explica que se haya mantenido a través del tiempo esta manera de afrontar la arquitectura y su exportación al mundo. Su aplicación práctica y su sostenibilidad¹⁹

¹⁸ <http://casacanadiense.es/info-tecnica/estructura-madera/sistema-constructivo/>

¹⁹ <http://www.canexel.es/blog/por-que-en-norteamerica-se-construye-en-madera/>

2.9 Situación actual de las construcciones de madera en Chile

La madera se manifestó en cada lugar como una solución en términos de construcción ante la adversidad climática. Sin embargo, con el paso del tiempo, se construyeron edificaciones que no tuvieron consideraciones con la actividad sísmica del país. Es por esto que expertos en ingeniería, construcción y arquitectura dicen que el terremoto de Chillan en el año 1939 de grado 8,2 en la escala trajo consigo muchas consecuencias urbanas tras la enorme cantidad de derrumbes. “*De casi 4000 edificaciones quedaron en pie alrededor de 15, destacando el banco español y la farmacia de plaza de armas*” (ICARITO, 2012). Cabe mencionar que el adobe fue el sistema constructivo que falló ante el movimiento de la tierra. Este último era una solución que se utilizó bastante por sus características térmicas y acústicas

Tras este desastre el hormigón y la albañilería se impulsaron en la construcción. Lograron posicionamiento, dominio y preferencia en el mercado por sobre la madera y el adobe. Se consideraron como la solución más rígida y firme para combatir la actividad sísmica en Chile.

En la actualidad solo en el borde costero y en la zona sur del país, considerando dicha zona desde la VII región del Maule hasta la XII región de Magallanes y Antártica se mantuvo una actividad maderera medianamente considerable. Esto es por; Las condiciones climáticas húmedas y frías; Cercanía a la gran mayoría de zonas forestales del país.

En los últimos años, se evidencio una alta participación de la madera como solución para las viviendas sociales impartidas por el gobierno mediante subsidios habitacionales. Lo que es alarmante para expertos del rubro es la baja preocupación que existe en la construcción de estas viviendas. A finales del siglo XX y a comienzos del XXI se construyeron campamentos bajo este sistema constructivo que su materialidad, terminaciones y soluciones climáticas fueron mal ejecutadas. Dentro de la gran cantidad de casos que existen, destaca por su impacto social el siguiente caso:

A) Campamento Paso Seco de Coronel

Ubicado en la comuna de Coronel, Región del Bio-Bio. Expertos en construcción acusaron severos daños estructurales en las viviendas. Vecinos no se quedaron atrás desprestigiándolas por la aparición de hongos y roturas de las paredes. Tan nefasta solución constructiva que el campamento fue demolido tras la mala ejecución e irresponsable manipulación de la madera, y que posteriormente se tuvo que reconstruir un total de 509 viviendas con un costo de reinversión aproximadamente \$9.000.000 por vivienda. El nuevo diseño de estas viviendas está conformado por muros de hormigón para el primer piso y sistema de madera para el segundo. (Biobio Chile, 2016)



Figura N° 9

En cuanto a la investigación y desarrollo para fines académicos también existe un transcurso importante que ha impulsado el uso de la madera en la construcción.

En el año 1952 se crea la corporación de madera de Chile (CORMA) con el fin de promover el desarrollo de la actividad del sector forestal²⁰. Sus directrices fueron aumentar la potencialidad de los recursos forestal del país, promover el conocimiento de la actividad forestal y entregar visión y cultura mediante actividades extra programáticas.

Esta corporación ha realizado actividades a lo largo de historia²¹, tales como:

- 1971: Creación de la Cooperativa Agrícola de Exportaciones Forestales, quienes más adelante fomentaron la venta de madera a Argentina.
- 1998: Participación en la mesa forestal, con el propósito de incentivar el avance del sector.
- 2001: Creación de transferencia tecnológica de la madera (CTT).
- 2016: Se reestructura el CTT y se crea Madera21.

En el año 1991 se crea el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). Su propósito principal fue contribuir al aumento de la competitividad de la economía nacional y al mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos²².

Su instrumento de apoyo es mediante financiamiento a proyectos que se vean tentativos y que puedan generar un impacto positivo a nivel país. El Manual de diseño “Construcción, montaje y aplicación del muro envolvente” es uno de los aportes FONDEF para la construcción en madera.²³ Este aporte fue del 30% de los fondos para la investigación.

En el año 2003, la Pontificia Universidad Católica de Chile junto a la Corporación de madera de Chile (CORMA) deciden crear el centro de innovación de madera (CIDM), con el fin de realizar investigaciones para incentivar y mejorar el desarrollo de soluciones constructivas en madera, y, por consecuencia, difundir el uso de este material y promover soluciones innovadoras y de calidad utilizando madera nacional como elemento principal.

Se consideró principalmente dos áreas de trabajo, investigación y transferencia.²⁴ La primera, por su parte se orientó en dos líneas, la edificación en altura y la innovación en ingeniería en madera. La segunda área, por su parte, también se orientó en dos ramales, la plataforma profesional y la difusión y extensión.

²⁰ <http://www.corma.cl/quienes-somos>

²¹ <http://www.corma.cl/quienes-somos/historia>

²² <http://www.conicyt.cl/fondef/sobre-fondef/historia/>

²³ Manual de diseño “Construcción, montaje y aplicación muro envolvente (Alexander Fritz y Mario Ubilla)

²⁴ <http://madera.uc.cl/quienes-somos/mision-vision/>

Estas dos áreas tenían como objetivo principal terminar diez proyectos al cabo de cinco años.

Hasta el momento se han formulado once anteproyectos solo para el área de investigación, siendo lo más representativo para esta memoria los siguientes:

1. “Viviendas chilenas en madera: Percepción, patologías y nuevos estándares”²⁵

Este proyecto propuso que las edificaciones en madera se concentraban en sectores vulnerables, por lo que dejó una percepción de mala calidad y con abundancia de patologías por agentes bióticos y abióticos. Sin embargo, este sistema constructivo es el principal en países como Canadá, Alemania y Francia. Bajo esta situación, este proyecto presentó dos objetivos principales. Primero, identificar patologías de las viviendas de madera en Chile y relacionarlas con fallas normativas del país. Y segundo, proponer estrategias normativas y de políticas públicas a partir de la identificación de la brecha entre Chile y otros países internacionales conocidos por la calidad de sus construcciones en madera.

A partir de los fondos de apoyo a la formulación de proyectos de investigación del CIM-UC, se redactará en colaboración con el laboratorio I2M de Bordeaux una propuesta para el programa FONDEF, el resultado esperado al finalizar los dos años de proyecto se enmarcaría en temas de sustentabilidad y de políticas públicas, temas de primera prioridad para el CIM-UC.

2. “Desarrollo de nuevas aplicaciones para la madera estructural chilena: Exploración de sistemas constructivos para edificios de altura media”²⁶

Este proyecto de investigación propuso clasificar las maderas aserradas de producción estándar a partir de sus propiedades físicas y mecánicas para ampliar su uso en estructuras de edificios de altura media.

Tras su clasificación y de acuerdo con los rangos de sus atributos se diseñarán estructuras de edificación en madera por medio de técnicas de optimización topológica y análisis de elementos finitos, que buscan transferir las propiedades activas de resistencia de la madera hacia su uso en edificaciones de altura media (4 a 8 pisos) ampliando las posibilidades constructivas y estructurales de madera aserrada de Pino radiata.

3. “Guía de especificaciones técnicas, actividades, plazos y precios para soluciones constructivas en madera”²⁷

Chile es un referente mundial en la producción y exportación de madera, sobre todo en celulosa, tal como indican las estadísticas. Sin embargo, la construcción en dicho material

²⁵ <http://madera.uc.cl/investigacion/proyectos-de-investigacion/>

²⁶ <http://madera.uc.cl/investigacion/proyectos-de-investigacion/>

²⁷ <http://madera.uc.cl/investigacion/proyectos-de-investigacion/>

e innovación en la materia ha sido extraordinariamente baja y no se condice con la realidad de otros países forestales, pese a la importancia y oportunidad que este desarrollo representa como vehículo de transferencia tecnológica para el país.

Si bien la madera tiene mucho potencial una nueva y creciente necesidad mundial de infraestructuras que sean respetuosas del medio ambiente desde el punto de vista de su ciclo de vida, huella de Co2 y huella de agua de sus materiales, existen en Chile barreras para su implementación, desde la cadena de suministro, la variabilidad en la calidad de las materias primas en madera, hasta el uso sistemas constructivos poco eficientes y falta de colaboración para generar y distribuir diseños innovadores.

El presente proyecto, propone la prospección y creación de una Guía de Especificaciones Técnicas, Actividades, Plazos y Precios para Soluciones Constructivas en Madera (“ONDAC de la Madera”), como ruta para impulsar la construcción en madera en Chile a través de la sistematización de parámetros e información completa acerca de las nuevas soluciones constructivas en ese material.

Según el manual de diseño “Construcción, montaje y aplicación del muro envolvente, Chile está en los albores de agenda de innovación a escala país²⁸, liderando este camino los proyectos FONDEF.

Recientemente, en el año 2017, a principios de octubre, se destinó que la Región de Valparaíso albergará el terreno donde se emplazará la edificación de madera en altura más alta de Latinoamérica.

Esta obra es iniciativa de CORMA y del CIM, se proyectará en el verano del 2018. Su altura será de 16 m. dividida en seis pisos. Para la obra gruesa, se usará bloques, como si fuesen legos, lo que acelerará el proceso constructivo, explica Juan José Ugarte, director del CIM. También se instalarán muros envolventes que esperarán un 40% de ahorro en calefacción en comparación con un edificio de hormigón. Para las instalaciones, el “Internet de las Cosas” medirá la humedad, corrientes de aire, nivel lumínico y comportamiento sísmico mediante sensores. Estas mediciones se harán en un plazo de tres semestres, en donde el primero será únicamente para calibrar las condiciones del edificio y dejarlo en óptimas condiciones para cuando esté abierto al público, explica Alejandra Melo en el diario financiero.

²⁸ Manual de diseño “Construcción, montaje y aplicación muro envolvente (Alexander Fritz y Mario Ubilla) INTRODUCCIÓN



Figura N° 11

2.9.1 Grandes obras existentes en madera

Siglos atrás se notó un impulso de este material en la construcción no solo de viviendas, sino también de recintos con distintos fines. Esto se refleja a través de las construcciones más antiguas del país, como es el caso de las iglesias en el sur de Chile, precisamente en Chiloé, donde hubo una fuerte influencia alemana que incentivo a construir en madera por la similitud del clima y de la materia prima que está presente en el viejo continente.

Dada las características físicas y químicas del material no es un resultado inesperado que dichas edificaciones sigan en pie tras casi 200 años. Hoy son 16 construcciones eclesiásticas de la zona sur de nuestro país que forman parte del patrimonio de la humanidad por la UNESCO desde el año 2000. (Chile 365, 2015). El ciprés cordillera tiene mayor abundancia en las estructuras en las iglesias de ese sector dado porque es el conífero más extendido geográficamente en la zona sur de nuestro continente. Principalmente en Argentina, después de Chile y por ser una madera muy similar a la que se usa en Alemania. Crece aproximadamente 30m y a una velocidad lenta promedio a los 5m por cada 10 años. Requiere un poco menos de 500 litros anuales de riego para su supervivencia. (Vía rural, 2010).

Dentro de las principales edificaciones religiosas estructuradas con ciprés se destaca:

B) Iglesia de Tenaún.

Ubicada en la comuna de Dalcahue, construida en el año 1845, posee tres torres en honor a los tres cerros ubicados en el sector. Tiene 42,5m de largo, 14m de ancho y 26,5m de altura. Construida con madera ciprés y avellano, ambas con muy buena resistencia a la humedad, característica necesaria para la condición climática de una zona fría con abundantes precipitaciones. (Chile 365, 2015, pág. 1 Iglesia Tenaún). Tienen una densidad de 500 kg/m^3 y 440 kg/m^3 , respectivamente. Antigüedad de 172 años.



Figura N° 12

C) Iglesia de Colo

Ubicada en la comuna de Quemchi, construida a finales del siglo XVII. Aproximadamente 18m de largo, 7m de ancho y 12 m de altura. Teniendo una torre como cúspide cercana a los 28m. El tipo de madera utilizado es el coigüe y cripés. (Chile 365, 2015, pág. 2 Iglesia Colo). Tienen una densidad de 595 kg/m^3 y 500kg/m^3 , respectivamente.



Figura N° 13

D) Campamento minero Sewell

Otra evidencia importante para esta investigación es del área de la minería, en donde la madera fue utilizada como solución habitacional, es el campamento minero de Sewell, ubicado en la comuna de Machalí, Rancagua. Este campamento consta de un edificio de 6 pisos. Aquí se utilizó esta solución debido a la compleja batalla del clima en la altura, aproximadamente 2300 metros sobre el nivel del mar. *“Tuvo un gran impacto a nivel mundial dado que hasta el año 2008 era la mina subterránea más grande del mundo”* (Memoria Chilena, 2008). El roble y el coigüe forman la estructura de esta edificación, con densidades de 710 kg/m^3 y 595 kg/m^3 , respectivamente.



Figura N° 14

E) Hotel pabellón del Inca

El Hotel pabellón del Inca, campamento minero de Collahuasi abarca otra evidencia que el material es altamente duradero con el paso del tiempo. Ubicada en la región de Tarapacá. Una zona compleja que posee un clima desértico en dónde existe una oscilación térmica cercana a los 20°C, viento constante de 40 km/h y escasas de oxígeno debido a la altura sobre el nivel del mar (3850). Se utilizó este sistema constructivo con fin de mejorar las condiciones climáticas internas. Esta edificación consta de 3 pisos y un total de 35.000 m².



Figura N° 15

2.9.2 Grandes proyectos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo con madera

F) Oasis de Chañaral

En la zona norte de Chile, específicamente en la III región de Atacama, se está llevando a cabo la ejecución del proyecto Oasis de Chañaral correspondiente a viviendas sociales. La realidad es que en un desierto árido por donde se vea, la tarea de construir de complejiza bastante siguiendo la directriz de la sustentabilidad y el ahorro energético.

Este proyecto se propuso a mediados del año 2016 con el fin de habilitar a todas las familias afectadas por el aluvión que ocurrió en marzo del año 2015. Consta de 260 viviendas familiares de 50 m² de hasta 3 pisos de altura. Está siendo desarrollado por el MINVU, Centro innovación de la madera (CIM) y la corporación de madera (CORMA). (MADERA 21, 2016). Paulina Saball, actual ministra de vivienda de Chile mencionó al mercurio que: *“Este proyecto está siendo construido a través de una alianza con varias instituciones que quieren poner el tema de la sustentabilidad como un componente básico de la vivienda y los barrios”* (Saball, 2016).

Este proyecto vendría siendo el primero de la serie de barrios eco sustentables de los próximos seis que se quieren implementar en otras regiones de país.

La madera utilizada en este proyecto es pino radiata.



Figura N° 16

G) Pabellón de Chile

En la zona sur de Chile, en la IX región de la Araucanía, comenzó a principios del año 2017 la ejecución del Pabellón de Chile o, en su defecto, Pabellón de la Araucanía. Este proyecto se atribuirá a un centro de recreación y difusión cultural, con fines netamente turísticos para la zona aledaña al cerro Ñielol.

Este diseño participó en el Expo Milán en el año 2015, fue reconocido como el 2° mejor pabellón de la feria en la categoría de Arquitectura y Paisaje.

El desafío que enfrentaba este pabellón en Chile era contra la actividad sísmica, por sobre las condiciones geográficas de la zona sur que fueron mitigadas con la solución del sistema constructivo, la madera. Ante esta circunstancia, hubo que adaptar la estructura a la normativa chilena dado que la italiana es menos rigurosa. Se reforzó hasta tal punto que se redujeron los efectos de un sismo en un 90% mediante disipadores y aisladores sin dejar de lado el concepto arquitectónico. (Expo Milán, 2016).

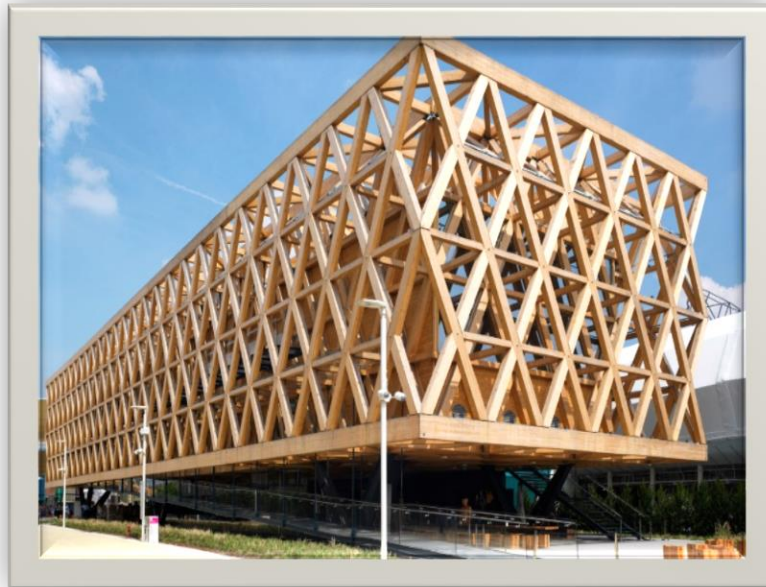


Figura N° 17

2.10 Marco normativo con relación a la construcción en madera

Reglamento de Construcción proporciona la normatividad para todo tipo de construcciones ya sean públicas o privadas, estableciendo cuáles son los trámites esenciales para las licencias de construcción, ampliación, remodelación, etc., así como las normas arquitectónicas y de seguridad mínimas que deben cumplir los proyectos.²⁹

Es importante mencionar que el Reglamento de Construcción dedica gran parte a lo que respecta a su funcionamiento interno, los requisitos para los peritos responsables de obra y corresponsables, así como muchos datos técnicos necesarios para los arquitectos, ingenieros y constructores; así mismo incluyen las Normas Técnicas Complementarias que incluyen la normatividad científica para diseño por viento, estructuras de concreto, metal, madera, cimentaciones y diseño sísmico.

²⁹ <http://www.normativaconstruccion.cl/>

A) Ley de Urbanismo y Construcción

De acuerdo al texto de la mencionada ley, en su artículo primero, señala expresamente que *“Las disposiciones de la presente ley, relativas a planificación urbana, urbanización y construcción, y las de la Ordenanza que sobre la materia dicte el presidente de la República, regirán en todo el territorio nacional”*³⁰

En su Artículo 2º, la ley ya individualizada precisa claramente que *...(es) de carácter general tendrá tres niveles de acción: La Ley General, que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción. La Ordenanza General, que contiene las disposiciones reglamentarias de esta ley y que regula el procedimiento administrativo, el proceso de Planificación urbana, urbanización y construcción, y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos. Las Normas Técnicas, que contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, para el cumplimiento de los estándares exigidos en la Ordenanza General.*³¹

³⁰ www.sernac.cl/wpcontent/uploads/leyes/dfl/dfl_458_ley_general_de_urbanismo_y_construccion

³¹ www.sernac.cl/wp-content/uploads/leyes/dfl/dfl_458_ley_general_de_urbanismo_y_construccion

B) Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

En el título 5 de la construcción, acerca de las edificaciones en madera se encuentra lo siguiente:

Capítulo 6 de las condiciones mínimas de elementos de construcción no sometidos a cálculo de estabilidad:

El artículo 5.6.7 señala que *las edificaciones con estructura de madera que no se sometan a cálculo estructural, podrán tener hasta dos pisos, incluida la cubierta o mansarda, si la hubiere, y con una altura máxima de 7m³².*” (OGUC, 2013)

El artículo 5.6.8 señala que los elementos estructurales de madera deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Ser aceptada conforme con la NCh1989 de madera encolada (OGUC, 2013).
2. De acuerdo a la zona climático-habitacional en que se emplace la edificación, según la norma NCh 1079, o la que la reemplace, su humedad deberá quedar comprendida dentro de los límites establecidos.
3. Su durabilidad, de acuerdo con a la norma NCh 789/1 deberá corresponder a las cuatro primeras categorías o bien, a la quinta categoría, pero en este último caso deberá haber sido preservada conforme a la norma NCh 819 de madera preservada:
 1. Muy durables: Alerce, ciprés de la guaitecas, roble
 2. Durables: Lengua, lingue y raulí
 3. Moderadamente durables: Canelo, coigue, tineo, ulmo.
 4. Poco durables: Araucaria, eucalipto, laurel, mañío hembra y mañío macho
 5. No durables: Alamo, olivillo, pino insigne y tepa

³² http://www.minvu.cl/opensite_20070404173759.aspx

C) Norma Chilena de Construcción

Las Normas Técnicas, según lo indica la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) indica que, en el artículo 2, “*Contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, para el cumplimiento de los estándares exigidos en la ordenanza general*” (LGUC, ART. 2, JUNIO 2012, SANTIAGO, CHILE) (LGUC, 2012, pág. ART. 2).

En la legislación chilena de la construcción en madera existe una serie de normas que regulan su uso, desde su terminología, clasificación, y preservación.

C.1) NCH 433:

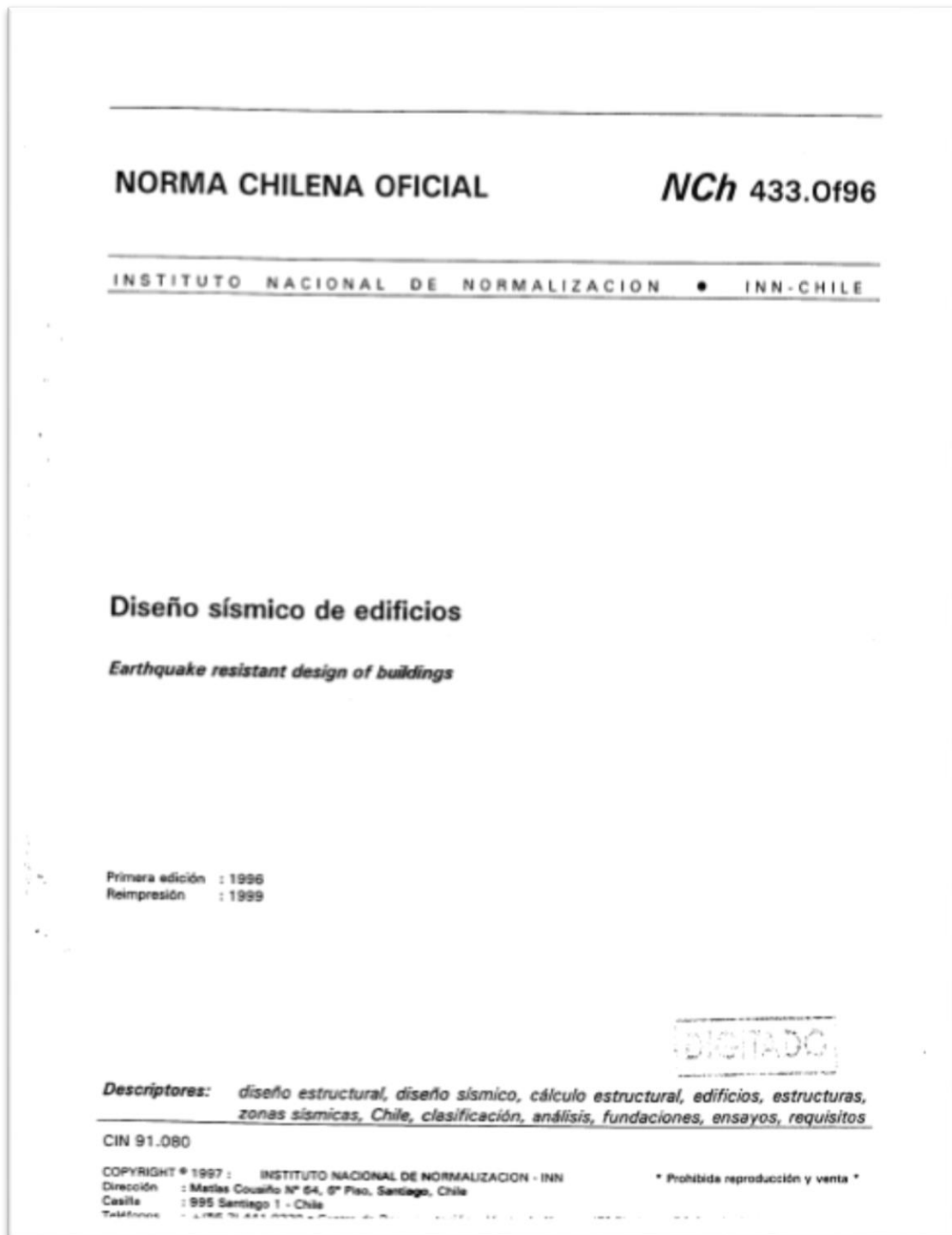


Figura N° 18

Esta norma corresponde al diseño sísmico de edificios.

Esta norma tiene como alcance:

1. Establece requisitos mínimos para el diseño sísmico de un edificio.
2. Se refiere a las exigencias sísmicas que deben cumplir los equipos y otros elementos secundarios de edificios.
3. Incluye recomendaciones sobre la evaluación del daño sísmico y su reparación.
4. No se aplica al diseño sísmico de otras obras civiles tales como puentes, presas, túneles, acueductos, muelles y canales. Tampoco se aplica a edificios industriales ni a instalaciones industriales. El diseño de estas obras debe regirse por la norma chilena correspondiente. (NCH 433)

La NCh 433 debe cumplir las tipologías de:

- Hormigón armado
- Albañilería armada
- Albañilería reforzada
- Acero

Pues la madera no existe dentro de los parámetros de exigencia de tipologías.

C.2) NCh 1198:

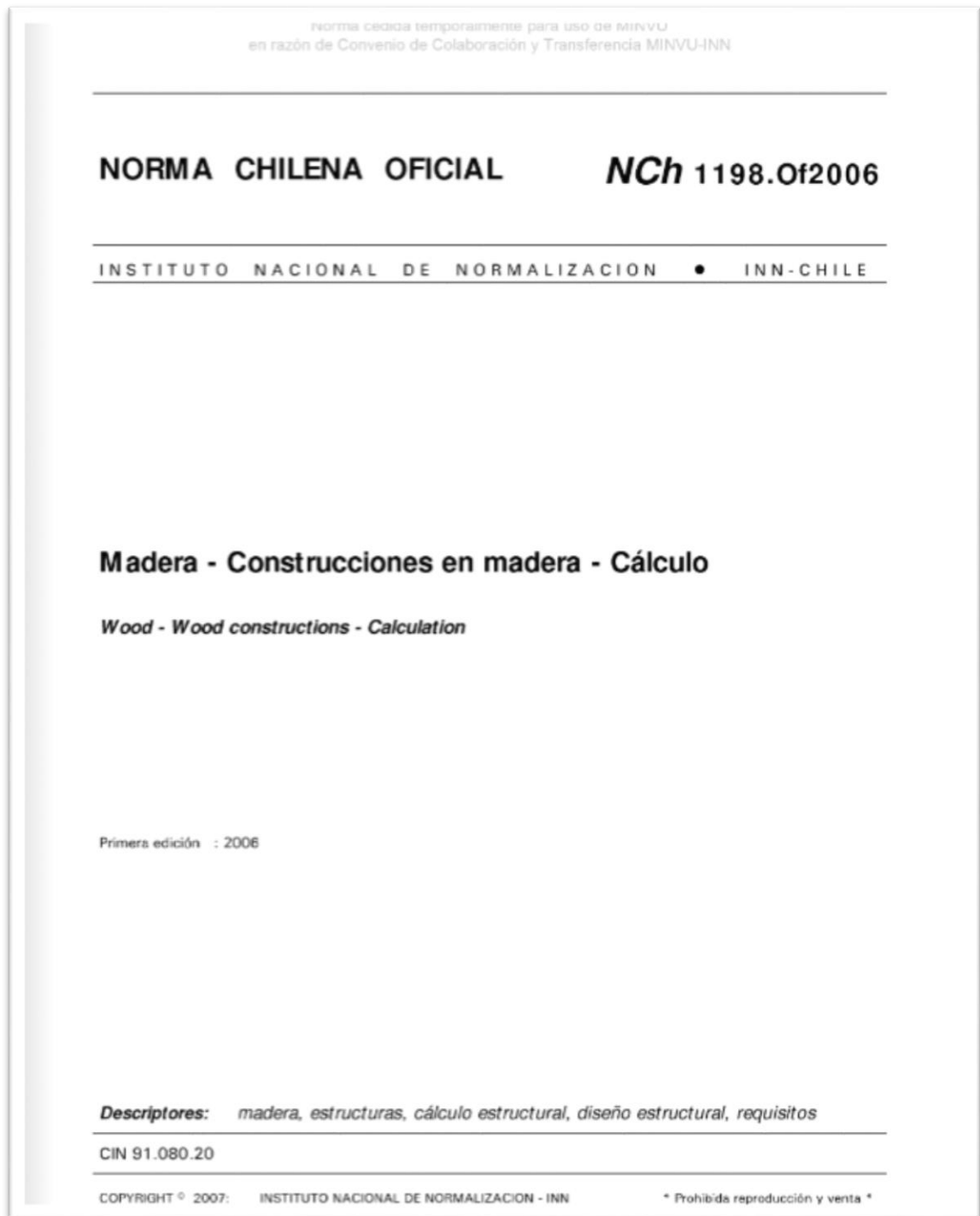


Figura N° 19

Esta norma corresponde a la construcción en madera y su cálculo para uso estructural.

Esta normativa tiene como alcance:

1. Establece métodos y procedimientos de diseño estructural que determinan las condiciones mínimas que deben cumplir los elementos y las uniones en las construcciones de madera aserrada, elaborada, laminada-encolada y postes de madera.
2. Esta norma no tiene como propósito excluir el uso de materiales, uniones, ensambles estructuras o diseños que difieran sus criterios, cuando sea posible una demostración por medio de un análisis basado en teorías comprobadas, ensayos a escala real o de prototipos, estudios de analogía con uso de modelos o experiencia extensa en usos que el material, unión, ensamble, estructura o diseño puede desarrollar satisfactoriamente para la aplicación prevista. (NCH 1198)

Esta normativa tiene como campo de aplicación:

1. Se aplica sobre la estructura de edificaciones corrientes de madera, elementos estructurales de madera en construcciones mixtas, andamiajes, moldajes, entibaciones, puentes, postes de madera, etc. (NCH 1198)
2. Para fines de comprobar la calidad de la madera, según el título 4 de los materiales la norma señala que:
3. La madera debe especificarse y cumplir con las normas nacionales: NCh173 de madera y terminología general, NCh174 de unidades y dimensiones, NCh992 de defectos a considerar en la clasificación y terminología, NCh1970/1 de especies latifoliadas y NCh1970/2 de especies coníferas.

2.11 Situación actual de la formación de profesionales relacionados con el rubro de la construcción

El desarrollo de la construcción en Chile y más específicamente en el ámbito de la construcción de viviendas, y en el tema del uso de la madera como recurso constructivo, es un tema que se relaciona directamente con la situación actual del amplio abanico de ofertas formativas con una identidad diversa. Se trata de una identidad que se constituye en esa misma diversidad y que está muy vinculada a los ámbitos del trabajo y la producción. Y, en algunos casos también, asociada a programas de formación universitaria profesional, a los institutos profesionales y los centros de formación técnica que ofrecen carreras ligadas a la construcción. También hay interesantes aportes a la formación a partir de programas sociales y de empleo. Frente a esta identidad diversa, algunas veces se puede observar que la distancia que media entre la formación profesional y la educación técnica común puede generar desconcierto entre aquellos no vinculados a sus centros educativos.

Dado que el rubro de la construcción está mayoritariamente en manos de los profesionales universitarios, ya sea ingenieros y arquitectos, es que esta investigación se centrará en las mencionadas escuelas.

En primera instancia, se hará un listado de las escuelas de arquitectura, construcción e ingeniería con el fin de revisar las mallas curriculares y poder crear un panorama relativamente real acerca la participación de la madera como tema incluido en la formación de estos profesionales, en la formación de los profesionales del sector construcción. Una vez realizado este catastro, se realizará un cruce de información que permita establecer el grado de importancia que se le da a la madera en la formación de los profesionales, y desde este punto, realizar algunas conjeturas sobre el aporte de la formación profesional al desarrollo (o estancamiento) del sector construcción en lo relativo al uso de la madera.

2.11.1 Escuelas de Arquitectura

Según indica www.mifuturo.cl, existen actualmente veintiocho escuelas de arquitectura en Chile. Estas son:

1. Escuela de Arquitectura de la PUC.
2. Escuela de Arquitectura de la PUCV.
3. Escuela de Arquitectura de la UNIACC.
4. Escuela de Arquitectura de la Universidad Andrés Bello.
5. Escuela de Arquitectura de la Universidad Arturo Prat.
6. Escuela de Arquitectura de la Universidad Austral de Chile.
7. Escuela de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chile.
8. Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica de Temuco.
9. Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica del Norte.
10. Escuela de Arquitectura de la Universidad Central de Chile.
11. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Chile.
12. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Concepción.
13. Escuela de Arquitectura de la Universidad de la Serena.
14. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Las Américas.
15. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Los Lagos.
16. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Magallanes.
17. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile.
18. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Talca.
19. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso.
20. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Viña del Mar.
21. Escuela de Arquitectura de la Universidad del Bío – Bío.
22. Escuela de Arquitectura de la Universidad del Desarrollo.
23. Escuela de Arquitectura de la Universidad Diego Portales.
24. Escuela de Arquitectura de la Universidad Finis Terrae.
25. Escuela de Arquitectura de la Universidad Mayor.
26. Escuela de Arquitectura de la Universidad San Sebastián.
27. Escuela de Arquitectura de la Universidad Técnica Federico Santa María.
28. Escuela de Arquitectura de la UTEM.

De estas veintiocho escuelas de Arquitectura, solo cuatro tienen integrado el curso de sistemas constructivos en madera o similar de carácter obligatorio y de régimen semestral. Estas son:

1. La escuela de arquitectura de la Universidad Autónoma de Chile, tiene el curso llamado Estructura de Madera.
2. La escuela de arquitectura de la Universidad Católica de Temuco, tiene el curso llamado Diseño y Construcción en Madera.
3. La escuela de arquitectura de la Universidad del Bío - Bío, tiene el curso llamado Diseño en Madera.
4. La escuela de arquitectura de la Universidad Mayor, tiene el curso llamado Sistemas Constructivos en Madera.

2.11.2 Escuelas de Construcción civil

Según indica www.mifuturo.cl, actualmente existen treinta y cinco escuelas de Construcción civil en Chile. Estas son:

1. Escuela de Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
2. Escuela de Construcción de la Universidad Católica del Maule
3. Escuela de Construcción de la Universidad de las Américas
4. Escuela de Construcción de la Universidad de Magallanes
5. Escuela de Construcción de la Universidad Mayor
6. Escuela de Construcción de la Universidad Técnica Federico Santa María
7. Escuela de Construcción de la Universidad Tecnológica Metropolitana
8. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
9. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Andrés Bello
10. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Austral de Chile
11. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Autónoma de Chile
12. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Católica del norte
13. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Católica del Maule
14. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Central de Chile
15. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de la Frontera
16. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de la Serena
17. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Magallanes
18. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso
19. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad del BíoBío
20. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Mayor de Temuco
21. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Técnico Federico Santa María
22. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Tecnológica de Chile INACAP
23. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Tecnológica Metropolitana
24. Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Viña del Mar

De estas veinticuatro escuelas de Construcción civil e Ingeniería en construcción, solo nueve tienen integrado el curso de sistemas constructivos en madera de carácter obligatorio y de régimen semestral. Estas son:

1. La escuela de Construcción de la Universidad Autónoma de Chile, tiene el curso Estructura de Madera.

2. La escuela de Construcción de la Universidad Mayor, tiene el curso Sistemas constructivos en Madera.
3. La escuela de Construcción de la Universidad Técnica Federico Santa María, tiene el curso Tecnología de la Madera.
4. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Central, tiene el curso Diseño y construcción en Madera.
5. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Magallanes, tiene el curso de Tecnología de la Madera.
6. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso, tiene el curso de Construcción en Madera.
7. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad del Bio-Bio, tiene el curso de Estructuras y sistemas de Construcción en Madera.
8. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Mayor de Temuco, tiene el curso de Sistemas constructivos en Madera.
9. La escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Tecnológica Metropolitana, tiene el curso Diseño y construcción en Madera.

2.11.3 Escuelas de Ingeniería

Según indica www.mifuturo.cl, existen actualmente nueve escuelas de Ingeniería civil en Obras civiles en Chile. Estas son:

1. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad de Santiago de Chile.
2. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad de Talca.
3. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Tecnológica Metropolitana.
4. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Austral de Chile.
5. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Católica de Temuco.
6. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Diego Portales.
7. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Central de Chile.
8. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Adolfo Ibáñez.
9. Escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad del Desarrollo.

De estas nueve escuelas de Ingeniería civil en Obras civiles, solo dos tienen integrado el curso de sistemas constructivos en madera o similar de carácter obligatorio y de régimen semestral. Estas son:

1. La escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad de Talca, tiene el curso llamado Diseño en Madera.
2. La escuela de Ingeniería civil en Obras civiles de la Universidad Tecnológica Metropolitana, tiene el curso Estructuras de Madera.

Cabe mencionar, que la comisión de acreditación nacional (CNA), es un organismo encargado de acreditar, promocionar y verificar la calidad de las universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica. También lo hace con sus carreras.

Para el caso de la carrera de arquitectura, construcción e ingeniería civil, no se exige la integración de los sistemas constructivos de carácter obligatorio en la malla curricular.

2.12 Producción forestal maderera en Chile

El mercado de la madera no es el predominante en la construcción si se habla de viviendas, industrias, comercios financieros y establecimientos. Abarca un espacio muy pequeño pese a la abundancia de zonas forestales a lo largo del país, que hoy día están abusando con un 22,9% del territorio nacional. De las 17.529.869 hectáreas existentes el 86% corresponde a bosques naturales y el 14% a bosques artificiales. De este último fragmento existe un 70% certificado como manejo forestal sustentable. En términos de distribución de bosques plantados, el 59% corresponde a plantaciones de pino radiata y el 34% a eucalipto predominando notablemente desde la V región de Valparaíso hasta la X región de Los Lagos³³.

En relación al objeto de estudio, las estadísticas avalan que en cuanto a cantidad de edificaciones este sistema constructivo está por debajo del hormigón (52,5%) y el acero (18%). Solo el 14,09% de las edificaciones totales están fabricadas en madera. (INE, 2014, pág. 42). Es una baja participación en comparación a países como Nueva Zelanda, Estados Unidos, Suecia o Canadá. Estos casos contienen una actividad maderera destacable, abarcando por sobre el 90% de sus construcciones el uso de este material.

Acerca de las empresas dedicadas al sector forestal, cabe mencionar que, de las 10.869 unidades económicas, tan solo el 26,8% se dedica a la fabricación de madera para la construcción. Este porcentaje se reparte en un 12,7% de empresas dedicadas al servicio de aserrado y acepillura, un 6,9% para la fabricación de piezas de carpintería y un 2,22% para la fabricación de tableros, paneles y hojas de madera para enchapado. (CORMA, 2015).

Es importante para esta investigación considerar la actualidad y el desarrollo de la actividad forestal chilena. Pues para la construcción, esta actividad es imprescindible, ya que de aquí se obtiene la materia prima.

A comienzo de la explotación de este recurso, el sector forestal tuvo una extracción de madera bastante violenta, no se midió el deterioro de bosques naturales. Se extrajeron muchas maderas nativas que tardaban siglos en crecer y madurar. Esto trajo consecuencias, significando la protección de bosques naturales y vírgenes. Estos eran los que estaban en desarrollo para contribuir con la absorción de CO₂.

Fue entonces que a finales del siglo XIX se introdujeron especies forestales, destacando por sobre el resto para fines constructivos el pino radiata. Fue muy concebible con el clima y el tipo de suelo en Chile. Dado también su rápido crecimiento y rotación es que fue un recurso útil para exportarlo a países como Estados Unidos, Canadá, Finlandia, entre otros

³³ <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/superficies-de-bosques>

nórdicos. Actualmente la demanda de madera corresponde a 3.8 miles de millones de m³ anuales.

Con el paso del tiempo Chile se transformó en un país conocido mundialmente por exportar una madera de calidad y certificada. “*Arauco emite certificaciones antes de enviar madera para Estados Unidos*”, asegura Doman. (Doman, 2014).

En materia económica, solo hace dos años Chile forma parte de los 20 países con mayor incidencia en el mercado de la madera, tal como indica la tabla n° 2. En producción de trozas, de 1.848.000.000 m³ Chile se ubicó en el lugar n° 11 aportando con el 2,3%. En la producción de pulpa de 176.000.000 T, Chile se ubica en el lugar n°10 aportando el 2,9%

En exportación de madera aserrada de los US\$401.596 Chile se ubica en el lugar 11° con el 1,9% tal como se muestra a continuación en la tabla n°2:

Participación de exportaciones de productos forestales (2015)		Participación en la producción de madera aserrada (2013)	
MUNDO	US\$ 401.596 mill	MUNDO	452.000.000 m ³
1 China	14,7%	1 EE.UU	17,0%
2 EE.UU	8,8%	2 China	16,4%
3 Alemania	8,4%	3 Canadá	10,4%
4 Canadá	6,9%	4 Fed. Rusa	7,7%
5 Italia	4,0%	5 Alemania	4,7%
6 Suecia	4,0%	6 Suecia	4,0%
7 Finlandia	3,2%	7 Brasil	3,4%
8 Polonia	3,1%	8 Finlandia	2,4%
9 Francia	2,7%	9 Japón	2,1%
10 Indonesia	2,6%	10 Austria	1,9%
11 Brasil	2,6%	11 Chile	1,9%
12 Austria	2,5%	12 Francia	1,7%
19 Chile	1,3%	13 India	1,5%

Fuente: El sector forestal chileno 2016, INFOR. En cuanto a las hectáreas de bosques plantados, Chile ocupa el décimo octavo lugar.
Ranking de la participación en áreas de bosques plantados del mundo, 2015

Tabla N° 2

En el ranking mundial de bosques plantados, de las 294.594.000 HA Chile se ubica en el lugar 18° aportando el 1,1% como se muestra en la siguiente tabla:

MUNDO	289.594.000 ha
1 China	27,3%
2 EE.UU	9,1%
3 Fed. Rusa	6,9%
4 Canadá	5,5%
5 Suecia	4,7%
6 India	4,2%
7 Japón	3,5%
8 Polonia	3,1%
9 Brasil	2,7%
10 Finlandia	2,3%
11 Sudán	2,1%
12 Alemania	1,8%
13 Ucrania	1,7%
14 Indonesia	1,7%
18 Chile	1,1%

Fuente: Evaluación de los recursos forestales m

Tabla N° 3

Para el análisis detallado de la exportación nacional en la siguiente tabla se muestra la cantidad, en US\$ millones, de productos. Es la celulosa por lejos el más demandado por países extranjeros como se expresa en el siguiente gráfico:

Exportaciones forestales segun producto, 2005-2015 (US\$ millones FOB)

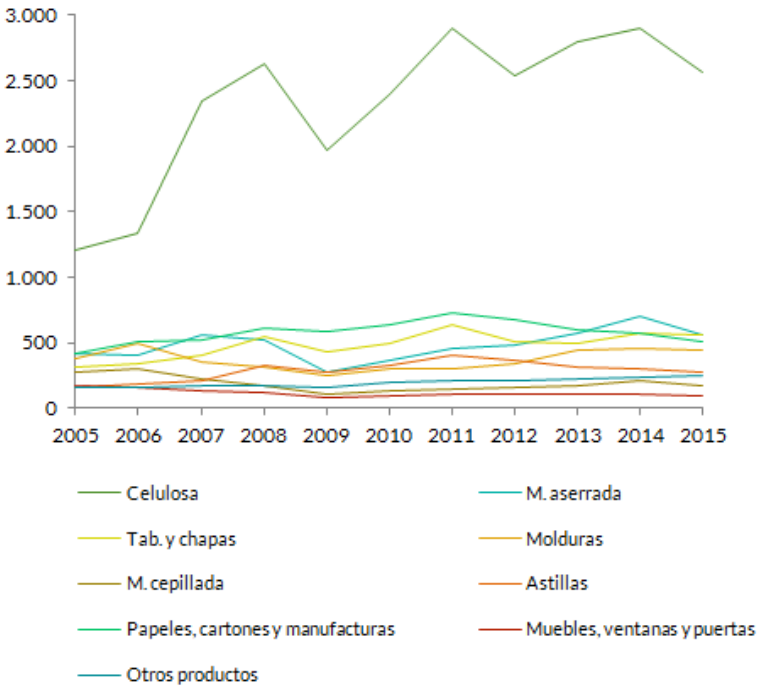


Gráfico N° 2

3. CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Tipo de estudio

Esta investigación según su nivel de profundización en el objeto de estudio es de carácter descriptiva para el 1° y 2° capítulo ya que menciona participación de la madera en Chile en los últimos años en la edificación, considerando las características de la madera y sus beneficios, la situación actual y el desarrollo de la madera, la normativa chilena referida a su uso, la formación de profesionales y la producción forestal.

Luego, en el 4° capítulo pasa a ser una investigación de tipo explicativa, ya que se busca determinar la situación actual de la madera en el contexto de la construcción.

3.2 Metodología de trabajo

El estudio descriptivo inicial se comprende de un levantamiento bibliográfico relacionado con el problema de investigación. Se recopilará información a través de madera 21, corporación chilena de la madera en materia de Internet, revista y manuales técnicos, estadísticas del ministerio, normativas chilenas y OGUC y mallas universitarias. Para desarrollar el marco conceptual de referencia que contiene las características de la madera y los beneficios en la construcción, la situación actual de la madera en la construcción en Chile, la normativa chilena referida a su uso, la formación de profesionales de rubro y la producción forestal en Chile.

Una vez se tenga la información recopilada y esquematizada se procederá a hacer un análisis con el fin de describir la situación actual de la madera en Chile en el contexto de construcción. Este estudio solo incluirá tres puntos del marco conceptual de referencia; El marco normativo con relación a la construcción en madera, la situación actual de la formación de profesionales y la producción forestal maderera. Con estos se establecerá la situación actual de la madera en Chile en el contexto de la construcción.

Finalmente, se concluirá la situación actual que incluirá recomendaciones y/o proyecciones, dependiendo de si el resultado es favorable o no en relación a los beneficios y oportunidad de la madera en la construcción.

4. CAPITULO IV

ANALISIS

En este apartado se hará un análisis de tres puntos recopilados y esquematizados en el capítulo anterior. El marco normativo con relación a la construcción en madera, la situación actual de la formación de profesionales y la producción forestal maderera.

Estos ítems serán los considerados para establecer de manera clara la situación actual de la madera en Chile, en términos de la construcción.

4.1 Análisis del marco normativo legal con relación a la construcción

Los diversos sistemas constructivos en madera alrededor del mundo son capaces de levantar edificios de más de seis pisos sin problemas. Sin embargo, en Chile, la normativa vigente sólo permite llegar hasta tres dado que la norma que establece la resistencia de los edificios ante eventos sísmicos está basada en el comportamiento del hormigón y no en las propiedades intrínsecas de la madera, la cual puede deformarse en una mayor amplitud sin afectar su estructura.

Ese sería el principal impedimento para construir edificios en madera de más pisos, porque exigiría, debido a la norma, “rigidizar” un material que de por sí es flexible, encareciendo los costos generales y convirtiendo esta alternativa en una comparativamente menos atractiva.

En este sentido, Madera21 está trabajando para movilizar a los agentes involucrados en el tema para producir el cambio a la normativa vigente, asunto que también aborda el Programa Estratégico Mesoregional de la Madera con el fin de generar las condiciones necesarias para la construcción de mediana altura.

El ingeniero Hernán Santa María, de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica, señala que “en la actualidad estamos estudiando proponer un cambio que permita deformaciones mayores para edificios de madera, inicialmente con estructura de marco/plataforma, con muros de marcos de madera con placa arriostrante”, explica el experto. “Además, queremos proponer un método de diseño para esas estructuras, que sirva de guía a ingenieros y calculistas y que se incorpore en la norma NCh1198, la cual entrega indicaciones sobre cómo verificar la resistencia de vigas y columnas de madera aserrada y laminada”, agrega.

Las principales falencias de la normativa actual son, por ejemplo que la norma NCh1198 no entrega disposiciones que permitan a un ingeniero calcular la resistencia y la rigidez de un edificio estructurado con muros de madera. El límite de deformación máxima de entrepiso que impone la norma sísmica NCh433 es $0,002 H$ (donde H es la altura de entrepiso). Esto es un límite bastante exigente que produce que en edificios de estructura de muros de madera sea muy difícil de cumplir. Este límite obliga a diseñar estructuras bastante rígidas lateralmente, lo que es un problema para la madera que tienen estructuraciones más flexibles.

El proceso por el cual uno puede proponer modificaciones a la norma debe incluir la verificación de que si se aceptan esas propuestas, los edificios que se diseñen serán seguros y tendrán un desempeño sísmico adecuado. Para eso se deben cumplir, al menos, las siguientes etapas: primero, el análisis experimental del sistema estructural sometido a cargas sísmicas, y además en este caso, a cargas gravitacionales altas. Es necesario para ello revisar la literatura existente y hacer ensayos de muros sometidos a cargas cíclicas de corte y cargas verticales.

La segunda etapa tiene que ver con la modelación de edificios para verificar su comportamiento. Estos modelos se deben calibrar con los resultados experimentales y permiten estimar los desempeños que tendrán edificios diseñados con diferentes requisitos. Hay que evaluar, también, si las modificaciones sugeridas son apropiadas.

En la actualidad se va a iniciar la primera etapa y en menos de 2 años cuando el estudio esté completo, incluida la etapa de análisis, se debe entregar la propuesta a los comités de normas (de NCh433 y NCh1198), los que deben revisarlas, hacer una consulta pública y después aprobar las propuestas, lo que puede tomar al menos otros 6 meses.

Por otra parte, el especialista de la Universidad de Laval, Pierre Blanchet, en su artículo “Estudios de edificación en madera, cambio de normativa en Canadá”, explica cómo se dio este paso en ese país norteamericano, y esta experiencia puede servir como aprendizaje que nutra el proceso chileno hacia la normativa que se plantea establecer.

Además, Blanchet plantea algunos posibles itinerarios sobre el camino que nuestro país debe recorrer para alcanzar la requerida norma. *“Creo que lo primero es que todos deben trabajar juntos, me refiero a académicos, la industria y el gobierno, para generar las condiciones. Lo segundo, es no tratar de adaptar la ley existente, sino crear uno específico para la construcción en madera. De otra forma, no resultará, porque cada material debe tener sus especificaciones propias, por ejemplo, en materias de seguridad. Y los académicos tienen la tarea de ayudar en ese sentido, entregando información confiable que será usada para crear los requerimientos de la futura normativa”*, afirmó. (Blanchet, 2015)

4.2 Análisis del tema de madera para construcción en la formación de profesionales

Lo mostrado en el 2.11 de esta investigación se enfoca principalmente en demostrar que existen muy pocas escuelas tanto de arquitectura, construcción e ingeniería que preparan a los futuros profesionales del rubro en el ámbito de la madera.

Antes de comenzar el análisis, es importante comprender quien es el arquitecto, el constructor civil y el ingeniero civil.

El arquitecto es el encargado de diseñar el proyecto, es el gestor principal de una obra. Es quien determina, en su totalidad, el cuerpo del proyecto. De él depende que la edificación tenga una orientación solar estratégica, innovación en cuanto a sistemas constructivos y terminaciones y soluciones sustentables, entre otras. Su obligación es ser prolijo y consecuente con su diseño para con el confort humano.

El constructor civil o ingeniero en construcción es el encargado de ejecutar el proyecto y coordinar todas las actividades que este incumba. Integra al desarrollo del proceso soluciones y gestión en la industria de manera tal que el proyecto cumpla sus expectativas mediante la jefatura y administración en terreno. Debe liderar un equipo junto con un administrador, oficina técnica y jefe de obra. Su conocimiento en las ciencias básicas y de ingeniería debe ser sólidas. Es importante ser preciso y conciso para con el plazo, presupuesto y resultado sea el esperado.

El ingeniero civil en obras civiles, es el profesional que tiene la responsabilidad de diseñar matemática y físicamente el proyecto del arquitecto. Este calculista es el responsable de hacer modificaciones estructurales al diseño arquitectónico para que cumpla las condiciones mínimas especificadas en la Ordenanza general de urbanismo y construcción y la NCh 433 y sus derivados. Su obligación es ser analítico y ordenado para con el fin de que la estructura responda ante cualquier actividad sísmica o, en su defecto, una situación similar que ponga el peligro la edificación.

Primero, solo son cuatro de veintiocho escuelas de arquitectura³⁴ (esto equivale aproximadamente al 14%) que entregan conocimiento y de forma obligatoria³⁵ acerca de la madera y su funcionamiento y/o tecnología en el diseño arquitectónico. En comparación al hormigón, acero y estructuras metálicas, es una baja participación. Estos últimos están en todas las mallas curriculares de las escuelas de Chile.

El siguiente gráfico muestra la cantidad de titulados de arquitecto al año 2015:

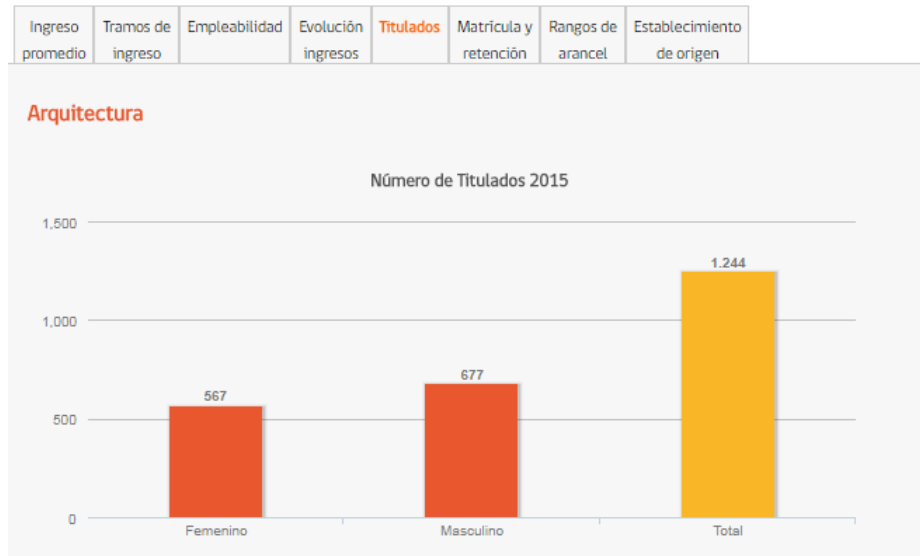


Gráfico N° 3

Este gráfico muestra los alumnos titulados al año 2015, indica que son aproximadamente 1244 titulados. Esta cantidad no varía de forma abrumante año a año.

Suponiendo que, anualmente, se titulan 1100 arquitectos provenientes de las escuelas mencionadas en el 2.6.1 claramente no todos los recién titulados traen consigo un conocimiento validado acerca del diseño en madera y sus derivados, tanto como tecnología y funcionamiento. De esto se desprende que son muy pocos los arquitectos capaces de diseñar un proyecto con madera en su sistema constructivo en relación a los otros materiales.

³⁴ Existen veintiocho escuelas de arquitectura en Chile, algunas impartidas en más de una sede.

³⁵ Curso obligatorio se refiere a un curso de malla de formación técnica y de carácter semestral.

Segundo, son solo nueve de veinticuatro escuelas de construcción civil³⁶ (esto equivale aproximadamente al 35%) que entregan conocimiento y de forma obligatoria³⁷ acerca de la madera y su funcionamiento y/o tecnología en la construcción. Al igual que en arquitectura, el hormigón, el acero y la estructura metálica poseen una alta participación, estando presente en todas las mallas curriculares de las escuelas de Chile.

El siguiente gráfico muestra la cantidad de titulados de Constructor civil³⁸ al año 2015:

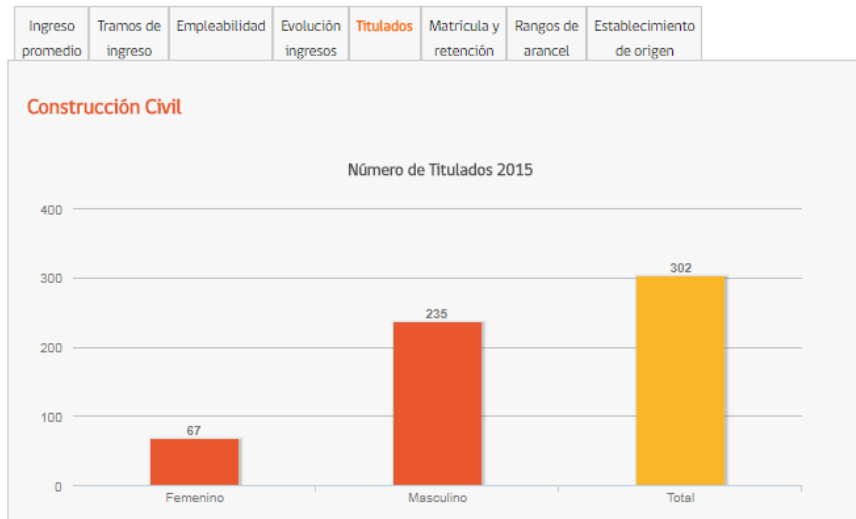


Gráfico N° 4

Este gráfico muestra los alumnos titulados al año 2015, indica que son aproximadamente 300 titulados. Esta cantidad no varía de forma abrumante año a año al igual que arquitectura.

Suponiendo que, anualmente, se titulan estos 300 constructores civiles provenientes de las escuelas, mencionadas en el 2.6.1, pero solo de universidad se demuestra y de forma explícita, que no todos los recién titulados traen consigo un conocimiento validado acerca de la construcción en madera y sus derivados, tanto como tecnología y funcionamiento. De esto se desprende que son muy pocos los constructores civiles capaces de ejecutar y llevar a cabo un proyecto con madera en su sistema constructivo en relación a los otros materiales.

³⁶ Existen treinta y cinco escuelas de Construcción en Chile, algunas impartidas en más de una sede.

³⁷ Curso obligatorio se refiere a un curso de malla de formación técnica y de carácter semestral.

³⁸ Este título corresponde a un título universitario.

Tercero, son solo dos de nueve escuelas de ingeniería civil con mención en obras civiles³⁹ (esto equivale aproximadamente al 22%) que entregan conocimiento y herramientas de forma obligatoria⁴⁰ acerca de la madera y su funcionamiento y/o tecnología en el diseño matemático y físico de una estructura. Al igual que en las dos carreras anteriores, el hormigón, el acero y la estructura metálica posee una alta participación, estando presente en todas las escuelas de ingeniería civil en obras civiles.

El siguiente gráfico muestra la cantidad de titulados de Ingenieros civil en obras civiles al año 2015:

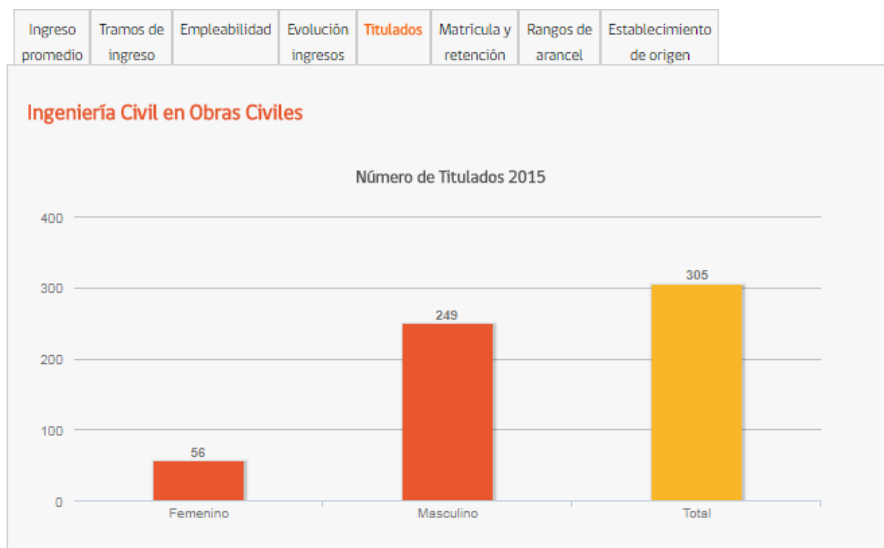


Gráfico N° 5

Este gráfico muestra los alumnos titulados de ingeniería civil en obras civiles al año 2015, indica que son aproximadamente 300 titulados. Esta cantidad no varía de forma abrumante año a año al igual que arquitectura y construcción civil.

Suponiendo que, anualmente, se titulan 300 ingenieros civiles con mención en obras civiles provenientes de las escuelas, mencionadas en el 2.6.1 se demuestra de forma explícita que no todos los recién titulados traen consigo un conocimiento validado acerca del diseño matemático y físico en madera y sus derivados, tanto como tecnología y funcionamiento. De esto se desprende que son muy pocos los ingenieros civiles

³⁹ Existen dos escuelas de Ingeniería civil en Obras civiles en Chile, algunas impartidas en más de una sede.

⁴⁰ Curso obligatorio se refiere a un curso de malla de formación técnica y de carácter semestral.

especializados en el cálculo de estructura capaces de diseñar y modelar un proyecto con madera en su sistema constructivo en relación a los otros materiales.

Por último, para cuantificar la situación actual de la madera en el rubro de la construcción, se estima que hay muy pocos profesionales que saben diseñar, modelar y construir con madera. Por lo que, en consecuencia, es baja la participación de la madera en la construcción en Chile.

4.3. Análisis de la producción forestal maderera en la construcción

Para comenzar, un estudio realizado por Sodra, empresa sueca prestigiosa y de nombre a nivel internacional, indica que el manejo sustentable de bosques de producción podría reducir las emisiones globales hasta en un 50%. (Castellanos, Página de la corma, 2016). Ellos sugieren hacer un reemplazo de productos provenientes de materiales fósiles a productos hechos de madera. Además, recomiendan forestar tierras descubiertas sin dejar de lado la ecología. Tratando minuciosamente la tierra y el agua para no destruir la flora y fauna de dichos sectores.

En materia nacional, con respecto a la proyección de la exportación es necesario mencionar que a fines del siglo anterior el mercado forestal tuvo su mayor crecimiento, no obstante, hoy presenta un estancamiento. Se estima que, a corto plazo, exista solo un proyecto grande de celulosa. A su vez, la madera aserrada y los tableros cuyos destinos son para la construcción se incrementarían moderadamente.

Por otra parte, en el plano internacional 196 países se organizaron y se reunieron en París, Francia para llegar a un acuerdo basado en la mitigación del cambio climático. Chile forma parte de este acuerdo adoptando el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La proyección de esto es que se emita el 30% menos de gases por cada dólar de producto respecto de la emisión del año 2007 (Castellanos, Página de la corma, 2016). Esto sería una proyección a largo plazo.

Para el caso de madera aserrada de pino radiata, se espera que para los próximos 25 años haya 40.000.000 m³. El doble de lo que hay hoy a lo largo de nuestro país. (Corma, 2015, pág. 14)

5. CAPITULO 5: CONCLUSION Y BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusión

Esta investigación abordó los temas que el autor consideró más relevantes acerca de la situación actual de la construcción en madera en el contexto de la construcción. Se hizo mención en las características del material y sus beneficios para la construcción; En las construcciones internacionales que fueron de gran impacto y no solo social sino que también económico; En la situación actual considerando el desarrollo de los últimos años y los proyectos actuales y por ejecutar en este recurso como sistema constructivo; En el marco normativo legal en el cual se rige la construcción; en la situación actual de las escuelas en las que se forman los peritos participantes del sector construcción y en la producción forestal en Chile.

Estos últimos tres puntos fueron los que el autor tomó como parámetro para evaluar la situación actual de la madera. Lo que se concluyó se especificará en los siguientes puntos:

- La normativa chilena que rige la construcción en madera es muy poco clara y poco precisa tanto para el diseño como para el cálculo de las estructuras. Además, no existe una metodología para abordar una edificación en altura.
Recomendación: Respecto a la OGUC, agregar punto 5.6.7.1 exigiendo detalle para construcciones en madera superior a 3 pisos de altura. Respecto a la Nch 433, agregarle un capítulo que incluya el diseño de estructuras en madera tal como el CSA 086-09 (Normativa para diseño de estructuras en madera de Canadá). Con esto se proporcionará un diseño de madera mucho más completo para las condiciones de Chile ya que se incluiría:
Elementos estructurales, madera laminada encolada, madera contrachapada, tableros CLT, cimientos de madera preservada, entre otros.
- Existe muy poca oferta de casas de estudio que impartan cursos de diseño, construcción y tecnología de madera en relación a la cantidad de escuelas de arquitectura, construcción e ingeniería civil. Uno de los factores es que existe baja demanda, por cierto.
Recomendación: Que exista un impulso por parte de organismos importantes en el rubro construcción como el Ministerio de Obras Públicas o de Vivienda y Urbanismo, la Cámara Chilena de Construcción, el Colegio de Constructores, Arquitectos e Ingenieros por masificar el conocimiento de la tecnología de la madera para que los directores de las carreras mencionadas en esta investigación decidan implementar cursos relacionados con este material.
- La producción forestal chilena enfoca sus directrices en la exportación de celulosa y no en la construcción.

Recomendación: Incentivar la creación de empresas forestales dedicadas a la fabricación de madera y contar también con una empresa nacional que certifique madera para la construcción a nivel país y a nivel mundial. Con esto el mercado ofrecerá un producto con mejores estándares de calidad.

Entonces, la situación actual de la madera en el contexto de la construcción en Chile es que se encuentra con una baja participación. Hay mucho potencial en Chile como para estar a la altura de los países como Estados Unidos, Japón y Canadá ya que la materia prima está en abundancia.

Además, es de suma urgencia encaminar al país en la revolución climática, cuya según expertos será la revolución del siglo, por lo que el uso de un recurso sostenible en la construcción es imperante.

Opinión y aporte personal

Es preciso crear una normativa clara y extensa para el diseño y cálculo de estructuras en madera tanto en extensión como altura para darle solidez a su uso en construcción. Por otro lado, es importante también que el pino radiata, tipo de madera más abundante en Chile, suba de clasificación a las maderas poco durables.

En el caso de la formación de profesionales, la enseñanza de la tecnología del material es imprescindible no solo para el sector sino que para la profesión como tal. Así como en la universidad se aprende de estructuras en hormigón, albañilería y acero, debe ser también obligación impartir un curso de diseño, construcción y/o tecnología de la madera. Si hay profesionales que tengan conocimiento acerca de cómo abordar una construcción bajo el recurso maderero el uso de este podría tomar impulso y ganar posicionamiento en el mercado.

En cuanto a la producción forestal, hay una baja cantidad empresas forestales dedicadas a la confección de materiales para la construcción. Esto refleja la baja oferta que hay en el mercado, por lo que, lógicamente, la demanda no exige la compra de este recurso.

Estos tres elementos forman un engranaje, que si bien el inicio de uno provoca el comienzo del otro, y este del siguiente. Pero es importante mencionar que para que uno de estos factores active el engranaje, debe insertarse en el mercado en donde es necesario un impulso por parte de la demanda de la madera como material de construcción.

Si hay demanda, habrá oferta, por lo que la madera tendría mayor participación.

Límites y continuidad de estudio

Esta investigación se pudo ser más precisa si se hubiese tomado un país como parámetro para entonces haber hecho una comparación entre la normativa chilena respecto a la construcción y la de dicho país de manera minuciosa, analizando punto por punto para entregar una conclusión más contundente. En cuanto al análisis de casas de estudio, ocurre algo similar. Haber contado con la cantidad de universidades que imparten el curso de tecnología de la madera de manera obligatoria en sus mallas curriculares para hacer el contraste con Chile.

En cuanto a la continuidad de este estudio si tomo la decisión de enfocar mi carrera profesional en la madera y no en la administración de proyectos, entonces haré lo posible por desarrollar una investigación meticulosa que entregue resultados más detallados acerca de este mismo tema. Un desarrollo con más tiempo y dedicación entregará resultados más precisos que servirán como material de estudio al sector construcción para futuras investigaciones. Finalmente, ser un aporte.

5.2 Bibliografía

- Biobio Chile.** (4 de Julio de 2016). *Noticias biobio*. Obtenido de Bio bio:
<http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2016/07/05/98-de-vecinos-de-sector-paso-seco-de-coronel-creen-que-sus-viviendas-deben-ser-demolidas.shtml>
- Blanchet.** (17 de Noviembre de 2015). *Universidad del Bio Bio*. Obtenido de DGI:
<http://www.dgi.ubiobio.cl/dgi/index.php/2015/11/17/expertos-interesados-en-contar-con-una-norma-para-construccion-de-edificios-en-madera/>
- Castellanos, F. R.** (23 de 3 de 2015). *Página de la CORMA*. Obtenido de Plantaciones forestales: http://www.corma.cl/_file/material/plantaciones-forestales_-indispensables-para-la-sustentabilidad-del-planeta-2015.pdf
- Castellanos, F. R.** (6 de 1 de 2016). *Página de la corma*. Obtenido de COP 21: Carbono, Chile y sus bosques: http://www.corma.cl/_file/material/cop-21_-carbono-chile-y-sus-bosques-2016.pdf
- Chile 365.** (29 de Enero de 2015). *Chile 365 iglesias patrimoniales*. Obtenido de Iglesias del sur de Chile: <http://www.chile365.cl/es-region-10-isla-de-chiloe-iglesias-chilotas.php>
- CNA.** (19 de Diciembre de 2016). *CNA PAGE*. Obtenido de Acreditación por carreras: <https://www.cnachile.cl/Paginas/buscador-avanzado.aspx>
- CNA.** (21 de Diciembre de 2016). *CNA PAGINA*. Obtenido de Requisitos para Arquitectura: <https://www.cnachile.cl/Criterios%20de%20carreras/arquitectura.pdf>
- CNA.** (2016 de Diciembre de 2016). *Página de la CNA*. Obtenido de CNA: <https://www.cnachile.cl/noticias/Paginas/UNIVERSIDADES%20%20ACREDITADAS.aspx>
- Corma.** (2015). Manual. En Corma, *Manual de construcción de Viviendas en Madera* (pág. 14). Santiago: Corporación chilena de la madera.
- CORMA.** (21 de Diciembre de 2015). *Página de corma*. Obtenido de Tipos de empresas: <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/tipos-de-empresas>
- CORMA.** (28 de Abril de 2016). *Página de corma*. Obtenido de Distribución de bosques: <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/superficies-de-bosques>
- Doman, D.** (25 de Septiembre de 2014). *CORMA*. Obtenido de Noticias biobio: (<http://www.corma.cl/corma-al-dia/biobio/-los-chilenos-debieran-construir-en-madera-estan-los-materiales-y-mano-de-obra>)
- Expo Milán.** (16 de Octubre de 2016). *Expomilan page*. Obtenido de Expo milan 2015: <http://expomilan.cl/el-edificio-del-pabellon-araucania-contara-con-tecnologia-antisismica/>

- ICARITO. (27 de Abril de 2012). *Icarito*. Obtenido de Terremoto de Chillán: (<http://www.icarito.cl/2009/12/85-6669-9-terremoto-de-chillan.shtml/>)
- INE. (12 de Agosto de 2014). *Instituto nacional de estadísticas*. Obtenido de Instituto nacional de estadísticas de Chile en construcción: <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/construccion/edificacion>
- LGUC. (2012). *Artículo 2*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Living Building Challenge. (20 de Julio de 2016). *www.living-future.org*. Obtenido de LBC BULLIT CENTER.
- Madera 21. (s.f.). Obtenido de (http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c)
- Madera 21. (20 de julio de 2014). *Gremio madera 21*. Obtenido de pagina de madera 21: http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c
- Madera 21. (15 de Marzo de 2016). <http://www.madera21.cl/>. Obtenido de <http://www.madera21.cl>: http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c
- MADERA 21. (28 de Septiembre de 2016). *Madera 21*. Obtenido de Barrio ecosustentable: <http://www.madera21.cl/?p=1402>
- Madera 21. (20 de agosto de 2016). *www.madera21.cl*. Obtenido de www.madera21.cl: (http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c)
- Memoria Chilena. (18 de Abril de 2008). *Memoria chilena site*. Obtenido de Memoria chilena minería: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-97292.html>
- Mifuturo. (23 de Diciembre de 2016). *www.mifuturo.cl*. Obtenido de Buscador de carreras: <http://www.mifuturo.cl/index.php/donde-y-que-estudiar/buscador-de-carreras?tecnico=false&cmbregiones=0&cmbareas=0&cmbcanombres=72&cmbinombres=0&start=30>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2017). *RESOLUCIÓN ITEMIZADO DE CONSTRUCCIÓN*. Santiago: Publicación MINVU.
- NCH 1198. (s.f.). NCH 1198.
- NCH 433. (Diciembre de 1999). *Ley de urbanismo y construcción*. NCH 433.
- OGUC. (12 de Enero de 2013). *De la construcción. Edificaciones en madera*. Santiago.
- Saball, P. (21 de Diciembre de 2016). *Diario de la construcción, Medio ambiente*. Obtenido de Barrio ecosustentable Chañaral: <http://www.diariodelaconstruccion.cl/barrio-ecosustentable-de-chanaral-promueve-la-construccion-de-viviendas-sociales-eficientes/>
- Sitio sur. (17 de Mayo de 2005). *Corporación de estudios sociales y educación*. Obtenido de Edición 1: <http://www.sitiosur.cl/r.php?id=779>.

Torre, S. R. (12 de junio de 2017). Viviendas sociales SERVIU. (F. Varela, Entrevistador)

**Vía rural. (20 de Marzo de 2010). *Via rural site*. Obtenido de Via rural ciprés cordillera:
<http://www.viarural.cl/agricultura/forestacion/especies/autoctonas/cipres/>**

6. REFERENCIAS

6.1 Anexos

Malla curricular de Arquitectura Universidad Autónoma de Chile

Fuente: <http://admision.uautonoma.cl/facultades/facultad-de-arquitectura-y-construccion/arquitectura/#content>

Malla curricular de Arquitectura Universidad Católica de Temuco

Fuente: <https://admision.uct.cl/arquitectura/>

Malla curricular de Arquitectura Universidad del Bio Bio

Fuente: http://ubiobio.cl/admision/Arquitectura_Construccion_Disenio/1/Arquitectura/

Malla curricular de Arquitectura Universidad Mayor

Fuente: <https://www.umayor.cl/um/carreras/arquitectura-santiago/10000>

Malla curricular de Construcción de la Universidad Autónoma de Chile

Fuente: <http://www.admision.uautonoma.cl/facultades/facultad-de-arquitectura-y-construccion/ingenieria-en-construccion/>

Malla curricular de Construcción civil de la Universidad Mayor

Fuente: <https://www.umayor.cl/um/carreras/construccion-civil-santiago/10000>

Malla curricular de Construcción de la Universidad Técnica Federico Santa María

Fuente: <http://www.usm.cl/admision/carreras/casa-central/construccion-civil/>

Malla curricular de Ingeniería en Construcción de la Universidad Central

Fuente: http://www.ucentral.cl/prontus_ucentral2012/site/edic/base/port/f_ingenieria_construccion.html

Malla curricular de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Magallanes

Fuente: <http://www.umag.cl/facultades/ingenieria/construccion/wp-content/uploads/2011/10/Screen-Shot-2016-08-23-at-4.12.38-PM.png>

Malla curricular de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso

Fuente: http://www.uv.cl/archivos/carrera/f19026_20.pdf

Malla curricular de Ingeniería en Construcción de la Universidad del Bio-Bio

Fuente: http://ubiobio.cl/admision/Arquitectura_Construccion_Disenio/2/Ingenieria_en_Construccion/

Malla curricular de Ingeniería en Construcción de la Universidad Tecnológica Metropolitana

Fuente: <http://fccot.UTEM.cl/carreras-ingreso-psu/ingenieria-en-construccion/>

Malla curricular de Ingeniería civil en Obras Civiles Universidad de Talca

Fuente: http://admision.UTALCA.cl/carreras/civil_obras_civiles.html

Malla Curricular de Ingeniería civil en Obras Civiles de la Universidad Tecnológica Metropolitana

Fuente: <http://fccot.UTEM.cl/carreras-ingreso-psu/ingenieria-civil-en-obras-civiles/>

6.2 Índice de figuras, tablas y gráficos

Figuras

Figura N° 1 Anisotropía Longitudinal

Fuente: [Manual de la construcción de viviendas en madera página 19](#)

<http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/Cap%C3%ADtulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducci%C3%B3n-5.pdf>

Figura N° 2 Anisotropía Radial

Fuente: Fuente: [Manual de la construcción de viviendas en madera página 19](#)

<http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/Cap%C3%ADtulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducci%C3%B3n-5.pdf>

Figura N° 3 Madera Flexible

Fuente: <http://www.trendhal.com/?portfolio=explorando-la-flexibilidad-de-la-madera>

Figura N° 4 Esquema de las partes de un árbol

Fuente: <http://cytdelamadera.blogspot.cl/2010/04/composicion-y-estructura-del-tronco.html>

Figura N° 5 Estructura de madera para vivienda

Fuente: <https://www.pinterest.cl/pin/47710077272168124/>

Figura N° 6 Unión de madera

Fuente: <https://www.scoop.it/t/tic-by-jesus-pedro/p/4021690230/2014/05/20/simpson-strong-tie-herrajes-para-uniones-en-estructuras-de-madera>

Figura N° 7 Iglesia Unres Stave

Fuente: Fuente: <https://diariodeunturista.com/la-iglesia-de-urnes-la-mas-antigua-de-noruega/1292>

Figura N° 8 Edificio Bullitt Center

Fuente: Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/bullitt-center>

Figura N° 9 Campamento paso seco Coronel

Fuente: <http://www.navarro.cl/quienes-construyeron-las-509-casas-que-seran-demolidas-deben-responder-en-tribunales/>

Figura N° 10 Edificio de 6 pisos en Peñuelas

Fuente: <https://www.df.cl/noticias/empresas/empresas-y-startups/noticias/chile-tendra-el-primer-y-mas-alto-edificio-construido-en-madera-en/2017-09-29/200044.html>

Figura N° 11 Iglesia de Tenaún

Fuente: <https://www.interpatagonia.com/castro/imagenes/tenaun22-1702.html>

Figura N° 12 Iglesia de Colo

Fuente: http://www.iglesiasdechiloe.cl/?cpo_portfolio=iglesia-san-antonio-de-colo

Figura N° 13 Campamento minero de Sewell

Fuente: <http://rallymobil.emol.com/lo-imperdible/fotos- visita-sewell- ex-campamento-minero-patrimonio-de- la-humanidad-en-chile/>

Figura N° 14 Hotel Pabellón del Inca

Fuente: <http://www.mch.cl/reportajes/arquitectura-y-urbanismo-en-campamentos-mineros/>

Figura N° 15 Oasis de Chañaral

Fuente: <http://www.armasportal.cl/?p=8529>

Figura N° 16 Pabellón de Chile

Fuente: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/05/03/pabellon-que-represento-a-chile-en-la-expo-milan-2015-sera-un-nuevo-centro-cultural-en-temuco/>

Figura N° 17 Nch 433

Fuente: http://www.disaster-info.net/safehospitals_refdocs/documents/spanish/DocsReferenciaPorPais/Chile/Norma ChilenaDisenoSismico.PDF

Figura N° 18 Nch 1198

Fuente: <http://tipbook.iapp.cl/ak/a871a9028e2d17e03ecbc8b26cef7a6b0b0b13b5/embed/view/minvu-nch01198-2006-047>

Tablas

Tabla N° 1 Clasificación estructural pino radiata

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 2 Tipología de árboles y sus características

Fuente: NCH 1198, Página 9.

Tabla N° 3 Ranking de exportaciones de productos forestales

Fuente: <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/aportes-a-la-economia>

Tabla N° 4 Ranking mundial de bosques plantados

Fuente: <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/aportes-a-la-economia>

Gráficos

Gráfico N° 1 Comparación de Co2 Producido por los materiales de construcción

Fuente: http://www.madera21.cl/?page_id=2757

Gráfico N° 2 Exportaciones según producto

Fuente: <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/aportes-a-la-economia>

Gráfico N° 3 Número de titulados de Arquitectura año 2015

Fuente: <http://www.mifuturo.cl/index.php/futuro-laboral/buscador-por-carrera?tecnico=false&cmbareas=3&cmbinstituciones=0>

Gráfico N° 4 Número de titulados de Construcción civil año 2015

Fuente: <http://www.mifuturo.cl/index.php/futuro-laboral/buscador-por-carrera?tecnico=false&cmbareas=10&cmbinstituciones=0>

Gráfico N° 5 Número de titulados de Ingeniería civil en Obras civiles

Fuente: <http://www.mifuturo.cl/index.php/futuro-laboral/buscador-por-carrera?tecnico=false&cmbareas=10&cmbinstituciones=0&start=10>