

MADERA Y CONSTRUCCIÓN

Hacia una Simbiosis Estratégica

INSTITUTO FORESTAL



Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación. INFOR agradece a las siguientes personas que hicieron donaciones fotográficas al archivo institucional: Patricia Quezada Corvalán (Sewell), Fernando Andrade Viraló (Chiloé), Christian Oreamuno Ahumada (British Columbia) y Francis Dube LePante (Quebec).

MADERA Y CONSTRUCCIÓN

Hacia una Simbiosis Estratégica

Janina Gysling¹; Carlos Kahler; Daniel Soto; Wilson Mejías; Pamela Poblete;
Verónica Álvarez; Juan Carlos Bañados; Daniela Baeza y Evaristo Pardo

Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a través de Bienes Públicos Orientados al Sector de la Construcción

INSTITUTO FORESTAL
2021

¹Ingeniera Forestal. Investigadora Instituto Forestal jgysling@infor.cl



INSTITUTO FORESTAL

Sucre 2397 Ñuñoa

Santiago. Chile

F. 223667115

Área de Información y Economía Forestal

Sede Metropolitana.

www.infor.cl

<http://wef.infor.cl/>

ISBN N° 978-956-318-199-9

Registro de Propiedad Intelectual N° 2021-A-9451

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación citando la fuente:

Gysling, Janina; Kahler, Carlos; Soto, Daniel; Mejías, Wilson; Poblete, Pamela; Álvarez, Verónica; Bañados, Juan Carlos; Baeza, Daniela y Pardo, Evaristo, 2021. Madera y Construcción: Hacia una Simbiosis Estratégica. Instituto Forestal, Chile. 214 p.

PRESENTACIÓN

El documento que se presenta a continuación ha sido elaborado por los profesionales del área de investigación Información y Economía Forestal de INFOR, en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción", financiado por CORFO.

Su objetivo es hacer un diagnóstico de la situación actual de la construcción con madera en Chile, con el fin de aportar al desarrollo de este interesante sector de la actividad económica - destacado en la Política Forestal de Chile 2015-2035 - mediante la recopilación de información de fuentes secundarias y la generación y análisis de información de fuentes primarias, con énfasis en los aspectos relativos a los productos de madera y su industria.

El estudio da cuenta del contexto mundial y nacional de la construcción en madera, de las políticas públicas asociadas al tema, de la importancia económica del sector de la construcción y el rol que puede desempeñar la madera, de la percepción de expertos, población en general y usuarios de viviendas con madera, para terminar con un ejercicio sobre la disponibilidad futura de madera para la construcción en Chile.

Considerando la gran cantidad de elementos que de una u otra forma deberán relacionarse para que la construcción en madera se masifique en el país, en el estudio se concluye que el sector de la construcción y el sector forestal deberían acordar una ruta de trabajo conjunto, de largo plazo.

La principal propuesta del estudio es contribuir a propiciar una política de fomento a la industria del aserrío.

INFOR agradece a todas las personas e instituciones que contribuyeron con información relevante para el buen término de esta investigación.

Como toda publicación de INFOR, este documento está disponible en su biblioteca digital y también en su página de estadísticas forestales, específicamente en:

<https://wef.infor.cl/fortalecimiento/fortalecimiento.html#documentos.html>

Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

Capítulo 1

Contexto mundial de la construcción en madera

1.1	Productos de madera utilizados en la construcción	3
1.1.1	Productos de uso estructural	3
1.1.2	Productos de uso no estructural	6
1.2	Producción y consumo mundial de productos de madera	8
1.2.1	Madera aserrada y tableros	8
1.2.2	Productos de ingeniería en madera	9
1.2.3	Participación de la madera en la construcción	10
1.3	Sistemas constructivos en madera	11
1.3.1	Sistemas de entramado ligero	11
1.3.2	Sistemas de entramado pesado	12
1.3.3	Construcción industrializada	14
1.4	Construcciones emblemáticas	14

Capítulo 2

Contexto de la construcción con madera en Chile

2.1	Edificación con madera	17
2.1.1	Parque de viviendas con estructura de madera	17
2.1.2	Presencia regional de la vivienda con muros con estructura de madera	20
2.1.3	Edificación no habitacional	20
2.1.4	Construcciones emblemáticas	21
2.2	Instituciones relevantes para la construcción en Chile y sus vínculos con la madera	29
2.2.1	Instituciones públicas	32
2.2.2	Instituciones generadoras de información	32
2.2.3	Instituciones gremiales	34
2.2.4	Instituciones de investigación y desarrollo	36
2.2.5	Actores privados en la cadena de valor de la construcción en madera	38
2.3	Capacidades laborales para la construcción en madera	40
2.3.1	Oferta académica	40
2.3.2	Evaluación de la oferta profesional	43
2.3.3	Formación en el ámbito de las propiedades de la madera	45
2.4	Industria de productos de madera utilizados en la construcción	45
2.4.1	Propiedades físicas y mecánicas de la madera	46
2.4.2	Industria del aserrío	47
2.4.3	Producción de madera aserrada estructural	54
2.4.4	Industria de tableros de madera	57
2.4.5	Madera laminada encolada	61

2.4.6	Cerchas de madera	66
2.4.7	Comercio exterior de productos de madera para la construcción	72
2.5	Entorno legal y normativo de la construcción con madera	84
2.5.1	Ley General de Urbanismo y Construcciones	84
2.5.2	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	84
2.5.3	Normas técnicas	89
2.5.4	Decreto que reglamenta el rotulado de madera aserrada	83
2.5.5	Otras normativas que regulan el uso de la madera en la construcción	94

Capítulo 3

La construcción con madera en el contexto de las políticas públicas

3.1	Políticas públicas de fomento de la construcción con madera en otros países	95
3.1.1	Japón: "Ley de promoción del uso de la madera en edificios públicos"	97
3.1.2	Australia: "Política de fomento de la madera de Tasmania"	99
3.1.3	Suecia: "Estrategia ciudad moderna de madera de Växjö"	101
3.1.4	Reino Unido: "Política de fomento de la madera de Powys, Gales"	102
3.2	Políticas públicas relevantes relacionadas con la madera en la construcción en Chile	102
3.2.1	Política forestal 2015-2035	102
3.2.2	Política energética	103
3.2.3	Política medio ambiental: los planes de descontaminación atmosférica y la eficiencia energética en viviendas	103
3.2.4	Política de selectividad estratégica	103
3.2.5	Política de acceso a la vivienda a través de subsidios habitacionales	104

Capítulo 4

Importancia económica de la construcción

4.1	La industria de la construcción en la economía global	111
4.1.1	El sector de la construcción y su efecto reactivador de la economía	111
4.1.2	Evolución de la productividad en la construcción en el mundo	112
4.2	La construcción en Chile y su impacto en la economía	113
4.2.1	Indicadores económicos	113
4.2.2	Productividad en el sector de la construcción	121
4.3	Desafíos de la industria de la construcción y oportunidades para la madera	126
4.3.1	El rol de la madera en el mejoramiento de la productividad	126
4.3.2	Desafíos medioambientales en el sector de la construcción y el rol de la madera	130
4.3.3	Otros atributos de la madera en la construcción	138

Capítulo 5

Percepción de la madera en la construcción

5.1	Percepción de expertos	141
5.1.1	Consulta a expertos nacionales	142
5.1.2	Consulta a expertos internacionales	153

5.2	Percepción en medios digitales	156
5.2.1	Análisis de noticias en medios de prensa digitales	156
5.2.2	Análisis de tendencias de búsquedas sobre “madera para la construcción”	160
5.3	Percepción de usuarios actuales y potenciales de viviendas construidas con madera	163
5.3.1	Percepción de usuarios de viviendas sociales en la comuna de Buin	163
5.3.2	Percepción de la población chilena sobre la construcción en madera	165
5.3.3	Interés de las personas en la compra de viviendas de madera	166
5.3.4	Percepción de los usuarios de viviendas en base a la encuesta CASEN	167

Capítulo 6

Disponibilidad y consumo de madera aserrada para la construcción: un ejercicio en base al objetivo de la Política Forestal

6.1	Consideraciones generales	171
6.2	Disponibilidad futura de madera aserrada	172
6.3	Estimación del consumo de madera aserrada para uso estructural	174
6.4	Comentarios sobre los resultados de la proyección	181

Conclusiones	187
--------------	-----

Bibliografía	187
--------------	-----

Anexos	186
--------	-----

Introducción

La masificación de la construcción con madera, como una alternativa que mejorará la calidad de vida de la población, no solo por el bienestar que brinda la mejor habitabilidad de las viviendas construidas con este material, sino también por su enorme contribución medio ambiental, ha sido un anhelo amplia y largamente compartido por actores del mundo público y privado, de la construcción, el sector forestal y la academia. Sin embargo, no es sino hasta hace unos pocos años que el tema ha generado una explosión de actividades y recursos destinados a sentar las bases para una puesta en marcha sólida y de largo alcance.

El estudio que se presenta a continuación tiene por objetivo principal entregar un diagnóstico del estado de la construcción con madera en Chile, a partir de la observación y presentación de sus principales componentes. Para esto, se ha realizado una exhaustiva recopilación de información de fuentes secundarias, pero lo más importante es que se ha generado abundante información primaria, siendo esta su principal contribución.

En el Capítulo 1 se presenta el contexto mundial de la construcción en madera, reconociendo el enorme valor de la trayectoria y experiencia de los países en que esta actividad ha llegado al más alto nivel.

En el Capítulo 2 se presenta el contexto de la construcción en madera en Chile, haciendo un barrido por las estadísticas disponibles sobre construcción, las instituciones relevantes vinculadas a la actividad, el entorno legal y normativo, la generación de capacidad laborales y, por vocación institucional de los autores, un barrido más intensivo y de fuentes primarias, por la industria de productos de madera utilizados en la construcción.

En el Capítulo 3 se entrega información relativa a las políticas públicas de fomento a la construcción en madera en Japón, Australia, Suecia y el Reino Unido, con la declarada intención de conocer elementos de política que podrían adaptarse a la situación de Chile para alcanzar un desarrollo de largo plazo en esta actividad. También se presentan las políticas públicas relacionadas con la madera en la construcción en Chile.

En el Capítulo 4 se desarrollan los temas asociados a la importancia económica de la construcción y al importante rol que juega la madera tanto en el mejoramiento de la productividad sectorial como en sus desafíos ambientales.

El Capítulo 5 reúne las percepciones de las personas sobre la madera en la construcción desde sus distintas posiciones; como expertos, para lo cual se realizó un panel de expertos nacionales e internacionales; como usuarios de viviendas construidas en madera; como buscadores de información en internet y como protagonistas de noticias en medios de prensa digitales

Por último, en el Capítulo 6 se presenta un ejercicio de disponibilidad y consumo de madera aserrable en la construcción, considerando que las proyecciones muestran que la disponibilidad de trozas aserrables disminuirá de los actuales 17 millones de m³ a 15 millones de m³ en el año 2035.

La principal conclusión de este estudio es que el auge que está atravesando la construcción en madera a nivel mundial y nacional genera las condiciones para rectificar los caminos errados que han conducido a una baja participación de la madera como material constructivo y avanzar hacia la consolidación de un rubro de grandes contribuciones a la economía y al medio ambiente nacional. Para esto, es necesario que los sectores de la madera y de la construcción alcancen una simbiosis estratégica.

Participaron en este estudio todos los profesionales del Área de Información y Economía Forestal de INFOR, bajo la dirección de la investigadora ingeniera forestal Janina Gysling, quienes agradecen a las personas e instituciones que de una u otra forma contribuyeron con información para el buen término de este documento.

Capítulo 1

Contexto mundial de la construcción en madera

Algunos historiadores señalan que es altamente probable que la madera haya sido usada por el hombre para construir sus primeros refugios hacia fines del neolítico, año 3.000 a. C., cuando comenzó a sentir que los refugios naturales no le proporcionaban suficiente seguridad. Sin embargo, esto es una conjetura, puesto que los vestigios encontrados de construcciones atribuibles al hombre primitivo aún no concitan el consenso de la comunidad científica internacional en cuanto a su materialidad.

Otros historiadores señalan que el uso de la madera en la construcción data de los años 500 al 100 a. C., cuando la madera fue utilizada en la construcción de techos por las antiguas civilizaciones romanas y egipcias, que construían sus edificaciones principalmente con piedras; de esto hay testimonio. Diez o doce siglos después, en Europa se desarrolló la construcción moderna con madera, material que demostró sus habilidades excepcionales para la construcción. Las técnicas de construcción en madera se extenderían más tarde a todo el mundo, incluyendo Asia, África y las Américas (Menjívar, 2007).

Hasta el siglo XIX, solo se contaba con la piedra y la madera como principales materiales de construcción, lo cual cambió a partir de la Revolución Industrial (segunda mitad del siglo XVIII y hasta las primeras décadas del siglo XIX), periodo en donde aparecieron numerosos materiales que agregaron seguridad al proceso de construcción (Menjívar, 2007). También en este periodo se comenzaron a usar los adhesivos de origen natural, como los de caseína, que hicieron posible la fabricación de tableros contrachapados. Además, hubo importantes avances en la producción en serie y en la normalización de los materiales, lo que dio paso a la industrialización mediante la prefabricación de elementos y sistemas (De Villanueva, 2005).

A principios del siglo XX fue descubierta la madera laminada encolada (*Glulam*), lo que produjo una auténtica revolución en la construcción con madera, ya que fue posible cubrir luces de gran tamaño con piezas de escuadrías más pequeñas. Durante la Segunda Guerra Mundial, los productos de madera laminada fueron utilizados para la construcción de edificaciones militares, hangares de aviones y fábricas (Essays, 2013).

En la década de los noventa del siglo XX, se comenzó a desarrollar en Europa la madera contralaminada (CLT), ganando popularidad dentro de la construcción habitacional. Ya para los inicios del siglo XXI, el uso del CLT había tenido un crecimiento significativo, lo cual fue impulsado principalmente por los movimientos de construcción verde (*Green building movement*) que buscaban sistemas más eficientes para la construcción (FPInnovations, 2013). En la actualidad, el CLT es usado para la gran mayoría de las edificaciones en altura, tanto en Europa como en Norte América (Salvadori, 2017).

1.1 Productos de madera utilizados en la construcción

Hay una amplia variedad de productos de madera utilizados en la construcción, los que generalmente se clasifican en aquellos de uso estructural y los de uso no estructural.

1.1.1 Productos de uso estructural

a) Productos tradicionales

Madera aserrada. La madera aserrada se define como piezas de madera maciza obtenidas por el aserrado longitudinal de una troza, obteniendo caras planas y escuadradas, esto es caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las caras. La madera aserrada estructural se refiere a aquellas piezas de madera aserrada que poseen determinadas capacidades para resistir cargas o esfuerzos, lo

que debe ser objeto de una clasificación visual o mecánica, para ser utilizadas como elemento estructural en una edificación.

Tableros de hojuelas orientadas (*Oriented Strand Board, OSB*). Los tableros de hojuelas o virutas orientadas son formados por capas de hojuelas de madera, habitualmente tres, donde cada capa es prensada con las virutas orientadas en una misma dirección y luego las capas se unen dejando la del centro en dirección perpendicular para obtener una mayor estabilidad y resistencia, lo que los convierte en una alternativa a la madera maciza en muchas aplicaciones (Ramage *et al.*, 2017).

Tableros contrachapados (*Plywood*). Es un tablero compuesto por chapas de madera pegadas con presión y calor, puestas de manera que la dirección de las fibras de una chapa quede perpendicular a la de la anterior. Las chapas tienen un espesor que varía entre 0,2 y 3,2 mm. Dependiendo de su composición, estos tableros son destinados a distintos usos dentro de las viviendas, incluidos los estructurales (Ramage *et al.*, 2017). En Chile, el espesor de tablero más habitual para uso estructural es de 18 mm.

b) Productos de ingeniería en madera

El concepto de productos de ingeniería en madera involucra a una serie de productos fabricados a partir de piezas de madera aserrada, chapas, partículas o fibras de madera, unidos con adhesivos u otros métodos de fijación, cuyas características superan con creces algunas limitaciones de la madera sólida, destacándose la mayor uniformidad en sus propiedades mecánicas (resistencias, rigidez) y estabilidad dimensional, a lo que se agrega la gran variedad de dimensiones en que se pueden fabricar.

Madera laminada encolada (*Glued Laminated Timber, Glulam*). La madera laminada encolada es el producto que resulta del encolado sucesivo de dos o más capas de piezas de madera con la disposición de la fibra de todas las capas de laminación aproximadamente paralela. Las piezas de madera, cuyo espesor varía normalmente entre 25 y 45 mm, deben ser previamente clasificadas por resistencia en forma visual o mecánica y se empalman longitudinalmente mediante uniones dentadas (*finger joints*), para formar elementos no limitados en escuadría ni en longitud que funcionan como una sola unidad estructural. En la producción se recurre generalmente a especies coníferas; en Chile se utiliza principalmente madera aserrada de pino radiata. Con madera laminada encolada se pueden fabricar elementos rectos y curvos, de secciones constantes o variables, recurriéndose en el caso de elementos curvos a curvaturas planas o espaciales.

Madera contralaminada (*Cross-Laminated Timber, CLT*). En el mercado se conoce como CLT y corresponde a un panel sólido de madera fabricado con un número impar de capas encoladas (normalmente de tres a siete) de tablas de madera aserrada estructural, apiladas alternando en forma contrapuesta la dirección de las fibras, unidas con adhesivos estructurales y prensadas para formar un panel sólido y recto. Es muy resistente, exhibiendo un excelente desempeño en funciones estructurales como componentes de paredes, pisos y techos. Al mismo tiempo ofrecen un muy buen desempeño en materia acústica y de aislación térmica, con un buen comportamiento al fuego. Sus componentes son rápidos y fáciles de instalar, y el proceso constructivo prácticamente no genera residuos en obra. Por estas y otras razones, como la posibilidad de construir con elementos prefabricados, hacen que el CLT compita ventajosamente con los materiales convencionales de construcción en altura, como el hormigón, albañilería o el acero, especialmente en la edificación con fines habitacionales y comerciales (APA, 2021).

Vigas doble T (*I-Joists Beams*). La viga doble T, o simplemente viga I, corresponde esencialmente a un elemento flexionado con una geometría de sección transversal "doble T". Se fabrica encolando dos alas a un alma, encargándose las alas de resistir la flexión y el alma del esfuerzo de corte. Habitualmente se recurre a piezas de madera aserrada estructural, madera de chapas laminadas (LVL) o madera estructural compuesta (SCL) para fabricar las alas, a la vez que el alma se fabrica con tableros

contrachapados o tableros de hebras orientadas (OSB). La diferencia más notable con respecto a las vigas tradicionales de madera aserrada o laminada encolada es que para soportar una misma carga, la viga I permite economías en el consumo de madera (Vogt, 2003). Las vigas I se utilizan ampliamente en pisos residenciales y estructuras de techo, permitiendo construir sistemas estructurales complejos, en complemento con otros productos, para formar plataformas soportantes de piso y cubiertas de techo, en casas de uno o más pisos y naves industriales. En el caso de Chile, estos elementos son fabricados por Louisiana Pacific Chile, donde se utiliza OSB como alma y madera estructural con uniones dentadas (*finger joint*) para las alas (Louisiana Pacific Chile, s.f.).

Madera estructural compuesta (*Structural Composite Lumber, SCL*). Es el término utilizado para describir a una familia de productos de ingeniería en madera usados en aplicaciones estructurales, generalmente como vigas, y que en comparación con la madera aserrada se caracterizan por ser estables y menos propensos a deformarse o fisurarse, pudiendo además soportar cargas mayores que esta. Los productos estructurales compuestos incluyen cuatro tipos: madera de chapas laminada (*Laminated Veneer Lumber, LVL*), madera de hebras paralelas (*Parallel Strand Lumber, PSL*), madera de hebras laminadas (*Laminated Strand Lumber, LSL*) y madera de hebras orientadas (*Oriented Strand Lumber, OSL*). Todos ellos, se caracterizan por estar fabricados mediante la unión de pequeñas piezas o partículas de madera utilizando adhesivo, calor y presión. Son productos muy populares en América del Norte, Australia y Nueva Zelanda.

- Madera de chapas laminada (*Laminated Veneer Lumber, LVL*). Es el producto de la familia de los SCL más común de encontrar en el mercado estadounidense y australiano. Este material fue desarrollado e introducido al mercado en el siglo XX, durante la década de los setenta y su invención se atribuye al norteamericano Arthur Troutner (AITIM, 2005). Se fabrica mediante la unión de chapas de madera debobinada, con adhesivo, calor y presión. Se utiliza para aplicaciones estructurales tales como vigas, cabezales, dinteles y encofrados, entre otros (*Finnish Woodworking Industries*, 2019). Antes de la aplicación del adhesivo y la presión, las chapas se secan a un contenido de humedad próximo al 5 % y se apilan todas con la misma dirección, esto es, con las fibras orientadas en el sentido del largo de la pieza. Esto hace que la LVL sea más fuerte, más recta y más uniforme que la madera aserrada.
- Madera de hebras paralelas (*Parallel Strand Lumber, PSL*). El PSL es un producto patentado y comercializado en el mercado como Parallam®, de propiedad de la empresa Weyerhaeuser. Se usa como vigas, tapacanes, columnas o postes, en reemplazo de madera aserrada o madera laminada encolada. Los PSL se fabrican utilizando chapas de madera de aproximadamente 3 mm de espesor, que se recortan en tiras de unos 19 mm de ancho y 0,6 m largo. Las hebras de chapas se alinean en sentido paralelo al largo de la pieza para aumentar la resistencia, y luego son cubiertas con adhesivo y prensadas. El tamaño final depende del uso y diseño, la longitud está limitada solo al máximo posible de manipular y transportar, pero lo más habitual es que se fabriquen en un máximo de 18 metros (Weyerhaeuser, 2021). Este producto fue desarrollado por la empresa forestal canadiense MacMillan Bloedel Limited (Sharp, 1995).
- Madera de hebras laminadas (*Laminated Strand Lumber, LSL*) y Madera de hebras orientadas (OSL). Estos productos de madera son una extensión de la tecnología utilizada para producir tableros estructurales OSB y son bastante similares uno de otro. La principal diferencia es que la relación de tamaño de las hebras utilizadas en los LSL es más alta que para OSL. Un tipo de LSL utiliza hebras de aproximadamente 30 cm de largo con una relación largo-ancho de 150:1, mientras que en el OSL esta relación es de 75:1. LSL se utiliza principalmente como armazón estructural para la construcción residencial, comercial e industrial. Es adecuado para tapacanes y vigas, montantes de pared altos, listones de borde, placas de umbral, carpintería y marcos de ventanas.

Panel SIP (*Structural Insulated Panel*). Este panel es un sistema estructural auto soportante, formado por un alma de espuma rígida de poliestireno de alta densidad (EPS) y dos piezas de OSB (*Oriented Strand Board*) u otro material que la recubren (NTA, 2009). Estos elementos se vinculan entre sí por medio de piezas de madera aserrada estructural. Una de sus principales ventajas es que su utilización demanda un menor tiempo de construcción en comparación con otros materiales o sistemas constructivos, pues los paneles se llevan a la obra listos para el montaje. Por esta misma razón, tanto la mano de obra como la complejidad de las actividades se reducen, lo que puede significar un ahorro importante en los costos de construcción. Otra ventaja es que permite llevar a cabo una obra limpia, con mínimas pérdidas y desechos (Madera21, 2016a).

Cerchas de madera (*Wooden Trusses*). Elementos reticulados de madera utilizados para la estructura de techos compuestos de un conjunto de piezas de madera unidas por sus extremos, dispuestas de tal forma que se reparten entre ellas los esfuerzos resultantes del peso de la cubierta de la techumbre y las sobrecargas ejercidas por la presión del viento y el peso de la nieve (AITIM, 2015). Las cerchas de madera están entre los primeros productos de madera que se han fabricado en forma industrializada, existiendo ya en la década de los sesenta, empresas chilenas que producían componentes de estos elementos (INFOR, 1967). Las conexiones de las cerchas pueden ser mediante placas dentadas y/o clavos según la NCh N°1269 (INFOR, 2000).

Vigas reticuladas (*Open web truss joists*). Corresponden a estructuras integrada por un conjunto de barras diseñadas y unidas de tal modo que funcionen como una viga de gran tamaño. Sus elementos (barras) suelen formar uno o más triángulos, en un solo plano, dispuestos de manera que las cargas externas se apliquen en los nudos y las barras queden solicitadas exclusivamente por fuerzas axiales de tracción o compresión (Faure *et al.*, 2014). Se utilizan principalmente como componentes de pisos y entrepisos, además de techumbres de edificaciones no habitacionales (CITEmadera, 2011).

1.1.2 Productos de uso no estructural

- **Madera Aserrada no estructural.** Corresponde a piezas de madera cortadas longitudinalmente, con caras planas y a escuadra, que cumplen múltiples funciones no estructurales en una edificación y que, por lo tanto, no requieren ser clasificadas como tal. Sin embargo, dependiendo del uso que tengan, algunas veces tienen que cumplir requisitos específicos. Su uso más frecuente es en la fabricación de elementos de carpintería para la construcción, como las molduras, marcos para puertas y ventanas, muebles *in building* y costaneras de techos, entre otros.
- **Tableros de madera.** Existe un grupo de tableros que por sus propiedades físico-mecánicas están fundamentalmente orientados a usos no estructurales. Los más importantes se presentan a continuación.

Tableros de fibras (HDF y MDF). Para la fabricación de estos tableros, la madera, en astillas, se ablanda en digestores con vapor a presión y luego se desintegra hasta quedar en fibras; estas se encolan formando una esfera homogénea que a través de presión y temperatura se transforma en un tablero de fibra. Los tableros HDF (*High Density Fiberboard*) tienen una densidad que fluctúa entre 0,8 y 1,2 g/cm³ y se utilizan como revestimientos de puertas interiores y en muebles de cocina. Los tableros MDF (*Medium Density Fiberboard*) son fabricados en forma similar a los de HDF, pero difieren en que su densidad es menor, entre 0,4 y 0,8 g/cm³; están fabricados para ser usados principalmente en la industria del mueble, pudiendo también ser usados en la construcción en algunas aplicaciones interiores y donde no estén expuestos a humedad.

Tableros de partículas (PB y MDP). Los tableros de partículas, también llamados aglomerados, constituyen uno de los materiales de madera más antiguos. Se fabrican a

partir de virutas, astillas, láminas u hojuelas de madera de tamaños variables, generalmente entre 0,2 y 0,5 mm de espesor, unidas con un aglutinante orgánico mediante el uso de calor, presión, humedad o un catalizador. Pueden utilizarse como revestimiento de tabiques divisorios interiores, muebles, clósets y elementos decorativos, cuando se les incorpora, además, enchapados de madera o cubiertas de melamina.

Tableros contrachapados no estructurales. En este grupo destacan los contrachapados decorativos, los que suelen tener un revestimiento de chapas de latifoliadas, pero también se fabrican de chapas de coníferas; la madera contrachapada decorativa se utiliza donde la apariencia es fundamental. Otros tableros contrachapados no estructurales se utilizan en lugares ocultos y por lo tanto se fabrican con maderas de baja calidad, por ejemplo, los fondos de cajones o como elementos constitutivos de partes y piezas para la industria automotriz y naviera.

- **Puertas.** Las puertas de madera son elementos de carpintería que se clasifican principalmente por el uso que tendrán (interior o exterior de edificaciones) o por el tipo de material que las conforman. Según el material, en Chile se distinguen dos grupos principales (CORMA, 2004):

Puertas de madera maciza o atableradas. Son aquellas puertas fabricadas de listones de madera *finger-joint* o sin reconstituir. Su composición se caracteriza por poseer un bastidor de madera (generalmente compuesto de dos largueros, un travesaño, un central y un peinazo) el cual soporta tableros unidos entre sí por su canto. La disposición final de los componentes dependerá del modelo de cada fabricante.

Puertas contraplacadas. Se caracterizan por tener un bastidor de madera *finger-joint* (generalmente compuesto por dos largueros, un travesaño, un peinazo y alguna estructura de refuerzo en el sector donde va la cerradura) el cual soporta dos caras (normalmente de tableros MDF o contrachapados) y relleno en su interior con diversos materiales que determinan las propiedades especiales de la puerta (resistencia acústica y resistencia al fuego, entre otras).

- **Ventanas.** Las ventanas de madera constituyen otro elemento de carpintería. En general, las ventanas se fabrican con madera de especies que presentan una deformación mínima, con una humedad máxima de 15%. Dadas sus características naturales de resistencia a la humedad y a la deformación, las maderas más usadas en Chile para la fabricación de ventanas han sido: lingue (*Persea lingue*), raulí (*Nothofagus alpina*) y mañío (*Podocarpus nubigenus*). Dependiendo de las condiciones de humedad, oscilaciones térmicas y radiación solar a que estén sometidas las ventanas, puede ser necesario aplicar a la madera tratamientos preservantes como la impregnación al vacío (CORMA, 2004).
- **Molduras.** Las molduras son elementos de carpintería fabricados generalmente con fines decorativos. En Chile, la industria forestal fabrica molduras de madera sólida, habitualmente a partir de piezas de madera seca libre de defectos (*blanks*) unidas con *finger joint*, y molduras MDF. Las primeras se obtienen por un proceso de perfilado de los *blanks*, con lo cual se puede obtener una gran variedad de perfiles que varían de acuerdo al uso al que estarán destinados y a las preferencias en el ámbito de la decoración. Las molduras de MDF se fabrican con un proceso similar, pero a partir de tiras de tableros MDF que se perfilan con las herramientas de corte y fresado específicas para este material.

1.2 Producción y consumo mundial de productos de madera

1.2.1 Madera aserrada y tableros

A nivel global, la principal fuente de madera para la construcción de diversos tipos de edificaciones han sido las coníferas, mientras que las maderas de especies latifoliadas o maderas duras se han utilizado principalmente para productos donde el aspecto estético es muy relevante, como muebles y gabinetes. Sin embargo, aunque la gran mayoría de la madera estructural utilizada es de coníferas, también ha habido gran interés por el uso de maderas duras de las regiones templadas y tropicales para aplicaciones estructurales.

Austria, Canadá y los países nórdicos tienen las cifras más altas de consumo aparente per cápita de madera aserrada de coníferas, con más de 550 m³ por cada mil habitantes, mientras que Estados Unidos, el mayor productor mundial de esta madera, registra un consumo per cápita solo levemente superior al de Chile. Este país es lejos el mayor consumidor per cápita de OSB y en el caso de los contrachapados destacan los consumos de Nueva Zelanda y Canadá.

Cuadro N° 1. Cifras mundiales y consumo aparente per cápita de tableros y madera aserrada en países seleccionados 2018

	Tableros Duros	MDF/HDF	Tableros de Partículas	OSB	Contrachapados	Madera Aserrada Coníferas	Madera Aserrada No Coníferas
Cifras mundiales (m ³)							
Producción	6.494.559	102.197.959	98.119.099	31.668.691	156.981.357	353.820.900	138.389.137
Exportación	2.232.744	20.261.042	24.408.124	12.033.591	31.667.293	133.254.490	25.589.100
Importación	3.704.391	19.038.853	23.151.688	13.089.517	32.202.700	125.806.546	26.431.008
Consumo aparente per cápita en países seleccionados (m ³ /mil habitantes)							
Alemania	0,9	17,0	71,7	18,8	16,2	234,7	9,3
Australia	3,5	28,0	42,9	1,7	28,4	187,3	29,4
Austria	4,5	31,6	91,7	18,9	25,2	694,2	22,5
Canadá	1,7	32,4	0,6	34,7	69,4	472,4	40,4
Chile	2,3	38,8	20,7	22,3	22,4	212,6	4,3
EE.UU.	1,2	16,1	15,7	62,7	45,5	250,5	58,5
Finlandia	n.d	21,5	26,7	8,2	59,0	670,2	10,2
Francia	1,0	15,3	41,9	7,2	9,6	129,0	16,7
Japón	0,3	7,4	10,3	2,2	48,0	110,2	8,0
Noruega	13,7	28,4	34,9	19,8	23,7	549,6	3,9
Nueva Zelanda	2,8	43,1	16,9	0,3	86,6	530,9	6,4
Holanda	3,8	18,7	25,9	13,9	31,6	150,9	23,0
Suecia	7,6	18,5	92,8	16,6	28,6	645,8	12,0
Suiza	3,1	11,5	30,4	11,0	24,0	142,2	7,9

(Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAO, 2020a)

En general, los consumos per cápita más altos de madera aserrada de coníferas se dan en países con mayores ingresos y con altas tasas de construcción con madera; este es el caso Austria, los países nórdicos, Nueva Zelanda y Canadá. Otro conjunto de países que utilizan intensivamente la madera en la construcción, también de elevados ingresos, son: Estados Unidos, Alemania, Australia y Holanda, aunque el consumo por habitante de madera de coníferas alcanza niveles similares e incluso inferiores al de Chile. El consumo de Chile destaca entre los países con un PIB per cápita en torno a los US\$ 20 a US\$ 30 mil, como Turquía, Rusia, Argentina o México.

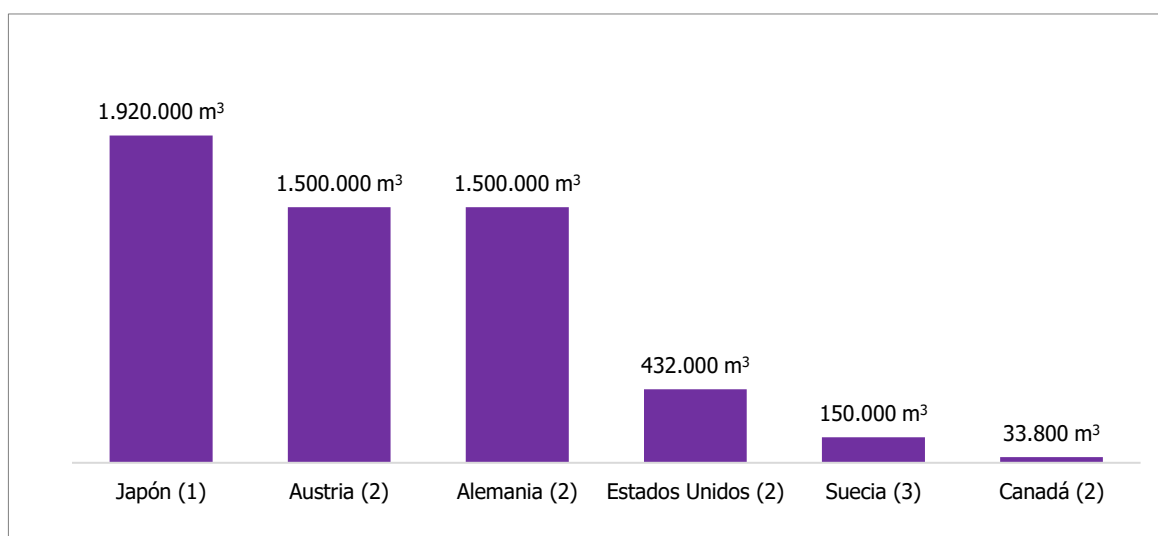
La mayoría de los países con mayor consumo de madera de coníferas son, al mismo tiempo, los principales productores de estas, entre ellos se encuentran Estados Unidos, China, Alemania, Rusia y

Austria. Algunos países tienen una producción de madera de coníferas poco destacada, pero un alto consumo aparente, en este caso las importaciones adquieren relevancia para la industria de la madera y el sector de la construcción local, como ocurre en Dinamarca, Holanda, Italia y Egipto. En otros casos se da que el consumo aparente y la producción de madera son altos, pero las exportaciones son muy bajas, ejemplo de ello son Reino Unido y Corea del Sur.

En el mundo se dan cientos de relaciones bilaterales para el comercio de bienes. Las maderas aserradas de coníferas no son la excepción. De acuerdo con las cifras de exportaciones e importaciones mundiales de las Naciones Unidas, en el año 2019 dos flujos comerciales concentraron aproximadamente el 25% de todo el volumen global movilizado de madera aserrada de coníferas: el flujo de madera desde Canadá a Estados Unidos y el flujo desde Rusia a China. Solo el primero de ellos representa el 14% del volumen total del comercio mundial del producto, lo que, sumado a madera de coníferas procedente de países europeos y de otras latitudes, transforma a Estados Unidos en el mayor importador mundial, con compras cercanas a 27 millones de m³, siendo Canadá su mayor proveedor, con 18 millones de m³.

1.2.2 Productos de ingeniería en madera

No hay estadísticas oficiales de algún organismo internacional que incluyan a los productos de ingeniería en madera y que abarquen a un número mayoritario de países, de tal manera que pudieran constituir una base para el análisis y comparación entre países o regiones; solo se puede tener acceso a algunas cifras parciales públicas o de estudios privados. El mercado mundial de madera laminada encolada se mantiene en crecimiento debido a la amplitud de sus aplicaciones, puesto que es un material que ofrece flexibilidad de formas y tamaño. Por esto, se le encuentra en diversas aplicaciones como el entramado de viviendas, en la construcción industrial y en obras de arquitectura y diseño, entre otras. Para el período 2020-2025, se espera que el mercado mundial experimente un crecimiento moderado, en la medida que la actividad de la construcción en general, se vaya recuperando en el período post pandemia.



(Fuente: (1) MAFF, 2018; (2) UNECE/FAO, 2019; (3) Statista, 2020)

Figura N° 1: Producción de Madera Laminada Encolada en los principales países productores, 2018.

Por otra parte, la producción global anual de CLT en 2019 (correspondiente a unas 60 líneas de producción, emplazadas principalmente en Europa) fue de aproximadamente 1,44 millones de m³. La región alpina (Austria, República Checa, Alemania, Italia y Suiza) representa más del 70% del volumen de producción y casi el 62% de la capacidad anual por turno. Considerando el número de plantas de

alta capacidad que probablemente alcanzarían su nivel máximo de producción en el 2020, se estimó - antes de la pandemia- que ese año la producción mundial de CLT alcanzaría los 2,0 a 2,5 millones de m³ (Muszynski *et al.*, 2020).

1.2.3 Participación de la madera en la construcción

Existen diferencias significativas en la participación de la madera como material en la construcción de viviendas. En la Unión Europea, el promedio se sitúa en torno a 8-10% del número de viviendas construidas, pudiendo llegar a 70% en Escocia e incluso a 90% en Finlandia. El promedio contrasta con América del Norte, donde el 90% de las viviendas están construidas con estructura de madera. Dentro de los países que tienen una mayor tradición en cuanto a la construcción con madera, se pueden mencionar en Europa a Alemania, Austria, Suecia, Finlandia, Noruega y Reino Unido, y en Norte América a Canadá y Estados Unidos. Todos estos países tienen una importante superficie construida en madera y está vinculada al desarrollo y aplicación de nuevos sistemas constructivos con este material, además que en la actualidad concentran la mayor cantidad de edificaciones de gran tamaño desarrolladas con madera (Wiegand, 2019). Es indudable que esta evolución se relaciona con la mayor disponibilidad de recursos forestales que poseen y con las condiciones climáticas que han favorecido el desarrollo y perfeccionamiento de distintos sistemas constructivos en madera (Varela, 2017).

Entre los países nórdicos, destaca el caso de Finlandia donde aproximadamente el 85% de las viviendas tienen estructura de madera. En Suecia se estima que la construcción de hogares unifamiliares en madera llega a un 90%, mientras que la participación en multifamiliares fue de un 10,9% en el año 2017. En el caso de Dinamarca, la participación de las viviendas de madera en el sector de la construcción es de un 10%. En Estados Unidos y Canadá, la participación de la madera en la construcción de viviendas es cercana al 90%. Durante el año 2019, en Estados Unidos el 90% de las viviendas unifamiliares fueron construidas con estructura de madera, mientras que en las multifamiliares esta cifra alcanzó al 71% (US Census Bureau, 2020).

Cuadro N° 2. Participación de la madera en la construcción en países seleccionados

País	Participación	Año	Especificaciones	Fuente
EE.UU.	90%	2019	Indicador: Viviendas unifamiliares terminadas. (N° de viviendas unifamiliares terminadas con estructura de madera)/(N° total de viviendas unifamiliares terminadas): (814.000)/(903.000)	U.S. Census Bureau, 2019
	71%	2019	Indicador: Viviendas multifamiliares terminadas (N° de viviendas multifamiliares terminadas con estructura de madera)/(N° total de viviendas multifamiliares terminadas): (251.000)/(352.000)	
Japón	58%	2019	Indicador: Viviendas iniciadas (N° de viviendas iniciadas con estructura de madera)/(N° total de viviendas iniciadas): (523.319)/(905.123)	e-Stat, 2020.
	44%	2019	Indicador: Edificación iniciada (m² de edificaciones iniciadas con estructura de madera)/(m² total de edificaciones iniciadas): (55.717.760)/(127.555.033)	

País	Participación	Año	Especificaciones	Fuente
Finlandia	85%	2019	Indicador: Construcciones residenciales (N° de construcciones residenciales con estructura de madera)/(N° total de construcciones residenciales) (1.112.862)/(1.307.954)	OSF, 2019
	58%	2019	Indicador: Construcciones no residenciales (N° de construcciones no residenciales con estructura de madera)/(N° total de construcciones no residenciales) (132.827)/(230.218)	
Reino Unido	28%	2016	Indicador: Viviendas nuevas (N° de viviendas iniciadas con estructura de madera)/(N° total de viviendas iniciadas) (52.705)/(185.580)	STA, 2017
Chile	14%	2018	Indicador: Permisos de edificación (m² de viviendas obra nueva sector privado y público con estructura de madera)/(m² total de viviendas obra nueva sector privado y público) (1.778.377)/(12.353.085)	INE, 2019

1.3 Sistemas constructivos en madera

Se define Sistema Constructivo como el conjunto de materiales y componentes de diversa complejidad, combinados racionalmente y enmarcados bajo ciertas técnicas, que permite realizar las obras necesarias para construir una edificación, originando por lo tanto un objeto arquitectónico (Orozco, 2008). En el caso de los sistemas constructivos en base a madera, estos se clasifican en Sistemas de Entramado Ligero (*light frame structural system*) y Sistemas de Entramado Pesado (*Mass timber structural systems*) (Think Wood, 2019).

1.3.1 Sistemas de Entramado Ligero

El sistema de entramado ligero o liviano es aquel cuyos elementos estructurales básicos se conforman por vigas, pilares o columnas, postes y pie derecho. Los tipos de entramados más conocidos y frecuentes de encontrar en la construcción de viviendas en todo el mundo es el sistema poste y viga y el sistema marco plataforma, los que se diferencian en la forma como se transmiten las cargas al suelo de fundación (CORMA, 2004).

a) Sistema de Poste y Viga (*Plank-and-Beam*)

El sistema de postes y vigas se utiliza principalmente cuando hay tramos de largos mayores a los normales en una vivienda de dos pisos, pudiendo dejar plantas libres de grandes superficies. Utiliza pilares o postes, los cuales están empotrados en su base y se encargan de recibir los esfuerzos de la estructura de la vivienda a través de las vigas maestras ancladas a estos, sobre las que descansan las viguetas que conformarán la plataforma del primer piso o del entrepiso (CORMA, 2004). Utiliza piezas de madera más grandes y distanciadas entre ellas que el sistema marco plataforma, y al poseer un enmarcado adicional permite tener revestimientos y terminaciones interiores y exteriores (Think Wood, 2019).

Las diferentes piezas de madera van entrelazadas entre sí, lo que hace necesario un ensamble en diversos ángulos. En general, las uniones se resuelven empleando herrajes metálicos o conectores especiales, cuya adecuada utilización determinará, en buena medida, la calidad de la construcción (CORMA, 2004).

b) Sistema Marco Plataforma (*Platform Frame*)

Este es el sistema de construcción más popular a nivel mundial y se considera una evolución del tradicional sistema *Ballon Frame*, que surgió en los Estados Unidos durante el siglo XVIII y desde entonces, ha revolucionado la construcción mundial por sus múltiples ventajas como la reducción del tiempo de realización, menores costos y la posibilidad de realizar proyectos a medida.

El sistema *Ballon Frame* consiste en la sustitución de las tradicionales vigas y pilares de madera por una estructura de listones más finos y numerosos, más manejables, que pueden clavarse entre sí. Si bien el *Platform Frame* toma el concepto de edificación de su antecesor, existe una diferencia fundamental, puesto que consiste en levantar la estructura de cada piso en forma independiente, interrumpiendo la continuidad de los pilares entre el primer y segundo piso. El motivo de este cambio se debió fundamentalmente a la dificultad para encontrar piezas de madera de suficiente longitud para abarcar dos pisos, o incluso un tercer piso, de una sola vez. Este cambio, gatillado por la baja disponibilidad de madera larga en el mercado, ha traído grandes beneficios a la construcción, como su mejor reacción ante el fuego, puesto que al estar interrumpido el sistema, se discontinúa también el paso de la llama a los pisos superiores (Think Wood, 2019).

1.3.2 Sistemas de Entramado Pesado

Los sistemas de Entramado Pesado se caracterizan por el uso de grandes paneles sólidos de madera para los muros, pisos y techumbre. Los productos más utilizados en este tipo de sistemas son: madera contralaminada (CLT), madera laminada clavada (NLT), madera laminada entarugada, vigas laminadas de chapa (LVL) y madera laminada encolada (AWC, 2020).

a) Sistema CLT (*Cross Laminated Timber*)

Bajo la denominación de CLT, se reconoce tanto a un producto de madera de ingeniería, como al sistema constructivo asociado a este material.

La unión de capas en sentido perpendicular otorga a este producto una rigidez estructural en ambas direcciones, obteniendo una alta resistencia a la tracción y compresión, con un adecuado desempeño en muros, pisos y techos, y una adaptabilidad en grosor y longitud que permiten responder a los requerimientos específicos de cada proyecto.

El CLT como sistema de construcción es bastante adaptable y funciona bien en tramos largos en pisos, paredes y techos, así como en construcciones en altura. Los paneles son prefabricados según los requisitos del proyecto y llegan a la obra con ventanas y puertas precortadas, presentando un gran potencial para terminaciones exteriores e interiores preinstaladas fuera del sitio.

La capacidad de CLT para ser utilizado como un sistema panelizado o modular, lo hace ideal para adicionar módulos a edificios existentes. Se puede usar conjuntamente con cualquier otro material de construcción, como por ejemplo acero u hormigón (FPInnovations, 2013).



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 2: Construcciones de centros turísticos con estructuras panelizadas de CLT, localidad de José Ignacio, Departamento de Maldonado, Uruguay.

El sistema constructivo con CLT nació en Europa, principalmente Austria, Alemania, Suiza e Italia, en la década de los noventa, y desde hace una década se comienza a implementar también en EEUU y Canadá. La conquista de nuevos mercados para la edificación con CLT se explica en gran medida por sus posibilidades de aplicación en proyectos de edificación en altura, la factibilidad para edificar en forma industrializada y el alto nivel de almacenaje de CO₂ debido al intensivo uso de madera aserrada.

En una escala menos intensiva, pero con un nivel de desarrollo interesante, el uso de CLT también está presente en un país como Uruguay, donde hay dos buenos ejemplos de centros turísticos construidos con estructuras panelizadas de CLT (Figura N° 2).

En Chile, en los últimos años se han desarrollado las primeras aplicaciones del sistema constructivo con CLT, destacando la aplicación de estos productos en la construcción de cuatro jardines infantiles de la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI). Así también, la Universidad del Bío Bío se encuentra desarrollando un proyecto de edificación de cinco pisos con CLT en su campus de Concepción, con fines académicos y experimentales. Por otra parte, el equipo de Polo Madera de la Universidad de Concepción está en la etapa de diseño de un proyecto para construir un edificio de ocho pisos, con fines experimentales, el cual se ubicará en su principal campus universitario.

b) Sistemas constructivos basados en Madera Laminada Encolada

La madera laminada encolada, al tratarse de un producto industrial y, por lo tanto, fabricado bajo condiciones controladas, da origen a piezas de una gran diversidad de formas y dimensiones, de manera que su uso facilita el desarrollo de proyectos con diseños específicos. Estos productos, basados en la unión de capas delgadas, permiten el desarrollo de piezas previamente curvadas y su aplicación en sistemas constructivos con diferentes diseños arquitectónicos de altos estándares estructurales y estéticos, desarrollando y aplicando vigas, arcos y paneles de gran complejidad.

La longitud máxima de los elementos de madera laminada generalmente está limitada por la factibilidad de transporte, existiendo la posibilidad de unir elementos en la obra. De esta forma, este producto permite considerar el desarrollo de luces de mayor amplitud, siendo de gran utilidad en edificaciones como gimnasios, locales comerciales, iglesias, hoteles, mercados, gimnasios, puentes y, en general, edificaciones demandantes de amplios espacios libres.

Los productos de madera laminada son frecuentemente combinados con estructuras de diversos materiales, como acero, hormigón, piedras, y también con otros productos de madera tales como CLT, OSB u otros.

El uso de la madera laminada registró un importante impulso tanto en Europa como en EEUU durante la Segunda Guerra Mundial, debido a las restricciones impuestas al uso del acero como material de construcción (Oyarzún *et al.*, 2011).

1.3.3 Construcción industrializada

Existen dos métodos para industrializar, están los llamados “sistemas cerrados” (o de modelos) y los “sistemas abiertos” (o de elementos) (Mac Donnell y Mac Donnell, 1999):

- **Sistemas Cerrados:** Resuelven todo un edificio y sus elementos no pueden intercambiarse con los de otras fábricas, tal como sucede en la industria de electrodomésticos. Son ejemplo de ellos los de paneles prefabricados pesados o livianos, los de encofrados túnel¹ y los módulos tridimensionales.
- **Sistemas Abiertos:** En este caso se industrializan los componentes del edificio y su característica principal es la intercambiabilidad de los mismos aun cuando sean de distintas fábricas, con uniones cada vez más universales.

1.4 Construcciones emblemáticas

En el mundo existen unas 50 edificaciones con más de siete pisos, que tienen gran parte o toda su estructura en madera, esto considerando edificios construidos, en construcción o con su permiso de construcción aprobado. La gran mayoría de estos se encuentran concentrados en ocho países: Canadá, Alemania, Suiza, Inglaterra, Austria, Finlandia, Noruega y Estados Unidos, los cuales en conjunto tienen 39 proyectos (Wiegand, 2019). A continuación, se mencionan los edificios más destacados.

Mjøstårnet. Ubicado en Noruega, es el edificio de mayor altitud construido en madera. Esta construcción consta de 18 pisos, tiene una altura total de 81 m y una superficie construida de 15.000 m². Su estructura principal está compuesta de madera aserrada, vigas laminadas y CLT (Salvadori, 2017).

Treet. Ubicado en Noruega, este edificio tiene 52,8 m de altura y 14 pisos, abarcando una superficie de 7.000 m² construidos. El edificio está formado por una red de diagonales, vigas y columnas verticales y horizontales reposados en una estructura de hormigón con un núcleo de madera sólida. Las unidades residenciales son totalmente prefabricadas y fueron montadas *in situ*. El sistema de cargas está compuesto por CLT, el cual soporta los módulos residenciales (Salvadori, 2017).

Lighthouse Joensuu. Con una altura de casi 50 metros, este edificio construido en la región Este de Finlandia, recibió el *Wood Award* 2019 por desarrollar un rascacielos de madera con 117 apartamentos para estudiantes. En su construcción se utilizó LVL y CLT (Enkel, 2020).

UBC Brock Commons. Edificio ubicado en Canadá el cual posee 18 pisos, 53 m de altura y una superficie construida de 15.000 m². Su estructura es mixta, posee 17 pisos construidos con madera, mientras el primer piso tiene un podio fabricado en hormigón (Salvadori, 2017).

¹Un encofrado tipo túnel, también llamado sistema de muros portante, sirve para la construcción rápida e industrializada de estructuras de hormigón armado mediante placas verticales (muros) y placas horizontales (losas), generando estructuras de gran resistencia y rigidez lateral.



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 3: Edificio UBC Brock Commons, Canadá.

Origine Condos. El Origine Condos construido en Quebec, Canadá, es un edificio de 10.000 m² construido con destino residencial. Tiene una altura de 42 m y 12 pisos. Su sistema de cargas está compuesto por pisos de CLT, los cuales a lo largo del edificio son soportados por algunas vigas. El edificio reposa sobre una base de concreto (Salvadori, 2017).



(Fotografía: archivo INFOR)

Figura N° 4: Edificio Origine Condos, Canadá.

Hoho Wien. Emplazado en Viena, Austria, HoHo Wien es un complejo diseñado por el estudio de arquitectura *Rüdiger Lainer and Partner*. El recinto ocupa alrededor de 19.500 m² e incluye un hotel, restaurantes, oficinas, departamentos y un gimnasio. El conjunto está compuesto por la torre principal, de 84 m de altura con 24 pisos, y dos torres de 15 y 9 pisos conectadas estructuralmente para mejorar la solidez del edificio. En cuanto a materialidad, es una estructura híbrida con núcleo de hormigón donde se ubican la escalera, el ascensor y los pozos técnicos. La estructura de hormigón se acopla a

un sistema constructivo modular de madera, basado en cuatro componentes prefabricados: pilares, vigas principales, forjados y elementos de fachada. El 74% del edificio está hecho de madera, con lo cual la construcción ahorró 2.800 toneladas de CO₂, comparado con un edificio de construcción convencional del mismo tipo y tamaño (BUILD UP, 2020).

Capítulo 2

Contexto de la construcción con madera en Chile

La construcción con madera en Chile tiene una tradición que parte en la época hispánica. Durante el período colonial se extendió por diversas zonas del país, traspasando los límites de las gobernaciones de Valdivia y Chiloé (Montesinos *et al.*, 1992). Entre los años 1870-1930, el desarrollo arquitectónico en base a madera experimentó un alza significativa en el país, producto del desarrollo social e industrial que tuvo lugar en ese período.

La madera fue el material constructivo más utilizado durante la segunda mitad del siglo XIX, derivado de su gran abundancia y su uso en la construcción de edificios públicos y privados, iglesias urbanas y rurales, y también en la fabricación de mobiliario urbano (Montecinos *et al.*, 1992).

Para el final del siglo XIX, la colonización alemana incorporó elementos arquitectónicos distintivos que presentaban un mayor nivel de dificultad y que poseían un sistema constructivo en madera. Algunas de las ciudades que presentan este tipo de edificaciones son Osorno, Valdivia, Puerto Octay y Puerto Varas.

Sin embargo, ya en el siglo XX y particularmente en los últimos años, la arquitectura comenzó a desarrollarse principalmente en torno al concreto, dejando pocos ejemplos de construcción en madera (Undurraga, 2014).

Llama la atención que este retroceso en la construcción con madera coincidiera con el período en que la industria forestal, fuertemente incentivada por la creciente disponibilidad de madera de pino radiata, mostraba un enorme crecimiento y grandes éxitos comerciales.

Así, en la segunda mitad del siglo XX como también en la primera década de este siglo, la construcción en madera estaba asociada a viviendas sociales de emergencia (que en realidad se transformaron en “definitivas” para una parte importante de la población), a segundas viviendas para descanso y vacaciones, y a viviendas permanentes, pero “del sur”, principalmente desde Valdivia al sur.

Sin embargo, en los últimos años ha habido una gran actividad en torno a la construcción en madera, principalmente bajo dos premisas fundamentales, la mejor calidad de vida que pueden otorgar las construcciones en madera y el aporte de la construcción en madera en la reducción del cambio climático.

Indudablemente, los desarrollos realizados en los últimos años desde la academia hasta la empresa y desde el sector público al privado, están contribuyendo a un cambio significativo en la concepción cultural fuertemente arraigada de que la construcción en madera, particularmente de viviendas, es de baja calidad.

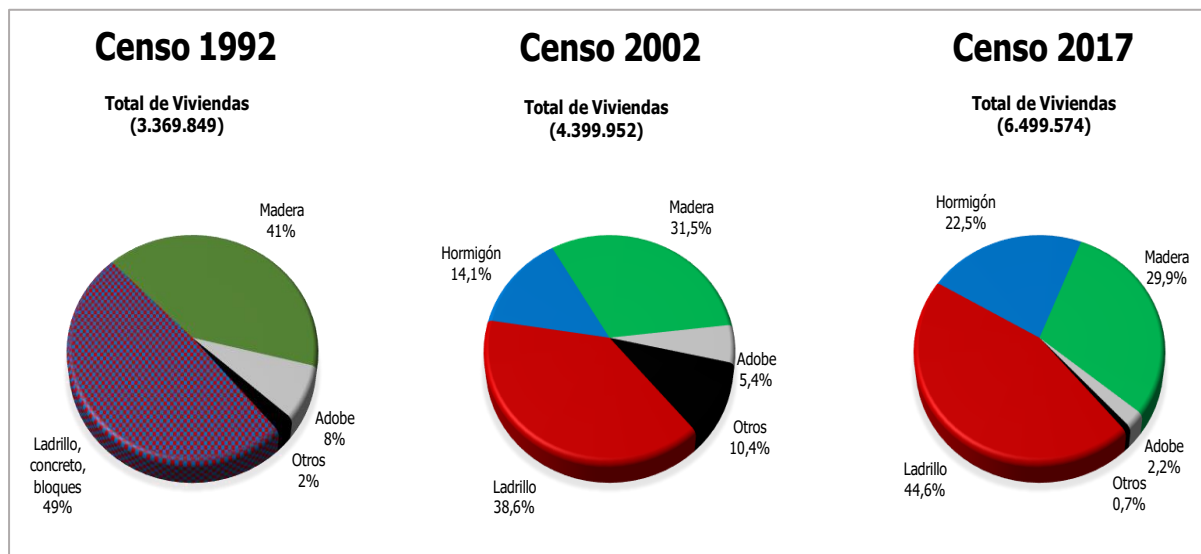
2.1 Edificación con madera

2.1.1 Parque de viviendas con estructura de madera

Según el Censo de Población y Vivienda del año 1992, el parque de viviendas en Chile era aproximadamente 3,4 millones de unidades, y en ella, la representatividad de las viviendas con estructura de madera se acercaba al 41%. Veinticinco años después, en el año 2017, el número total de viviendas censadas en Chile subió a casi el doble, donde parte importante de este aumento fue explicado por la construcción de departamentos.

Las radiografías del parque habitacional que muestran los censos del 2002 y 2017 en relación a las materialidades predominantes en la estructura de muros, evidencian que las viviendas construidas con ladrillo y hormigón aumentaron mucho más de lo que aumentaron las de madera y, de esta forma, en la última medición censal la participación de las viviendas con estructura de madera se redujo del 31,5% al 29,9% en el parque total.

Cabe señalar que independiente de la materialidad, el parque de viviendas incluye tres categorías principales: casas (1-3 pisos), departamentos (más de 3 pisos) y otras viviendas. Esta última incluye a piezas en casa o en conventillo, mejoras o mediaguas, ranchos, chozas, rucas y viviendas colectivas (hospitales, hoteles y otras).



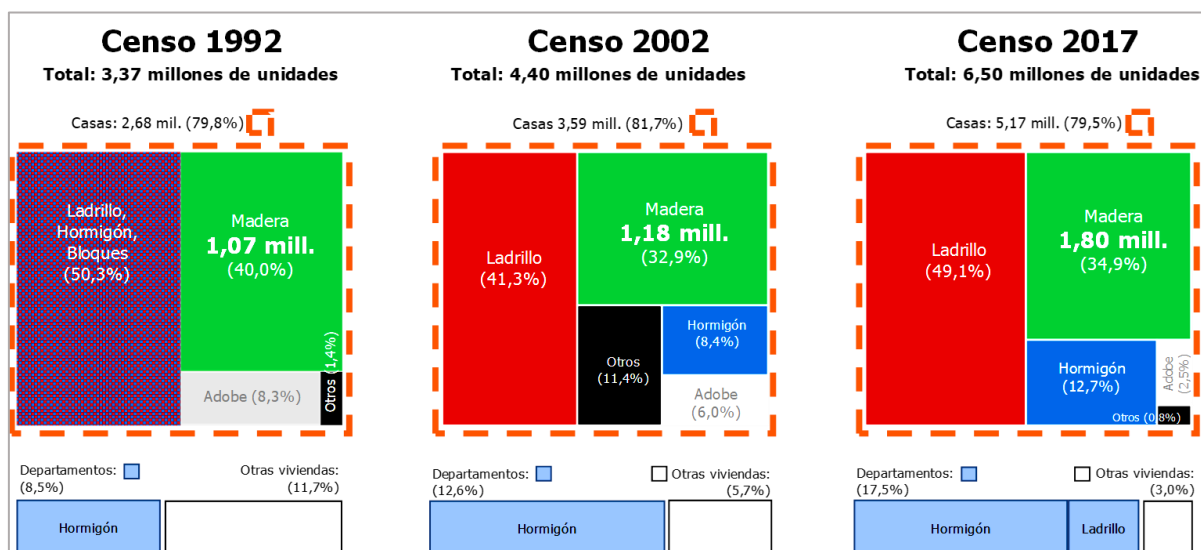
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE, 2020a)

Figura N° 5. Participación de la vivienda con estructura de madera, dentro del parque habitacional existente en 1992, 2002 y 2017.

Una mirada más en detalle al parque de viviendas en los censos oficiales, muestra que el uso de la madera se concentra en la vivienda de baja altura (casas). Entre los censos 1992 y 2017, el número total de viviendas de baja altura con estructura de madera aumentó en unas 730 mil unidades, llegando aproximadamente a 1,8 millones; esta expansión se dio con mayor velocidad entre los dos últimos censos, a una tasa promedio anual de 2,9%, casi tres veces más que el crecimiento promedio anual entre 1992 y 2002.

La expansión en el número de viviendas de baja altura de ladrillo y de hormigón tuvo mayor impacto en el resultado total del último censo (3,6 millones de unidades) que lo que tuvo la madera, materiales que también se expandieron a mayor velocidad entre los dos últimos censos, que entre 1992 y 2002.

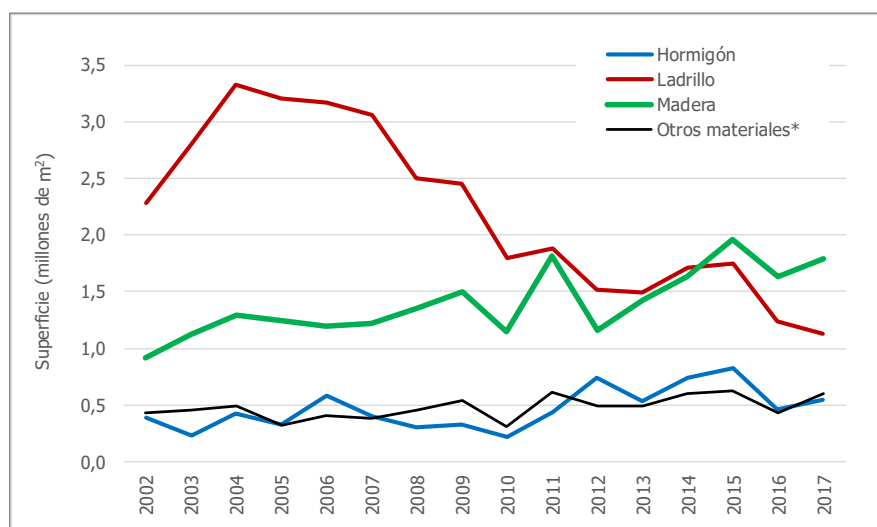
De hecho, la mayor tasa fue para la vivienda de baja altura de hormigón, por encima de las de ladrillo y las de madera. Esto, junto al crecimiento de la edificación en altura, explica en gran medida la pérdida en la participación del número de viviendas con estructura de madera.



(Fuente: Elaboración propia, en base a datos del INE, 2020a)

Figura N° 6: Participación del número de viviendas por tipo en los Censos 1997, 2002 y 2017, según material predominante en el muro.

Si bien es cierto que la vivienda de baja altura con estructura de ladrillo sigue siendo la más numerosa en el país como lo muestran los censos, los permisos de edificación con este material han experimentado un retroceso entre 2002 y 2017, lo que lleva a pensar en una tendencia a reemplazar este material de construcción estructural en la edificación habitacional, posiblemente por los mayores costos, mano de obra y desventajas de tipo ambiental asociados a su uso. En efecto, la superficie autorizada muestra que desde el año 2004 el liderazgo del ladrillo en la superficie de nuevas casas comenzó a disminuir sostenidamente, bajando de 3,4 millones de m² a 1,1 millones de m² en el año 2017. Mientras, desde el año 2015 la madera pasó a ser el principal material para construir casas en Chile, con una superficie autorizada de 1,8 millones de m² en el 2017, equivalente a unas 24 mil unidades.



(Fuente: Elaboración propia, en base a los datos de los Permisos de Edificación de INE, 2020b)

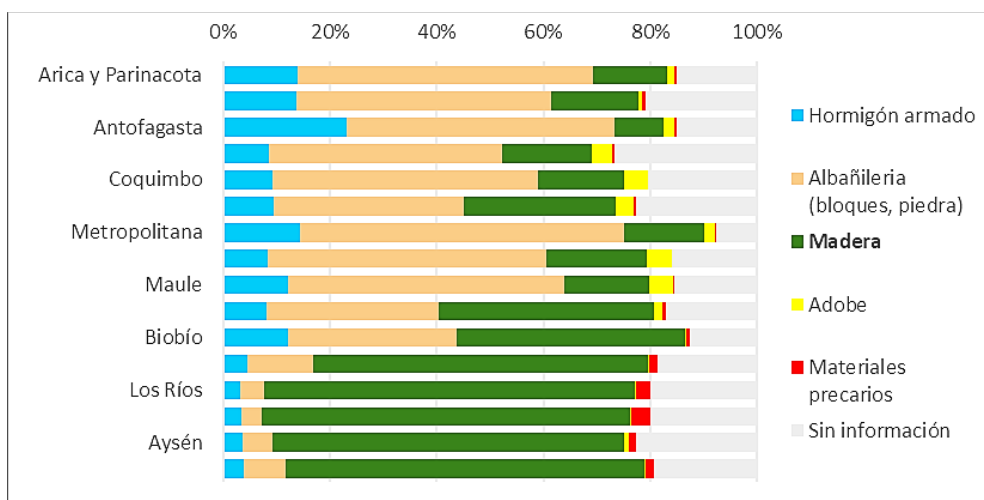
Nota: Otros materiales corresponden a adobe, metal panel preformado, bloque cemento, piedra, entre otros, y, además, se incluyen las viviendas que combinan dos materiales predominantes, tales como hormigón-madera, ladrillo-madera, hormigón-metal panel preformado, ladrillo-bloque cemento, etc.

Figura N° 7: Evolución de la superficie anual autorizada de viviendas de 1 a 3 pisos (casas), según material predominante en el muro, 2002-2017.

2.1.2 Presencia regional de la vivienda con muros con estructura de madera

Las cifras censales muestran que el parque de viviendas de baja altura (casas) con estructura vertical de madera se encuentran en mayor número en las regiones Metropolitana, Biobío, La Araucanía y Los Lagos. En el caso de la región Metropolitana, el alto número de viviendas con estructura de madera existente se relaciona con la mayor proporción de población que habita en ella.

En las regiones de la zona norte y central del país existe una menor proporción de viviendas con muro de madera respecto del total regional que en las zonas del sur. En la región de La Araucanía la vivienda con muro de madera representa más del 60% del parque total de casas de la región y desde la región de Los Ríos al sur, esta participación supera el 70%.



(Fuente: Elaboración propia, en base al Censo de Vivienda de 2017, INE, 2020a)

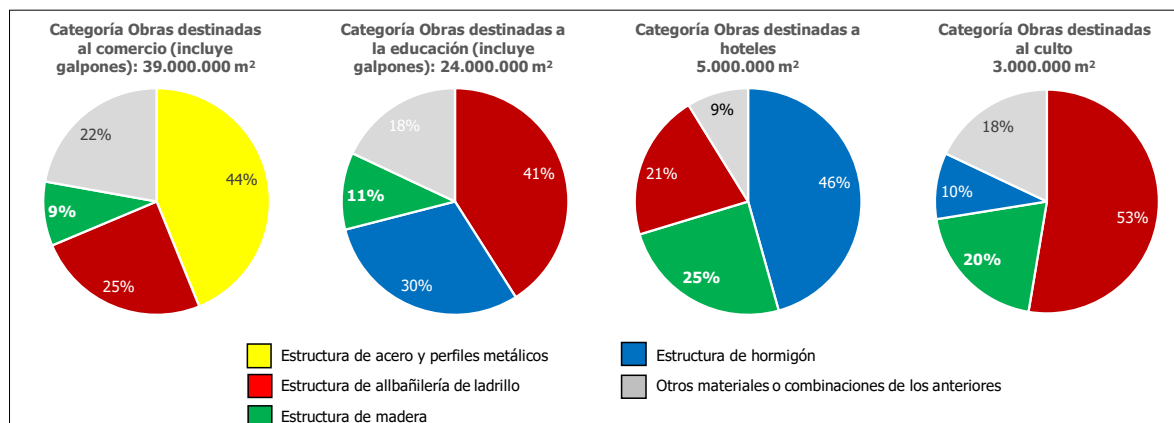
Figura N° 8: Distribución del número de casas por región según material predominante en el muro, Censo 2017.

2.1.3 Edificación No Habitacional

Con la información de roles del Servicio de Impuestos Internos (SII) se estimó la superficie total de obras no habitacionales con estructura de madera presente en Chile. Al primer semestre de 2020, esta superficie alcanzó a 14,3 millones de m², cifra que representa el 5,5% de los cerca de 260 millones de m² estimados a nivel nacional.

La información del SII se organiza en categorías de edificaciones entre las que destacan comercio, educación, industria, obras del sector agrícola, obras destinadas al sector transporte, hoteles, restaurantes y culto. Estas edificaciones fueron construidas con distintos materiales en su estructura vertical y en ese sentido, es posible encontrar que, en ciertas categorías de edificaciones, como por ejemplo hoteles y las destinadas al culto (iglesias principalmente), sobresale la participación de la madera como material predominante. Sin embargo, el ladrillo y el hormigón son los materiales que lideran en casi todas las categorías.

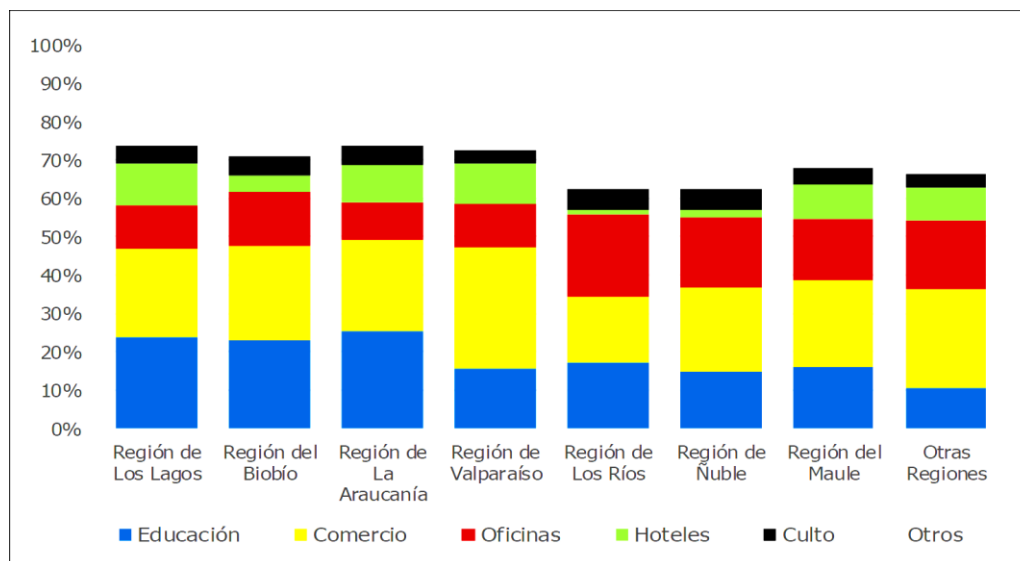
Ahora bien, de todas las categorías informadas por el SII donde la estructura vertical es de madera, la del sector comercio es la que concentra la mayor superficie, seguida por la categoría de obras destinadas a la educación. En Figura N° 9 se muestra una selección de categorías de obras no habitacionales con presencia de construcciones con madera como material estructural.



(Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SII, 2020)

Figura N° 9. Participación por tipo de material predominante de la estructura vertical en la superficie no habitacional según categorías seleccionadas.

Las regiones donde existe mayor superficie de obras no habitacionales con estructura de madera son Los Lagos (22,6%), Biobío (13,7%) y La Araucanía (12,5%). En ellas, las obras del sector comercio y educación son las que encabezan la superficie edificada no habitacional con este material.



(Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SII, 2020)

Figura N° 10. Participación en la superficie total de obras no habitacionales con estructura de madera existente al primer semestre de 2020, por región y destino.

2.1.4 Construcciones emblemáticas

En Chile existe una diversidad de construcciones emblemáticas en madera desarrolladas en los últimos años, así como construcciones históricas de carácter patrimonial. Esta disponibilidad de experiencias constructivas es un elemento esencial en la estrategia nacional que fomenta el uso masivo de la madera y sus productos en la construcción, por cuanto permite conocer los atributos de la madera y sus aplicaciones en diversos ámbitos de la construcción.

Entre los ejemplos de construcción en madera se pueden encontrar antiguas construcciones que dan cuenta del legado de colonias extranjeras que se instalaron en Chile, como la alemana, la suiza y la italiana, las que aportaron el conocimiento en el uso de la madera, enriqueciendo las tipologías constructivas desarrolladas por la cultura española y las costumbres de la población criolla orientadas a la construcción con albañilería y adobe. Estas construcciones antiguas representan un testimonio de la gran resistencia de las estructuras de madera frente al paso del tiempo y eventos como terremotos e incendios.

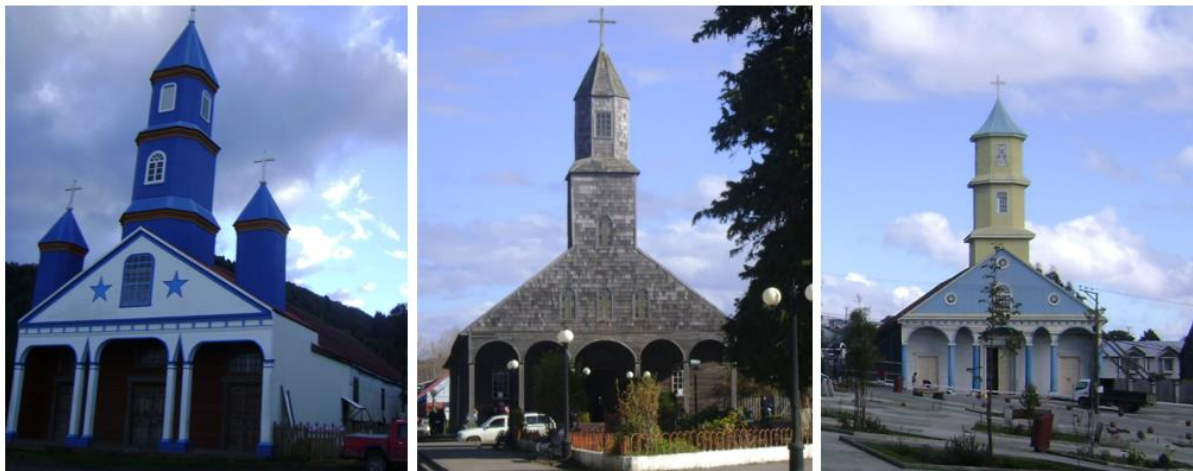
En cuanto a las construcciones más recientes en madera, existen en el país obras con sistemas constructivos tradicionales, así como otras desarrolladas por medio de construcción industrializada y semi industrializada. Por otra parte, las obras abarcan diversos objetivos; en construcción habitacional hay viviendas de carácter social, villas de nivel medio y viviendas de alto valor comercial, mientras que en edificaciones no habitacionales hay jardines infantiles, locales comerciales, campamentos mineros, centros de investigación, universidades, centros culturales, hoteles y ejemplos de construcciones de obras públicas.

En otro aspecto, es posible identificar construcciones que utilizan solo madera como material estructural, así como combinaciones con hormigón, acero, albañilería en ladrillo, adobe, y piedra, desarrolladas tanto en baja como en mediana altura y en el medio urbano y rural.

Iglesias de Chiloé. Ubicadas en la Región de Los Lagos, estas iglesias fueron construidas a partir del siglo XVII. En cuanto a su arquitectura, corresponden a uno de los patrimonios más importantes del país. Dieciséis de estas construcciones fueron inscritas en la Lista del Patrimonio Mundial en el año 2000, por ser ejemplos de la fusión entre las tradiciones culturales europeas e indígenas.

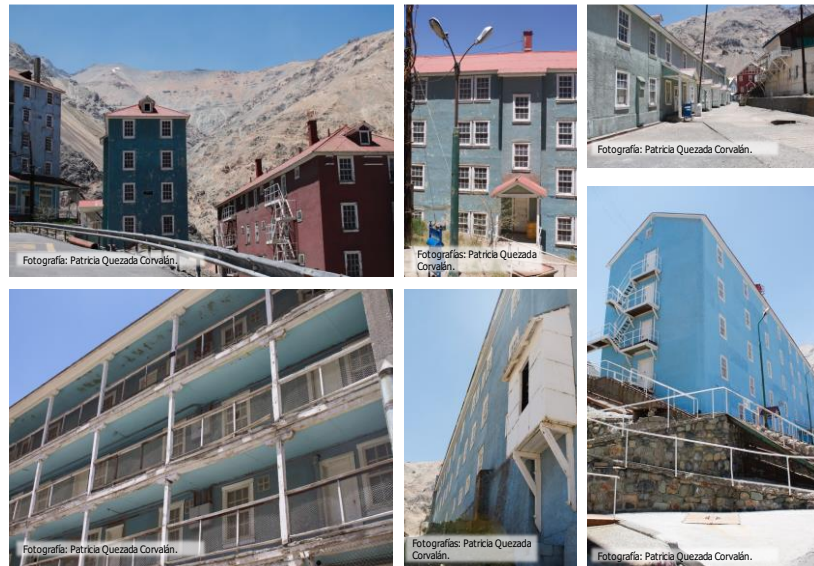
El diseño de las iglesias incluyó principalmente madera, la cual se trabajaba de manera rudimentaria para ser utilizada en los muros y excepcionalmente en pisos y techos, esto ya que predominaban los pisos de tierra y la techumbre con paja (Undurraga, 2014).

Los carpinteros involucrados en la construcción de las primeras iglesias, fueron constructores de barcos y lanchas. Este conocimiento les sirvió para hacer las iglesias utilizando diversos tipos de ensambles, tarugos de madera y clavos de hierro. Las maderas más utilizadas en la construcción de las iglesias fueron mañío, alerce, tepa, ciprés, coigüe y canelo, entre otras (DIBAM, 2015).



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 11. Iglesias de Chiloé



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 12. Campamento Minero Sewell

Campamento minero Sewell. En el área de la minería, la habilitación de espacios habitacionales para los trabajadores ha sido una actividad de gran importancia. Una de las obras históricas que se puede destacar es el campamento minero de Sewell, ubicado en la comuna de Machalí, región de O'Higgins. Las maderas de roble y coigüe forman la estructura de esta edificación, con densidades de 710 kg/m^3 y 595 kg/m^3 , respectivamente (Varela, 2017).

Su construcción se inició en el año 1905 por la Braden Copper Company e implicó distintas etapas, llegando a su máximo desarrollo en el año 1966, en donde el campamento llegó a albergar, entre trabajadores y familias, a 15.000 habitantes.

En el año 2006, Sewell fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y actualmente es administrado por la cuprífera estatal CODELCO. Tiene alrededor de 50 edificaciones originales, entre las que se destaca un edificio de seis pisos, emplazadas en una superficie total de 10 hectáreas (Garcés, 2009).

Villa Verde. El proyecto de Villa Verde, desarrollado en la ciudad de Constitución, región del Biobío, en el año 2009, tuvo su origen en un plan de la empresa Arauco orientado a apoyar a sus trabajadores y contratistas para que accedieran a una vivienda definitiva. Se desarrollaron tipologías de viviendas que se ajustaran a los subsidios del Fondo Solidario de Vivienda I (hasta UF 600 sin deuda, unos US\$25.000) y del FSV II (hasta UF 1000 con crédito hipotecario, unos US\$40.000) (Aravena, 2013). El proyecto tuvo como objetivo entregar una solución habitacional a 484 familias, en su mayoría vinculadas a la empresa Arauco.

El concepto del proyecto arquitectónico fue diseñar casas que posteriormente pudieran ser ampliadas por los propietarios; a eso se debe esta forma de construcción en que se entrega una mitad de la superficie construida, y la otra mitad se puede ampliar o ser destinada a otro uso. En la construcción se utilizó madera estructural con clasificación mecánica de grado estructural C24 e impregnada con boro.



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 13. Villa Verde

Oasis de Chañaral y El Salado. Luego de los aluviones registrados durante el año 2015 en la Región de Atacama, el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU), en conjunto con el Centro de Innovación en Madera de la Universidad Católica (CIM UC), la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), y el apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), desarrollaron la iniciativa de los barrios "Oasis de Chañaral" y "El Salado". Las viviendas cuentan con más de 50 m² y tienen un sistema de alta eficiencia energética, adaptado a las condiciones ambientales de la zona. Gran parte de la energía de las casas proviene de un sistema de paneles fotovoltaicos y de sistemas solares térmicos, que contribuyen a economizar alrededor del 40% del consumo de electricidad y 80% del consumo de gas. Esta experiencia resulta emblemática, por cuanto se dan a conocer los atributos de la construcción en madera en una región que culturalmente ha desarrollado tipologías constructivas con otros materiales. (CIM UC, 2018a)

Edificio Icónico de Rancagua. El edificio icónico de Rancagua, corresponde a la primera edificación habitacional de mediana altura que se construirá en Chile con madera estructural. La construcción constará de dos edificios de 6 pisos de altura, con una superficie de 8.798 m² construidos. Las viviendas corresponden a una tipología base de 64,1 m², tipología duplex de 56 y 65 m² y tipología para adultos mayores, de 64,2 m² (CIM UC, 2018b). Dentro de los factores a evaluar en la licitación, se espera que las propuestas presenten al menos un 60% de madera, lo cual debe ser acreditado con un informe estructural (Madera21, 2019). La madera ha sido elegida por sus ventajas acústicas, aislación térmica y alto estándar de la construcción. El proyecto fue licitado en el año 2019, pero la licitación aún no ha sido adjudicada.

Proyecto Casablanca. El proyecto Casablanca, de 394 casas pareadas, construido durante el segundo semestre de 2019, fue ejecutado por dos empresas de construcción industrializada Baumax, que construyó los primeros pisos en hormigón armado prefabricado, y E2E, que instaló una solución industrializada con estructura de madera para los segundos pisos. Estas viviendas cuentan con el Subsidio de Integración Social y Territorial del D.S. N° 19 y están destinadas a familias de diferentes realidades socioeconómicas que buscan adquirir su primera casa con el apoyo del Estado. Cabe señalar que el proyecto fue programado para montar 20 casas por semanas, velocidad que solo se pudo alcanzar mediante la industrialización de sus componentes (E2E, 2019a).

Passive Haus. El arquitecto Ricardo Hempel, docente de la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño de la Universidad del Biobío, fue el encargado de llevar a cabo el primer proyecto de vivienda pasiva (*Passive Hause*) en Chile, la que se encuentra ubicada en la comuna de San Pedro de La Paz, región del Biobío. Estas viviendas tienen la particularidad de estar diseñadas con un enfoque en el ahorro energético, manteniendo condiciones óptimas de habitabilidad. Este proyecto además, es uno de los primeros desarrollados en el país con CLT (Madera21, 2018b).



(Fotografías: archivo INFOR)

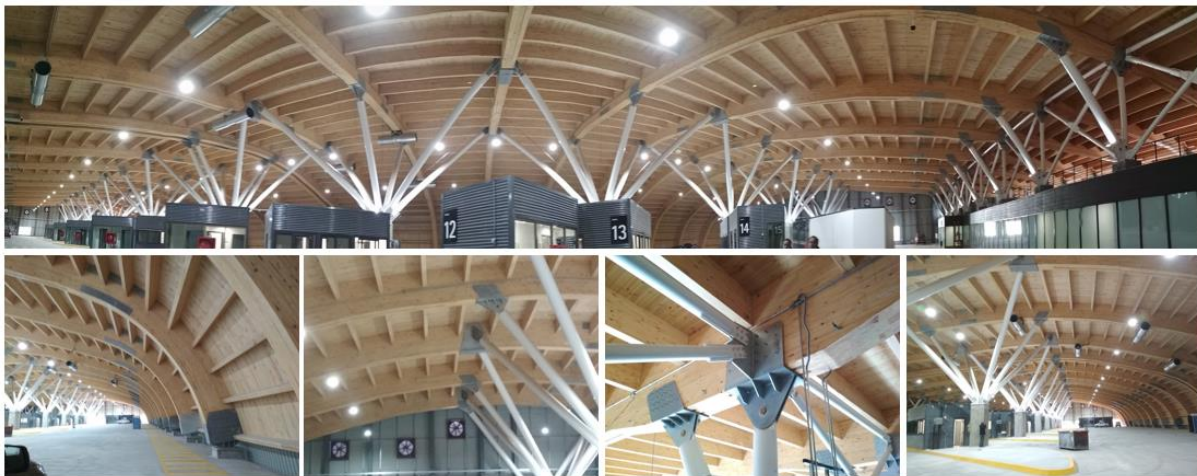
Figura N° 14: Passive Haus, San Pedro de La Paz, Concepción

Campamento Pérez Caldera de Los Bronces. El Campamento Pérez Caldera desarrollado en la Mina Los Bronces de la empresa Anglo American, cuenta con 36.980 m² construidos en ocho edificios modulares de seis pisos cada uno. Este proyecto, ejecutado por la empresa Tecno Fast, tuvo una duración de 25 meses, desde septiembre de 2017 a septiembre de 2019. Cabe destacar que, en los 12 meses anteriores, se realizó la construcción del campamento pivote. Toda la envolvente perimetral del edificio tiene seis pulgadas de aislante más capas de barreras de vapor, barreras de metal y un revestimiento metálico contra la nieve y el agua. El edificio tiene un pasillo que conecta todas las áreas con un corredor cubierto elevado, que en invierno permite transitar a las personas por el interior, además de que su estructura permite una carga de viento de 100 km/h y fue diseñado con un criterio de ahorro de energía para climatización, usando para ello una envolvente de aislante térmico que garantiza un ahorro en energía para calefacción de más de un 70% (Minería Chilena, 2020).

Horizonte del Pacífico—Concepción. El proyecto Horizonte del Pacífico, desarrollado por la empresa E2E en la comuna de San Pedro de La Paz, consta de cinco edificios de cuatro pisos, con un total de 80 departamentos que se construirán con el sistema de marco plataforma. La producción de los módulos y componentes en la planta comenzó en diciembre de 2019 (E2E, 2019b).

Edificio Corporativo CMPC. En el año 2018, la empresa CMPC construyó su nuevo edificio corporativo en la ciudad de Los Angeles, región del Biobío. Esta edificación abarca una superficie construida de 10.800 m² y fue desarrollada por la empresa Cortelima, utilizando la metodología BIM para la planificación y control de las obras. En la construcción de la estructura se usaron 1.047 m³ de vigas y pilares de madera laminada encolada y 870 m³ de CLT, fabricados con madera de pino radiata proveniente de las plantaciones de CMPC (EBCO, 2019).

Complejo Fronterizo Los Libertadores. El nuevo complejo donde opera el paso fronterizo Los Libertadores, en la región de Valparaíso, que une a las ciudades de Los Andes (Chile) y Mendoza (Argentina), tiene una estructura de madera laminada encolada que abarca una superficie de 16.000 m², lo que la convierte en el proyecto más grande de América Latina que utiliza este material (Madera21, 2018a). Este proyecto fue desarrollado por la empresa LAMITEC, diseñado por Correa Arquitectos e implicó la utilización de 3.600 m³ de madera. La licitación originalmente no contemplaba el uso de estructuras de madera para el techo, pero los indicadores de resistencia al fuego y a la nieve presentados por los arquitectos en su propuesta para la utilización de la madera, fueron determinantes.



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 15. Complejo Fronterizo Los Libertadores

Torre Experimental Peñuelas. La Torre Experimental Peñuelas, emplazada en la Reserva Forestal Lago Peñuelas administrada por CONAF, es un proyecto desarrollado por el CIM UC con el apoyo de empresas, MINVU, CONAF y la Municipalidad de Valparaíso. Consiste en un edificio de seis pisos, con cerca de 20 metros de altura, construido utilizando el sistema marco plataforma y tensores ATS.

El objetivo de esta edificación fue probar un sistema constructivo en madera con muros envolventes, además de tener tres niveles destinados a la investigación de la resistencia de la madera ante los distintos factores ambientales (CIM UC, 2018c). Esta construcción corresponde a la primera de un total de tres torres que el CIM pretende construir en Peñuelas.



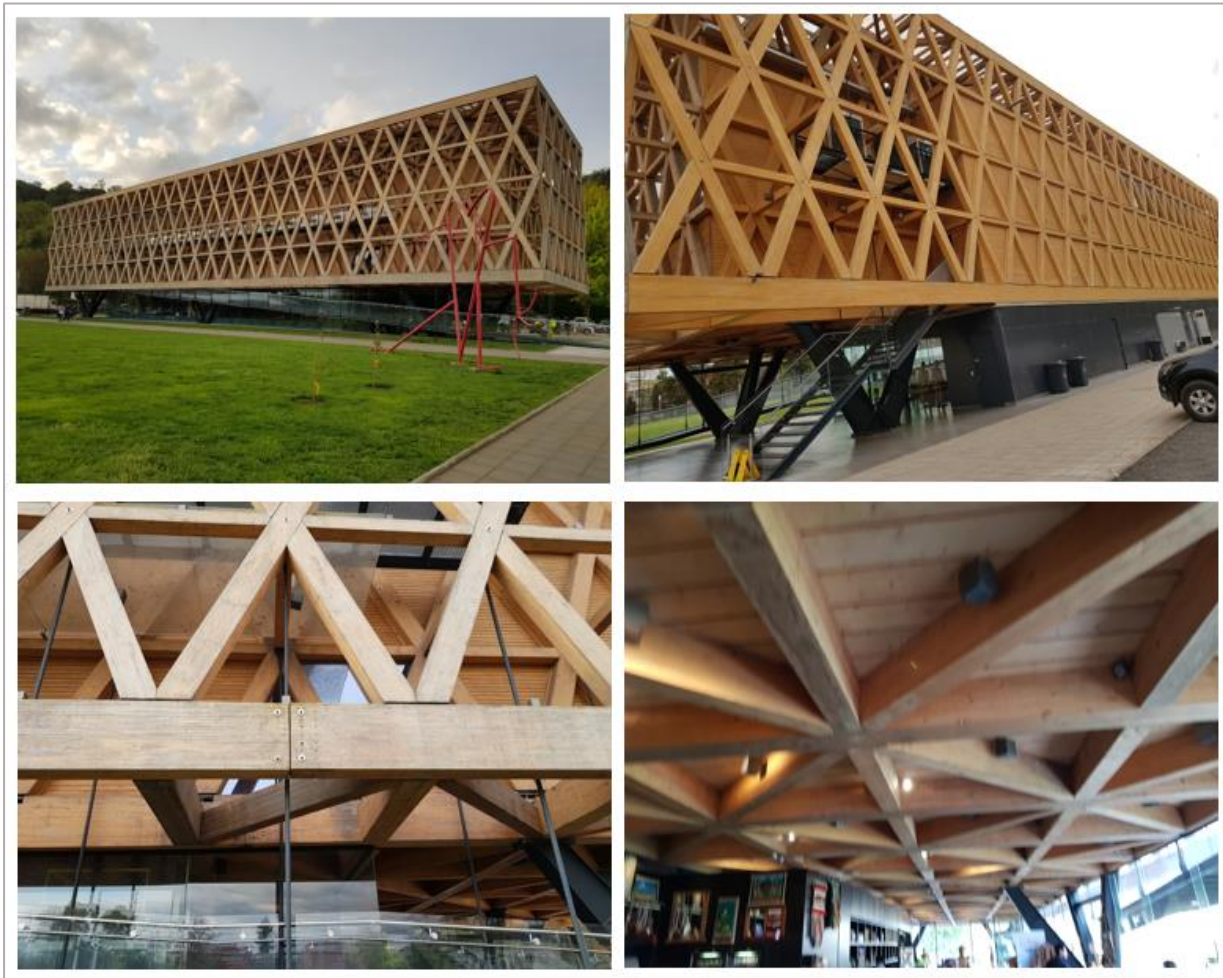
(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 16. Torre Experimental Peñuelas

Pabellón de La Araucanía. Para la participación de Chile en la Exposición Internacional de Milán 2015, se decidió que el pabellón de Chile fuese construido íntegramente en madera. En una superficie de 1.910 m² se montó esta estructura en base a entramados de vigas de madera laminada encolada de pino radiata. La estructura, montada sobre seis trípodes de acero y construida en un 80% en madera, obtuvo tres premios del Bureau International des Expositions (BIE): Medalla de Plata en Arquitectura y Paisaje, Mención Honorífica a la Arquitectura y Triple Premio a la Sustentabilidad.

De acuerdo al diseño, a cargo de los arquitectos Cristián Undurraga y Sebastián Mellea, la obra simula un gran canasto de mimbre. La propuesta de los arquitectos consideró extender el ciclo de vida útil del edificio luego de finalizada la exposición de Milán. Por esta razón, se diseñó una estructura mecano que permitiera, además de un rápido montaje en Milán, su posterior desmontaje, transporte y reconstrucción en Chile.

A su retorno, se realizó un concurso de proyectos entre las diferentes regiones del país, adjudicándose a la región de La Araucanía, donde se instaló en Temuco a los pies del Cerro Nielol como un centro cultural denominado Pabellón de la Araucanía, en el cual se dan a conocer aspectos culturales de las diversas regiones de Chile, así como la exposición y ventas de productos regionales.



(Fotografías: archivo INFOR)

Figura N° 17. Pabellón de La Araucanía, ex pabellón de Chile en Expo Milán

Laboratorio de Madera Estructural de INFOR. LME-INFOR es un laboratorio de ensayos que opera bajo el estándar de gestión NCh-ISO 17025, acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN), inscrito en el registro de Laboratorios de Control de Calidad de los Materiales de Construcción del MINVU. Es una unidad que realiza la clasificación mecánica de la madera aserrada estructural y de productos de ingeniería en madera.

La estructura física del LME-INFOR se basa en vigas y pilares de madera laminada, fabricados con madera de pino radiata, modulados cada 1,22 m. El revestimiento exterior considera un entablado de madera dispuesto de manera horizontal y vertical. En el revestimiento interior, en tanto, se consideró el uso de tableros contrachapados. Las dimensiones de este laboratorio son: 44,5 m de largo y 22,5 m de ancho y en su construcción se utilizaron 120 m³ de madera laminada y 90 m³ de madera aserrada.

La estructura de techumbre corresponde a un paraboloide hiperbólico, siendo la primera construcción en el país que la aplica en las dimensiones del proyecto INFOR. En su parte más alta tiene una altura de 10,33 m y en la más baja tiene 7,42 m. La envolvente del laboratorio considera una superficie vidriada superior en todo su perímetro, entregando luz natural a las zonas de trabajo de oficinas y naves de ensayos.



(Fotografía: archivo INFOR)

Figura N° 18. Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal de Chile

2.2 Instituciones relevantes para la construcción en Chile y sus vínculos con la madera

2.2.1 Instituciones públicas

a) Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

Tiene como misión contribuir a mejorar la calidad de vida de quienes habitan el país a través de políticas, programas e iniciativas destinadas a asegurar viviendas de mejor calidad, barrios equipados y ciudades integradas social y territorialmente, competitivas y sustentables. A través de su División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC), el MINVU busca fomentar el mejoramiento de la calidad habitacional y la innovación tecnológica, junto con desarrollar estudios e información de apoyo a la gestión habitacional y urbana.

El impulso a la construcción en madera en Chile ha sido relevado por la DITEC, avanzando sostenidamente en el desarrollo de normativas, manuales y soluciones constructivas, particularmente para edificación en media altura. Ha desarrollado mesas técnicas colaborativas regionales para fomentar el uso de la madera y realizado convenios con instituciones reconocidas (CIM UC-Corma e INFOR, entre otras) para contribuir a mejorar las competencias técnicas de los profesionales ministeriales. Asimismo, se ha desarrollado una "agenda madera", que busca relevar los atributos de este material en el ámbito de la innovación, productividad y sustentabilidad, poniendo énfasis en aspectos como la velocidad de construcción, economía y eficiencia energética, y su versatilidad para generar soluciones sustentables, innovadoras y con alto nivel de prefabricación, apuntando a la productividad y el potencial de crecimiento del sector construcción.

Algunas iniciativas en el contexto del trabajo desarrollado por el MINVU para la construcción en madera son:

- Propuesta de modificación normativa sísmica y estructural, incluyendo CLT y sistema marco plataforma para edificación en media altura
- Generación de norma para cálculo de resistencia al fuego
- Intervención de 37 normas con el objetivo de disminuir las limitantes del uso de la madera como material de construcción.
- Rotulado de la madera para su uso en construcción, para discriminar entre productos aparentemente iguales, pero con estándares diferentes.
- Desarrollo de nuevas soluciones constructivas acreditadas en listados oficiales MINVU, para uso de todos quienes diseñan y construyen. En la web del MINVU, están disponibles 149 soluciones constructivas.

- Diversificación de alternativas de diseño a través de la generación de manuales descriptivos.
- Capacitación para mejorar las competencias de los profesionales y trabajadores que están desarrollando soluciones en madera.
- Demostración de las cualidades de la madera en ámbitos de sustentabilidad y eficiencia.
- Difusión de los cuidados y mantenciones de la madera, para garantizar su durabilidad.
- Impulso a proyectos piloto detonantes y demostrativos, generando aprendizajes que enriquezcan nuevas iniciativas.

b) Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

Servicio público dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo de Chile, con la misión de “fomentar la inversión, la innovación y el emprendimiento, fortaleciendo, además, el capital humano y el desarrollo tecnológico para mejorar la productividad del país y alcanzar posiciones de liderazgo mundial en materia de competitividad” (CORFO, s/f). Desde el año 2000 la CORFO, a través de su programa InnovaChile, ha financiado diversos proyectos de investigación y desarrollo en el área del sector de la construcción con madera, ejecutados por universidades, empresas y centros tecnológicos. Temáticas como la vivienda social en madera, planes de desarrollo para la industria de la construcción en madera, viviendas industrializadas en madera, industria de la madera aserrada y productos de la industria secundaria de la madera, han sido parte de los proyectos financiados en el marco de este programa.

En el año 2014, CORFO implementó una política que buscaba contribuir a mejorar la competitividad de sectores productivos que tuviesen un alto potencial de generación de valor o crecimiento. Así surgieron los Programas Nacionales, Meso Regionales y Regionales, en los cuales la CORFO tiene una activa participación como organismo gestor y supervisor. En el ámbito de la madera, nació el Programa Estratégico Meso Regional para la Industria de Madera de Alto Valor.

Otra iniciativa impulsada por CORFO en el ámbito de la construcción, aunque no específicamente para la construcción en madera, es el programa Construye2025, que busca transformar al sector construcción desde la productividad y la sustentabilidad, para lograr un desarrollo nacional impactando en forma positiva en los ámbitos social, económico y medioambiental. Es un referente estratégico para la construcción, que une y articula a los sectores público, privado y la academia para trabajar en iniciativas de largo plazo para una industria más sustentable, productiva y competitiva. Asimismo, coordina y articula la participación de actores relevantes, la provisión de bienes públicos, la generación de iniciativas innovadoras y las mejoras regulatorias necesarias, propiciando a la vez un cambio cultural en torno al valor de la productividad y sustentabilidad en la industria de la construcción.

En otras instancias, la Gerencia de Capacidades Tecnológicas de CORFO ha entregado financiamiento para el desarrollo de proyectos que contribuyan a masificar el uso de la madera en la construcción. En este contexto, CORFO financia a INFOR la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de las Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal (INFOR), para el desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera (ISM), a través de bienes públicos, orientados al sector de la construcción”, bajo el cual se elaboró el presente documento.

c) Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Es la secretaría de gobierno a cargo de planear, estudiar, proyectar, construir, ampliar, reparar, conservar y explotar la infraestructura pública de carácter fiscal, que esté bajo su tuición, a lo largo del país. Entre las obras que tiene a cargo se incluyen caminos, autopistas, puentes, túneles, aeropuertos y aeródromos, además de embalses de riego, defensas fluviales, colectores de agua lluvia y agua potable rural. Su misión también considera lo referido a la nueva edificación pública y la puesta en valor de las construcciones ya existentes que tienen un carácter patrimonial.

Uno de los proyectos en madera llevados a cabo por el MOP fue la reconstrucción, en el año 2019, del teatro Galia en la región de Los Ríos, una edificación de dos pisos con una superficie de 782 m² y que estaba fuertemente afectada por la humedad y agentes patógenos. Otra obra del MOP que se destaca, es la restauración de la Estación Collilefu en la región de Los Ríos, una antigua parada ferroviaria que data de 1907 y que fue declarada Monumento Histórico en 2013. Esta obra tiene una superficie construida de 417 m², correspondiendo 233 m² a restauración y 184 m² a obra nueva. Otro proyecto, actualmente en desarrollo, es la Biblioteca Pública de Curarrehue en la región de La Araucanía. Este edificio fue diseñado por el arquitecto Benjamín Murúa, su estructura se inspiró en la Ruca Mapuche y fue construida en su totalidad con piezas prefabricadas de madera laminada. (Madera21, 2020).

d) Ministerio de Energía

En el contexto de la Política Energética de Chile (MINERGIA, 2020), cuatro de 38 lineamientos se relacionan directamente con la calidad de la construcción y su eficiencia energética, donde el uso de la madera puede entregar un aporte significativo en el cumplimiento de las metas. Estos lineamientos y sus metas al año 2035, se presentan a continuación.

- Lineamiento N°13: Alcanzar estándares de confort térmico y lumínico en las viviendas de familias vulnerables de Chile. Meta 2035: el 100% de las viviendas nuevas y el 25% de las viviendas existentes de familias vulnerables, cumplen con estándares de confort térmico y lumínico definidos, considerando regiones o zonas climáticas.
- Lineamiento N°31: Edificar de manera eficiente por medio de la incorporación de estándares de eficiencia energética en el diseño, construcción y reacondicionamiento de edificaciones, a fin de minimizar los requerimientos energéticos y las externalidades ambientales, alcanzando niveles adecuados de confort. Sus metas al 2035 son: 100% de las edificaciones de uso público y edificaciones de uso residencial nuevas cuentan con estándares OECD de construcción eficiente; todas las edificaciones de uso residencial que se venden en el país informan el consumo energético de estas; todas las edificaciones de uso público en el país informan su consumo energético, y el Sector Público tiene altos estándares de eficiencia energética en sus instalaciones y proyectos, cumpliendo con su rol ejemplificador.
- Lineamiento N°32: Promover sistemas de control, gestión inteligente y generación propia que permitan avanzar hacia edificaciones con soluciones eficientes para sus requerimientos energéticos. Su meta al 2035 es 30% de las edificaciones cuentan con sistemas de control y gestión inteligente de la energía.
- Lineamiento N°33: Fortalecer el mercado de la edificación eficiente, avanzando hacia el desarrollo de mercados locales más productivos y eficientes. Meta al 2035 todas las regiones del país cuentan con proveedores locales de materiales y servicios que permiten satisfacer el mercado de la eficiencia energética en el sector construcción.

En este contexto, cabe señalar que el Ministerio de Energía junto al Ministerio de Vivienda, impulsan el programa para evaluadores de "Calificación Energética de Viviendas en Chile" orientado a arquitectos, ingenieros civiles e ingenieros constructores.

e) Ministerio de Medio Ambiente

El Ministerio de Medio Ambiente tiene entre sus funciones velar por el cumplimiento del compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030 y la carbono neutralidad para el año 2050, donde la construcción en madera tiene un rol muy importante, debido por una parte a que los bosques tienen una participación clave como sumideros de CO₂ y, por otra, a que los productos de madera usados en la construcción tienen un alto contenido de carbono junto con una vida útil de muchos años. Por esta razón, este Ministerio tiene una serie de publicaciones y estudios que destacan el rol de la madera y los bosques en la reducción del cambio climático.

Más aún, en sus Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) para las ciudades declaradas zonas saturadas hay estrategias que incluyen el mejoramiento de los estándares térmicos de viviendas, que tienen el propósito de disminuir los requerimientos energéticos en calefacción para contribuir a bajar los altos índices de contaminación atmosférica, particularmente causados por el uso de leña húmeda. Con este fin, el Ministerio del Medio Ambiente se articula con el MINVU, para que este último proponga alternativas de soluciones constructivas que cumplan con los estándares térmicos aconsejados por los PDA. Por ejemplo, en el PDA de la ciudad de Concepción, una solución constructiva propuesta por el MINVU para el muro estructural de viviendas nuevas se denomina “Muro de entramado de madera con incorporación de aislación térmica entre pie derecho y sistema de aislación exterior EIFS” (*Exterior Insulation Finish Systems*), sistema de aislación que funciona a través de la superposición de capas o pieles.

f) Instituto Nacional Normalización (INN)

El Instituto Nacional de Normalización (INN) fue creado por CORFO en el año 1973, como un organismo técnico en materias de la infraestructura de la calidad, para promover productos aptos y seguros para el mercado, y en este sentido uno de sus principales objetivos es la elaboración de normas técnicas nacionales. En lo que se refiere a aspectos relacionados con la madera, el INN ha desarrollado más de 130 Normas Chilenas.

Teniendo al MINVU como mandante y a la CORMA como institución asociada, el INN ejecutó recientemente el proyecto “Herramientas normativas para el mejoramiento de los estándares relacionados a la madera para el uso en edificaciones en Chile”, financiado por Innova-CORFO. Este proyecto consistió en el estudio y actualización de ocho normas técnicas (NCh) relacionadas directamente con la industria de la madera y la preservación de este material, teniendo como objetivo la obligatoriedad de la impregnación en el uso estructural de la madera en viviendas.

Las Normas Chilenas actualizadas fueron las siguientes: NCh173 “Madera – Terminología general”; NCh174 “Maderas-Unidades, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones”, NCh176/1 “Determinación del contenido de humedad”, NCh630 “Madera–Preservación–Terminología”, NCh631 “Madera preservada–Extracción de muestras; NCh755 “Madera-Preservación-Medición de la penetración de preservantes en la madera” y NCh819 “Madera preservada-Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo”.

2.2.2 Instituciones generadoras de información

a) Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

El INE, es el organismo encargado de producir las estadísticas oficiales del país. Su labor de generar estadísticas es fundamental como apoyo para el diseño e implementación de políticas públicas. Además, es el encargado de realizar los censos de población y vivienda, una de las operaciones estadísticas más importantes que realiza la institución.

Entre las diversas áreas temáticas que aborda el INE, está la de edificación y construcción. Esta área entrega la siguiente información:

- Permisos de Edificación, corresponde a un censo que mide la actividad de la construcción a través de la intención de construir en el país, por medio del Formulario Único de Edificación (FUE), para los destinos habitacional y no habitacional.
- Información mensual de la superficie autorizada, en metros cuadrados, de los permisos otorgados por las Direcciones de Obras Municipales de todo el país.
- Ingresos de la Construcción de Grandes Empresas (IICGE), corresponde a un índice que compila la información de los ingresos de las grandes empresas dedicadas a las actividades de

edificación y obras de ingeniería civil. Trimestralmente, se entrega un análisis de variaciones como una aproximación de la evolución de la actividad de la construcción.
(<https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion>)

b) Ministerio de Desarrollo Social

Organismo que tiene dentro de sus labores evaluar la situación socioeconómica de la población de Chile, con el propósito de contribuir a mejorar la eficacia y la eficiencia de la política social. Para ello, realiza periódicamente la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) cuyo objetivo es conocer la situación y evolución de los hogares y de la población, principalmente en relación a aspectos demográficos, de educación, salud, vivienda, trabajo e ingresos. La encuesta corresponde a una muestra de alcance nacional, con representatividad de todas las comunas del país, excepto algunas de difícil acceso. Dentro del ítem vivienda, la encuesta CASEN recopila información sobre materialidades de muros, pisos y techumbres y su estado de conservación, así como la realización de mejoras o reparaciones a la estructura.

Las bases de datos de la última encuesta Casen, año 2017, se pueden descargar desde: <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-en-pandemia-2020>

c) Servicio de Impuestos Internos (SII)

El SII pone a disposición las bases de datos de todos los roles de propiedades del país, con actualización semestral, en los cuales se registran las construcciones presentes en ellas, la materialidad de la estructura vertical, el año de construcción y el destino (habitacional y no habitacional). Las bases de datos se pueden descargar desde el sitio web institucional:
<https://homer.sii.cl/>

d) Direcciones de Obras Municipales (DOM)

Las Direcciones de Obras Municipales tienen como objetivo procurar el desarrollo urbano comunal y velar por el cumplimiento de las disposiciones legales que regulan las construcciones y las obras de urbanización que se ejecuten en la comuna. En particular, deben hacer cumplir las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcción, del Plan Regulador Comunal y de las ordenanzas correspondientes. Para lograr esto, las DOM tienen entre sus atribuciones aprobar las subdivisiones de predios, aprobar proyectos de obras de urbanización y de construcción en general y otorgar los permisos de edificación correspondientes, fiscalizar la ejecución de dichas obras y autorizar su uso, y aplicar las normas ambientales relacionadas con obras de construcción y urbanización, entre otras. Dentro de la información que las municipalidades deben poner a disposición de los usuarios (según se establece en la Ley 20.285 de Transparencia de la Función Pública y de Acceso a la Información de la Administración del Estado) están los Permisos de Edificación, las recepciones finales, así como otros actos relacionados con el tema construcción. Para acceder a las DOM hay que ingresar a través de los sitios web de cada municipalidad.

e) Servicio Nacional de Aduanas

Este organismo, dependiente del Ministerio de Hacienda, tiene el rol de facilitar y agilizar las operaciones de importación y exportación, a través de la simplificación de trámites y procesos aduaneros. Asimismo, debe resguardar los intereses del Estado y de la ciudadanía, fiscalizando dichas operaciones, de manera oportuna y exacta, determinando los derechos e impuestos vinculados a estas y verificando que no ingresen a al país mercancías que puedan ser consideradas peligrosas. Las mercancías importadas y exportadas se encuentran clasificadas según el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías, lo que permite distinguir los productos vinculados al sector de la construcción.

Las bases de datos de importaciones y exportaciones pueden ser descargadas desde: <https://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/estadisticas.html>.

f) Instituto Forestal (INFOR)

Organismo de investigación y desarrollo forestal adscrito al Ministerio de Agricultura. La institución posee una completa biblioteca que incluye unas 680 publicaciones que tratan la temática de construcción en madera y unas 1.100 catalogadas bajo el concepto madera. Desde su creación, la institución ha ejecutado diversos proyectos de investigación en construcción en madera, siendo el más reciente el Proyecto "Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos, orientados al sector de la construcción", financiado por CORFO, en el cual se enmarca el presente estudio. En este proyecto participan la Unidad de Gestión Institucional y dos de las cinco Áreas de Investigación del INFOR: el Área de Tecnología y Productos de la Madera y el Área de Información y Economía Forestal. En el contexto del proyecto mencionado, esta última área tiene entre sus objetivos generar información relevante para el desarrollo de la construcción con madera en Chile, para lo cual está estableciendo estadísticas de productos de la industria secundaria y elaborando estudios de mercado de madera estructural, vigas y cerchas, puertas y ventanas, y molduras. Los resultados entregados por el Área de Información y Economía Forestal se pueden visualizar en:

<https://wef.infor.cl/fortalecimiento/fortalecimiento.html#inicio.html>

g) Banco Central

El Banco Central de Chile tiene por objetivo velar por la estabilidad de la moneda, esto es, mantener la inflación baja y estable en el tiempo. También debe promover la estabilidad y eficacia del sistema financiero, velando por el normal funcionamiento de los pagos internos y externos. Estos objetivos ayudan o permiten crear un entorno predecible para la toma de decisiones, contribuyendo a suavizar los ciclos económicos y sentando las bases para un crecimiento sostenido del país. Entre sus funciones esta la publicación oportuna de las principales estadísticas macroeconómicas nacionales, incluyendo aquellas de carácter monetario y cambiario, de balanza de pagos y las cuentas nacionales, así como otros sistemas globales de contabilidad económica y social. Estas publicaciones estadísticas incluyen también precios, costos y expectativas del sector de la construcción.

<https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas>

2.2.3 Instituciones gremiales

a) Corporación de la Madera (CORMA)

Es la asociación gremial de mayor trayectoria e importancia del sector forestal chileno. En ella participan cerca de 180 actores, entre los que se encuentran los dos grandes grupos empresariales de esta industria, Arauco y CMPC. Realiza una importante función en la difusión de los nuevos conocimientos y tecnologías aplicadas a la construcción con madera, impulsando y financiando una serie de ferias y seminarios, entre los que destacan los Seminarios Corma, Semana de la Madera, Feria COMAD y Expo CORMA. <https://www.corma.cl/>

b) PYMEMAD

Creada el año 2010, en la región del Maule, PYMEMAD es una organización que reúne a pequeñas y medianas empresas del sector maderero, con el fin de difundir la importancia de este segmento de la industria forestal y defender sus intereses. Sus principales acciones están destinadas a asegurar la permanencia y éxito de sus socios en el mercado. Actualmente, PYMEMAD tiene sedes regionales en el Maule, Biobío y Los Ríos.

c) Cámara Chilena de la Construcción (CChC)

La Cámara Chilena de la Construcción es una asociación gremial cuyo objetivo es promover el desarrollo y fomento de la actividad de la construcción, como una palanca fundamental para el desarrollo del país en el contexto de una economía social de mercado basada en la iniciativa privada. En el tema de construcción con madera, la CChC, a través de su Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), ha llevado a cabo investigaciones sobre el uso de la madera en la construcción, además de realizar y patrocinar eventos que difunden las propiedades de la madera. (<https://www.cchc.cl/> y <https://www.cdt.cl/>).

d) Instituto de la Construcción

El Instituto de la Construcción es una Corporación de Derecho Privado, sin fines de lucro, creada en 1996 por las principales instituciones públicas y privadas relacionadas con el sector de la construcción, contando actualmente con 25 socios. Su misión es coordinar y articular esfuerzos públicos y privados para colaborar en el desarrollo de la sustentabilidad, calidad y productividad de la construcción, fomentando y proponiendo políticas, normas, documentos técnicos y mejores prácticas, mediante una gestión innovadora y en mejora continua. Su participación en el ámbito de la construcción en madera está vinculado a la promoción de sistemas constructivos sustentables y su participación en la certificación de edificios sustentables (<https://www.iconstruccion.cl/>).

e) Colegio de Constructores Civiles e Ingenieros Constructores A.G.

El Colegio de Constructores Civiles e Ingenieros Constructores A.G. es una asociación de derecho privado, continuador legal del Colegio de Constructores Civiles de Chile creado el año 1956. Este órgano colegiado está vinculado a Madera21, de CORMA. Tiene un importante rol en la formación complementaria de profesionales de la construcción, teniendo entre los cursos que ofrece una especialización en Diseño con tecnología BIM, la cual está estrechamente relacionado con la construcción en madera (<https://colegioconstructores.cl/>).

f) Colegio de Arquitectos

El Colegio de Arquitectos de Chile tiene por objeto promover el desarrollo, protección, progreso y prestigio de la profesión de arquitecto, cuidando el correcto ejercicio de esta y la capacitación, bienestar y prerrogativas de sus asociados. El colegio de arquitectos ha patrocinado y organizado diferentes conferencias y eventos relacionados con la construcción en madera, entre ellos se destacan la conferencia Geometría y Fabricación Digital en Madera, Cursos de BIM en Madera y el Seminario sobre Arquitectura en Madera (<http://colegioarquitectos.com/>).

g) Asociación de Oficinas de Arquitectos

La Asociación de Oficinas de Arquitectos (AOA) es una organización sin fines de lucro fundada en 1998 y que está formada por más de 160 oficinas de arquitectos, responsables de una parte importante de los proyectos de arquitectura del país. En más de 15 años de existencia, la asociación ha desarrollado diversas iniciativas con el fin de aportar en la calidad del trabajo de sus asociados, procurando su inserción en una economía global y transformando así a sus socios en una contraparte confiable para la comunidad nacional e internacional. Además, ha participado activamente en el quehacer nacional a través de las políticas públicas de diferentes organismos del Estado (<https://www.aoa.cl/>).

h) Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile

La Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile A.G., tiene como misión ser una asociación líder, respetada a nivel internacional, en la práctica de la ingeniería estructural e ingeniería sísmica y,

a nivel nacional, junto con dignificar en el más alto sentido la profesión de ingeniero civil estructural, ser un participante influyente en el desarrollo de normas y estándares estructurales (<https://aice.cl/>).

i) Consejo de Construcción Industrializada

El Consejo de Construcción Industrializada (CCI), nace como una iniciativa impulsada por el programa Construye 2025 de CORFO, con el fin de promover la industrialización como una estrategia de apoyo al desarrollo de la industria de la construcción en Chile, propiciando sus ventajas en productividad y sustentabilidad, temáticas que están muy vinculadas a la construcción en madera. El CCI es una entidad de carácter técnico y permanente, siendo un grupo abierto y convocante, que desde sus inicios, en el año 2017, agrupa a actores del mundo público y privado, que aporten sus conocimientos y experiencias al mejoramiento de las técnicas relacionadas con la construcción industrializada (<https://construccionindustrializada.cl/>).

j) Asociación de desarrolladores inmobiliarios

Corresponde a una organización gremial que agrupa a los principales actores de la industria inmobiliaria de Chile, cuya misión es la promoción del desarrollo y progreso del sector inmobiliario en el país, en los ámbitos de vivienda, comercio, industria, turismo y servicios (<https://adi-ag.cl/>).

2.2.4 Instituciones de investigación y desarrollo

a) Programa PoloMadera, Universidad de Concepción

Programa que busca fortalecer el crecimiento económico de la región del Biobío, mediante la creación de valor agregado en el procesamiento de la madera. Sus líneas de acción son investigación para el desarrollo de la manufactura eficiente en madera, asesorías técnicas en construcción y productos derivados de la madera, capacitación en nuevos procedimientos, técnicas constructivas y tecnologías para la transformación de la madera, y extensionismo tecnológico a las pequeñas y medianas industrias de la región (www.polomadera.cl).

b) Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción-CITEC, Universidad del Biobío

Unidad de desarrollo y transferencia tecnológica de la Universidad del Biobío, que tiene como misión desarrollar, aplicar y transferir conocimiento y tecnología a la industria de la construcción nacional y a la comunidad chilena en general. Sus líneas de acción son investigación y desarrollo orientados a nuevos productos, procesos o servicios aplicables en la edificación local; asesorías y estudios destinados a resolver problemas, necesidades y prestar ayuda a la toma de decisiones de clientes específicos; servicios de laboratorios acreditados que cubren diversas áreas de ensayos y análisis de materiales y componentes de construcciones; formación y capacitación de pre y postgrado de la Universidad, y capacitación de personal de empresas (www.citecubb.cl).

c) Centro UC de Innovación en Madera, CIM UC, Universidad Católica y CORMA

CIM UC CORMA nació en el año 2014 como una alianza entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Ha asumido el desafío de desarrollar en Chile todo el potencial que representa ser un país forestal, fortaleciendo las características de la madera por ser un material altamente versátil, ecológico, tecnológico, durable y noble. Para esto, el Centro promueve la construcción en madera en altura a través de soluciones constructivas orientadas a la eficiencia energética, el alto estándar y la sustentabilidad como factor primordial en el desarrollo de los ejes social, económico y ambiental (www.madera.uc.cl).

d) Madera21, CORMA

Es una asociación fundada por la Corporación Chilena de la Madera (CORMA) en 2001, con el objetivo de difundir y promover el uso de la madera en Chile. Tiene cuatro ejes de trabajo: educación y capacitación, investigación y desarrollo, comunicación y difusión, y relación con grupos de interés. Entre sus actividades destaca el evento anual Semana de la Madera, cuya primera versión tuvo lugar el año 2004 y ha alcanzado gran notoriedad, interés y reconocimiento, por sus seminarios, exposiciones comerciales y charlas técnicas de alto nivel (<https://www.madera21.cl/>, <https://info.semanadelamadera.cl/>).

e) Centro Interdisciplinario para la Productividad y la Construcción Sustentable (CIPYCS)

El CIPYCS es una entidad tecnológica para la innovación y el prototipado enfocada a la industria de la construcción. Se enmarca en el Programa de Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para la Innovación de CORFO y es liderado por las universidades Católica de Chile, del Biobío, Católica del Norte y de Talca. Sus cinco áreas de trabajo son Sistemas de Construcción en Madera; Productividad; Calidad y Resiliencia Estructural; Nuevos Materiales, Sistemas Constructivos y Productos Sustentables, y Construcción Sustentable. Entre las iniciativas del CIPYCS se destaca el laboratorio de prototipado a escala piloto -PEP Lab-, con instalaciones de 1.240 m², en dependencias de la Universidad del Biobío. (<https://www.cipycs.cl/>).

f) Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)

Corporación de derecho privado, sin fines de lucro, creada en 1989 por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) con el objetivo de promover la innovación y el desarrollo tecnológico en la construcción, generando oportunidades de mejoramiento en las empresas del sector y coordinando la documentación técnica y normativa sectorial. Dentro de sus líneas de acción destacan la de innovación y la de sustentabilidad, las cuales realizan proyectos ligados al desarrollo de sistemas más eficientes con madera. Además, el CDT tiene un nutrido calendario con diversas actividades de difusión y transferencia tecnológica (<https://www.cdt.cl>).

g) Centro Tecnológico para la Innovación en Productividad y Sustentabilidad en la Construcción (CTeC)

El CTeC es un centro impulsado por el Programa de Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para la Innovación de CORFO, que reúne conocimiento nacional e internacional, con el propósito de aportar en el proceso de transformación del sector de la construcción hacia una industria más productiva, competitiva y sustentable, promoviendo el desarrollo de un ecosistema de innovación tecnológica. Está conformado por las universidades de Chile, Antofagasta, La Serena, Santiago de Chile, Tecnológica de Chile INACAP, Concepción y Universidad de la Frontera. Junto con ello, cuenta con un destacado grupo de co-desarrolladores nacionales compuesto por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), La Ruta Solar, el Instituto de la Construcción y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Su accionar lo realiza a través de cuatro pilares: sustentabilidad, innovación tecnológica, productividad y enfoque colaborativo (<https://ctecinnovacion.cl/>).

h) Laboratorio de Maderas USACH

El Laboratorio de Maderas es una entidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago. Su objetivo principal es realizar proyectos de investigación sobre materiales de madera usados en la construcción. Dentro de las iniciativas desarrolladas se destaca el proyecto CLT Chile, el cual consistió en realizar estudios de ingeniería para facilitar la introducción en Chile de un nuevo sistema constructivo

de rápida ejecución, utilizando elementos de madera contralaminada (CLT), para la construcción de edificios de mediana altura (<https://oocc-usach.cl/laboratorio-de-maderas>).

i) Laboratorio de Madera Estructural INFOR (LME INFOR)

El Laboratorio de Madera Estructural (LME) de INFOR, es un laboratorio de ensayos que opera bajo el estándar de gestión NCh-ISO 17025, acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN). También está inscrito en el registro de Laboratorios de Control de Calidad de los Materiales de Construcción del MINVU. El LME se concretó gracias al proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la estandarización y ensayo de maderas para uso estructural”, mediante el cual se lograron recursos provenientes del Fondo de Inversiones Estratégicas (FIE) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. La iniciativa surgió con el propósito de fortalecer y ampliar las capacidades de estandarización y ensayo para la madera estructural, para estructuras de madera (muros, pisos, techumbre) y productos de ingeniería en el país (www.infor.cl).

2.2.5 Actores privados en la cadena de valor de la construcción en madera

a) Industria de productos de madera

Aserraderos: Durante el año 2019, el número de aserraderos en Chile llegaba a 1.250 unidades, de los cuales 957 trabajaron y 293 estaban paralizados. La mayor empresa productora de madera aserrada es Maderas Arauco S.A., la cual cuenta con siete aserraderos distribuidos entre las regiones del Maule y de Los Ríos, con una capacidad instalada conjunta que representa cerca del 24% de la capacidad nacional. En segundo lugar, se encuentra la empresa CMPC Maderas SPA, con tres plantas y una capacidad cercana al 8% de la capacidad nacional. Con una participación bastante inferior, cada una en torno al 2%, se ubican a continuación cinco empresas: Aserraderos JCE, Procesadora de Maderas Los Ángeles, MASISA, Forestal Santa Blanca y Foraction Chile (INFOR, 2020a).

Fabricantes de tableros de madera: En Chile hay 23 empresas productoras de tableros y chapas, que operan instalaciones industriales ubicadas entre las regiones del Maule y Los Lagos. Las cuatro principales concentran algo más del 80% de la capacidad productiva. Estas son: Maderas Arauco, MASISA, CMPC Maderas y Louisiana Pacific (INFOR, 2020a).

Fabricantes de productos de ingeniería en madera: La industria de productos de ingeniería en madera en Chile tiene un bajo número de actores. Se estima que existen alrededor de 15 empresas que fabrican este tipo de elementos. Una de las empresas más destacadas es Maderas Arauco con su producto Hilam, el cual corresponde a madera laminada estructural fabricada en base a pino radiata, certificada bajo las normas NCh 2148 y la NCh 819 (Maderas Arauco, 2021). Otra compañía de importancia es Louisiana Pacific Chile, la gran productora a nivel nacional de vigas *I-Joist* (Louisiana Pacific, 2021). Otras empresas relevantes en este sector son Cortelima, LAMITEC e INGELAM, quienes han participado en numerosos proyectos de construcción como proveedores de madera laminada, principalmente vigas y pilares.

b) Empresas constructoras

Oficinas de arquitectos: Habitualmente estas oficinas se dedican a realizar los diseños arquitectónicos de los proyectos. En muchos casos, ellas proponen, o incluso definen, la materialidad de los proyectos, de tal manera que su participación es crucial en el proyecto. La Asociación de Oficinas de Arquitectos (AOA), que es en la actualidad la asociación gremial más importante de estas entidades, tiene 180 oficinas afiliadas (AOA, 2020).

Constructoras: Las empresas constructoras cumplen mayoritariamente con el rol de la ejecución de los proyectos de construcción. En algunos casos estas empresas están integradas a estudios de

arquitecturas e inmobiliarias, por lo que también se encargan del proceso de diseño y comercialización de las viviendas. De acuerdo a información del Servicio de Impuestos Internos (SII) se estima que el número total de constructoras existentes en el país asciende a 660 empresas. Por su parte, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) señala que el 80% de las constructoras están asociadas a ella.

Inmobiliarias: Una inmobiliaria se puede definir como una empresa dedicada a la construcción, venta, arriendo y/o administración de propiedades. Las inmobiliarias pueden realizar todas estas actividades o solo algunas. Su nombre derivó del término inmueble, que es un vocablo en latín que se refiere a las cosas que se encuentran unidas a un terreno de manera inseparable, como lo es por ejemplo una casa. En el año 2018, existían al menos unas 130 empresas inmobiliarias en el país, de las cuales las más grandes cuentan con empresa constructora propia, mientras que las más pequeñas licitan la construcción (EMOL, 2018).

Empresas de casas prefabricadas de madera: La prefabricación se refiere a la producción de elementos y/o sistemas constructivos previos a la ejecución de la obra donde luego serán incorporados, mediante un conjunto de operaciones denominadas “puesta en obra”. Incluye la mecanización y centralización en fábrica del proceso constructivo o parte de él, lo que lo diferencia del concepto de industrialización. Algunas de las empresas que actualmente se dedican a la prefabricación de viviendas de madera en Chile, son: Timber, Crulamm, Tecno Panel, Forestal Andes, JCE, Avifel, Cortelima, Fundación Vivienda, Ingecon, Bedecarratz SPA, Martabid y Premad.

Empresas de casas industrializadas de madera: La producción de edificaciones en forma industrializada es un enfoque que concita interés, particularmente cuando se habla de mejorar la productividad del sector de la construcción y, en este sentido, la madera otorga grandes ventajas, como se verá más adelante. Para que se pueda hablar de industrialización se deben cumplir los siguientes factores: a) continuidad de la producción; b) normalización o estandarización de productos; c) proceso constructivo integrado; d) organización del trabajo; e) mecanización, y f) investigación y experimentación (Grandoso, s/a). En el ámbito de la madera, las empresas que en Chile cumplen con las condiciones de industrialización son: Tecnofast, Easywood y E2E, las cuales tienen las capacidades técnicas y tecnológicas para industrializar su producción.

c) Comercializadores de productos para la construcción

La comercialización de productos para la construcción se realiza principalmente a través de grandes distribuidores entre los que destacan las empresas SODIMAC, EASY y CONSTRUMART. Según las cifras de la Asociación de Ferreteros MTS, estas empresas tienen el control del 75% del mercado de la industria ferretera, repartido en 50%, 15% y 10% respectivamente (TYT, 2011).

Según un estudio de mercado de madera aserrada para uso estructural de INFOR, las grandes cadenas del *retail* mencionadas son el principal canal por el cual las empresas constructoras adquieren madera aserrada (INFOR, 2020b). Esto se ratifica con lo señalado por los aserraderos, en cuanto a que cerca de un millón de m³ de madera aserrada lo venden a las cadenas del *retail*, quienes abastecen directamente a las constructoras.

Las cadenas del *retail* cumplen un rol importante en la capacitación de los técnicos y trabajadores de la construcción. La empresa SODIMAC tiene el programa “Círculo de especialistas SODIMAC (CES)”, que cuenta con casi 400 mil socios en todo Chile. De acuerdo a lo señalado por la empresa, este programa les permite relacionarse con un gran número de clientes frecuentes, incluidos maestros especialistas y contratistas a los cuales se les entregan herramientas y capacitaciones que les permiten mejorar sus habilidades en sus respectivos trabajos y negocios.

SODIMAC también creó un sistema de becas de perfeccionamiento para los especialistas de la construcción que forman parte del CES, con varias instituciones asociadas a universidades. Cada año

se entregan unas 1.400 becas a maestros especialistas, lo que se acredita mediante un certificado. Los cursos impartidos consideran una amplia gama de temáticas relacionadas con la construcción, pero no existe una especificidad en torno al uso de productos de madera.

Además de las grandes cadenas del *retail*, existen organizaciones que agrupan a entidades más pequeñas de comercializadores, con la finalidad de poder mejorar sus competencias y oportunidades en el mercado. Las dos entidades que más destacan son Chilemat y MTS. Chilemat es una red compuesta por más de 50 ferreteros, con una cadena de más de 150 locales distribuidos desde Arica a Punta Arena. Dentro de los beneficios que aportan a sus socios se destaca transferencia de información, remodelación de locales, capacitación, sistemas de computación, *marketing*, *merchandising*, centro de distribución, servicios de logística y transporte, planes de fidelización y medios de pago, entre otros. Por su parte, MTS es una agrupación creada en 1994 mediante la unión de varios ferreteros; actualmente cuenta con 44 socios los cuales forman una red ferretera de 134 locales a lo largo del país.

2.3 Capacidades laborales para la construcción en madera

La formación profesional en torno a la madera como material de construcción es escasa. Solo una institución posee una carrera universitaria especializada en madera, mientras que otras instituciones que imparten carreras relacionadas con la construcción incluyen solo algunas asignaturas específicas sobre la madera en la construcción, incluyendo diseño, terminaciones, mezclas con otros materiales, propiedades del material y tecnologías de uso.

En cuanto a estudios de post grados, el Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC) ofrece un diplomado en Diseño, Cálculo y Construcción en Madera, dirigido a profesionales del área de la construcción, arquitectura, ingeniería o carreras afines, con el objetivo de entregarles conocimientos de diseño en madera y metodologías y técnicas constructivas asociadas a este material. La primera versión de este diplomado se iniciará en marzo de 2022.

2.3.1 Oferta académica

En el portal www.mifuturo.cl, perteneciente a la Subsecretaría de Educación Superior del Ministerio de Educación (MINEDUC), se entrega información actualizada sobre la oferta académica de Universidades, Institutos Profesionales (IP) y Centros de Formación Técnica (CFT) del país, alcanzando esta oferta a unos 10 mil programas impartidos por 156 instituciones.

En base a este portal, se presenta a continuación la oferta curricular disponible para el año 2020, de carreras relacionadas con la construcción, a nivel técnico y superior, incluyendo arquitectura, construcción, ingenierías y técnicos en construcción.

Carrera de Arquitectura: En Chile existen 28 universidades que imparten la carrera de Arquitectura, de las cuales solo cuatro tienen dentro de su plan de estudios una asignatura relacionada con madera.

Cuadro N° 3. Universidades que imparten la carrera de Arquitectura, que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera

Institución	Curso	Semestre
Universidad Autónoma de Chile	Estructuras de madera	VIII
Universidad Católica de Temuco	Diseño y construcción en madera	VI
Universidad del Biobío	Diseño en madera	V
Universidad Mayor	Sistemas constructivos en madera	IV

(Fuente: elaboración propia, en base a Mifuturo, 2020)

Carreras de Construcción: La profesión de Constructor y Constructor Civil se imparte en 19 instituciones en Chile, entre centros de formación técnica, institutos profesionales y universidades, con una duración sobre los cinco semestres.

De todos ellos, siete contemplan dentro de su malla curricular una asignatura que hace referencia al tema madera.

Cuadro N° 4. Instituciones que imparten la carrera de Construcción, que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera

Carrera	Institución	Curso	Semestre
Construcción mención topografía	CFT Iprosec	Construcción de vivienda con madera y albañilería	I
Construcción civil	Universidad Mayor	Sistemas constructivos en madera	V
Construcción civil	IP de Chile	Construcciones en madera	IV
Construcción civil	IP IPG	Construcciones de madera	VII
Construcción civil	Universidad Técnica Federico Santa María	Tecnología de la madera y laboratorio. Estructura madera y acero.	V Y VI
Construcción	CFT Ceduc – UCN	Taller de carpintería (obra gruesa y terminaciones)	III Y IV
Construcción	CFT Lota-Arauco	Construcción en madera	III

(Fuente: elaboración propia, en base a Mifuturo, 2020)

Carreras de Ingeniería: Dentro de las carreras de ingeniería que tratan temáticas de construcción se encuentran: Ingeniería en Construcción, Ingeniería Civil en Obras Civiles, Ingeniería Civil en Gestión de la Construcción, Ingeniería en Industrias de la Madera e Ingeniería Civil con diploma en ingeniería y gestión de la construcción.

Estas carreras se dictan en 29 instituciones, sumando 34 carreras en total, con una duración promedio de diez semestres. De estas, 18 carreras tienen al menos un curso relacionado con la madera.

Cabe destacar la carrera de ingeniería civil en industrias de la madera, de la Universidad del BíoBío, dedicada completamente al conocimiento de esta industria, sus productos y los usos de la madera.

Cuadro N° 5. Instituciones que imparten la carrera de Ingeniería, que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera

Carrera	Institución	Curso	Semestre
Ing. en construcción	IP Dr. Virginio Gómez G.	Construcción en madera y acero	III
Ing. en construcción	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Estructuras metálicas y madera	VII
Ing. en construcción	Universidad Andrés Bello	Construcción en madera y acero	VII
Ing. en construcción	Universidad Austral de Chile	Estructuras metálicas y de madera	VIII
Ing. en construcción	Universidad Autónoma de Chile	Estructuras de madera	VIII
Ing. en construcción	Universidad Católica Del Maule	Construcción en madera	VII
Ing. en construcción	Universidad Central De Chile	Diseño y construcción en madera y acero	VIII
Ing. en construcción	Universidad De La Frontera	Tecnología de la madera	II
Ing. en construcción	Universidad De Magallanes	Tecnología de la madera y elementos de construcción en madera	VI y VII

Carrera	Institución	Curso	Semestre
Ing. en construcción	Universidad De Valparaíso	Construcción en madera	VII
Ing. en construcción	Universidad Del Biobío	Estructuras y sistemas de construcción en madera	VI
Ing. en construcción	Universidad Mayor	Sistemas constructivos en madera	V
Ing. en construcción	Universidad Tecnológica Metropolitana	Diseño y construcción en maderas	VII
Ing. civil, mención en ingeniería y gestión de la construcción	Pontificia Universidad Católica de Chile	Diseño y construcción en madera	Optativo
Ing. civil en obras civiles	Universidad Central De Chile	Estructuras de madera	X
Ing. civil en obras civiles	Universidad De Talca	Diseño en maderas	VIII
Ing. civil en obras civiles	Universidad Tecnológica Metropolitana	Estructuras de madera	VIII
Ing. civil en industrias de la madera	Universidad Del Biobío	Toda la carrera	-

(Fuente: elaboración propia en base a información de sitios web de las universidades)

Carreras de Técnico en Construcción: Las carreras de Técnico en Construcción, Técnico de Nivel Superior en Construcción y Técnico en Obras Civiles, se imparten en 29 instituciones, con mayor participación de IP y CFT, con una duración promedio de cinco semestres. Solo siete de estas carreras contemplan una asignatura que tiene relación con madera.

Cuadro N° 6. Instituciones que imparten la carrera de Técnico en Construcción, que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera

Carrera	Institución	Curso	Semestre
Técnico universitario en construcción y obras civiles	Universidad Católica de Temuco	Construcción en madera	II
Técnico universitario en construcción	Universidad de Los Lagos	Construcción de viviendas de madera y albañilería	II
Técnico universitario en construcción	Universidad Técnica Federico Santa María	Tecnología de la madera	II
Técnico en construcción	CFT Juan Bohon	Materiales de construcción: bituminosos, pinturas, madera y vidrio	II
Técnico en construcción	IP de Chile	Construcciones en madera	IV
Técnico en construcción	IP Dr. Virginio Gómez G.	Construcción en madera y acero	III
Técnico de nivel superior en construcción y obras civiles	CFT Laplace	Técnicas de carpintería en obras	I

(Fuente: elaboración propia, en base a Mifuturo, 2020)

Carrera de Técnico en Edificación y Terminaciones: La carrera asociada a edificación se ofrece principalmente en IP y CFT, tiene una duración promedio de cuatro semestres y está presente en cuatro instituciones, sin embargo, solo en una de ellas se incluye un curso relacionado con madera.

Cuadro N° 7. Instituciones que imparten la carrera de Edificación, que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera.

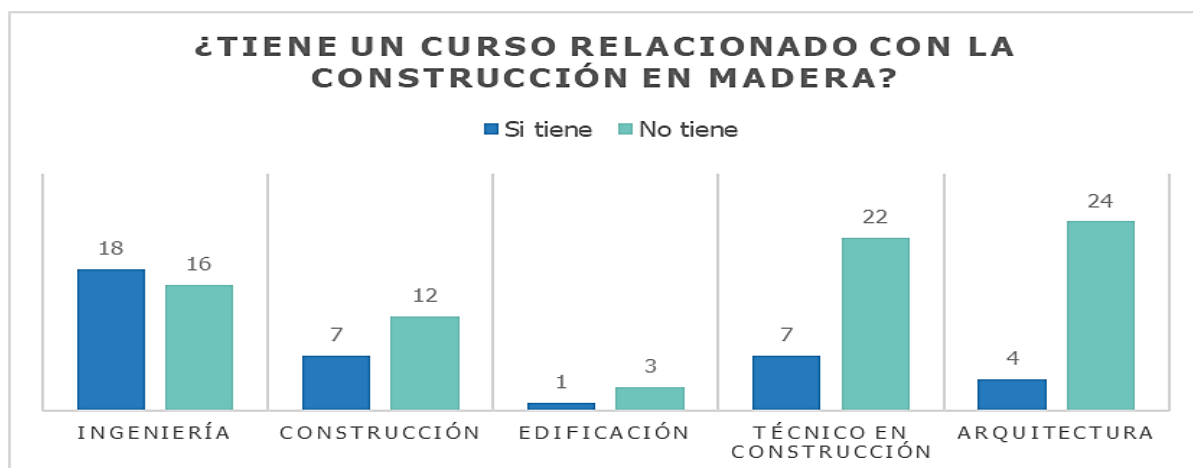
Carrera	Institución	Curso	Semestre
Técnico en edificación y terminaciones	CFT PROANDES	Carpintería	II

(Fuente: elaboración propia, en base a Mifuturo, 2020)

2.3.2 Evaluación de la oferta profesional

La oferta académica que posee alguna relación con el ámbito de la construcción, incluye 28 carreras impartidas por 63 instituciones, con un total de 114 planes de estudio. Las mallas curriculares de las carreras relacionadas con la construcción se enfocan principalmente en el hormigón, acero, y albañilería. Del total de planes de estudio, solo el 32,5% (37 planes de estudio) tiene alguna relación con la madera, presentando dentro de sus mallas curriculares un ramo relacionado con la construcción en madera, con la excepción ya mencionada de la carrera de Ingeniería Civil en Industrias de la Madera de la Universidad del Biobío.

Respecto del total de planes de estudio en cada carrera, se tiene que en las carreras de ingeniería el 52,9% tiene un curso relacionado con la construcción en madera y el 94,4% de estos son dictados en universidades, mientras que el 5,6% restante se imparte en IP. En el caso de las carreras de construcción, el 36,8% de los planes de estudios tiene un curso sobre maderas, impartidos en CFT (42,8%), IP (28,6%) y universidades (28,6%). En las carreras de técnico en construcción, el 24,1% de los planes de estudio tiene un curso sobre construcción en madera, dictados principalmente en universidades (42,8%). Por último, en la carrera de arquitectura, que se imparte exclusivamente en universidades, solo el 14,3% de los planes de estudio tiene un curso sobre maderas.

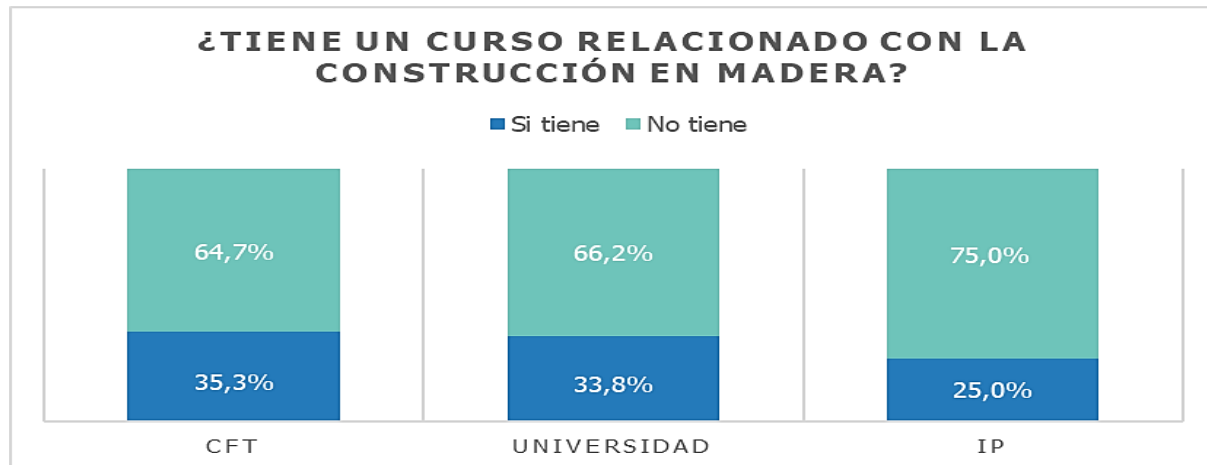


(Fuente: elaboración propia, en base a Mifuturo, 2020)

Figura N° 19. Presencia de cursos relacionados con la construcción en madera por tipo de carrera

Al clasificar por tipo de institución los planes de estudio que incluyen cursos relacionados con la construcción en madera, se obtuvo que 26 se imparten en carreras universitarias, seis en carreras de CFT y cinco en carreras de IP. En términos relativos, los CFT son los que presentan una mayor inclusión de la madera en sus programas, con el 35,3%.

Más allá de la información que entrega el portal del MINEDUC, hay algunos estudios que han abordado el tema de la formación de profesionales relacionados con el rubro de la construcción en madera. Varela (2017), afirma en su estudio "Situación actual de la madera en Chile en el contexto de la construcción en edificación", que existen muy pocas escuelas tanto de arquitectura como de construcción e ingeniería, que preparan a los futuros profesionales en el ámbito de la madera, siendo esto un factor influyente en la baja participación de la madera en la construcción en Chile.



(Fuente: Elaboración propia en base a Mifuturo, 2020)

Figura N° 20. Presencia de cursos relacionados con la construcción en madera según tipo de institución

Otros expertos coinciden en la falta de especialización en madera de los profesionales de la construcción en Chile. Al respecto, se señala que tanto ingenieros como arquitectos y constructores tienen una formación profesional insuficiente respecto del uso, diseño y construcción en madera, derivando en el desconocimiento de las virtudes de este material. En cambio, esas mismas carreras poseen una formación sólida respecto del uso, diseño y construcción con acero y hormigón (Eligemadera, 2020).

En el año 2016, Eduardo Bitrán, vicepresidente ejecutivo de CORFO, en una entrevista sobre el "Programa Estratégico de Especialización Inteligente para la Industria de la Madera de Alto Valor" aludió a que este programa había detectado una falta de capital humano especializado en los distintos eslabones de la cadena de valor de la madera, lo que llevó a su institución a impulsar becas dentro del programa "Formación para la Competitividad", que abordaran materias como el diseño y cálculo de estructuras en madera, prefabricado y montaje de sistemas constructivos, carpintería avanzada y aserri y secado de *Eucalyptus nitens*, entre otras (Madera21, 2016a).

También en el año 2016, Pilar Urrejola, ex presidenta del Colegio de Arquitectos, habló sobre la formación de los arquitectos y la baja participación de la madera en la construcción, indicando que los arquitectos jóvenes tienen mejor formación que los mayores, sin embargo, la causa de la escasa utilización de la madera la atribuye a una calificación cultural, argumentando que: "la gente cree que la madera, como material constructivo, no tiene sustentabilidad, que la madera, incluso, no es un material". Afirma también que, en educación, hay una carencia enorme en las enseñanzas técnicas y las enseñanzas de los oficios (Madera21, 2016b).

Asimismo, Eduardo Hernández, ejecutivo del grupo de empresas CMPC, también se refirió a los pocos especialistas en madera entre los arquitectos, constructores e ingenieros, sosteniendo que se debe reforzar la formación de estos profesionales en cuanto a la utilización de madera en la construcción. Con respecto a la educación superior, señala la baja cantidad de escuelas de arquitectura, ingeniería y construcción civil que poseen dentro de sus mallas curriculares aspectos de diseño o construcción en madera (La Tribuna, 2019).

A los comentarios de actores claves en la materia se puede agregar que también hay instituciones que han expresado públicamente que uno de los problemas más frecuentes en el mal uso de la madera en la construcción, es la formación universitaria de los profesionales encargados de proyectar, calcular y construir con madera (Eligemadera, 2020). Cabe señalar que Eligemadera es una empresa privada dedicada a la capacitación en diseño estructural con elementos de madera. Dentro de sus planes

ofrecen cuatro cursos online y la capacitación en el uso de un software, de desarrollo propio, llamado *Change+Timber*. Este programa permite diseñar elementos de madera maciza y madera laminada como vigas de piso, vigas de techumbre, columnas, muros estructurales, vigas curvas y vigas de altura variable, entre otros. Eligemadera participa en eventos de difusión de los avances de la construcción con madera y tiene alianzas con las siguientes instituciones: Universidad Católica del Maule, IDIEM, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad de Talca, CIM UC, Madera21 y Universidad de Concepción.

2.3.3 Formación en el ámbito de las propiedades de la madera

Dentro de la oferta académica es interesante señalar el caso de la carrera de Ingeniería Forestal, que entre sus principales objetivos tiene una línea orientada a formar profesionales capaces de entender y satisfacer las necesidades de la industria forestal primaria, particularmente en lo que se refiere a las condiciones que debe cumplir la madera para alcanzar altos estándares de rendimiento y calidad en los distintos procesos productivos.

En el caso de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile, la nueva malla curricular contempla temas como abastecimiento industrial, diseño y evaluación de procesos, y evaluación de proyectos industriales, considerando a la industria maderera como abastecedora de materia prima, junto con estimular la comprensión de las necesidades del sector de construcción en madera. Otros temas relevantes dentro de la malla se relacionan con los requerimientos de la madera para ser clasificadas para usos estructurales y no estructurales, así como sus propiedades químicas, mecánicas y físicas que influyen en su comportamiento térmico, su resistencia al fuego y al biodeterioro, y otras cualidades específicas para la construcción

Algunas casas de estudios superiores que también ofrecen la carrera de Ingeniería Forestal, tales como la Universidad de Concepción, la Universidad Mayor y la Universidad Austral, tras ser consultadas para los fines de este informe respecto de sus planes de estudio y contenidos relacionados con construcción, indicaron que no existen asignaturas específicas en esta materia, sin embargo, en todas se abordan temas sobre el material madera, sus características y como obtener el mejor producto.

2.4 Industria de productos de madera utilizados en la construcción

En este subcapítulo se presenta a dos industrias de transformación primaria de la madera, la industria del aserrío y la industria de tableros de madera. Los productos de ambas están destinados casi en su totalidad a la edificación habitacional y no habitacional, tanto en usos estructurales como no estructurales.

Una parte de los productos del aserrío y de las plantas de tableros se utilizan como tal en la construcción, mientras que la otra parte constituye la materia prima para la industria de transformación secundaria de la madera, entre las que hay que mencionar a las fábricas de productos de ingeniería en madera y a las fábricas de puertas, ventanas y molduras. Respecto de los productos de ingeniería en madera, se incluye una descripción de las industrias de madera laminada encolada y de cerchas industrializadas, que son aquellas que se comercializan en el mercado y no están integradas a las obras de construcción. No se incluye una presentación de las industrias de puertas, ventanas y molduras de madera, debido a que aún no se dispone de información base para su caracterización.

Se presentan además las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino radiata, puesto que esta especie es sin duda la que lidera la producción de madera aserrada y tableros en Chile. Esto se ratifica con la siguiente información: el consumo total de madera para uso industrial en el año 2019 fue de 45,31 millones de m³; de estos, 20,35 millones de m³ (44,9%) se destinaron a las industrias del aserrío y de tableros, y de éstos, 19,5 millones de m³ (95,8%) fueron de pino radiata (INFOR, 2020).

2.4.1 Propiedades físicas y mecánicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera son aquellas que determinan su comportamiento en el medio ambiente. Las más conocidas y de uso habitual son el contenido de humedad (CH) y la densidad. El contenido de humedad se define como la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de su masa anhidra. Esta propiedad es clave cuando se utiliza madera en las edificaciones. De acuerdo con la NCh 1198 (INN, 2006) de cálculo de construcciones en madera, de aplicación obligatoria en Chile, la madera y sus productos derivados, al momento de su utilización, deben tener un contenido de humedad igual al correspondiente a la humedad de equilibrio del lugar donde prestarán servicio.

La humedad de equilibrio de la madera dependerá de las distintas condiciones de servicio a que esté sometida: para madera expuesta a la intemperie, la humedad de equilibrio debe corresponder a la establecida para las distintas zonas del país según lo señala el Anexo D de la NCh 1198 (por ejemplo, humedad de equilibrio para Santiago, 14%; humedad de equilibrio para Valdivia, 17%) (INN, 2006). Si la madera va a estar en servicio en recintos cerrados sin calefacción o calefaccionados intermitentemente, la humedad de equilibrio debe ser 12% y si va a estar en servicio en recintos continuamente calefaccionados, la humedad de equilibrio debe ser 9% (NCh 1198) (INN, 2006).

La densidad de la madera es el cociente entre la masa y su volumen. Debido al carácter higroscópico de la madera (masa y volumen varían con el contenido de humedad), se definen los siguientes tipos de densidad (Constanzo, 2016):

- Densidad de referencia: Relación entre la masa y el volumen de la madera, ambos determinados a un mismo contenido de humedad. En este caso se definen:
 - Densidad anhidra (cuerpo que no contiene agua): Relación entre la masa y el volumen de la madera en el estado anhidro.
 - Densidad normal: Relación entre la masa y el volumen de la madera determinados ambos a un contenido de humedad igual al 12%. La NCh 1198 establece un valor de densidad normal para el pino radiata, de 476 kg/m³.
- Densidad básica: Relación entre la masa de la madera en estado anhidro y el volumen en estado verde.
- Densidad nominal: Relación entre la masa de la madera en estado anhidro y el volumen de la madera al contenido de humedad de ensayo (generalmente este contenido de humedad es de 12%).

Otra propiedad de la madera es su durabilidad. El pino radiata se considera una especie cuya madera tiene una durabilidad natural entre 1 y 5 años en usos exteriores, siendo mayor cuando se utiliza como elemento interior sin contacto con el suelo orgánico. Frente al ataque de hongos, la madera de pino radiata se clasifica como no resistente.

Las propiedades mecánicas de la madera se refieren a su capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier sollicitación que altere su tamaño, dimensión o provoque una deformación, y se considera de suma importancia pues determina la aptitud de la madera para su uso en las distintas partes de una construcción.

El esfuerzo que soporta un material por unidad de superficie recibe el nombre de tensión unitaria. Cuando un material es sometido a un esfuerzo, al principio trata de oponerse a la deformación y recobrar su forma original. En ese momento, la deformación del material es proporcional al esfuerzo y ocurre hasta que dicho esfuerzo alcanza un valor llamado límite de proporcionalidad. Si el esfuerzo aumenta más allá del límite de proporcionalidad, el material experimenta una deformación aún elástica (es decir, todavía trata de resistir al esfuerzo y recuperar su forma), pero la relación entre esfuerzo y deformación no es proporcional. Si el objeto se somete a un esfuerzo más allá del límite elástico, entra en la zona plástica, lo que significa que no regresará a su estado original al retirar la fuerza aplicada,

sino que quedará permanentemente deformado. Si el esfuerzo continúa incrementándose, se alcanza la ruptura del material (Zhiyong and Robert, 2010).

La rigidez es la propiedad por medio de la cual un material sometido a fuerzas externas tiende a retener su tamaño y formas naturales, o a resistir la deformación. De esta manera, un material que es difícil de doblar o de deformar se dice que es rígido. La medida de la rigidez de la madera se denomina Módulo de Elasticidad (MOE). Cuando la carga se aplica más allá del límite elástico, el cuerpo continúa deformándose hasta llegar a la ruptura, obteniéndose en ese momento la tensión de ruptura, lo que se denomina Módulo de Ruptura (MOR).

En laboratorio, los ensayos de flexión estática (que miden la resistencia de una viga a una carga aplicada en el centro de la luz) y los de compresión (paralela o perpendicular a las fibras), permiten determinar la tensión en el límite de proporcionalidad, el módulo de elasticidad y el módulo de ruptura. Los valores obtenidos en estos ensayos sirven, principalmente, para conocer las fallas por pandeo de las columnas soportantes y para utilizarlos en los cálculos de superficie de apoyo de vigas y viguetas.

En el Cuadro N° 8 se presenta valores de densidad y propiedades mecánicas de la madera de algunas coníferas que crecen en Estados Unidos y del pino radiata importado por este país.

Cuadro N° 8. Propiedades mecánicas de maderas de coníferas presentes en el mercado de EEUU

Especie	Origen de la madera	CH (%)	Densidad (kg/m³)	FLEXIÓN ESTÁTICA	
				MOR (kPa)	MOE (Mpa)
Douglas fir (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Crecimiento local	Verde	0,45	53.000	10.800
		Seco al 12%	0,48	85.000	13.400
Slash pine (<i>Pinus elliotii</i>)	Crecimiento local	Verde	0,54	60.000	10.500
		Seco al 12%	0,59	112.000	13.700
Loblolly pine (<i>Pinus taeda</i>)	Crecimiento local	Verde	0,47	50.000	9.700
		Seco al 12%	0,41	88.000	12.300
White spruce (<i>Picea glauca</i>)	Crecimiento local	Verde	0,33	34.000	7.900
		Seco al 12%	0,36	65.000	9.600
Lodgepole pine (<i>Pinus contorta</i>)	Crecimiento local	Verde	0,38	38.000	7.400
		Seco al 12%	0,41	65.000	9.200
Hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i>)	Crecimiento local	Verde	0,42	46.000	9.000
		Seco al 12%	0,45	78.000	11.300
Radiata pine (<i>Pinus radiata</i>)	Importada	Verde	0,42	42.700	8.100
		Seco al 12%	-	80.700	10.200

(Fuente: USDA, 2010)

2.4.2 Industria del aserrío

La industria del aserrío en Chile tiene una larga trayectoria, existiendo registros estadísticos de su producción desde el año 1930, cuando se produjeron 111.400 m³, con el dominio casi absoluto de las maderas nativas, mientras el pino radiata recién alcanzaba una incipiente participación (INFOR, 2020a).

Casi un siglo después, los cambios han sido fundamentales, involucrando todos los aspectos de la actividad.

El año 2019, la producción de madera aserrada llegó a 8,03 millones de m³, con una baja de 3,3% respecto del año anterior, pero manteniéndose sobre la barrera de los 8 millones de m³ por sexto año consecutivo.

El récord histórico de producción se registró el año 2006 con 8,72 millones de m³, coincidiendo con la gran demanda de madera aserrada generada por el auge de las exportaciones de remanufacturas al mercado estadounidense; sin embargo, la crisis *subprime* y sus consecuencias en la actividad de la construcción en ese país golpearon fuertemente a la industria chilena del aserrío, llegando a perder

cerca de 3 millones de m³ de producción en los tres años siguientes, después de los cuales la industria ha avanzado significativamente en su recuperación.

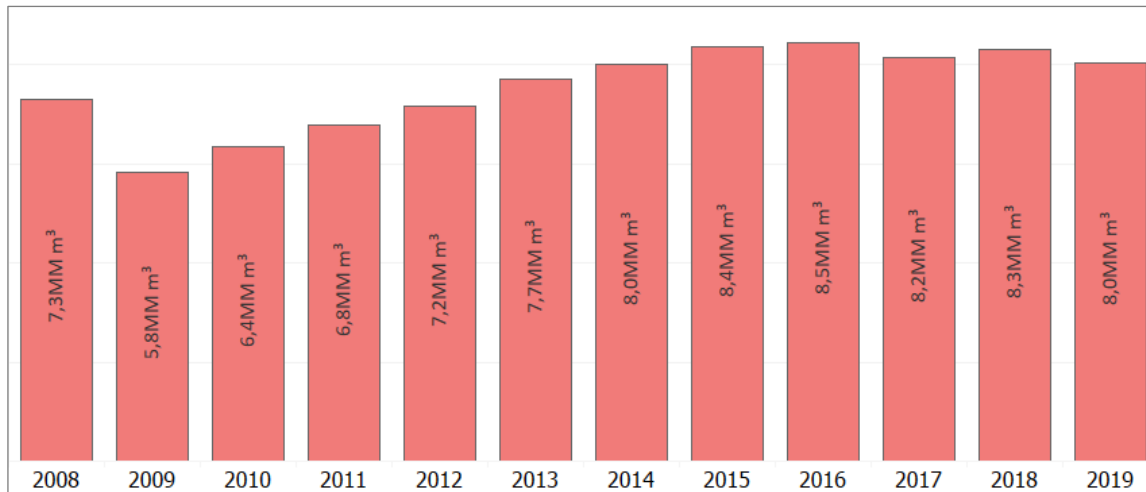


Figura N° 21. Evolución de la producción de madera aserrada.

Las características más sobresalientes de la situación actual de la industria y la evolución de sus principales parámetros desde el récord histórico del año 2006 hasta el 2019, última cifra disponible a la fecha de edición del presente estudio, se resumen a continuación:

- Una producción de 8,03 millones de m³, de los cuales el 97,2% corresponde a madera aserrada de pino radiata, seguido de lejos por la madera de pino oregón con una participación de 1,1%.
- Con esto, Chile se sitúa en el décimo lugar del ranking mundial de productores de madera aserrada de coníferas (FAO, 2020a).

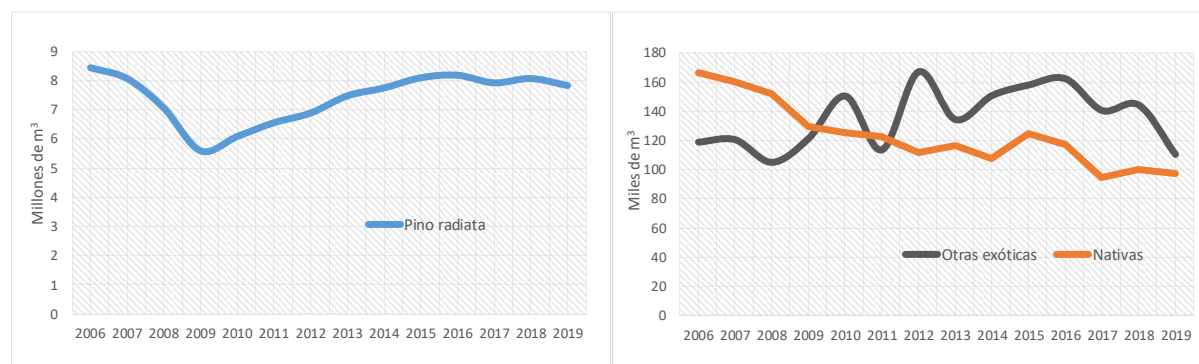


Figura N° 22. Evolución de la producción de madera aserrada según especie.

- El número total de aserraderos identificados el año 2019 fue de 1.250 unidades, de las cuales 957 estaban trabajando, mientras que las restantes 293 unidades estaban paralizadas, es decir, son aserraderos que el año 2019 no produjeron madera aserrada por diversas razones, pero que aún estaban instalados y eventualmente podrían volver a producir, lo que ha ocurrido con alguna frecuencia.

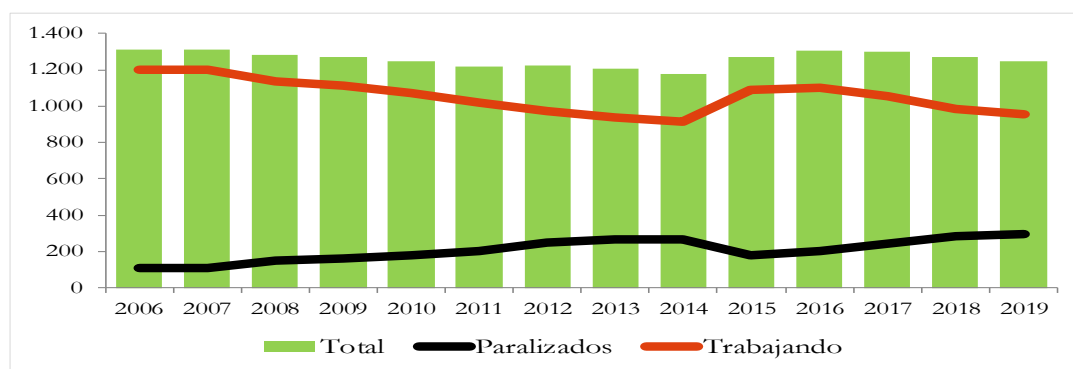


Figura N° 23. Evolución del número de aserraderos total y según situación de trabajo.

- Del total de 957 aserraderos que trabajaron el 2019, 448 son del tipo permanentes y los restantes 509 son del tipo móviles. Los primeros están siempre emplazados en el mismo lugar, mientras que los segundos están constituidos por maquinaria de tipo portátil que les permite trasladarse en busca de abastecimiento de trozos para aserrar. El 97,5% de la producción nacional se realiza en aserraderos de tipo permanente.

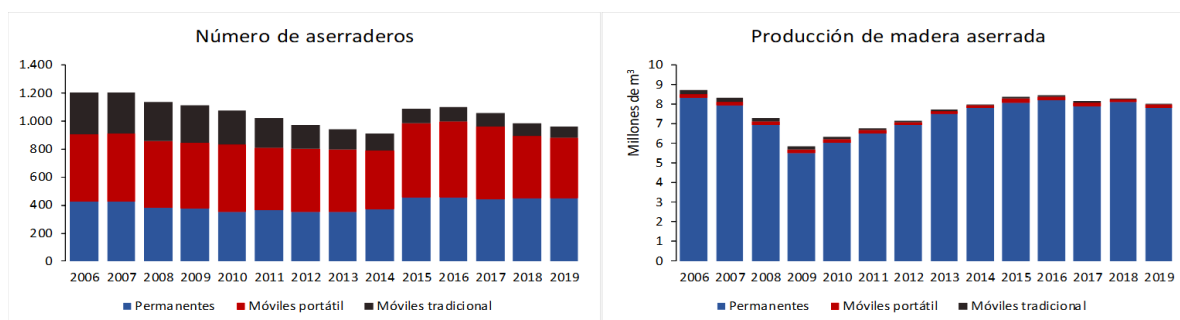


Figura N° 24. Evolución del número de aserraderos y su producción según movilidad.

- Los aserraderos se distribuyen desde la región de Valparaíso hasta la región de Magallanes, pero tres regiones: Maule, Ñuble y Biobío, concentran el 76,8% de la producción, lo que está directamente relacionado con la distribución geográfica de las plantaciones de pino radiata.

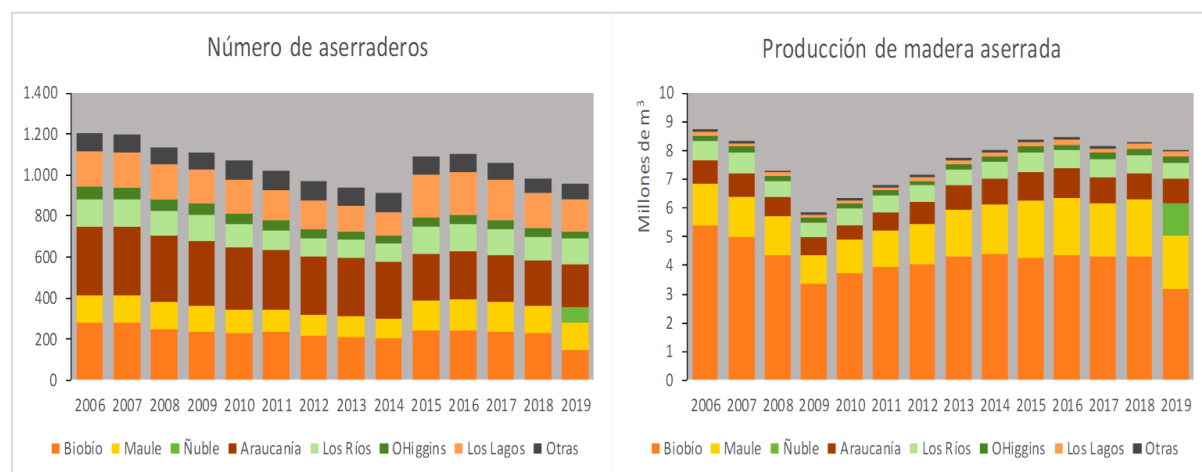


Figura N° 25. Evolución del número de aserraderos y su producción según región.

- La producción está muy concentrada en los aserraderos grandes (producción anual superior a 100 mil m³), que en el año 2019 fueron 18 unidades. A esto se agregan 92 aserraderos medianos (producción anual entre 10.001 y 100.000 m³) que participan con el 30,4% de la producción. El 14,1% restante se produce en 847 plantas pequeñas (producción anual menor a 10.000 m³).
- La distribución de la producción entre los aserraderos grandes, medianos y pequeños no muestra cambios significativos durante el período 2006-2019, lo que indica que la concentración no muestra una tendencia de crecimiento en este lapso de tiempo. Las unidades de mayor tamaño han mantenido su liderazgo en torno al 55-60%, con un *peak* de 61,2% registrado el 2013. En tanto, la participación de los aserraderos medianos se ha mantenido en 25-30%, con el *peak* de 30,4% del 2019, y la participación de los aserraderos pequeños ha fluctuado entre 12-16%, con su punto más alto en el 2009 cuando anotaron el 16,4% de la producción nacional, como resultado de la caída en la producción de los aserraderos grandes y no por aumento de su producción.

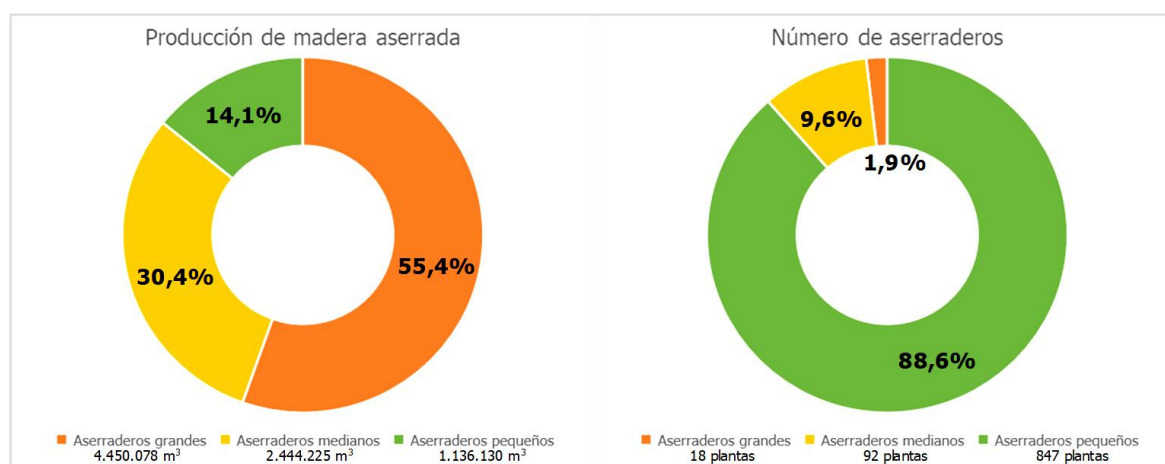


Figura N° 26. Producción y número de aserraderos según tamaño de la planta.

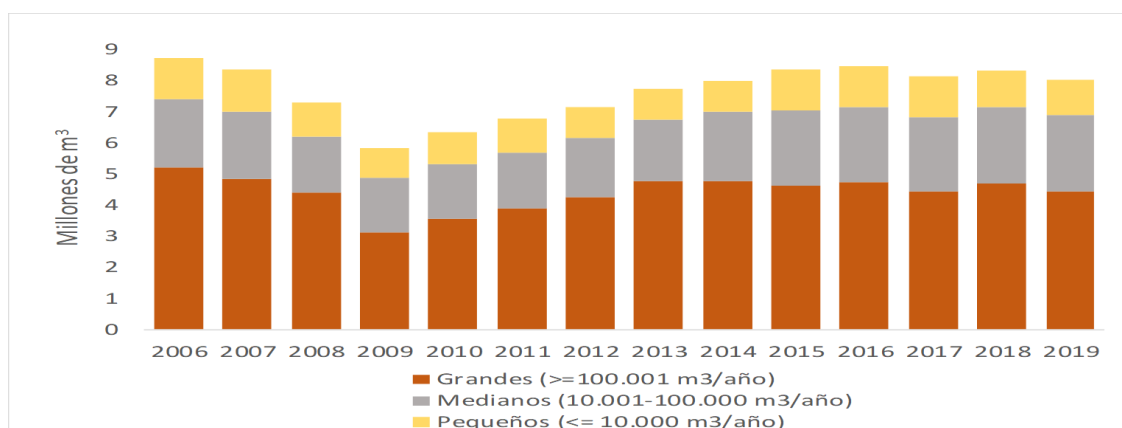


Figura N° 27. Evolución de la producción de madera aserrada según tamaño del aserradero

- La brecha tecnológica entre los distintos tamaños de aserraderos es muy pronunciada, particularmente en el ámbito de las tecnologías de producción y en el nivel de formación de los trabajadores, todo lo cual resulta en diferencias fundamentales en la productividad física por persona ocupada. En el año 2019, los aserraderos grandes alcanzaron una productividad media de 964 m³/persona, la que baja a 452 m³/persona en los aserraderos medianos y a 192 m³/persona en los

aserraderos pequeños, es decir, en los extremos la diferencia de productividad es de cinco veces, con todo lo que ello implica en términos de rendimiento de la materia prima, calidad de los productos obtenidos y capacidad ociosa de las instalaciones entre otros aspectos.

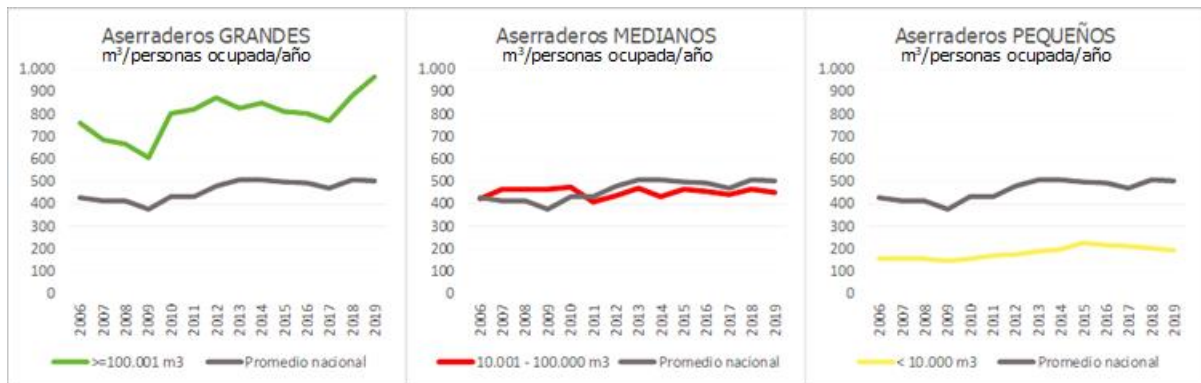


Figura N° 28. Evolución de la productividad media de los aserraderos según tamaño

- El mercado interno es el principal destino de la madera aserrada, con una participación de 68,5% de la producción nacional, mientras que el restante 31,5% se exporta, principalmente a mercados de Asia. De la producción que queda en el país, casi la mitad es procesada por los mismos aserraderos, en una actividad que INFOR denomina como reproceso. La otra mitad, equivalente a 2,72 millones de m³ en 2019, es comercializada por los aserraderos a través de ocho canales de comercialización principales, de los cuales los más importantes son los grandes distribuidores del *retail* (Homecenter, Easy, Construmart y otros), los intermediarios (personas o empresas que realizan la gestión de compra y venta), las plantas de remanufacturas y la venta directa al público.
- El tipo de canal de comercialización no ha cambiado significativamente con el tiempo, pero sí su participación. En este sentido se destaca la tendencia a la baja en las ventas de los aserraderos a plantas de remanufacturas, mientras crecen las ventas a intermediarios y al público. Las ventas directas a empresas constructoras muestran una tendencia de relativa estabilidad.

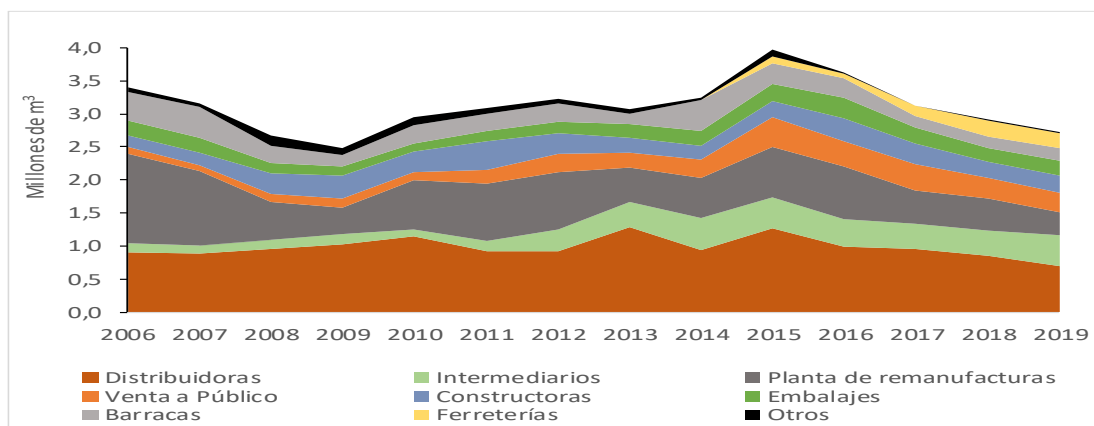


Figura N° 29. Evolución de los destinos de la madera aserrada en el mercado interno.

- Como se señaló anteriormente, casi la mitad (49,8%) de la madera aserrada que queda en el país se reprocesa en los aserraderos. Esta actividad surge en los aserraderos como una alternativa para agregar valor a la madera aserrada verde, en momentos en que esta no ofrecía una rentabilidad que hiciera sostenible el negocio; pero también para aumentar la rentabilidad de la materia prima. Los

productos del reproceso van desde madera cepillada hasta productos terminados como puertas y muebles, pero los más destacados son: molduras, *blanks*, *blocks* y paneles encolados de canto.

- En el 2019, 2,74 millones de m³ de madera aserrada fueron reprocesados en 350 aserraderos: 15 grandes, 53 medianos y 282 pequeños. En relación a la producción nacional por tamaño de aserradero, la proporción que se destina a reproceso es claramente mayor en los aserraderos grandes, luego en los medianos y por último en los pequeños. Cabe señalar que esta jerarquía solo es la tendencia de los últimos años, puesto que antes del 2015 la participación del reproceso era mayor en los aserraderos medianos y luego en los aserraderos pequeños, dejando a los grandes en el tercer lugar. Sin embargo, si la relación se hace respecto de la producción total de madera aserrada según tamaño de los aserraderos que hacen reproceso, la tendencia es claramente a la baja en los aserraderos pequeños y los medianos, y más moderada en los aserraderos grandes, llegando en el 2019 a proporciones muy similares: 45,7% en los grandes, 48,7% en los medianos y 48,2% en los pequeños.

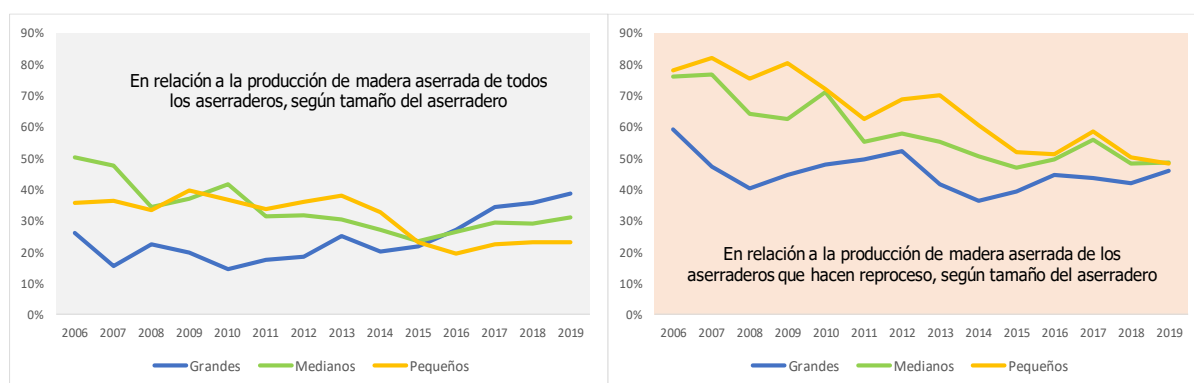


Figura N° 30. Evolución del volumen de madera aserrada destinado a reproceso, según tamaño.

- La ocupación de personas en la industria del aserrío muestra una fuerte tendencia a la baja a principios del período analizado como consecuencia de la crisis *subprime*, pero luego no se recupera en la misma proporción que la producción, por una parte, debido a que la producción de los aserraderos grandes no se ha recuperado a los niveles pre crisis y son más automatizados que antes, pero por otra, debido a que los aserraderos pequeños han disminuido en número y con ello en personas ocupadas; solo los aserraderos medianos muestran un crecimiento en el número de empleos que ofrecen desde los inicios del período de recuperación post crisis. Corrobora esta situación la tendencia a la baja en el empleo de los aserraderos de la región del Biobío, donde se concentran las plantas de mayor tamaño de la industria, como también el crecimiento en el empleo de la región del Maule donde dominan los aserraderos medianos y, por último, la tendencia a la baja en regiones como La Araucanía y Los Ríos, donde hay gran presencia de aserraderos pequeños.

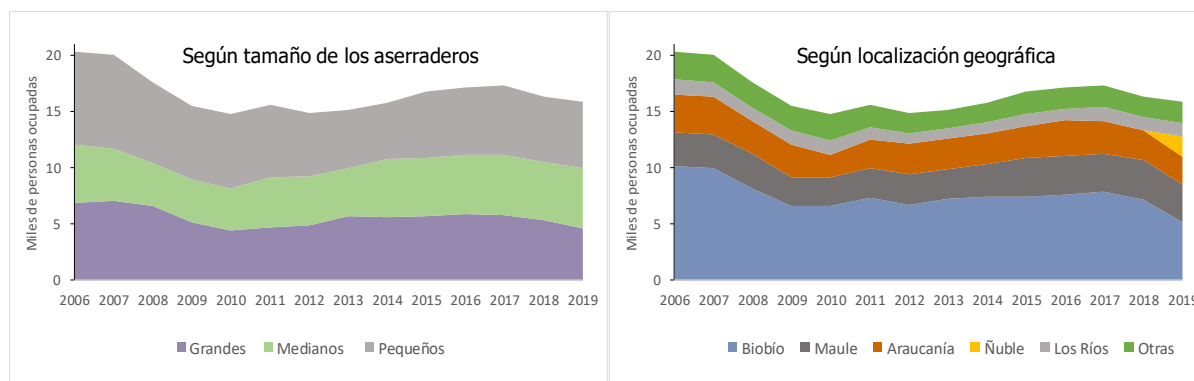


Figura N° 31. Evolución del número de empleados en la industria del aserrío

- Los tratamientos que se le da a la madera aserrada en los mismos aserraderos son básicamente dos, secado e impregnado. Durante el 2019, el volumen de madera seca representó el 54,4% de la producción nacional de madera aserrada, muy similar al récord histórico de 55% logrado el 2013, pero como en otros parámetros de la industria, la tendencia durante los 14 años del período 2006-2019, muestra que la participación de la madera seca se mantiene sin variaciones significativas, lo que en definitiva también ocurre con términos absolutos puesto que desde el 2009 a la fecha, solo se ha avanzado en volver a los niveles del 2006, lo que aún no se logra.
- En cuanto a la madera aserrada que se impregna en los aserraderos, el volumen registrado desde el año 2014 se ha mantenido por sobre los 200 mil m³, con un récord de 284.629 m³ alcanzado en el 2018. Con esto, su participación en la producción nacional de madera aserrada avanzó del 1-2% al 3%. Cabe señalar que tanto el secado de la madera como la impregnación son requisitos fundamentales que debe cumplir la madera aserrada estructural (MAE).

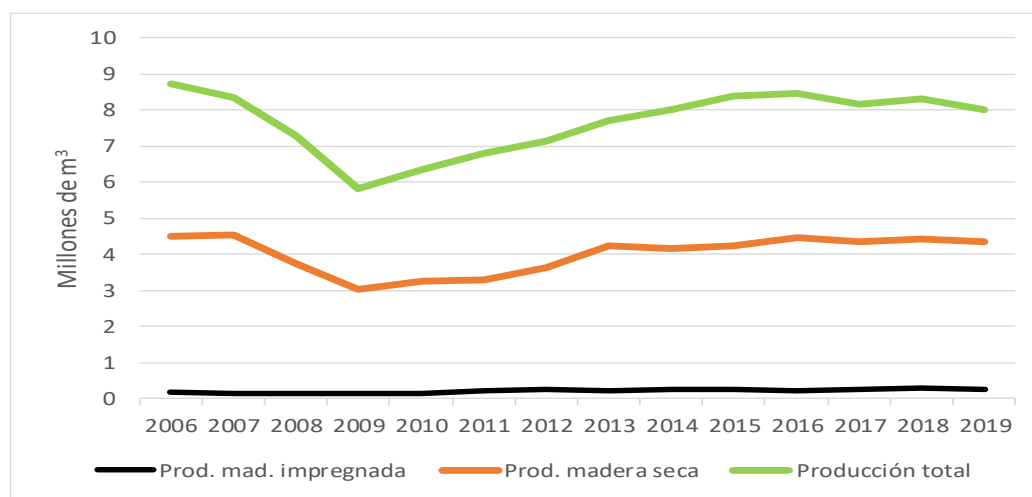


Figura N° 32. Evolución de los volúmenes de madera seca e impregnada

- Otro aspecto que destaca de la industria del aserrío es su contribución a la generación de biomasa para energía y otros usos. En este sentido, INFOR estima cada año la producción de lampazos, aserrín y corteza provenientes del proceso de aserrío propiamente tal, a lo que se agrega la producción de aserrín, viruta y despuntes producida en los aserraderos que realizan reproceso. En el año 2019 el volumen subproductos llegó a 5,24 millones de m³. El promedio de subproductos por aserradero muestra una tendencia de crecimiento a partir del año 2010, lo que podría indicar una baja en el rendimiento promedio de la actividad principal, la producción de madera aserrada.

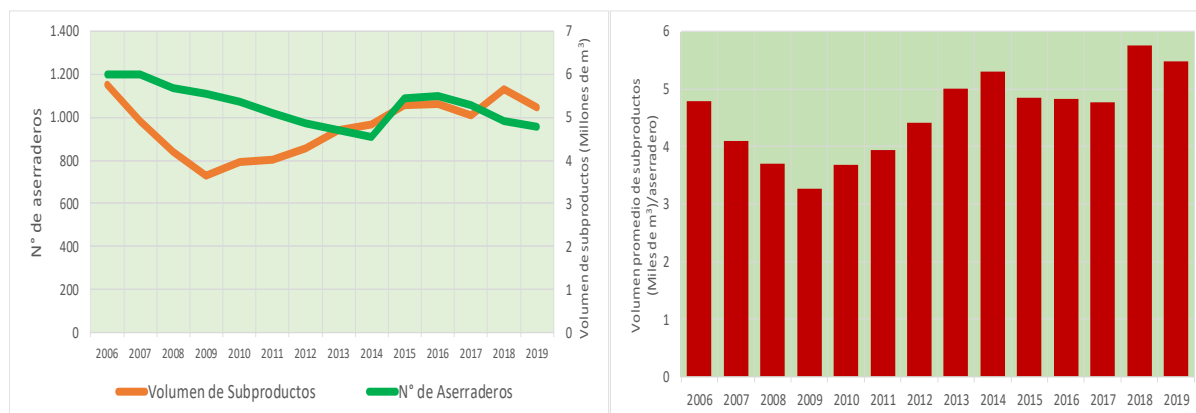


Figura N° 33: N° de aserraderos, volumen de subproductos y volumen promedio por aserradero.

2.4.3 Producción de Madera Aserrada para uso Estructural

En el contexto del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas del Instituto Forestal (INFOR), para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción”, financiado por CORFO, INFOR inició en el año 2019, la toma de datos para generar estadísticas específicas sobre la producción de madera aserrada estructural.

A la fecha, se han realizado tres muestreos anuales a la industria del aserrío en relación a este producto de tanta importancia para la construcción en madera y para la fabricación de vigas y otros elementos de ingeniería en madera. Los dos primeros muestreos están procesados y validados, mientras que el tercero, correspondiente a la información del año 2020, está en etapa de procesamiento y validación a la fecha de edición del presente informe. Sin embargo, antes de presentar los antecedentes recopilados, es necesario señalar que la madera aserrada se ha comercializado y utilizado en estructuras de edificaciones desde tiempos inmemoriales, a partir de la selección de piezas que realizan los aserraderos en base a la experiencia y el uso tradicional, y no en base una norma que la clasifique y reconozca como tal. En la práctica, esto significa que al preguntar a los encuestados si producen madera aserrada estructural, su respuesta entrega un volumen de madera que no necesariamente cumple con las especificaciones de la normativa vigente. A este último respecto, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (MINVU, 1992) releva el cumplimiento de las normas NCh 1207 y NCh 819, de lo cual se deduce que la madera aserrada estructural (MAE) debe cumplir con los siguientes cuatro requisitos: 1) tener grado estructural visual o mecánico, 2) contenido de humedad menor al 19%, 3) tener dimensiones uniformes y 4) estar preservada (para pino radiata y otras especies clasificadas como no durables).

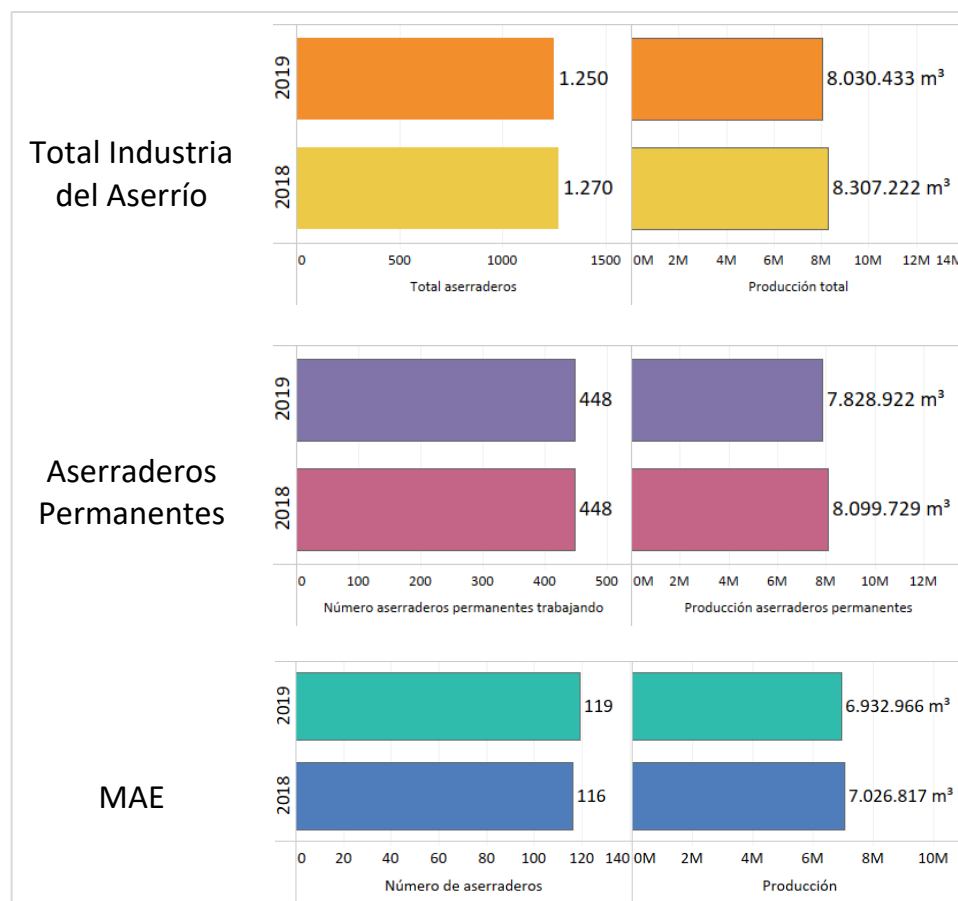


Figura N° 34. Representatividad de la muestra de Madera Aserrada Estructural

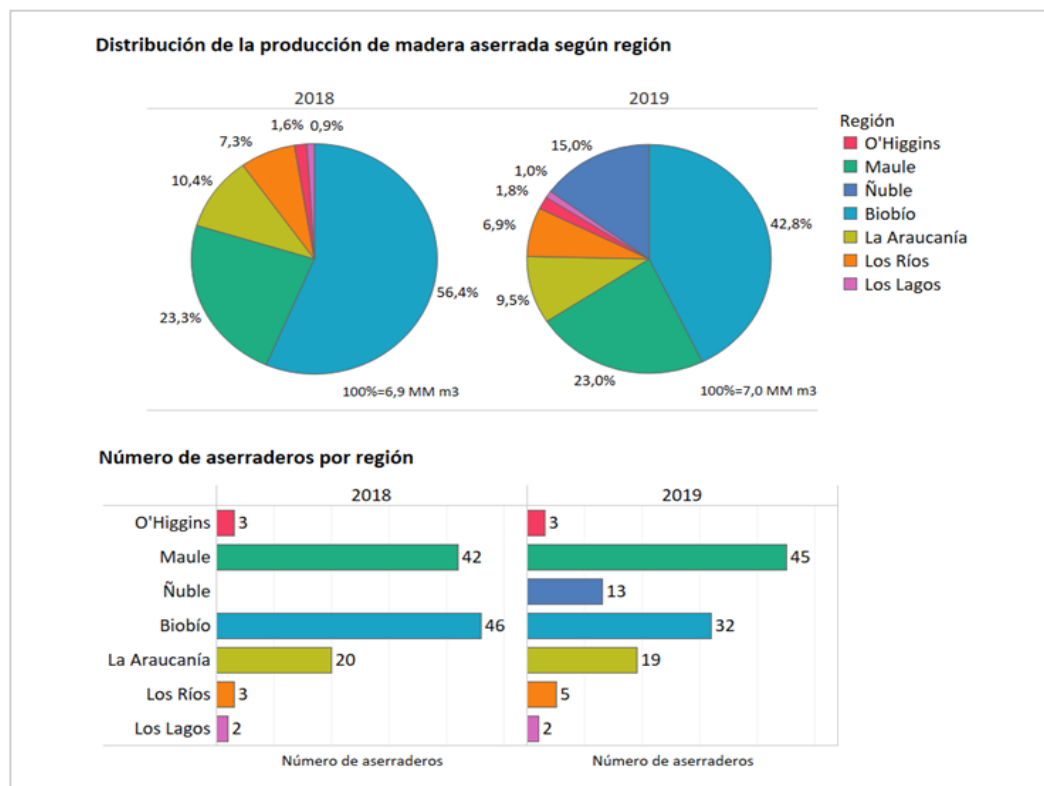


Figura N° 35. Distribución regional de la muestra

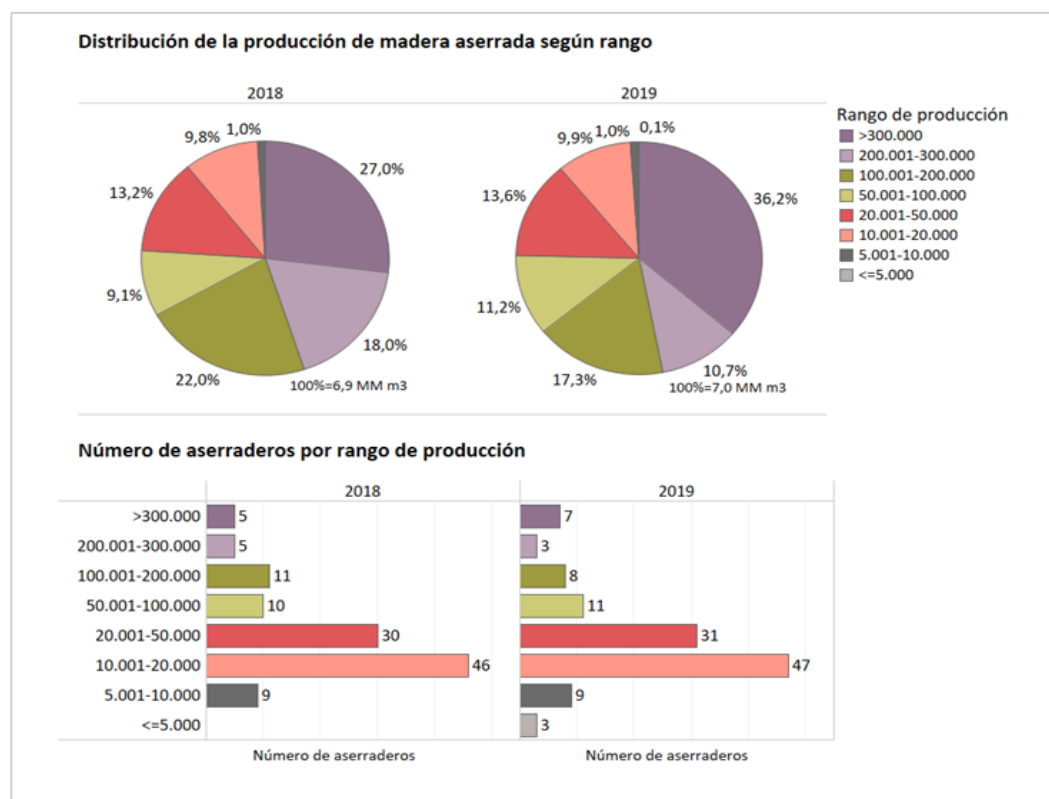


Figura N° 36. Distribución de la muestra según rango de producción del aserradero

La muestra seleccionada para la primera toma de datos, realizada el año 2019 y que entregó información del año 2018, consideró un total de 116 aserraderos, mientras que en el muestreo 2020 se incluyeron 119 aserraderos, que representan el 86,3% de la producción nacional de madera aserrada, el 88,6% de la producción nacional de los aserraderos permanentes y el 26,6% del número de aserraderos permanentes. En estos tres muestreos se han excluido del universo muestral a los aserraderos móviles, debido a que su forma de operar, los aleja de la posibilidad de ser proveedores de madera aserrada estructural.

La muestra está distribuida entre las regiones de O'Higgins y Los Lagos, reflejando una mayor concentración del número de aserraderos y de la producción de madera aserrada en las cuatro regiones más destacadas del rubro: Biobío, Maule, Ñuble y La Araucanía. La mayor diferencia entre los datos del 2018 y 2019, se genera por la entrada en vigencia de la nueva región de Ñuble, que hasta el 2018 perteneció a la región del Biobío.

La muestra incluye aserraderos de todos los rangos de producción. En número dominan los que producen más de 10.000 m³/año y menos de 50.000, pero en producción dominan los 10 aserraderos que están en los dos rangos superiores.

Los principales resultados que se obtienen de la información recopilada en los muestreos realizados para la obtención de los datos 2018 y 2019, se pueden resumir en:

- El concepto de madera aserrada estructural se conoce ampliamente, más del 80% de los encuestados declara conocerlo. Los que no lo conocen tienden a aumentar en la medida que el rango de producción es menor.
- En regiones, el mayor desconocimiento del concepto de madera aserrada estructural se registra en la región de Los Ríos, pero también se observa un cierto nivel de desconocimiento en las otras regiones, con la excepción de Biobío, que en los dos muestreos muestra un conocimiento cercano al 100%.
- En el año 2019, los aserraderos que declaran producir madera aserrada estructural son 40, y estos aserraderos representan algo más del 35% de la producción de madera aserrada de la muestra.
- En cuanto al conocimiento de los cuatro requisitos que debe cumplir la MAE, señalados anteriormente, algo más del 50% de los aserraderos encuestados declaró conocerlos.
- Consultados sobre solicitudes de venta de MAE, el número de aserraderos que las ha tenido es bajo, 17 de 119 para el año 2019 y 15 de 116 para el 2018.
- Consultados sobre el interés por producir MAE, 49% de los aserraderos en el 2018 y 62% en el 2019, señalaron que no tienen interés en producirla; en total estas plantas produjeron 3,6 y 2,7 millones de m³ respectivamente, que quedarían al margen de la producción de MAE por falta de interés.
- Consultados por el interés en capacitar a personal del aserradero en clasificación visual o mecánica de MAE, el 38% (2018) y el 32% (2019) respondieron tener interés.
- Por último, consultados por el volumen de madera aserrada estructural que producen, se concluyó que para el 2019 el 6% de la producción de los aserraderos encuestados y para el 2018 el 7%, correspondió a madera aserrada estructural sin clasificar, es decir, declarada así por la experiencia y uso que tienen los encuestados. La MAE, clasificada como tal por personas capacitadas para hacerlo, llegó a cerca de 40 mil m³ en el 2019 y algo más de 20 mil m³ en el 2018.

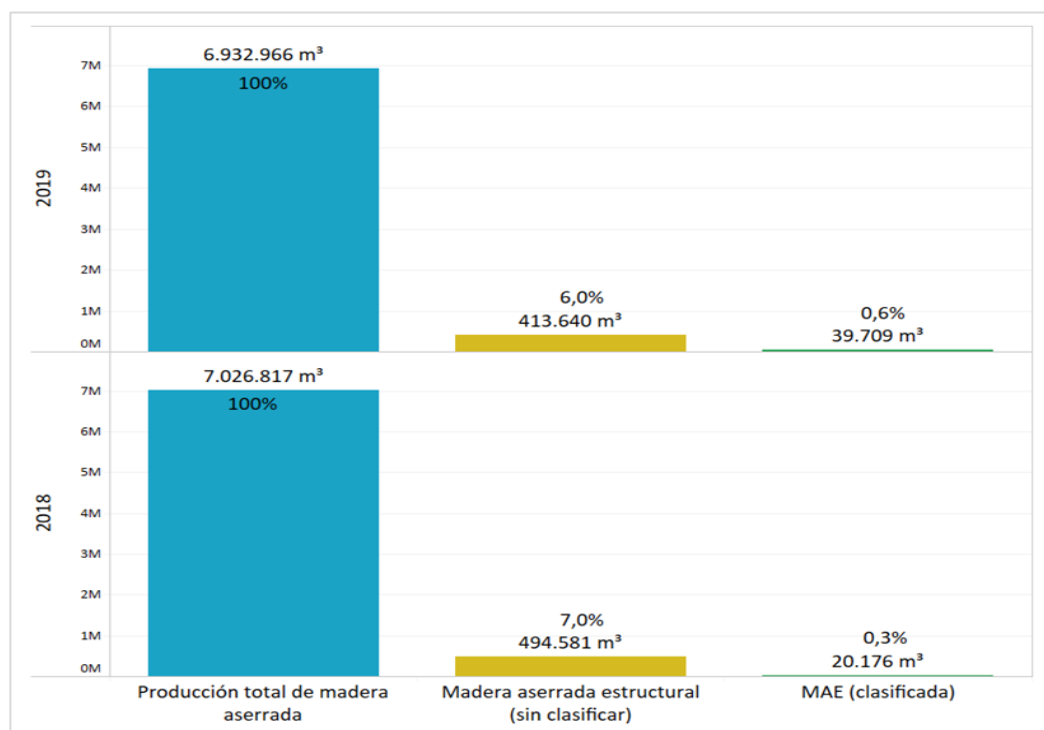


Figura N° 37. Producción de madera aserrada total y estructural 2018-2019

2.4.4 Industria de tableros de madera

La industria de tableros de madera en Chile tiene una larga trayectoria, existiendo estadísticas oficiales sobre su producción y comercio exterior desde el año 1960, cuando los tableros de fibra duros dominaban el rubro con cerca del 40% de la producción, y los tableros MDF, OSB y MDP estaban lejos de llegar a producirse en Chile.

Actualmente, en el país se producen siete tipos de tableros. Agrupados según el proceso productivo se tiene: 1) los tableros de fibra, que incluyen tablero duro (HB), tablero de fibra de alta densidad (HDF) y tablero de fibra de densidad media (MDF); 2) los tableros de partículas, que incluyen tablero de partícula de densidad media (MDP), tablero de partícula tradicional (PB) y tablero de hebras orientadas (OSB), y 3) los tableros contrachapados.

La producción total de la industria sobrepasó por primera vez los 3 millones de m³ en el año 2015 y se ha mantenido sobre esa barrera desde entonces, llegando en el 2019 a 3,31 millones de m³, levemente inferior al récord histórico de 3,37 millones de m³ registrado en el 2018. La distribución de la producción según los tres grupos de tableros, muestra que en los últimos años no ha habido cambios significativos, solo una leve tendencia al aumento en la participación de los contrachapados, en detrimento del grupo de tableros de partículas.

En la construcción, los tableros más usados con fines estructurales, que sirven como soporte y forman parte estructural de la edificación, son los OSB y los contrachapados; estos tableros también se utilizan como elementos de apoyo o elementos secundarios en el sistema constructivo, dependiendo de su espesor y de algunas características específicas de fabricación. Los demás tableros, los HDF, MDF, MDP y otros, forman parte de los tableros no estructurales, siendo utilizados principalmente para revestimientos interiores en paredes, techos y pisos, en elementos de carpintería como las molduras y los marcos de ventanas y puertas, y en los muebles que se construyen en obra.

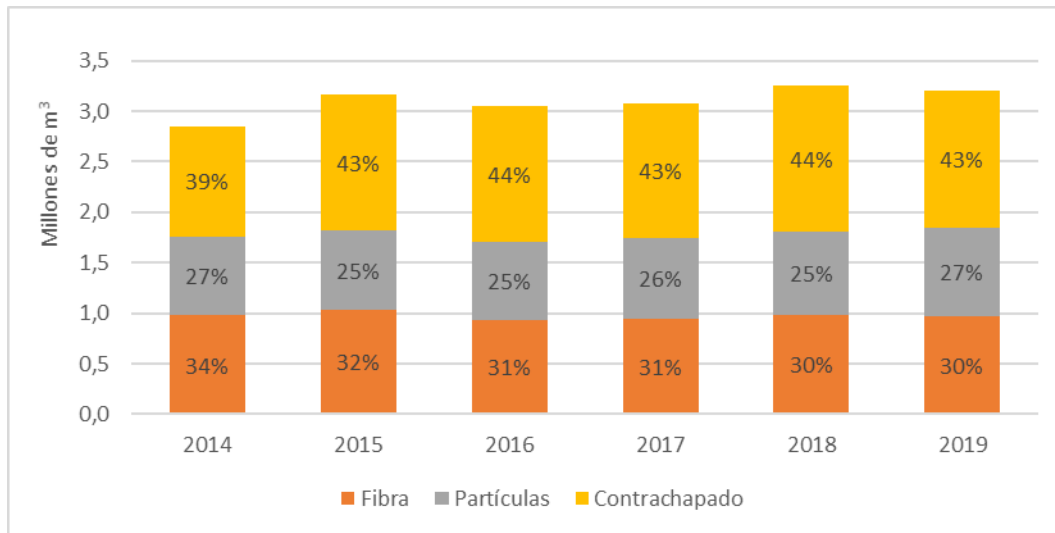


Figura N° 38. Evolución de la producción de tableros, según grupos 2014-2019

a) Tableros estructurales

Los tableros contrachapados, estructurales y no estructurales, son los de mayor producción en Chile. En el año 2019 la producción nacional llegó a 1.363.351 m³, cifra que se originó en 15 plantas productoras, de las cuales tres concentran el 70% de la producción, dos de estas pertenecen a la empresa Maderas Arauco y la otra a la empresa CMPC Maderas.

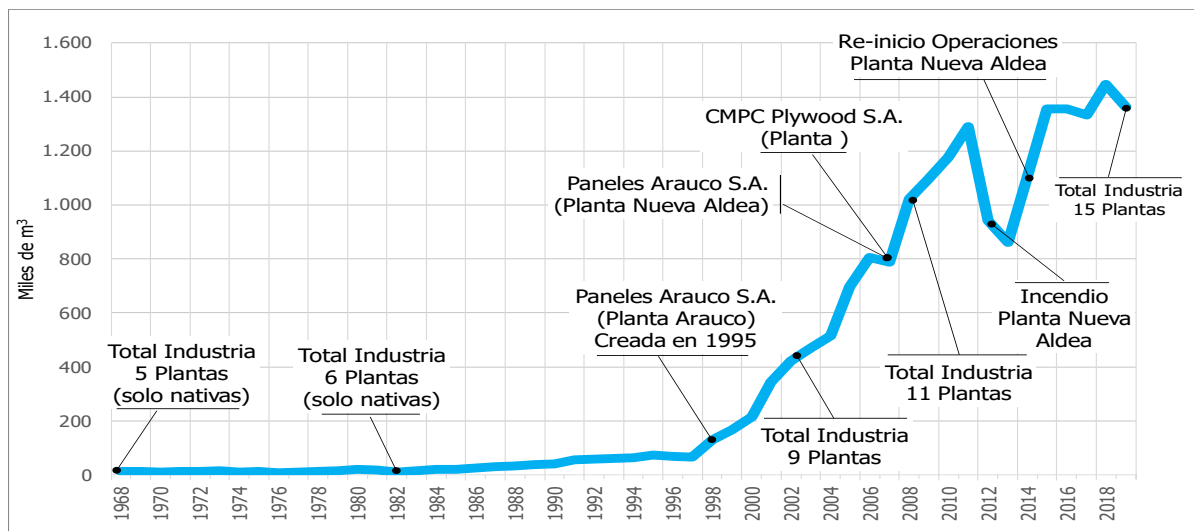


Figura N° 39. Hechos relevantes en la producción de contrachapados en Chile 1968-2019

En el 2019, el consumo aparente de contrachapados alcanzó a 630 mil m³, lo que significó una disminución de 0,9% en comparación con el año anterior. Este resultado está influenciado principalmente por la trayectoria de las exportaciones del producto, que ha tenido altos y bajos durante toda la década y particularmente en los últimos años.

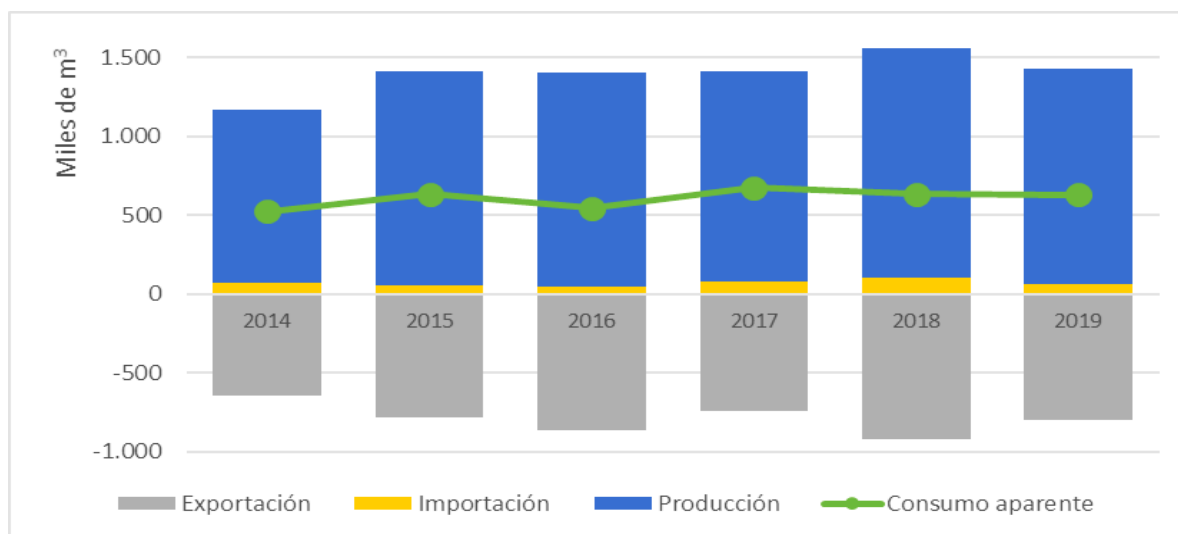


Figura N° 40. Consumo aparente de tableros contrachapados estructurales y no estructurales

Otro tablero de uso preferentemente estructural es el OSB. La producción de tableros OSB en Chile se inició en el año 2001, con la puesta en marcha de la Planta Panguipulli de la compañía Louisiana Pacific S.A. En el año 2019, la producción total de este producto alcanzó un volumen de 301.836 m³, donde el 95% se realizó en dos plantas de la compañía Louisiana Pacific (Panguipulli y Lautaro) y el 5% restante en la planta de la empresa Chile Panel S.A., una compañía que inició sus operaciones precisamente en el año 2019, en las antiguas instalaciones de la fábrica de tableros Polincay en la comuna de La Unión, región de Los Ríos.

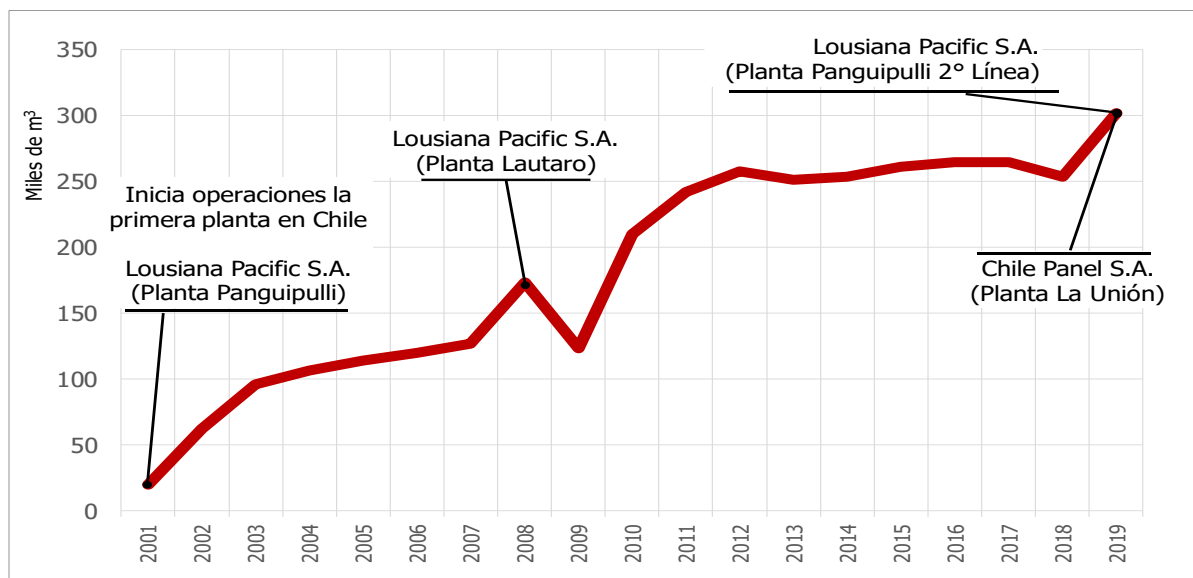


Figura N° 41. Hechos relevantes en la evolución de la producción de OSB en Chile, 2001-2019

El consumo aparente de OSB mostró una clara tendencia al alza hasta mediados de la década anterior, sin embargo, en los últimos años no se ha estabilizado, llegando en el año 2019 a 378.475 m³, con una baja de 9% en relación al registro del año anterior, que estuvo particularmente elevado por efecto del crecimiento que ese año tuvieron las importaciones.

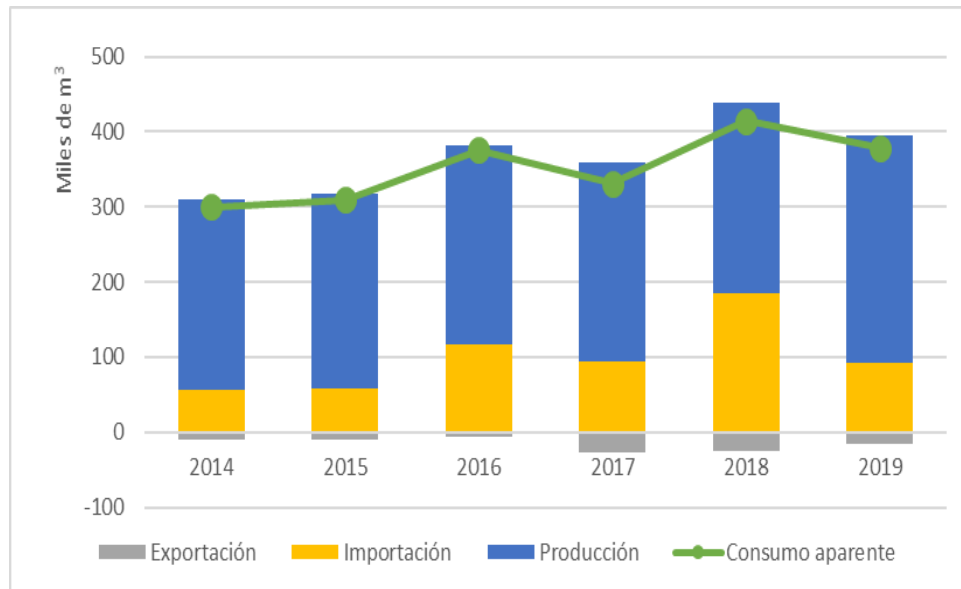


Figura N° 42. Consumo aparente de tableros OSB 2014-2019

b) Tableros no estructurales

Este grupo está compuesto por cinco tipos de tableros, que se producen en ocho plantas: una de tableros de fibra duros (*Hardboard*, HB); una de tableros de fibra de alta densidad (*High Density Fiberboard*, HDF); tres de tableros de fibra de densidad media (*Medium Density Fiberboard*, MDF); dos de tableros de partículas de densidad media (*Medium Density Particleboard*, MDP), y una de tableros de partículas tradicional (*Particleboard*, PB).

Durante los últimos años, la producción conjunta de los tableros no estructurales ha sido relativamente estable, promediando en torno a 1,5 millones de m³ anuales. El hecho más notable del período es el cambio de los tableros de partículas tradicionales a tableros MDP, lo que en la práctica ha significado que la producción de los primeros está cerca de terminar, mientras que la producción de los MDP ya sobrepasa los 500 mil m³.

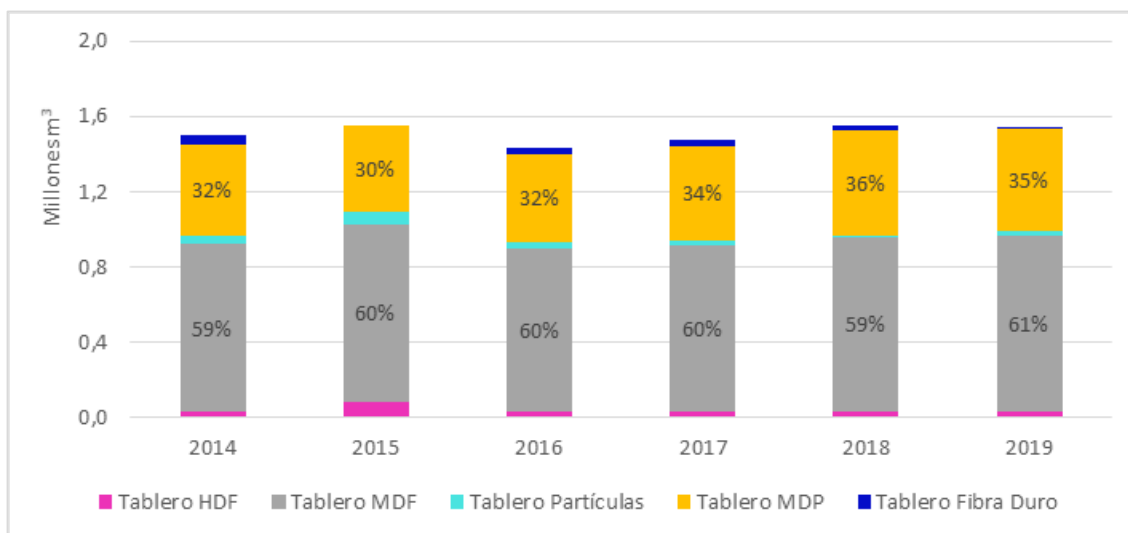


Figura N° 43. Producción de tableros no estructurales según tipo 2014-2019

Los tableros MDF y los tableros MDP concentran el 96% de la producción de los tableros no estructurales. En el año 2019, los MDF participaron con el 60,7% de la producción de tableros no estructurales, en tanto que los MDP participaron con el 35,3%. Solo dos empresas producen estos tableros en Chile: Maderas Arauco, con una planta de MDP y otra de MDF, y MASISA, con una planta de MDP y dos de MDF.

Los tableros HDF son producidos en una planta de la empresa Masonite, los tableros de fibra duros son producidos en una planta de Maderas Arauco y los tableros de partículas tradicionales son producidos en una planta de la empresa MASISA.

2.4.5 Madera laminada encolada (MLE)

La información que se presenta a continuación corresponde al primer muestreo ejecutado por INFOR a la industria de madera laminada encolada en Chile, actividad realizada durante el segundo semestre del año 2020, en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas del Instituto Forestal (INFOR), para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción", financiado por la Corporación de Fomento de la Producción.

A partir de un listado de 23 empresas identificadas como potenciales fabricantes de productos de ingeniería en madera, la información se depuró hasta llegar a un total de 15 empresas entre las cuales está la empresa Louisiana Pacific Chile, que produce exclusivamente tableros OSB y vigas *I-joist*.

Las restantes 14 empresas producen madera laminada encolada (vigas y pilares); de éstas, 11 accedieron a participar en el estudio lo que representa el 79% del total. La información de estas 11 empresas se extrapó al universo, utilizando criterios de representatividad según el tamaño estimado de las compañías.

Como resultado, se puede concluir que en Chile la industria de productos de ingeniería en madera comprende madera laminada encolada y vigas *I-joist*, a lo cual se agregan los fabricantes de cerchas industrializadas. En cuanto a CLT, hay empresas que han producido algunos volúmenes en forma ocasional, aunque recientemente las empresas CMPC y Cortelima han anunciado la creación conjunta de Niuform, empresa que fabricará este producto. No se producen en Chile otros productos de ingeniería en madera como los descritos en el punto 1.1.1 de este estudio.

Producción

Las empresas fabricantes de vigas y pilares laminados fueron clasificadas según su capacidad instalada de producción anual a un turno. Se definieron las siguientes tres categorías: empresas grandes (capacidad instalada mayor a 5.000 m³), empresas medianas (capacidad de entre 2.000 m³ y 5.000 m³) y empresas pequeñas (capacidad menor a 2.000 m³). La capacidad instalada anual total de madera laminada encolada, incluyendo vigas y pilares, corresponde a 44.405 m³, donde el 94% de la capacidad productiva se divide en partes muy similares entre las grandes y medianas empresas. Las empresas pequeñas aportan el 6% de la capacidad instalada anual y son el grupo más numeroso.

Cuadro N° 9. Capacidad Instalada de madera laminada encolada 2019

Tamaño	Empresas (N°)	Capacidad Instalada anual a un turno (m ³)	Participación (%)
Grande (>5.000 m ³).	3	21.200	48
Mediana (Entre 2000 m ³ y 5.000 m ³)	5	20.625	46
Pequeña (<2.000 m ³)	6	2.580	6
Total	14	44.405	100

Durante el año 2019, la producción de madera laminada encolada llegó a 17.751 m³, de los cuales el 78,1% correspondió a vigas y el 21,9% a pilares. La producción de vigas incluye 768 m³ de vigas impregnadas. En relación al año anterior, el 2019 mostró una baja de 4,3%, mientras que las estimaciones de los propios encuestados para el año 2020, registran bajas significativas que superan el 20%.

Aunque la capacidad instalada está más concentrada en las plantas grandes y medianas, en la producción las diferencias entre los tres segmentos de la industria se atenúan, con participaciones relativamente similares: 37,9% las grandes empresas, 34,4% las medianas y 27,7% las pequeñas.

El volumen de producción 2019 fue generado fundamentalmente en base a los pedidos que tuvieron las empresas (89%). Otros criterios utilizados fueron: seguir los niveles de producción del año anterior (7%) o producir para tener oferta de productos (4%).

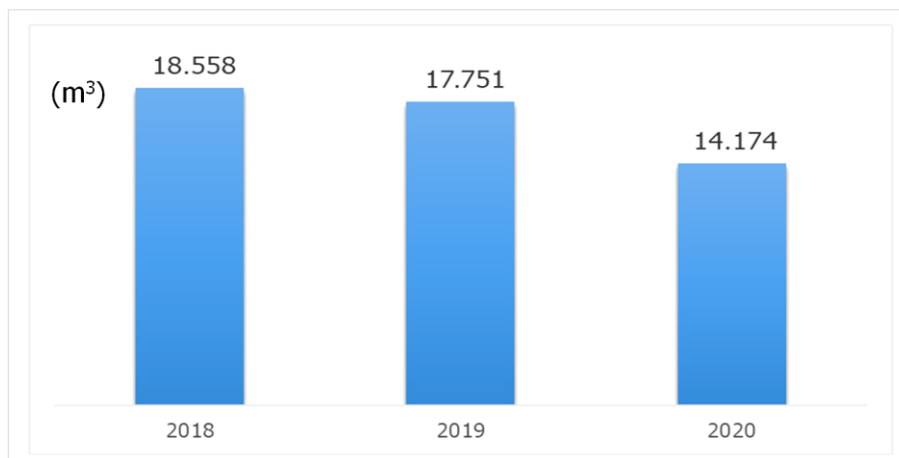


Figura N° 44. Evolución de la producción de madera laminada encolada

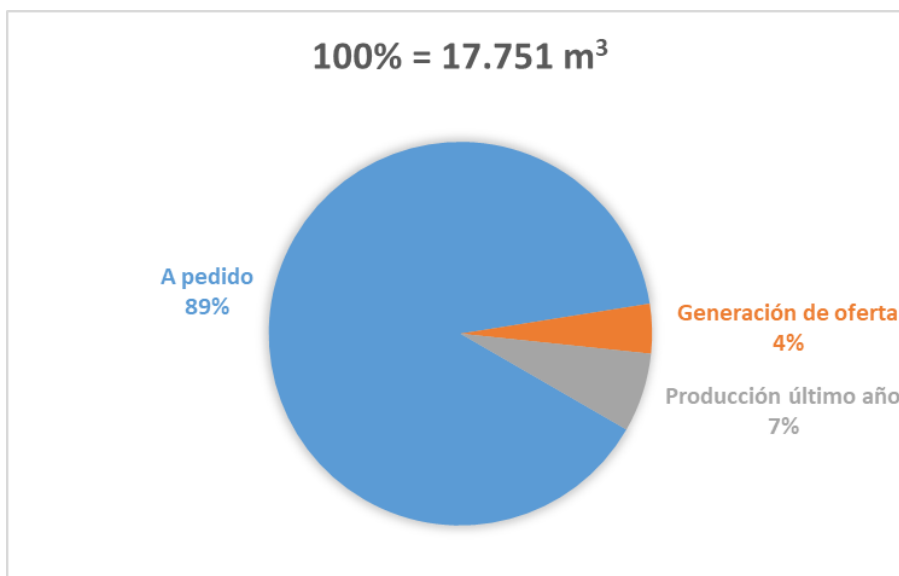


Figura N° 45. Criterios que determinaron el volumen de producción de madera laminada encolada 2019.

Por otra parte, el 100% del volumen producido el 2019 correspondió a plantas que operaron en forma regular, mientras que durante el 2020 el 40% del volumen estimado de producción se produjo en plantas que trabajaron en forma esporádica, es decir, solamente trabajaron algunos meses del año debido a las limitaciones impuestas por la pandemia del Covid-19.

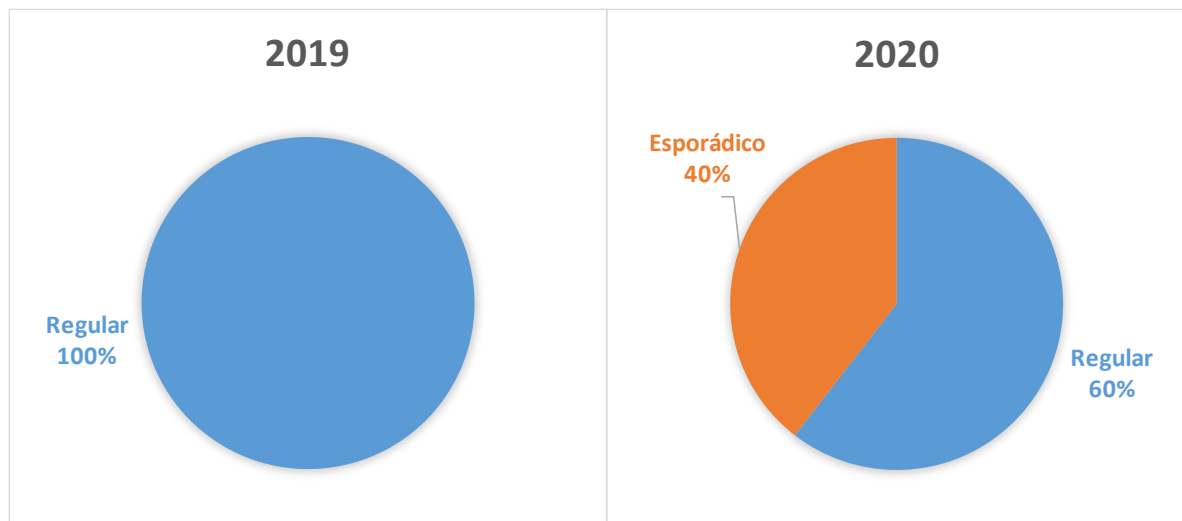


Figura N° 46. Regularidad en la producción de madera laminada encolada.

En cuanto al destino de la producción, la industria señaló que en el año 2019 el 85% se destinó al mercado nacional, en tanto que el restante 15%, equivalente a unos 2.660 m³, fue exportado. Esta última cifra es concordante con lo señalado más adelante en el apartado de comercio exterior, cuya fuente es la información del Servicio Nacional de Aduanas.

Abastecimiento

La producción de madera laminada encolada requiere de madera aserrada estructural. Durante el año 2019, esta producción consumió un total de 31.389 m³ de madera aserrada, donde el 89% del volumen correspondió a madera de pino radiata, 8% a pino oregon y el 3% restante a otras especies. Las empresas de mayor tamaño participaron con el 44% del consumo total, al mismo tiempo que las empresas de tamaño medio concentraron el 49%. Cabe señalar que el 37% del volumen de madera aserrada utilizado en las plantas de laminados proviene de aserraderos que son de propiedad de las mismas empresas, el 33% viene de grandes aserraderos y el 33% de aserraderos medianos. Los aserraderos pequeños u otro tipo de proveedores, no tuvieron participación.

Cuadro N° 10. Abastecimiento de madera aserrada según tamaño del aserradero, en plantas de MLE 2019

Tamaño según rango de producción	Empresas (N°)	Abastecimiento de Madera Aserrada (m ³)	Participación del Abastecimiento (%)
Grande (>5000 m ³)	3	13.675	44
Mediana (Entre 2000 m ³ y 5000 m ³)	5	15.494	49
Pequeña (<2000 m ³)	6	2,220	7
Total	14	31.389	100

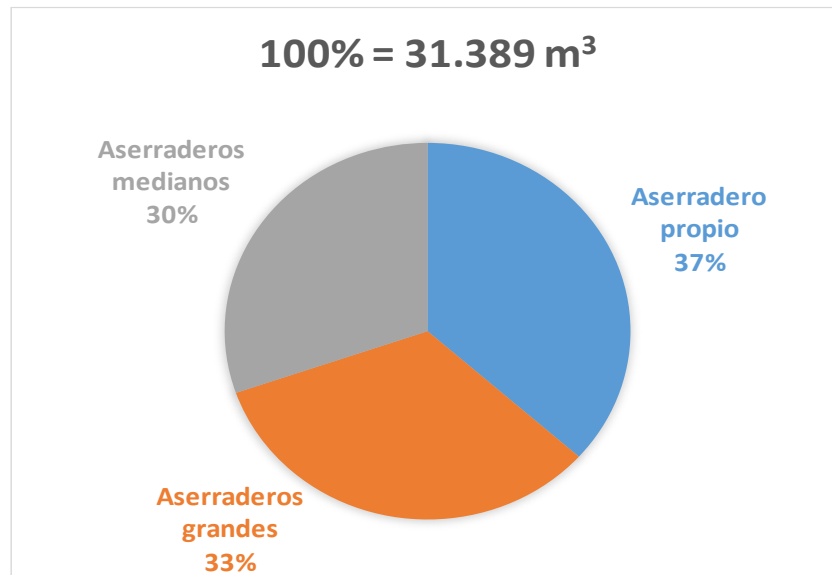


Figura N° 47. Origen del abastecimiento de madera aserrada, en plantas de MLE 2019

De la madera aserrada que ingresa a las plantas de producción, el 95% corresponde a madera aserrada seca y el 5% a madera aserrada verde. Según lo que indicaron las empresas encuestadas, ellos consideran madera aserrada seca a la que tiene un contenido de humedad promedio de 12%.

Ocupación

El número de personas ocupadas en la industria de madera laminada encolada asciende a 537, de las cuales el 94% corresponde a operarios de producción y el 6% a administrativos. Además de esto la mayor cantidad de trabajadores (93%) está contratado en forma permanente, mientras que el 7% es temporal. En cuanto a la distribución de género, el 93% corresponde a hombres y el 7% a mujeres.

Proceso productivo

Según la información recopilada en la encuesta realizada, las plantas de madera laminada encolada se abastecen casi en su totalidad de madera aserrada seca y, por lo tanto, la preparación de esta materia prima está integrada al proceso de laminado. Cuando la madera está verde, primero es secada y luego clasificada y eventualmente es impregnada, dependiendo de los requerimientos de la pieza que se quiera fabricar.

El primer proceso en la producción de laminados a partir de madera aserrada es la obtención de piezas de madera aserrada que cumplan con el grado estructural exigido para la lámina (grado A o B, según NCh 2148) (INN, 1989). Luego, estos trozos se ensamblan mediante uniones dentadas para formar las láminas. Cuando el largo lo permite, algunas empresas se abastecen parcial o totalmente de láminas. Posteriormente se realiza un cepillado para que las láminas alcancen las dimensiones deseadas. A continuación, se encolan entre sí y se prensan para formar la madera laminada, antes de que se inicie el fraguado del adhesivo, cuyo espesor debe quedar fino como una película y no como capa. Los adhesivos más utilizados para la fabricación son Melamina Urea Formaldehído (MUF) y adhesivo líquido a base de Poliuretano (PUR). Por último, la pieza de madera laminada encolada es cepillada para alcanzar su dimensión final. Opcionalmente, las vigas pueden tener un tratamiento de acabado con pintura o barniz, el cual se aplica en función de los requerimientos del mandante. El proceso completo de producción de madera laminada demora en promedio cuatro días, siendo la etapa más larga la del prensado, que demora entre 4 y 12 horas, dependiendo del tipo de adhesivo utilizado.

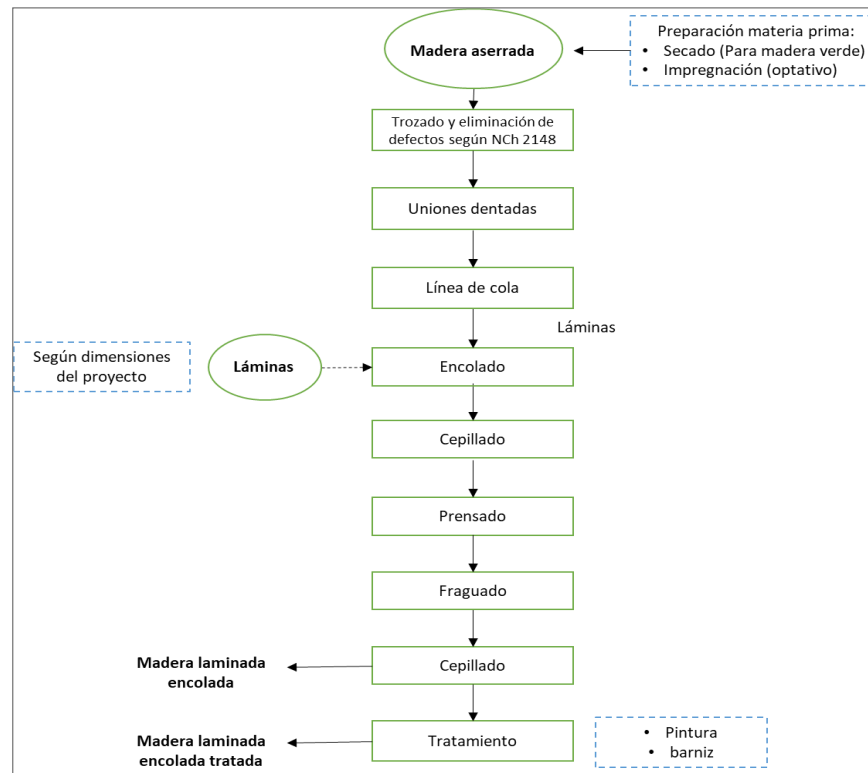


Figura N° 48. Lay out del proceso productivo de madera laminada encolada

En cuanto a la maquinaria utilizada en el proceso productivo, solo algunas empresas tienen cámara de secado e impregnadoras para la preparación de la materia prima, no las tienen las empresas que se abastecen de madera que ya cumple esas condiciones. Luego, para el proceso de laminado destacan como elementos de corte la sierra huincha y las escuadradoras, en tanto que dos empresas tienen máquinas CNC (Control Numérico Computarizado). El prensado se realiza con prensas mecánicas e hidráulica y en menor medida con prensa manual.

Cuadro N° 11. Máquinas utilizadas en la fabricación de madera laminada encolada

Proceso	Maquinaria	Empresas que tienen la maquinaria (N°)	Total de maquinaria (N°)
Preparación de la materia prima	Cámaras de secado	3	3
	Impregnadora	2	2
Laminado	Sierra Huincha	6	6
	Máquina CNC	2	2
	Escuadradora	5	5
	Inglete	1	1
	<i>Finger Joint</i>	10	14
	Encoladora	8	11
	Prensa mecánica	9	14
	Prensa hidráulica	7	8
	Prensa manual	3	6
	Cepilladora	10	18
	Lijadora	7	10

2.4.6 Cerchas de madera

Como se mencionó en el punto 1.1.1 del presente estudio, las cerchas son elementos de madera que se utilizan en la estructura de techumbres de edificaciones de diferentes tipos y destinos. Los diseños se relacionan directamente con el proyecto arquitectónico y las dimensiones y resistencia requeridas, de tal manera que existe una gran variedad de diseños.

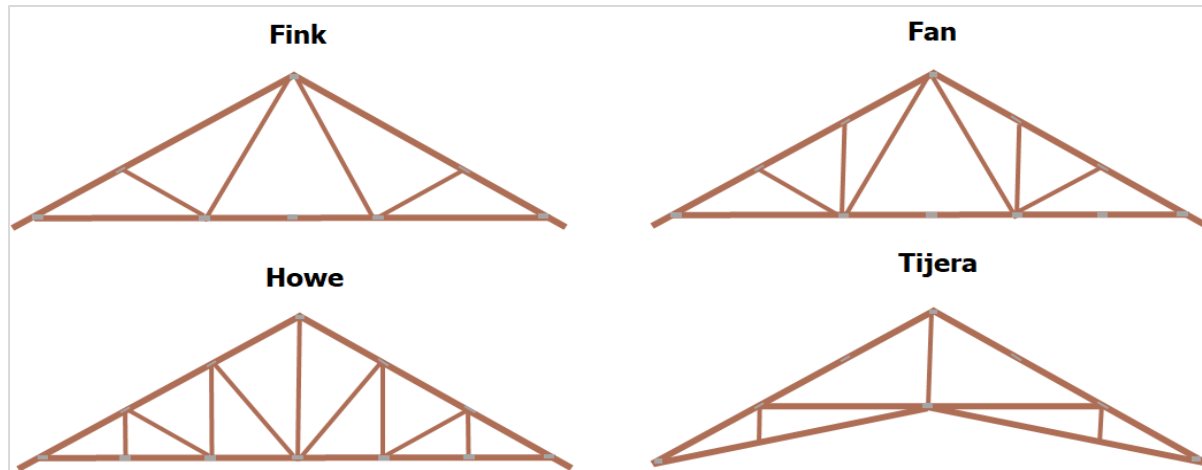


Figura N° 49. Tipos más comunes de cerchas de madera

En el año 2020, INFOR aplicó una encuesta para caracterizar la producción 2019 de cerchas industrializadas de madera. Para esto, la determinación del universo de empresas a encuestar se realizó considerando aquellas fábricas que producen para la venta y no están integradas directamente con las constructoras u otras empresas demandantes del producto. Así, se determinó un universo de seis empresas productoras y comercializadoras de cerchas, las cuales accedieron en su totalidad a participar en este estudio.

Producción

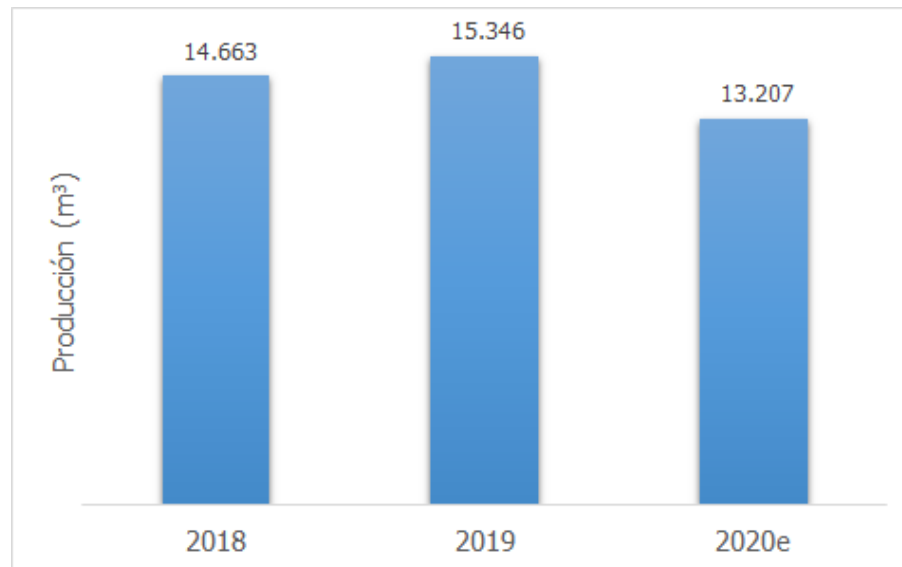
Clasificando las empresas productoras de cerchas de madera en función de su capacidad instalada anual (a un turno), se identifican dos empresas que poseen una capacidad mayor a los 5.000 m³, dos de entre 2.500 m³ y 5.000 m³ y dos menores a 2.500 m³. La capacidad instalada anual total de las empresas asciende a 25.110 m³ de cerchas de madera, de los cuales el 58% se encuentra concentrado en dos las empresas de mayor producción.

Cuadro N° 12. Capacidad instalada de cerchas de madera según tamaño de las plantas

Tamaño	Cantidad (N°)	Capacidad Instalada Anual (a un turno) (m ³)	Participación (%)
Grande (>5.000 m ³)	2	14.455	58
Mediana (entre 2.500 m ³ y 5.000 m ³)	2	6.856	27
Pequeña (<2.500 m ³)	2	3.800	15
Total	6	25.110	100

Las empresas encuestadas declararon que durante el año 2019 tuvieron una producción total de 15.086 m³ de cerchas, lo que se complementa con 260 m³ de frontones, dando un total de 15.346 m³; estos

dos productos son muy similares en características y uso. Para el 2020, se estimó una producción de 13.207 m³. La producción declarada del año 2018 fue de 14.663 m³.



e: estimado.

Figura N° 50. Producción de cerchas 2018-2020

Otra característica asociada a la producción de cerchas del año 2019, es que el 95% se definió en función de los pedidos que tuvieron las empresas, mientras que el 5% se determinó en base a la producción del año anterior.

En cuanto a los destinos de la producción, el 100% de las cerchas de madera se comercializa en el mercado interno, siendo los principales clientes las empresas constructoras, las cuales son el destino del 93% de la producción, en tanto que los grandes distribuidores participan con el 5% y el restante 2% va a particulares.

Durante el año 2019, el 100% del volumen producido de cerchas de madera provino de plantas que operaron en forma regular, mientras que durante el año 2020 el 12% de la producción tuvo lugar en industrias que trabajaron algunos meses del año.

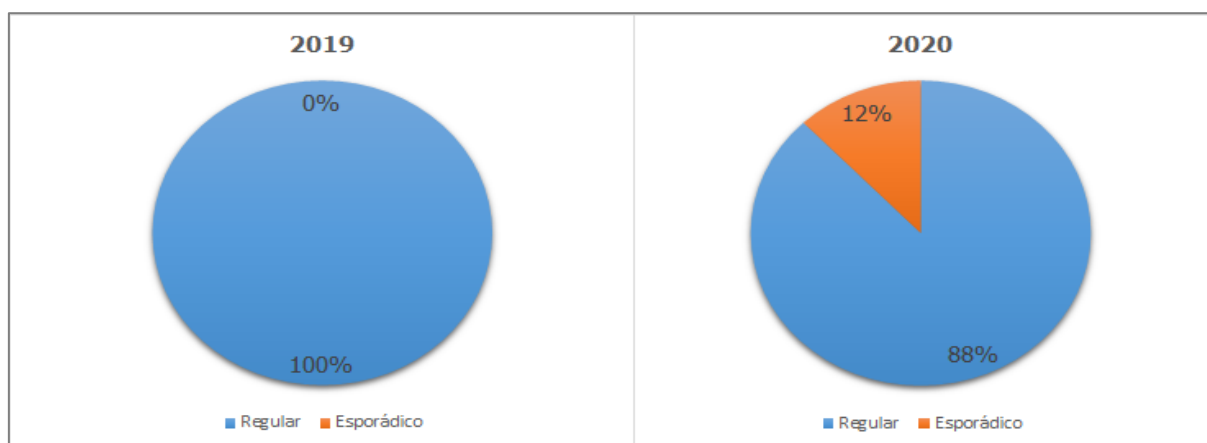


Figura N° 51. Regularidad de la producción de cerchas de madera
Abastecimiento

En el abastecimiento 2019 de las empresas productoras de cerchas de madera se contabilizó un volumen total de madera aserrada de 10.964 m³, en el cual el 100% corresponde a la especie pino radiata. Además, las empresas consumieron 5.885 m³ de madera cepillada, lo que equivale aproximadamente a 6.540 m³ de madera aserrada. El volumen total de madera cepillada consumido estaba impregnado, mientras que en el consumo de madera aserrada el 24% estaba impregnado.

El 60% del abastecimiento total (equivalente en madera aserrada) fue consumido por las empresas de mayor tamaño, seguido por las empresas medianas con el 22,9% y las pequeñas con el 17,1%.

Cuadro N° 13. Abastecimiento de madera aserrada según tamaño de las plantas de cerchas 2019

Tamaño	Empresas (N°)	Abastecimiento de Madera Aserrada (m ³)	Abastecimiento de Madera Cepillada (m ³)	Total Equivalente en Madera Aserrada (m ³)
Grande (>5.000 m ³)	2	3.959	5.885	10.499
Mediana (2.500 m ³ y 5.000 m ³)	2	4.006	-	4.006
Pequeña (<2.500 m ³)	2	2.999	-	2.999
Total	6	10.964	5.885	17.504

De acuerdo a lo declarado por la industria, el 36% del abastecimiento de madera aserrada para la fabricación de cerchas (3.947 m³) corresponde a madera aserrada estructural. Le sigue, la madera verde con el 31%, madera aserrada impregnada con el 24% y la madera que solo ha sido secada con el 9%.

El 100% de la madera cepillada fue comprada a grandes aserraderos, en tanto que la madera aserrada propiamente tal fue abastecida en un 49% por aserraderos de las mismas fábricas de cerchas, un 25% por grandes aserraderos, 21% por aserraderos medianos y el 5% restante fue adquirido en el *retail* o comprado a distribuidores independientes.

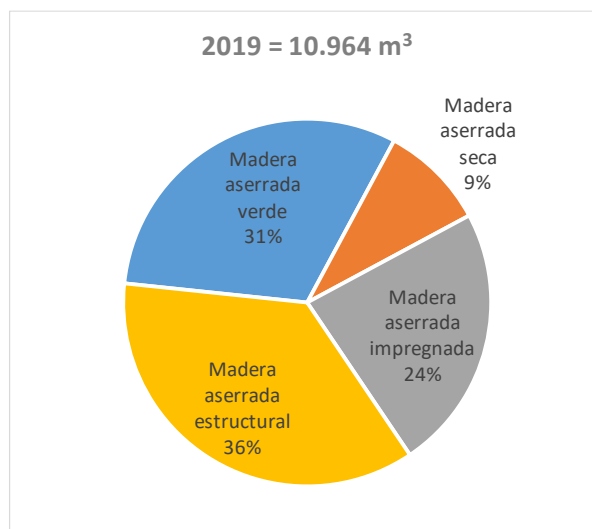


Figura N° 52. Distribución abastecimiento de madera según tipo madera aserrada

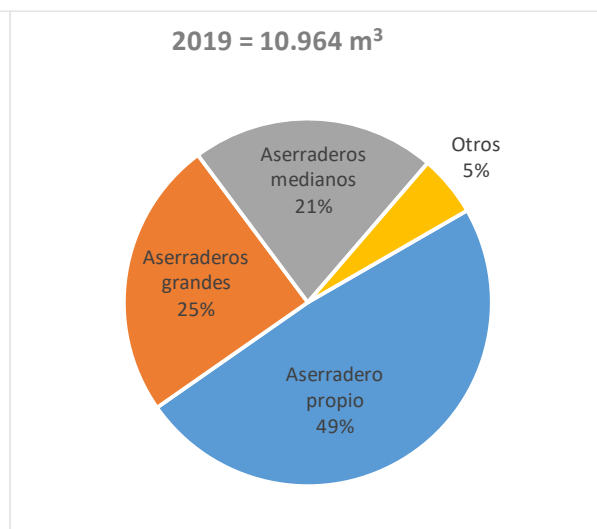


Figura N° 53: Distribución abastecimiento de madera aserrada según proveedor

Ocupación

La ocupación en la industria de cerchas de madera incluye a 275 personas, de las cuales el 89% corresponde a operarios de planta y el 11% a administrativos; la mayor cantidad de trabajadores (98%) son de carácter permanente, mientras que el 2% son temporales. En cuanto a la distribución de género, el 93% de los empleados corresponde a hombres y el 7% a mujeres.

Proceso productivo

El proceso productivo de cerchas es simple. Las empresas productoras preparan la materia prima antes de iniciar la fabricación de cerchas propiamente tal.

En los casos en que se trabaja de forma integrada a un aserradero, habitualmente se recibe la madera seleccionada, la cual se dimensiona de acuerdo al tipo de cercha que se quiere fabricar, se hace el pre armado de las unidades, se prensan, cargan y despachan.

Cuando el proceso se inicia a partir de basas, estas son aserradas con sierra huincha para obtener piezas de madera aserrada de dimensiones menores, las cuales posteriormente son secadas y seleccionadas para comenzar el proceso de producción de las cerchas.

Otras plantas se abastecen de madera aserrada que ya viene seleccionada con grado estructural, la que luego es secada e impregnada. Independiente del grado estructural, si el producto final es una cercha impregnada, la materia prima se impregna antes de iniciar el proceso productivo.

La producción de cerchas se inicia con el proceso de trozado de la madera según las dimensiones de la cercha y su diseño, lo que incluye que la madera pase por la cortadora para cortar los ángulos requeridos.

Luego se montan los componentes sobre una plantilla o molde y, dependiendo del nivel de automatización de la industria, se prensan para realizar un pre armado de la estructura.

Finalmente, las piezas son conectadas mediante el tipo de unión que utilice cada fabricante, lo que normalmente se realiza con conectores metálicos como, por ejemplo, las placas dentadas.

Cuadro N° 14: Maquinarias utilizadas en la fabricación de cerchas de madera

Proceso	Maquinaria	Empresas que tienen la maquinaria (N°)	Total de maquinaria (N°)
Materia prima	Secadora	1	8
	Impregnadora	3	4
	Cepilladora	1	3
Laminado	Sierra	6	33
	Dimensionadora	1	1
	Inglete	4	6
	Lijadora	1	2
	Maquinaria de embalaje	2	4
	Prensa para placas	6	13
	Martillo neumático	4	40
	Maquinaria para uniones	3	6
	Herramientas manuales	3	56

Para poder asegurar una correcta fijación de las uniones, se utilizan martillos neumáticos y otras maquinarias especializadas.

Las sierras partidoras están presentes en los procesos de todas las empresas encuestadas y son utilizadas para dimensionar los componentes de la cercha, las más comunes son las sierras circulares. Así mismo, las prensas para placas fueron mencionadas por todos los encuestados y se utilizan en el ensamblaje de las partes de la cercha.

Los martillos neumáticos y las maquinarias para uniones son otros elementos destacados, que cumplen un rol fundamental en la fijación de los componentes.

En el mapa que se presenta a continuación (Figura N°54) se han ubicado las plantas productoras de madera laminada encolada y las que producen cerchas para comercializar.

Se observa que las plantas de madera laminada encolada se encuentran concentradas en las regiones Metropolitana y Los Ríos, mientras que las plantas productoras de cerchas tienen una distribución espacial más amplia, marcando presencia desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos.

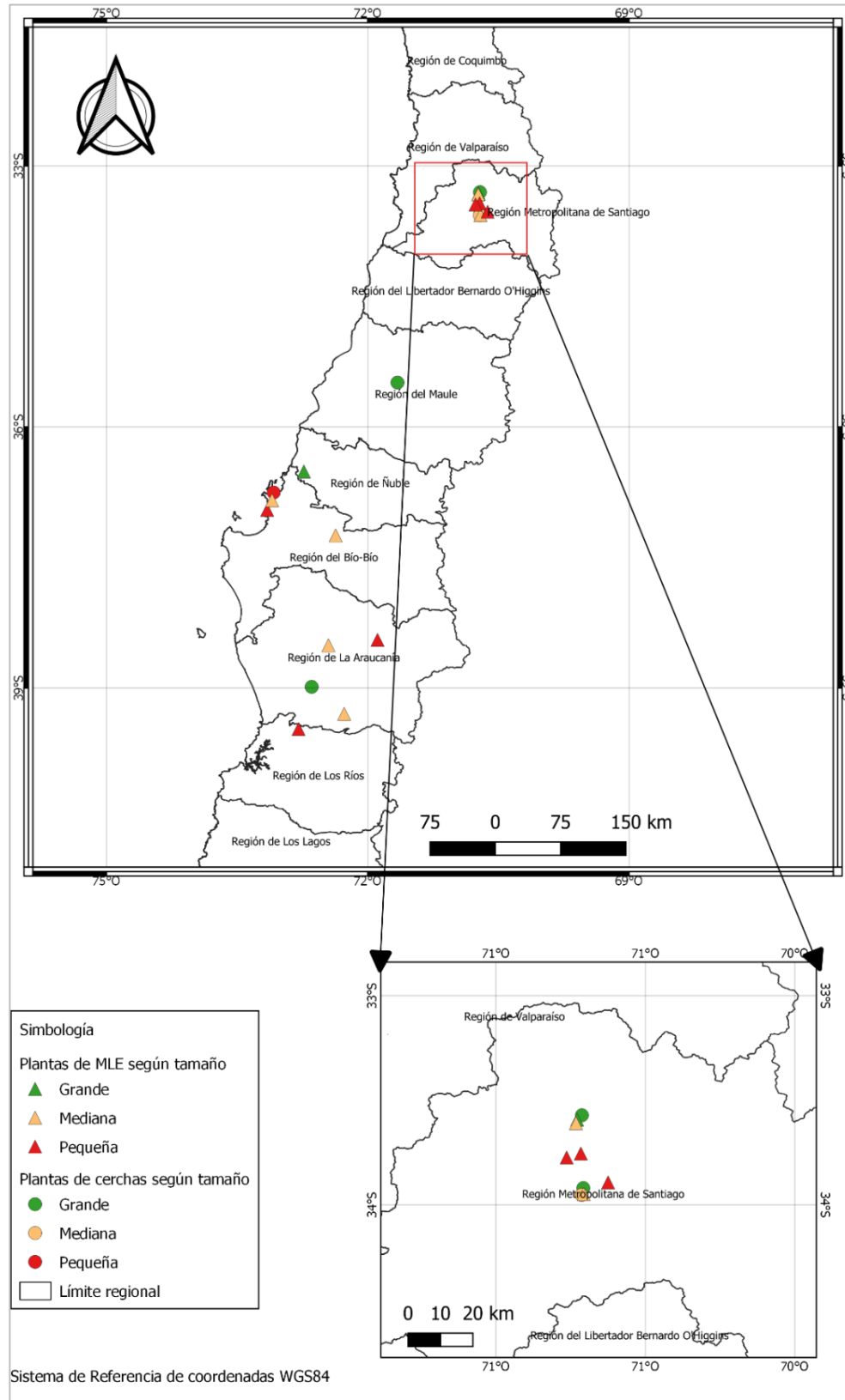


Figura N° 54. Ubicación geográfica de las plantas encuestadas de MLE y cerchas.

2.4.7 Comercio exterior de productos de madera para la construcción

Los productos de madera exportados e importados por Chile que tienen uso en la construcción se pueden agrupar en tres categorías, productos utilizados en la estructura, productos no estructurales y productos para moldaje y encofrados².

Como se observa en el Cuadro N°15, el balance es claramente superavitario para los productos estructurales y no estructurales, con una tendencia similar para los dos grupos, donde predomina un crecimiento moderado durante la década de análisis. Por el contrario, el grupo de productos de madera utilizados para moldaje y encofrados es sin duda deficitario, pero los montos involucrados son menores, aunque muestran una cierta tendencia de crecimiento.

Cuadro N° 15. Monto de las exportaciones e importaciones de productos de madera utilizados en construcción

EXPORTACIONES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Productos para uso estructural	716,5	893,2	792,6	859,3	1.052,8	927,6	929,9	880,4	1.082,6	864,1
Madera aserrada y cepillada	380,1	472,3	506,1	598,9	721,3	572,5	576,5	559,1	630,9	505,5
Tablero contrachapado	331,6	413,9	282,1	253,4	327,7	349,5	348,3	310,8	440,4	353,2
Tablero OSB	3,5	5,9	3,5	6,1	3,3	3,0	1,9	7,8	7,5	4,1
Vigas laminadas	0,3	0,2	0,4	0,4	0,0	2,0	1,8	2,2	3,2	1,2
Otros productos para uso estructural	1,0	1,0	0,5	0,6	0,4	0,6	1,4	0,5	0,6	0,1
Productos para uso no estructural	447,2	465,5	511,0	606,5	653,3	611,5	587,8	601,4	655,4	624,8
Molduras de madera sólida	174,3	195,7	220,4	264,0	284,6	263,2	234,8	237,6	246,9	237,1
Molduras MDF	121,4	105,8	115,4	171,6	169,7	175,2	182,7	195,0	208,5	208,4
Madera finger-joint	47,1	59,7	58,9	65,0	86,9	75,4	73,1	75,9	94,9	82,2
Puertas	40,2	46,7	50,8	47,8	52,1	41,7	44,9	41,0	50,9	50,9
Otros productos para uso no estructural	64,3	57,5	65,4	58,1	60,0	56,0	52,3	51,8	54,2	46,3
Productos para moldaje y andamios	0,1	1,2	0,0	0,2	0,8	0,8	0,0	0,1	0,4	0,1
TOTAL (US\$ FOB millones)	1.163,8	1.359,9	1.303,5	1.466,0	1.706,9	1.539,9	1.517,8	1.481,9	1.738,4	1.489,0
IMPORTACIONES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Productos para uso estructural	31,9	25,0	62,2	52,5	48,9	40,1	47,2	50,7	109,0	46,0
Tableros OSB	11,0	4,6	23,4	15,8	16,7	15,4	31,0	28,3	61,8	23,7
Tableros contrachapados	15,8	14,4	31,0	30,6	28,2	19,1	11,5	16,1	39,1	17,6
Madera aserrada y cepillada	4,7	5,7	6,9	5,2	3,9	4,0	3,9	5,3	7,7	3,9
Vigas de madera (productos de ingeniería)	0,4	0,2	0,9	0,8	0,1	1,5	0,8	0,8	0,4	0,7
Otros productos uso estructural	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1
Productos para uso no estructural	94,0	99,7	127,0	125,5	113,2	106,6	100,9	102,2	109,5	104,8
Tablas y tableros para piso	52,5	57,7	77,1	72,1	76,6	67,9	65,5	67,9	75,7	63,8
Tableros de partículas	25,8	25,7	23,5	17,7	8,5	12,0	12,1	13,7	13,1	14,4
Tableros de fibra	6,3	7,3	12,1	20,6	14,5	13,7	8,5	7,5	7,5	9,7
Tableros contrachapados	3,1	3,3	6,2	6,7	4,3	4,9	8,4	3,7	4,5	2,2
Otros productos uso no estructural	6,4	5,6	8,1	8,6	9,2	8,1	6,3	9,4	8,7	14,7
Productos para moldaje y andamios	7,9	14,0	15,6	13,9	12,1	16,7	14,3	18,3	16,0	14,7
Tableros contrachapados fenólicos	4,7	6,5	11,1	8,5	8,3	9,6	8,1	11,4	8,6	8,5
Vigas para soporte de lozas	2,6	5,4	3,3	3,5	2,4	5,1	3,2	3,1	4,8	4,0
Otros productos para uso en moldaje	0,7	2,1	1,2	1,9	1,4	2,0	3,0	3,8	2,6	2,2
TOTAL (US\$ CIF millones)	133,8	138,7	204,9	192,0	174,1	163,3	162,4	171,3	234,5	165,5
BALANCE COMERCIAL	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Productos para uso estructural	684,6	868,2	730,4	806,8	1.003,9	887,5	882,7	829,7	973,6	818,1
Madera aserrada y cepillada	375,4	466,6	499,2	593,7	717,4	568,5	572,6	553,8	623,2	501,6
Tablero contrachapado	315,8	399,5	251,1	222,8	299,5	330,4	336,8	294,7	401,3	335,6
Tablero OSB	-7,5	1,3	-19,9	-9,7	-13,4	-12,4	-29,1	-20,5	-54,3	-19,6
Vigas laminadas	-0,1	0,0	-0,5	-0,4	-0,1	0,5	1,0	1,4	2,8	0,5
Otros productos para uso estructural	1,0	0,9	0,5	0,5	0,4	0,5	1,3	0,3	0,6	0,0
Productos para uso no estructural	353,2	365,8	384,0	481,0	540,1	504,9	486,9	499,2	545,9	520,0
Productos para moldaje y andamios	-7,8	-12,8	-15,6	-13,7	-11,3	-15,9	-14,3	-18,2	-15,6	-14,6
TOTAL (US\$ millones)	1.030,0	1.221,2	1.098,6	1.274,0	1.532,8	1.376,6	1.355,4	1.310,6	1.503,9	1.323,5

(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

² Los datos base de exportaciones e importaciones corresponden a las declaraciones aduaneras. Para considerar un determinado producto en algunas de las categorías señaladas, se recurrió a la descripción detallada que consta en cada declaración y, a falta de mayores antecedentes, se recurrió a los usos clásicos de los productos.

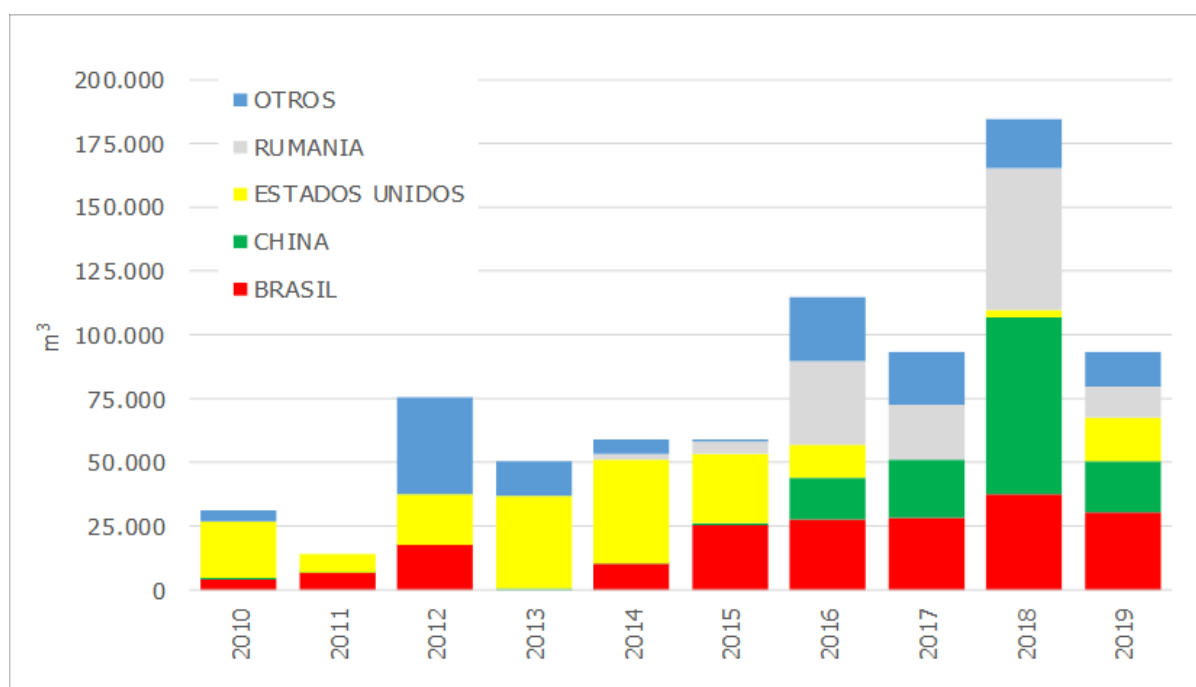
Importaciones

a) Importaciones de productos para uso estructural en la construcción

En esta categoría se distinguen los siguientes productos principales: tableros OSB, tableros contrachapados, madera aserrada (coníferas y no coníferas), y vigas.

• Tableros OSB

Las importaciones de tableros OSB para uso en construcción muestran una tendencia de crecimiento entre 2010 y 2018, para luego bajar significativamente en el 2019, con un registro de 93.040 m³. Hasta el año 2014, la empresa Louisiana Pacific Chile era la principal importadora con tableros procedentes de Estados Unidos, pero desde el año 2015 surgieron con fuerza las importaciones de otras empresas como Materiales y Soluciones (MTS), Imperial y SODIMAC, provocando un cambio en listado de países de origen, antes dominado por Estados Unidos y en parte por Canadá, y ahora por Brasil y China, y una importante presencia de OSB de Rumania.

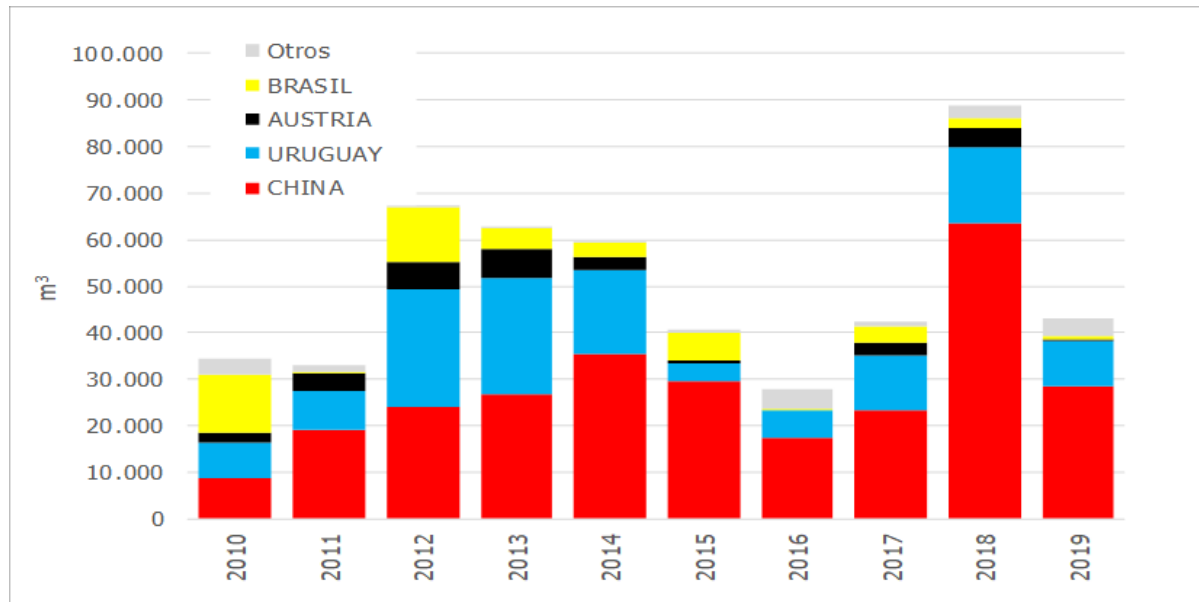


(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 55. Evolución de las importaciones de Tableros OSB.

• Tableros contrachapados

En las importaciones de tableros contrachapados para uso en la construcción, a diferencia del OSB, participan muchas empresas importadoras. En cuanto a los países de origen, hay una fuerte concentración en importaciones desde China. Una de las principales empresas importadoras de tableros contrachapados es Imperial, más atrás le siguen Palm Trade Chile, SODIMAC y MTS. En el año 2019, las compras totales de tableros contrachapados estructurales alcanzaron los 42.979 m³.

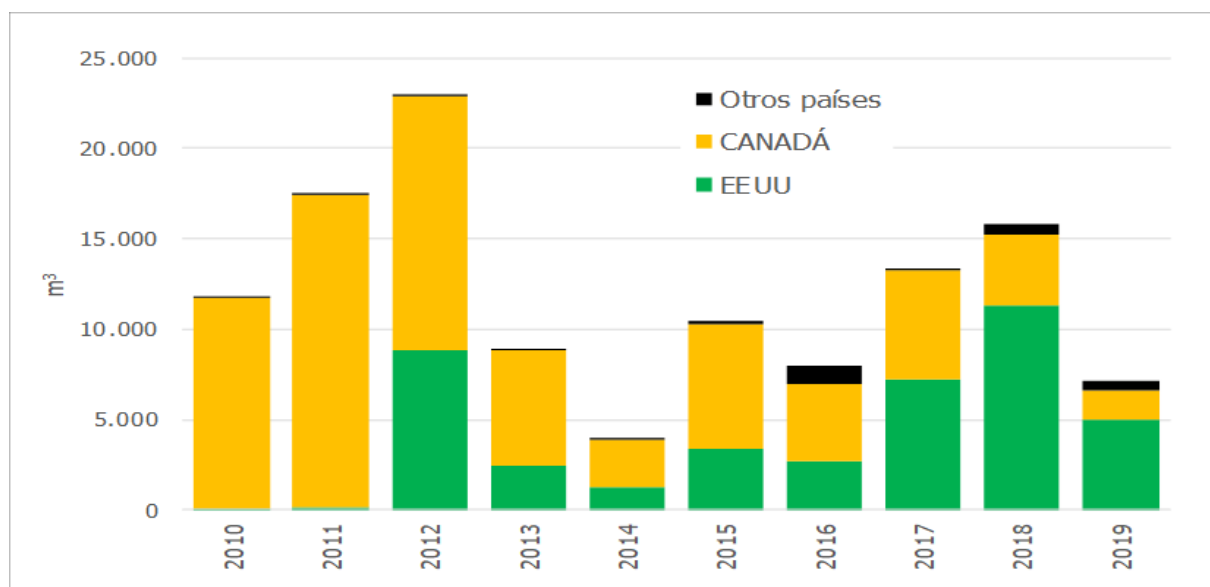


(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 56. Evolución de las importaciones de Tableros Contrachapados

- **Madera aserrada de coníferas**

La madera aserrada importada de coníferas procede de Estados Unidos y Canadá principalmente, y corresponde a maderas muy utilizadas comercialmente en esos países por sus propiedades para uso estructural en la construcción. Otros países aparecen como proveedores esporádicos. Como se observa en la Figura N°57, la tendencia de estas exportaciones ha sido errática, como también la participación de los dos grandes proveedores.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 57. Evolución de las importaciones de madera aserrada de coníferas

Las importaciones de madera aserrada de coníferas han sido principalmente de tres grupos de especies, los que han participado con más del 90% de todo el volumen importado, estos son: *Southern Yellow Pine*, *Spruce-Pine-Fir* y *Hemlock-Fir*.

- ***Southern Yellow Pine (SYP)***

Las maderas de SYP ("pinos amarillos del sur" o simplemente "pinos del sur" son originarios de Estados Unidos. De acuerdo con el Servicio Forestal de ese país, los pinos del sur están compuestos por 10 especies, todas pertenecientes al género *Pinus*, sin embargo, son cuatro los pinos de importancia comercial y que representan más del 90% del recurso. La distribución geográfica se extiende desde las áreas superiores de los Estados del Atlántico Sur hasta los Estados de Texas y Oklahoma.

Las maderas de estos pinos son similares en apariencia y por ello es difícil distinguirlas. Son maderas fuertes, se secan rápidamente, responden muy bien al tratamiento con productos químicos y presentan buena trabajabilidad con herramientas de corte. La madera aserrada se usa ampliamente para la construcción residencial, en la industria de pulpa, así como para elementos de gran tamaño, como postes de servicios públicos y durmientes de ferrocarril, cuando se tratan con preservantes. Las cuatro especies de importancia comercial son: *Longleaf Pine (Pinus palustris)*; *Slash Pine (Pinus elliotii)*; *Loblolly Pine (Pinus taeda)* y *Shortleaf Pine (Pinus echinata)*.

- ***Spruce-Pine-Fir (SPF)***

El grupo SPF reúne a un conjunto de especies de coníferas pertenecientes a los géneros *Picea* (*Spruce*), *Pinus* (*Pine*) y *Abies* (*Fir*), que crecen principalmente en Canadá y parte de Estados Unidos, donde se diferencian las especies SPF del Oeste y las SPF del Este:

- Especies SPF del Oeste: *White Spruce (Picea glauca)*; *Engelmann Spruce (Picea engelmanni)*; *Lodgepole Pine (Pinus contorta)*; *Alpine Fir (Abies lasiocarpa)*.
- Especies SPF del Este: *Black Spruce (Picea mariana)*; *Red Spruce (Picea rubens)*; *White Spruce (Picea glauca)*; *Jack Pine (Pinus banksiana)*; *Balsam Fir (Abies balsamea)*

Las maderas aserradas de *Spruce*, *Pine* y *Fir* son de alto grado y poseen excelentes propiedades de resistencia, son ideales para la construcción debido a su costo competitivo y su alta relación peso/resistencia. También se utilizan para muchas otras aplicaciones industriales, como la producción de productos de madera de ingeniería, muebles, embalajes y encofrados de hormigón, entre otros. En EEUU y Canadá, es una de las categorías principales de maderas para uso estructural de viviendas con sistema marco plataforma.

- ***Hemlock-Fir (Hem-Fir)***

Grupo conocido comercialmente como *Hemlock-Fir*, compuesto por dos especies costeras, principalmente distribuidas en Canadá: *Hemlock (Tsuga heterophylla)* y *Amabilis Fir (Abies amabilis)*. Son conocidas y preferidas por su combinación de fuerza y belleza. Se utilizan en la construcción de edificios residenciales y comerciales, así como en una amplia gama de aplicaciones industriales.

La madera importada procedente de Canadá y Estados Unidos posee clasificación para uso estructural, la que es otorgada por organismos especializados de esos países. Por ejemplo, la madera con grado estructural de SYP es certificada por la agencia *Southern Pine Inspection Bureau (SPIB)* de Estados Unidos.

La madera aserrada importada por Chile se presenta por lo general con sus caras cepilladas, registrándose como principales dimensiones las de 2"x4", 2"x6" y 2"x8", en largos que van de 8 pies hasta 12 pies. Esto último es un importante aspecto relacionado con la eficiencia en el uso del producto puesto que el constructor tiene la alternativa de diferentes largos de acuerdo a sus requerimientos, lo que le permite un mejor aprovechamiento de las piezas. Por ejemplo, formatos de largos de 2,44 m (8 pies) reducen hasta en un 25% las pérdidas en muros.

En el año 2019, el precio promedio de la madera aserrada importada de SPF fue US\$ 356/m³ y el de *Hem-Fir* fue US\$ 320/m³. Desde el año 2010, el precio promedio de importación de SYP y SPF ha tendido a aumentar, aunque los volúmenes importados no han tenido una trayectoria definida.

Dentro de las demás coníferas importadas está la madera aserrada de pino oregon, especie cuyos embarques provienen principalmente de Estados Unidos. De todas las maderas aserradas de coníferas importadas, el pino oregon es una de las que alcanza mayor precio.

- **Madera aserrada de no coníferas**

Las importaciones de madera aserrada de no coníferas son bastante más diversas en especies que las coníferas, sin embargo, los volúmenes importados son inferiores. Entre 2010 y 2019 se registraron 39 especies madereras distintas, importadas por 90 empresas desde más de 30 países. En el año 2019 la madera aserrada de no coníferas llegó a 3.100 m³ siendo Gabón, Perú y Bolivia los principales países de origen. Las cuatro principales empresas importadoras fueron Maderas Solari, Maderas Tarapacá, Chilean Lumber Company y Comercial Alcántara.

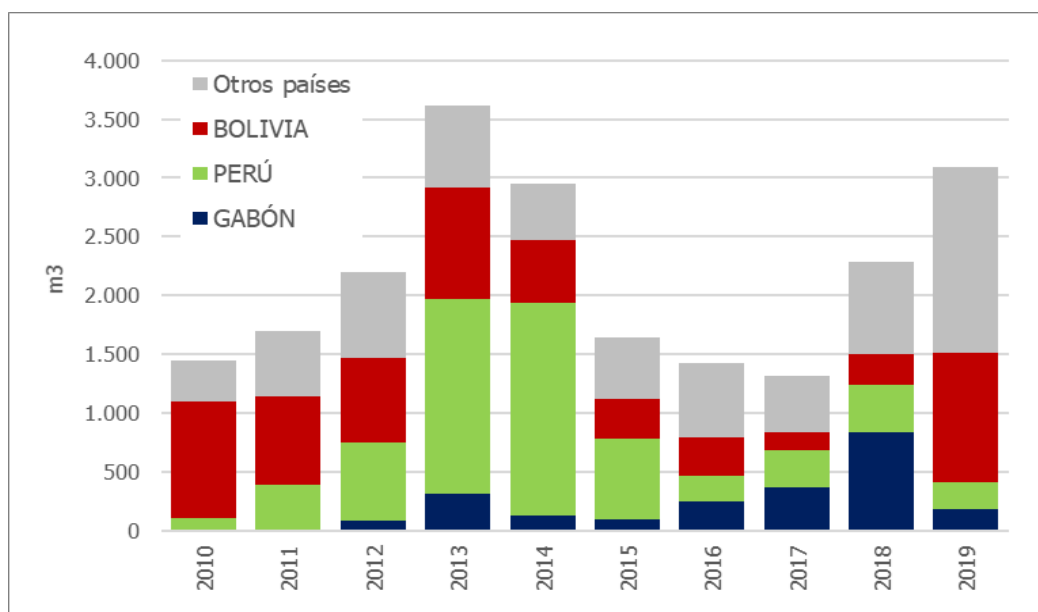


Figura N° 58. Evolución de las importaciones de madera aserrada de no coníferas

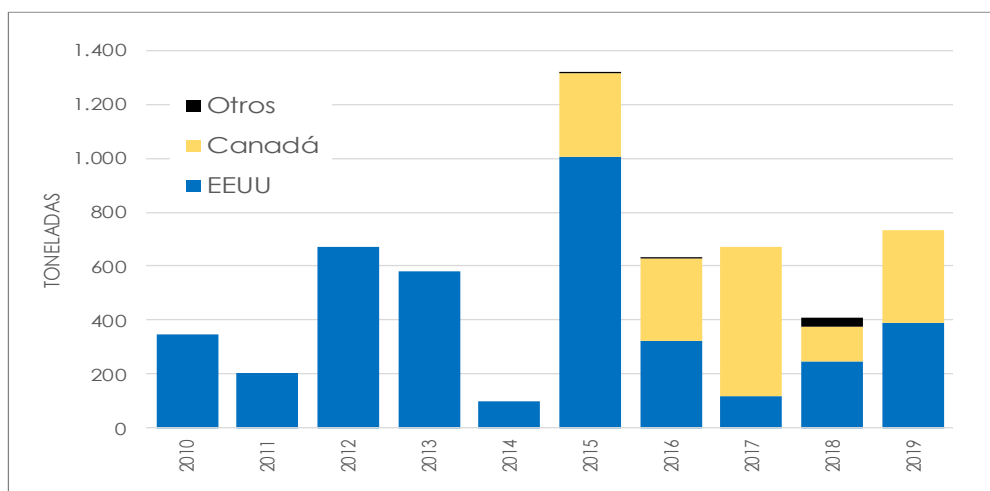
Los precios de las distintas especies de no coníferas importadas son comparativamente superiores a las de coníferas y, debido a los bajos volúmenes, muestran altos y bajos abruptos. Las tres especies de madera aserrada que, en general, reportan los mayores precios durante el período 2010 a 2019 fueron cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans spp.*) y virola (*Virola sebifera*).

• Vigas de madera

Los tipos de vigas importadas en esta categoría son las vigas I-Joist, vigas LSL y vigas laminadas.

- Vigas I-Joist. Los datos de comercio registran a dos empresas con importaciones de vigas I-Joist, Louisiana Pacific Chile y Canada House. Los dos países de origen de estas adquisiciones son Canadá y Estados Unidos.
- Vigas LSL (*Laminated Strand Lumber*). Esta viga no se encuentra disponible en el mercado chileno. Ha sido importada únicamente por Louisiana Pacific Chile desde sus fábricas en Estados Unidos en cantidades pequeñas, posiblemente para usos específicos o pedidos particulares.
- Vigas de madera laminadas encoladas. De los tres tipos de vigas, estas han sido las menos importadas. El último registro de importación fue el 2018, procedente de Austria.

Las importaciones de los tres tipos de vigas mencionados registraron un récord el año 2015, cuando alcanzaron a 1.320 toneladas, sin embargo, la mayor parte del período la cifra anual ha estado en torno las 600 toneladas. Precisamente hasta el año del récord, EEUU era el único proveedor, pero a partir de ese período comenzó Canadá a destacar como un proveedor relevante.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N° 59. Evolución de las importaciones de vigas de madera

b) Importaciones de productos para uso no estructural en la construcción

Esta categoría incluye una gama amplia de productos destinados a la construcción, pero que no forman parte de la estructura de la edificación. La principal clase de productos importados para la construcción de uso no estructural son las "tablas y tableros para pisos", término genérico para denominar a aquellos productos utilizados como cubierta del suelo en la edificación. Las tablas y tableros para pisos están constituidos por variados tipos, entre los que destacan los parquetes de madera, los pisos fotolaminados, paneles de madera contrachapada y madera aserrada para uso en suelos, entre otros.

Otros productos identificados fueron tableros de partículas con melamina sin especificar y para usos definidos; tableros de fibra sin especificar y para usos definidos; tableros contrachapados no estructurales sin especificar y para usos definidos; molduras de madera; puertas; marcos para puertas; ventanas; madera aserrada no estructural para usos definidos; entre otros.

c) Importaciones de productos de madera para moldaje y andamios

Los productos de esta categoría corresponden a aquellos que sirven como elementos de apoyo al proceso de construcción de una obra y son de uso temporal, por lo que no forman parte de la estructura de la misma. Cabe señalar que la tecnología avanzada, el diseño y la ingeniería proveen al mercado de algunos productos de madera para moldaje y andamios con características comparables, e incluso superiores, a los productos estructurales, fundamentalmente en vigas de ingeniería.

Los productos de madera para moldaje y encofrados están fabricados especialmente para el formado del hormigón en componentes inclinados, verticales u horizontales. Cada producto debe tener las características apropiadas para un buen desempeño en obra, tanto físicas, mecánicas como de resistencia a la humedad. El mercado de estos productos tiene una estrecha vinculación con la expansión del sector de la construcción residencial y no residencial, por las nuevas obras y la renovación de las existentes.

La madera aserrada y los tableros contrachapados son las materias primas claves para usarlas en encofrados, sin embargo, tienen algunas desventajas respecto de otros materiales. Poseen una tasa promedio de reutilización menor y absorben agua del concreto, lo que reduce la resistencia en la estructura del concreto. Además, la madera con demasiada humedad puede comprimir el concreto húmedo y causar grietas cuando se produce la contracción. En ese sentido, otros materiales han ido ganado espacio y popularidad, como los encofrados de aluminio, puesto que son más livianos y de baja densidad. Además, tienen una vida útil más larga en comparación con sus contrapartes de madera y madera contrachapada y, por lo tanto, también son más económicos. Se estima que en los próximos años el mercado muestre un crecimiento más dinámico en los encofrados de aluminio.

En la clasificación arancelaria, los productos para moldaje y andamios de madera se clasifican, en general, en los mismos códigos que los productos tradicionales por lo que dada sus características particulares y diferenciadoras respecto de otros productos de madera estructurales, se han identificado para un análisis más específico. Destacan en las importaciones los tableros contrachapados con recubrimiento fenólico para encofrados, un tipo de tablero con especiales cualidades de acabado superficial, que en Chile se importa en su mayoría desde China. También destacan las vigas para moldaje de losas, conocidas en el mercado como vigas H20 para soporte de losas. Estas son un tipo particular de vigas, diseñadas exclusivamente para su uso en encofrados de muros y de losas, con propiedades estructurales, formadas por un alma de madera sólida o de materiales derivados de la madera como contrachapado u OSB, con alas de madera con uniones *finger joint*. En sus extremos poseen cabezales con protecciones de plástico o metal para reducir el riesgo de rotura si la viga se cae. Estas vigas pueden variar según el fabricante, aunque las de mayor comercialización son las de 80 mm de espesor x 200 mm de ancho y largos variables que pueden llegar hasta 6 m.

Exportaciones

a) Exportaciones de productos de madera para uso estructural

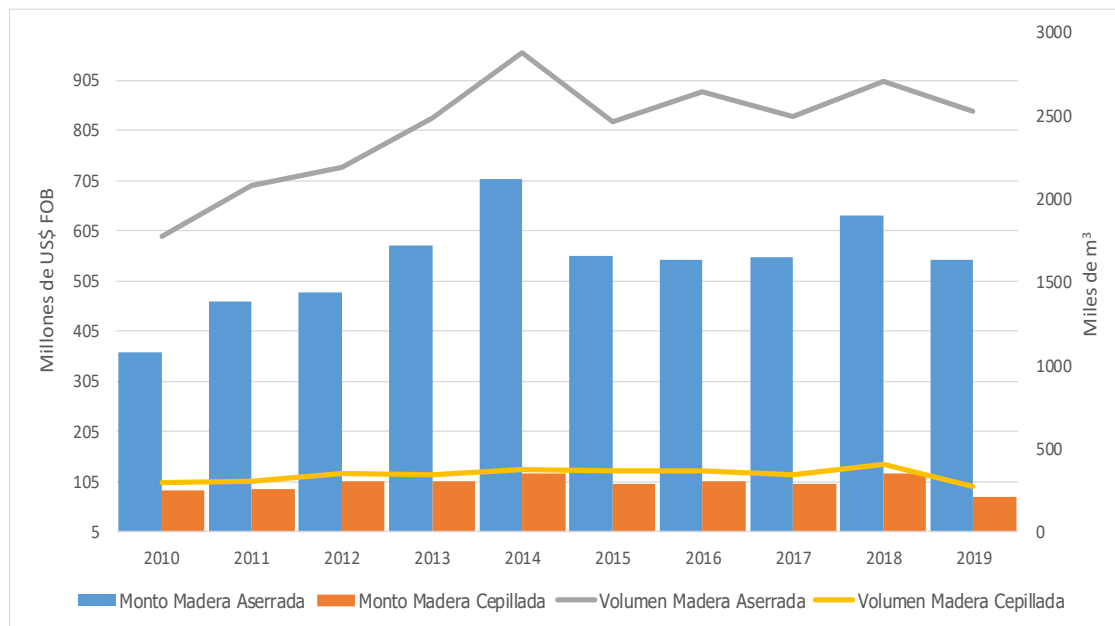
- **Madera aserrada y cepillada**

La industria del aserrío produjo 8,03 millones de metros cúbicos de madera aserrada el año 2019, de los cuales el 31,5% se destinó al mercado externo, quedando la diferencia en el mercado interno para uso como madera aserrada propiamente tal o como materia prima para la industria secundaria de la madera.

Las exportaciones de madera aserrada la realizan principalmente las empresas Maderas Arauco y CMPC Maderas, con una participación conjunta en torno al 65% del volumen total exportado el año 2019. Los 20 exportadores siguientes reúnen el 33% y entre ellos hay productores que exportan directamente y

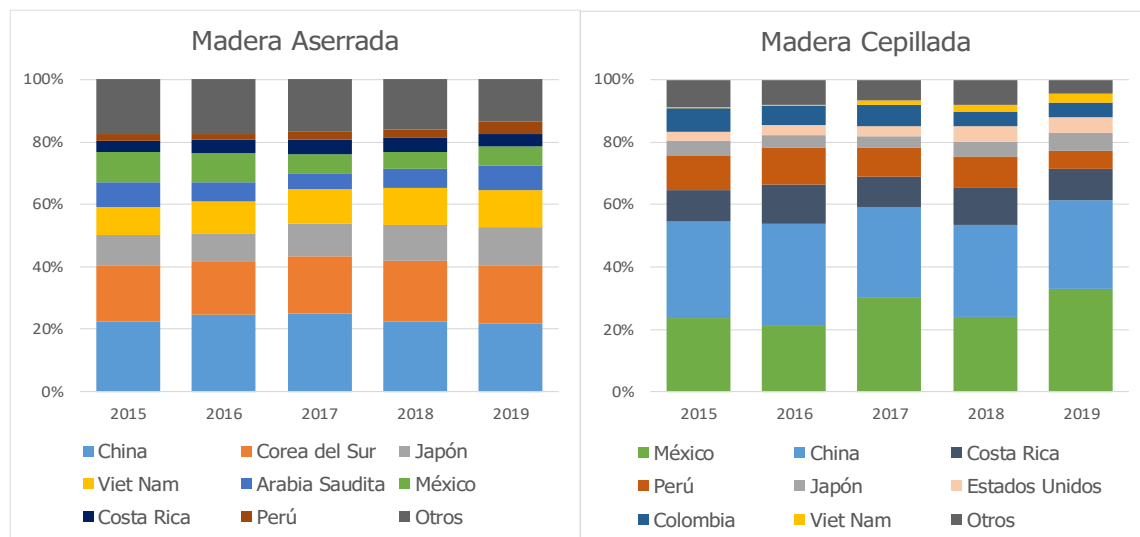
comercializadores. El 2% restante es exportado por numerosos pequeños exportadores, principalmente no productores; los aserraderos pequeños (con producciones inferiores a 10.000 m³/año) prácticamente no exportan. Más del 99% del volumen total de madera aserrada exportada corresponde a pino radiata y cerca del 70% se destina al mercado asiático.

El volumen exportado de madera aserrada y cepillada no clasifica necesariamente como estructural, puesto que los usos en los países de destino incluyen la fabricación de pallets, cajas y cajones y muebles, entre otros.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 60. Evolución de las exportaciones de maderas aserrada y cepillada



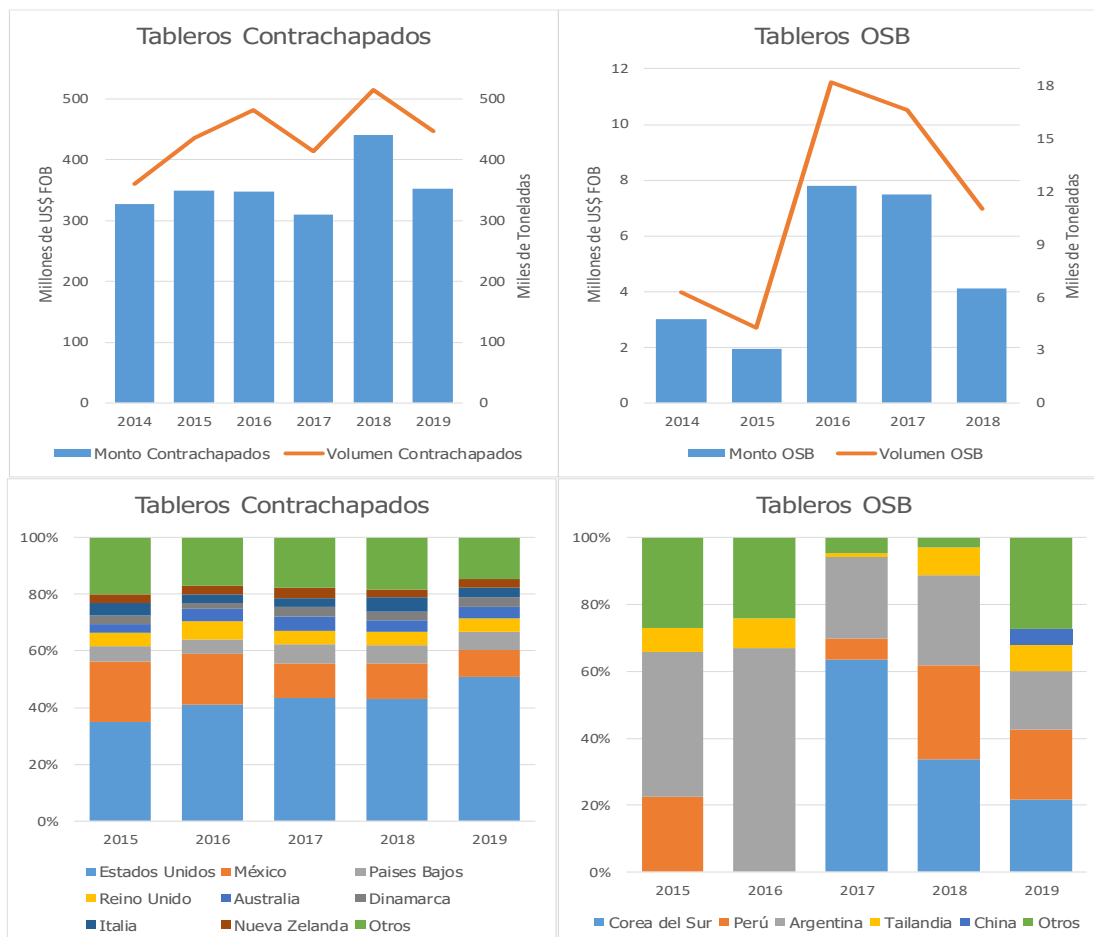
(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 61. Evolución de las exportaciones de maderas aserrada y cepillada según destino

• Tableros contrachapados y OSB

Las exportaciones de tableros contrachapados representan el 57% de la producción nacional de estos productos y son los más exportados de todos los tableros producidos en Chile, aunque en los últimos años el mercado interno ha ido adquiriendo mayor relevancia. En el 2019, las exportaciones totales de contrachapados alcanzaron a US\$353 millones. Estados Unidos es el principal mercado, con cerca de la mitad del valor. México y Holanda son otros mercados relevantes.

Por el contrario, la producción de tableros OSB está orientada esencialmente al mercado interno puesto que las exportaciones representan, en promedio, el 4% de la producción. El creciente uso del OSB en la actividad de la construcción ha debido ser complementado con importaciones, siendo el único tablero en Chile que tiene un balance comercial desfavorable, aproximadamente, por cada metro cúbico exportado de OSB, se importan 20. En la producción de tableros OSB interviene un solo actor, Louisiana Pacific Chile SA, que cuenta con dos plantas productoras, una en la región de la Araucanía y otra en la región de Los Ríos. Además, es la principal compañía que exporta e importa tableros OSB. Las exportaciones de tableros OSB durante el año 2019 alcanzaron a US\$4,1 millones FOB. En el periodo 2010-2019 el monto máximo alcanzado fue de US\$7,8 millones FOB en el año 2017. Los tres principales destinos de las exportaciones en el año 2019 fueron Corea del Sur, Perú y Argentina.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 62: Evolución de las exportaciones de tableros contrachapados y OSB, total y según destino

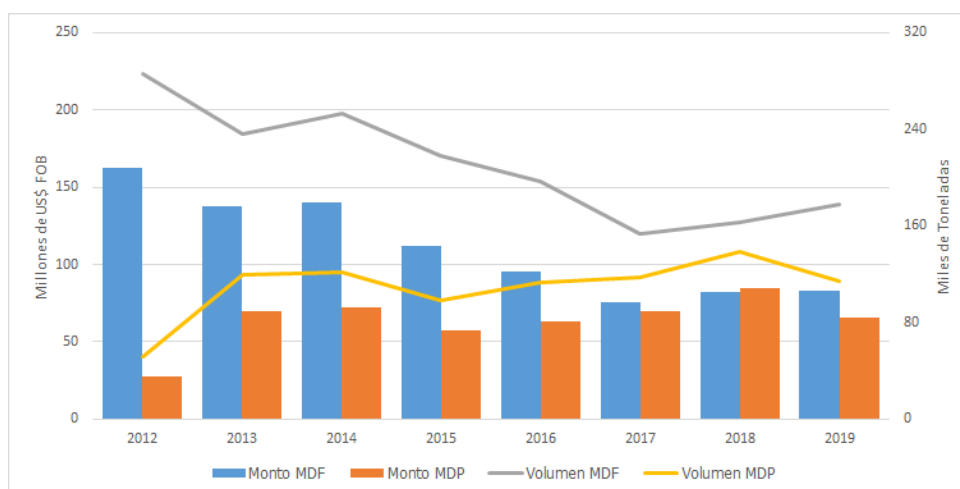
- **Madera laminada encolada**

En el 2019 se exportaron 742 toneladas de madera laminada encolada de pino radiata (aproximadamente 1.900 m³) por un monto de US\$ 1,19 millones. Estas exportaciones han tenido como principal mercado de destino a Australia, país que participa con más del 90% de los envíos. Otros destinos poco regulares y con envíos esporádicos son España, Panamá, Costa Rica, Turcas y Caicos, Honduras y Uruguay.

b) Exportaciones de productos de madera para uso no estructural

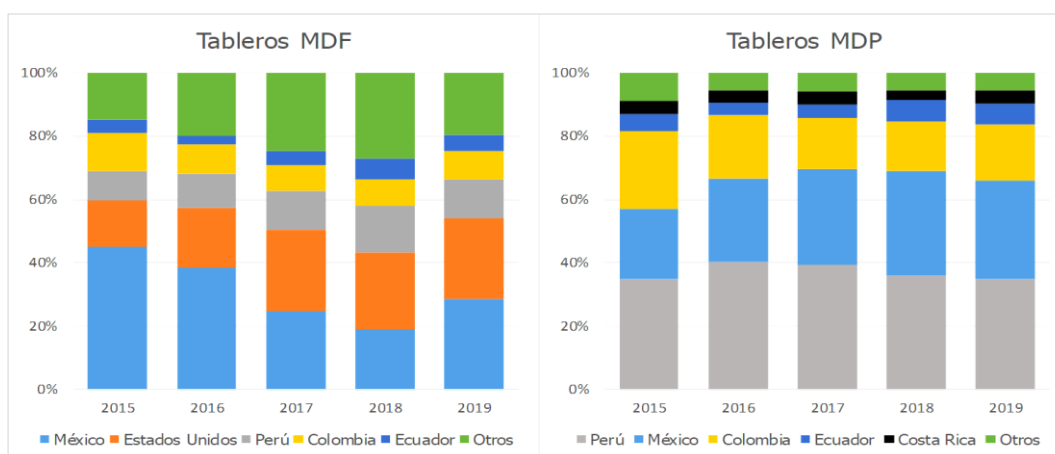
- **Tableros MDF/MDP**

Las exportaciones de tableros MDF mostraron una notoria tendencia a la baja entre los años 2012 y 2017, para luego recuperar algo de crecimiento. Entretanto, los tableros MDP, que comenzaron a producirse en Chile el año 2011, muestran una tendencia general de crecimiento moderado. En cuanto a los mercados, los MDF se destinan principalmente a México, EEUU y Perú, mientras que los MDP no van a EEUU y se quedan fundamentalmente en América Latina, donde destacan Perú, México y Colombia.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 63. Evolución de las exportaciones de tableros MDF y MDP

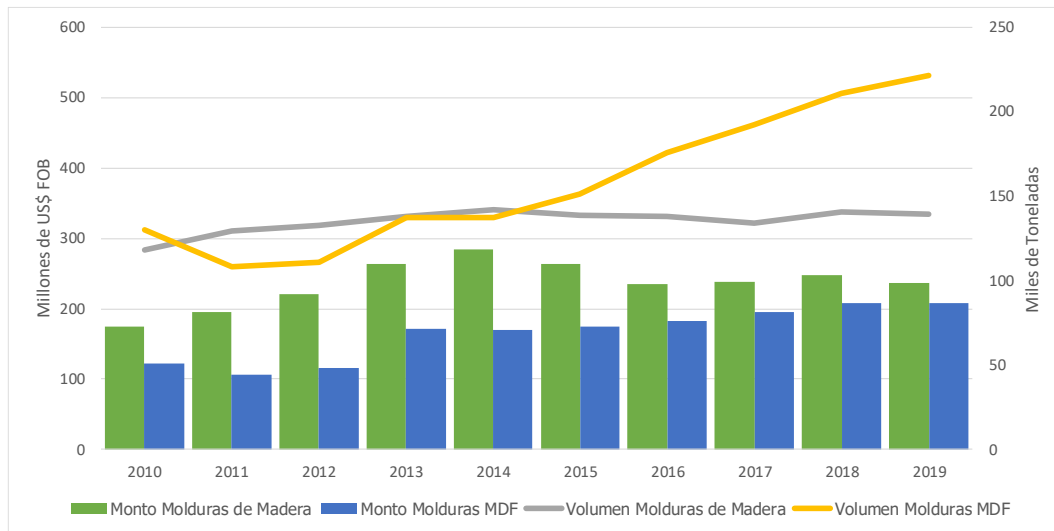


(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 64. Evolución de las exportaciones de tableros MDF y MDP, según destino

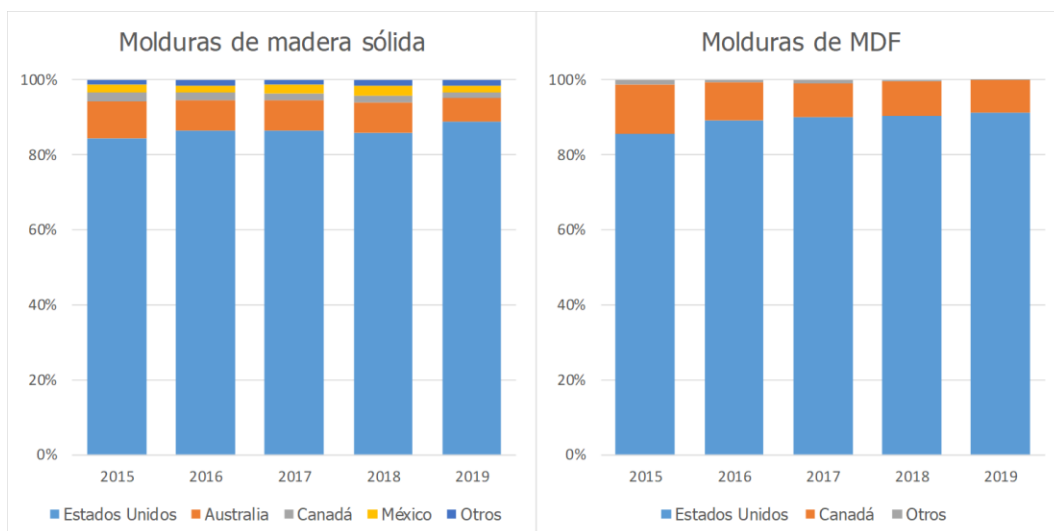
• Molduras

Las molduras tienen una participación destacada dentro de la canasta de productos forestales elaborados. En el 2019 representaron el 60% del monto exportado de estos productos y a nivel del total forestal participaron con el 8%. En el mercado, los dos tipos de molduras a base de madera son las molduras de madera sólida con uniones *finger joint* y las molduras de MDF. En los últimos diez años el crecimiento en las exportaciones ha estado focalizado en las molduras MDF, en tanto que las molduras de madera sólida se han mantenido relativamente estables. Más del 85% de las exportaciones de ambos tipos de molduras se envía a Estados Unidos.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 65. Evolución de las exportaciones de molduras *finger joint* y molduras MDF



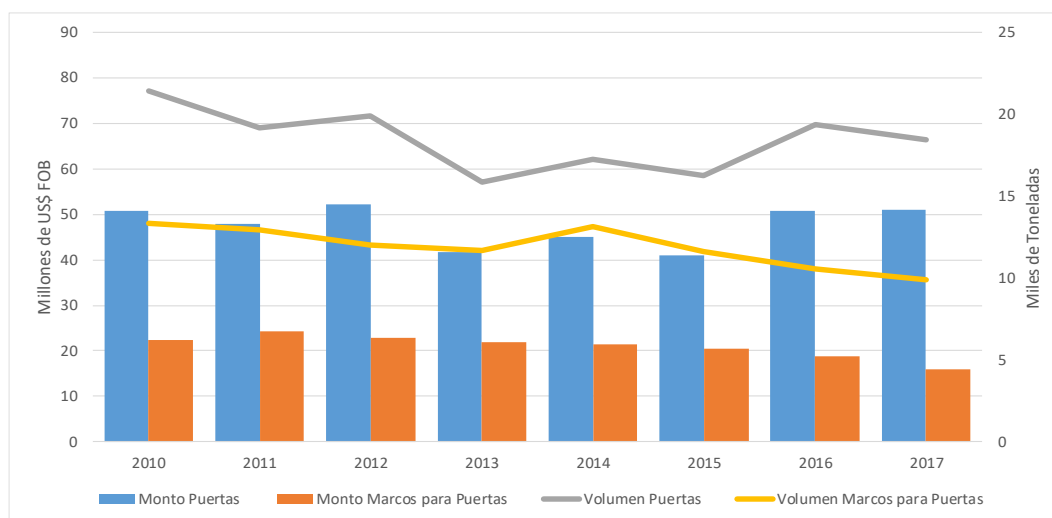
(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 66. Evolución de las exportaciones de molduras *finger joint* y molduras MDF, según destino

• Puertas, ventanas y sus marcos

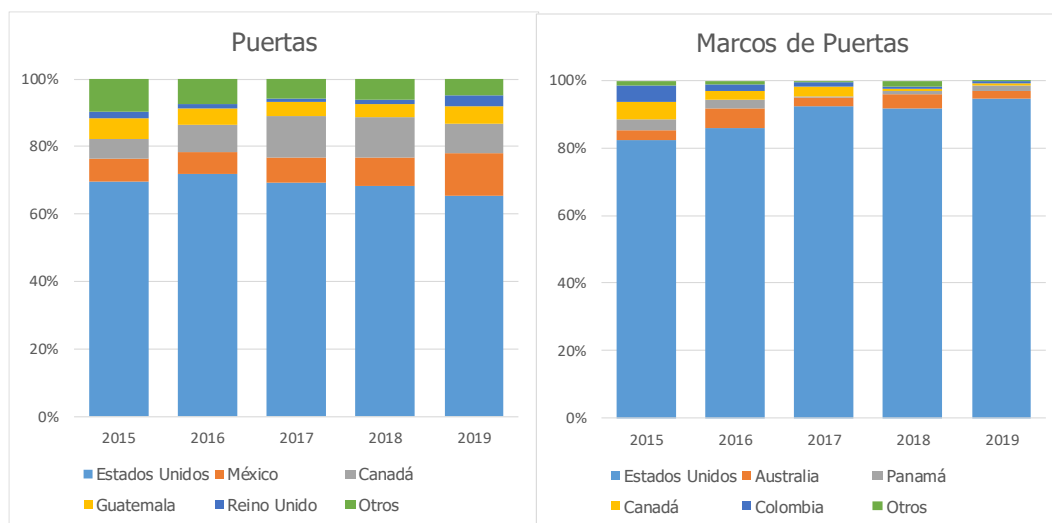
Las exportaciones de esta categoría de productos representan en promedio entre el 12% y 13% del monto anual de productos elaborados de madera. Tres son los principales productos exportados: puertas, caras de puertas moldeadas y marcos para puertas. Las ventanas y marcos para ventanas tienen exportaciones marginales. Las puertas de madera se exportan en diversos anchos, que en general van de los 60 a 90 cm y altos desde los 2,0 m a 2,15 m. El espesor también varía dependiendo del tipo de producto, aunque usualmente se comercializan al exterior en 3,5 cm.

Estados Unidos es el mayor destino, que representa el 90% de los envíos. En segundo y tercer lugar se ubican Canadá y Reino Unido, mientras que más abajo en el *ranking* está un conjunto de países con envíos reducidos y esporádicos.



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 67. Evolución de las exportaciones de puertas y marcos para puertas



(Fuente: INFOR, en base a información del Servicio Nacional de Aduanas, 2020)

Figura N° 68: Evolución de las exportaciones de puertas y marcos para puertas, según destino

Unas diez empresas participan en las exportaciones anuales de puertas, de las cuales dos representan el 95% del monto: PROMASA Y MASONITE. La firma PROMASA S.A., ubicada en la ciudad de Los Ángeles (región del Biobío), fue fundada en el año 1989 por iniciativa de capitales chilenos con el objeto de procesar madera de pino radiata y abastecer de materia prima a los productores de molduras del mercado estadounidense. En 1997 se incorporó como socio la empresa WOODGRAIN MILLWORK INC, que tiene el 50% de la propiedad. Por su parte, MASONITE CHILE S.A. inició sus operaciones en el país en el año 1998 y es una filial de la compañía *MASONITE INTERNATIONAL CORPORATION*, fabricante global de puertas interiores y exteriores de madera para la construcción residencial, reparaciones, renovación y remodelación de viviendas, además de la construcción no residencial.

2.5 Entorno legal y normativo de la construcción con madera

2.5.1 Ley General de Urbanismo y Construcciones (DFL N° 458)

La construcción en Chile está regulada por el Decreto con Fuerza de Ley N° 458 de 1976 “Ley General de Urbanismo y Construcción” (MINVU, 1976), normativa de carácter general que establece disposiciones legales relativas a la planificación urbana, urbanización y construcción. Esta ley 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 urbanización y construcción.

La Ley General de Urbanismo y Construcción está reglamentada por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) (MINVU, 1992), cuerpo legal que, además, regula el proceder administrativo, el proceso de planificación urbana, la urbanización y construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción. La Ley General exige el cumplimiento de Normas Técnicas, que son las 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.

2.5.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (Decreto 47, Reglamento del DFL N° 458)

Considerando la relevancia de la OGUC (MINVU, 1992) en lo que se refiere a los diversos ámbitos del urbanismo y la construcción, se destacan a continuación aquellos aspectos y conceptos de esta Ordenanza que se relacionan directa o indirectamente con la madera en la construcción.

La OGUC es el principal cuerpo legal que reglamenta el uso de la madera en la construcción. Adicionalmente, existen otras disposiciones normativas (por ejemplo, en el área de los instrumentos de subsidio habitacional) que establecen requisitos sobre el uso de la madera en las viviendas.

a) Clases de construcciones

Según se establece en la OGUC, se definen nueve clases de construcciones las que están en función de los tipos de materiales predominantes a emplear:

- Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.
- Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.
- Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.
- Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

- Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yeso-cartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.
- Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.
- Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.
- Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yeso-cartón, fibrocemento o similares.
- Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado.¹

Cabe mencionar que la normativa establece ciertas consideraciones generales en estas clases como, por ejemplo, que las construcciones prefabricadas de madera (clase H) no podrán tener más de dos pisos y que las construcciones con estructura soportante de madera (clase E) serán aceptadas como piso superior de las clases C o D.

No obstante, la normativa específica que las construcciones con estructura soportante de madera (clase E) y las prefabricadas de madera (clase H), deberán cumplir con las disposiciones del artículo 5.6.8 de la Ordenanza General y, asimismo, las piezas o elementos de madera, ya sea estructural o de terminación, sometidos o no a cálculo estructural, que contengan las demás clases de construcción, deberán cumplir con las disposiciones de los artículos 5.6.6. y 5.6.8.

b) Permiso de edificación

La construcción, reconstrucción, reparación, alteración, ampliación y demolición de edificios y obras de urbanización de cualquier naturaleza, sean urbanas o rurales, requerirán el permiso de la Dirección de Obras Municipales, a petición del propietario, con determinadas excepciones que se establecen en la Ordenanza General. El Permiso de Edificación (PE) tendrá una validez de tres años a partir del momento en que es concedido y las obras se entenderán iniciadas una vez realizados los trazados y comenzadas las excavaciones contempladas en los planos del proyecto.

Los PE se otorgarán previo pago de los derechos municipales correspondientes. Este derecho se calcula sobre el monto del presupuesto de la obra, para lo cual se aplicará una tabla de costos unitarios por metro cuadrado de construcción, que proporciona anualmente el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones establece que toda obra que involucre construcción requerirá una autorización de la Dirección de Obras perteneciente a la municipalidad donde estará emplazada la obra. Sin embargo, la OGUC establece ciertas excepciones para la presentación de un PE, entre las que se destacan, obras de infraestructura sanitaria, obras relacionadas con los servicios de energía o de transporte ejecutadas por parte del Estado, así como obras de tipo no estructural al interior de una vivienda, obras de mantención y cierres interiores de las mismas.

De acuerdo a lo dispuesto por la citada ley de urbanismo, el proyecto inmobiliario podrá obtener el permiso por parte de la Dirección de Obras Municipales si de acuerdo a los antecedentes presentados, se cumple con la Ordenanza General de Urbanismos y Construcciones, los instrumentos de planificación territorial (planes reguladores comunales) y se ha realizado el pago de los derechos respectivos.

Para el cálculo del pago de los derechos municipales se debe determinar la Clase de Construcción (Clases de Construcciones), la cual estará referida a la materialidad y estructura, y luego determinar la Categoría de la misma, que corresponderá a la cantidad de atributos positivos que posee la construcción. El Director de Obras Municipales debe exigir los antecedentes necesarios para realizar la evaluación de la construcción.

Una vez obtenida la Clase y la Categoría, se recurre a la tabla de costos unitarios por metro cuadrado de construcción que confecciona anualmente el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Cuadro N° 16. Tabla de Costos Unitarios por metro cuadrado de construcción 1er Trimestre 2020

Categoría	Clasificación								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	(\$)*								
1	338.232	385.802	338.232	338.232	240.439				
2	251.054	285.376	251.054	251.054	179.660	126.851	179.660	163.835	198.196
3	184.977	211.394	184.977	184.977	132.104	92.482	132.104	118.889	145.392
4	132.104	150.578	132.104	132.104	95.046	66.013	95.046	84.583	103.017
5			71.338	71.338	71.338	50.168	76.605	68.397	81.866

(Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020) (Resolución Exenta N°80, 13/01/2020)

*Pesos moneda nacional, base enero 2019. 1er Trimestre 2020

c) Inspección de obras

La inspección técnica de las obras en construcción depende del tipo de mandante. Si este es el Estado, a través de alguna de sus instituciones, el cumplimiento de las especificaciones técnicas de la obra es responsabilidad de un Inspector Fiscal (IF), mientras que cuando se trata de un contrato entre privados, dicha responsabilidad recae en el Inspector Técnico de Obras (ITO).

En el ámbito privado, el Inspector Técnico de Obras (ITO) es el profesional que vela por la calidad y correcta ejecución de una obra de construcción además de llevar el control documental y financiero de la misma. La Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) (MINVU, 1976), lo define como "el responsable de que todo se ejecute conforme a las normas y que, durante el proceso de construcción de la obra, vele para que se cumplan los proyectos de arquitectura, los cálculos estructurales y de especialidades, incluidos los planos y sus especificaciones técnicas, pudiendo incluso ordenar demoliciones parciales cuando las obras no se ajustan a lo estipulado". Por otra parte, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), establece que la misión de la Inspección Técnica de Obra es "verificar, en representación del mandante, que las obras se ejecuten según lo establecido en los respectivos contratos de construcción y sus antecedentes: planos, especificaciones técnicas, bases administrativas y otros documentos que forman parte integral del contrato" (CChC, 2011).

La LGUC (MINVU, 1976) define que un ITO será requerido cuando la obra se trate de edificios de uso público y de otros casos que se establecen en la OGUC. En el caso de las construcciones realizadas entre privados, el ITO es contratado por el mandante. La LGUC exige además que el profesional esté inscrito en el Registro Nacional de ITO y que sea totalmente independiente de la empresa constructora o del constructor. El ITO deberá registrar en el Libro de Obras, la supervisión de las partidas que establece la OGUC, además de las especificaciones técnicas de los proyectos que se presentan a la DOM. Así mismo, el ITO debe supervisar el cumplimiento de medidas de gestión y control de calidad, pudiendo requerir toma de muestras y demoliciones parciales.

La Ley N°20.703 de 2013, crea y regula los Registros Nacionales de ITO y de Revisores de Proyectos de Cálculo Estructural, modifica normas legales para garantizar la calidad de construcciones y agilizar las solicitudes ante las DOM (MINVU, 2013). La División Técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) es la encargada del cumplimiento de las disposiciones de esta ley, en las materias propias del Registro, y de impartir las instrucciones necesarias para su buen funcionamiento. En este registro se pueden inscribir tanto personas naturales como personas jurídicas. Para inscribirse en el Registro, tanto las personas naturales como jurídicas deberán acreditar estar en posesión del título profesional de

arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor o constructor civil, acreditando también la experiencia mínima exigida para las distintas categorías que se definen en el reglamento de la Ley N°20.703.

En el Registro se establecen categorías a las cuales los interesados pueden postular y que se definen en función de la idoneidad técnica y experiencia de los profesionales. Los ITO podrán solicitar el cambio de categoría siempre que acrediten el cumplimiento de los requisitos exigidos para la nueva categoría. Las categorías y sus correspondientes requisitos son las siguientes:

- **1ra Categoría:** Profesionales que Inspeccionan obras de edificación de cualquier materialidad y altura, incluyendo los niveles subterráneos, cualquiera sea su carga de ocupación. El profesional debe demostrar una experiencia en obras de edificación de por lo menos ocho años después de la obtención del título, durante los cuales haya actuado como inspector técnico, supervisor, fiscalizador técnico de obras, administrador de obras, encargado de obras o constructor, por un mínimo de 40.000 m² de obras construidas en los últimos ocho años, incluyendo edificios de más de 12 metros de altura (contando los niveles o pisos subterráneos).
- **2da Categoría:** En esta categoría los profesionales pueden inspeccionar obras de edificación de cualquier materialidad de hasta 12 metros de altura o aquellos que tengan hasta 5 pisos de altura, incluidos los niveles o pisos subterráneos, o aquellos edificios cuya carga de ocupación no supere las 1.000 personas. Para esta categoría se requiere una experiencia en obra de al menos tres años después de la obtención del título y durante los cuales haya cumplido el rol de inspector técnico, supervisor, fiscalizador técnico de obras, administrador de obras, encargado de obras o constructor, por un mínimo de 15.000 m² de obras construidas en los últimos cinco años, incluyendo edificios de más de 8 metros de altura (contando los niveles o pisos subterráneos)
- **3ra Categoría:** Los Inspectores de este rango trabajan en obras de edificación de cualquier materialidad, de hasta 8 metros de altura o aquellos que tengan hasta 3 pisos de altura, o aquellos edificios cuya carga de ocupación no supere las 250 personas, excluyendo las construcciones que incorporen niveles subterráneos. Se exige que el profesional demuestre experiencia práctica como inspector técnico, supervisor, fiscalizador técnico de obra, administrador de obra, encargado de obra o constructor de al menos un año después de la obtención del título, avalada por un encargado de obras o certificado del mandante.

En el caso de las obras concesionadas por el Estado, la responsabilidad recae en el Inspector Fiscal (IF). Este IF asume el rol de representante del mandante (el Estado) y tiene la función de gestionar la correcta ejecución del proyecto. También se desempeña como canal de comunicación oficial entre el mandante y el consultor o contratista/concesionario durante la ejecución del contrato, y su responsabilidad rige hasta que el contrato se considera finalizado. Como responsable de la administración del contrato, tiene la obligación de fiscalizar, inspeccionar y/o vigilar la correcta ejecución de las obras. Esto aplica tanto para los IF de obras tramitadas vía tradicional, como para aquellas concesionadas. El IF es habitualmente un funcionario a contrata del MOP y su designación se realiza mediante resolución de la autoridad que adjudica el contrato. Son seleccionados usualmente a través de concursos públicos (aunque también pueden realizarse concursos a nivel interno) en donde se solicitan requisitos de formación, experiencia y ciertas habilidades específicas.

Cuando los organismos del Estado demandantes de obras de construcción no tienen disponibilidad de IF, contratan a un profesional externo denominado Agente Público. Este realiza el rol de IF, y puede ser al mismo tiempo un profesional que se desempeña como ITO en el ámbito privado.

En el caso de que los servicios de salud construyan hospitales, desde el año 2014 el IF es considerado Agente Público del Ministerio de Salud, en comisión de servicio a los servicios de salud. De esta forma, si bien se limita la cantidad de ITO debido a que los agentes públicos están definidos en la ley de presupuesto, perciben un sueldo que no está sujeto a la escala única del Estado (CNP, 2020a).

d) Disposiciones normativas sobre construcciones de madera establecidas en la OGUC

Toda construcción que requiera la obtención de un permiso de edificación de obra nueva deberá presentar un proyecto de cálculo estructural. En lo particular, la Ordenanza señala que los propietarios deben contratar un Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural en los siguientes casos (MINVU, 1992):

- Edificios de uso público.
- Conjuntos de viviendas cuya construcción hubiere sido contratada por los Servicios de Vivienda y Urbanización.
- Conjuntos de viviendas sociales de 3 o más pisos.
- Conos de viviendas de 3 o más pisos que no sean sociales.
- Edificios de 3 o más pisos cuyo destino sea exclusivamente oficinas privadas.
- Edificios que deban mantenerse en operación ante situaciones de emergencia, tales como hospitales, cuarteles de bomberos, cuarteles policiales, edificaciones destinadas a centros de control de empresas de servicios energéticos y sanitarios, emisoras de telecomunicaciones.
- Edificios cuyo cálculo estructural esté basado en normas extranjeras, las cuales deberán ser declaradas al momento de solicitar el permiso.

No obstante lo anterior, se establecen las excepciones a la obligación de presentar un proyecto de cálculo estructural:

- Edificaciones cuya superficie sea menor de 100 m².
- Obras menores³
- Edificaciones de las clases C, D, E y F, cuya carga de ocupación sea inferior a 20 personas.

Para todos los casos anteriores se debe cumplir la condición de que la obra se ejecute conforme a las disposiciones del Capítulo 6 del Título 5 de la OGUC. Dichas disposiciones establecen las condiciones mínimas de elementos de construcción no sometidos a cálculo de estabilidad y serán aplicadas a las construcciones que tengan uno y dos pisos, y en el caso de las construcciones con estructura de madera, estas considerarán la cubierta o mansarda, si la hubiere, debiendo la edificación total tener una altura máxima de 7 m. Se desprende de lo anterior, que todas aquellas edificaciones que no cumplan estos requisitos básicos, deberán presentar un proyecto de cálculo estructural.

Cabe señalar que muchas viviendas con muros de madera que solicitan un permiso de edificación corresponden a viviendas de 1 y 2 pisos, por lo que se concluye que en este segmento no se requiere un proyecto de cálculo estructural.

De esta forma, aquellas construcciones con estructura de madera no sometidas a cálculo estructural (Artículo 5.6.6), deben ejecutarse con piezas de madera aserrada que cumplan las siguientes normas (MINVU, 1992):

- NCh 1989. Maderas - Agrupamiento de especies madereras según su resistencia – Procedimiento
- NCh 1970/1. Maderas-Parte 1: Especies latifoliadas–Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1970/2. Maderas-Parte 2: Especies coníferas-Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1207. Pino radiata-Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.

³ Obra menor: modificación de edificaciones existentes que no alteran su estructura, con excepción de las señaladas en el artículo 5.1.2. de esta Ordenanza, y las ampliaciones que se ejecuten por una sola vez o en forma sucesiva en el tiempo, hasta alcanzar un máximo de 100 m² de superficie ampliada.

Asimismo, los elementos estructurales en dichas edificaciones de madera (incluidas las construcciones prefabricadas de madera como se define en la clase H) deben cumplir con las siguientes disposiciones (Artículo 5.6.8) (MINVU, 1992):

- Ser aceptada conforme a la norma NCh 1989.
- De acuerdo a la zona climático-habitacional en que se emplace la edificación, según la norma NCh 1079, o la que la reemplace, la humedad de los elementos estructurales de la edificación deberá quedar comprendida dentro de los límites establecidos en ella.
- Su durabilidad deberá estar de acuerdo a lo señalado en la norma NCh 789/1 (INN. En el caso de maderas no durables como pino radiata, álamo, olivillo y tepa, deberán estar preservadas conforme a la norma NCh 819.

2.5.3 Normas técnicas

a) Normas técnicas establecidas en la OGUC

Las Normas Técnicas Oficiales que se citan expresamente en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones serán obligatorias en tanto no contradigan sus disposiciones (MINVU, 1992). La aplicación y cumplimiento de las Normas Técnicas Oficiales a que alude este cuerpo legal, serán de responsabilidad de los profesionales competentes y del propietario de la obra (Artículo 5.5.7). Se diferencian las normas para elementos no sometidos a cálculo estructural y las normas para realizar los cálculos.

Cuadro N° 17: Normas Técnicas Obligatorias establecidas en la OGUC relacionadas con madera

NORMA	TÍTULO
a) Normas Técnicas Oficiales para elementos de construcción en madera no sometidos a cálculo estructural (Artículos 5.6.6 y 5.6.8 de la OGUC)	
NCh 789/1	Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural
NCh 819	Madera preservada - Pino radiata - Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo
NCh 1207	Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
NCh 1970/1	Maderas - Parte 1: Especies latifoliadas – Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
NCh 1970/2	Maderas - Parte 2: Especies coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
NCh 1989	Maderas - Agrupamiento de especies madereras según su resistencia - Procedimiento
b) Normas Técnicas Oficiales para realizar los cálculos estructurales	
NCh 1198	Madera - Construcciones en madera – Cálculo
NCh 1990	Madera – Tensiones admisibles para madera estructural
NCh 2151	Madera laminada encolada estructural – Vocabulario
NCh 2165	Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata

(Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020)

b) Normas Técnicas establecidas en el Decreto Supremo 10

El Decreto Supremo N°10 del año 2002 creó el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción (MINVU, 2002). Los laboratorios que soliciten ser inscritos en el Registro, en un área determinada, deberán cumplir ciertas condiciones técnicas, entre ellas, tener actualizadas las normas, métodos de ensayo y, en general, toda la documentación referida a los ensayos propios de cada área. Las Normas Técnicas Oficiales de uso obligatorio relativas a la madera, referenciadas por el Decreto Supremo 10, son las siguientes:

Cuadro N° 18: Normas Técnicas Obligatorias establecidas en el DS10 relacionadas con madera

NORMA	TÍTULO
NCh 176/1 2003	Madera - Parte 1: Determinación de humedad.
NCh 631 2003	Madera preservada - Extracción de muestras.
NCh 723	Hojas de puertas lisas de madera - Métodos de ensayo.
NCh 755	Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera.
NCh 763/1 1996	Maderas - Preservación - Parte 1: Análisis de madera preservada y soluciones preservantes mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X.
NCh 763/2 1996	Maderas - Preservación - Parte 2: Análisis de madera preservada y soluciones preservantes mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X.
NCh 819	Madera preservada - Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo.
NCh 2148 2013	Madera laminada encolada estructural - Requisitos, métodos de muestreo e inspección.
NCh 2150 1989 Mod.1991	Madera laminada encolada - Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata.

(Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020)

c) Otras Normas Técnicas Oficiales relacionadas con madera**Normativa sísmica**

A mediado de los años treinta surgen las primeras disposiciones en la OGUC relativas al diseño sísmico de las construcciones en Chile. Tras varias décadas durante las cuales el país vivió distintos eventos sísmicos de gran magnitud, en el año 1996 se oficializó la primera Norma Técnica en la materia, la NCh 433: "Diseño sísmico de edificios" (INN, 2006). Posteriormente, en el año 2011, ante la necesidad de complementar esta norma con nuevas disposiciones sísmicas, a consecuencia del terremoto de febrero del año 2010, surgió el Decreto Supremo N° 61: "Reglamento que aprueba el diseño sísmico en edificios" (MINVU, 2011b). Estas son tal vez, las principales disposiciones normativas para el diseño sísmico vigentes en Chile, que emanan de la OGUC.

Como se mencionó anteriormente, en la OGUC se establece que las edificaciones en Chile deben presentar un proyecto de cálculo estructural, el cual debe cumplir con determinadas exigencias. Entre estas, se exige que la memoria de cálculo asociada al proyecto debe incorporar las magnitudes de las cargas sísmicas (fuerzas horizontales) a las que estará sometida la edificación, así como la zona sísmica donde será emplazada, todo ello de acuerdo a las disposiciones técnicas de la Norma 433. Sin embargo, la OGUC exige a ciertas obras de presentar un proyecto de cálculo estructural, con lo que, en la práctica, la normativa sísmica queda principalmente orientada a la edificación en altura. Ahora bien, dado que el diseño sísmico de edificios es una componente del diseño estructural, el desempeño de una edificación no solo dependerá de su diseño sísmico sino también del tipo de sistema constructivo utilizado en su estructuración, así como del tipo de suelo utilizado como soporte. De esta forma, existen normas de diseño para estructuras de hormigón armado, albañilería y madera. En el caso particular de la madera, la normativa para el diseño estructural corresponde a la NCh 1198: "Construcciones en Madera - Cálculo" (INN, 2006).

En un sentido general, la NCh 433 (INN, 1996a) persigue que las estructuras resistan sin ningún daño los movimientos sísmicos de intensidad moderada y, en el caso de un sismo de alta intensidad, que la estructura no colapse aun cuando se presenten daños. La norma establece los requisitos de diseño para edificios, que en Chile corresponde principalmente a edificaciones estructuradas con muros y elementos de hormigón armado. La Norma 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 se debe regir por la norma chilena correspondiente.

Esta norma para eventos sísmicos, en su esencia, está orientada al comportamiento del hormigón y no a las propiedades intrínsecas de la madera, la cual puede deformarse en una mayor amplitud sin afectar la estructura de la edificación. Ese sería el principal impedimento para construir edificios en altura en madera, porque exigiría –debido a la norma– “rigidizar” un material que de por sí es flexible, encareciendo los costos generales y convirtiéndola en una alternativa poco atractiva económicamente.

En estricto rigor, la legislación vigente no prohíbe la edificación en altura con material madera, pero el hecho que no existan en el país este tipo de edificios se debe a las propias limitaciones que las normas exigen a los materiales. Así, por ejemplo, la norma NCh 1198 (INN, 2006) no entrega disposiciones que permitan a un ingeniero calcular la resistencia y la rigidez de un edificio estructurado con muros de madera (Santa María, 2016). En el caso de la Norma NCh 433 (INN, 1996a), se establece un máximo admisible de desplazamiento entre pisos, teniendo como referencia las construcciones en hormigón y no la mayor flexibilidad que demuestra la madera, lo que en la práctica se traduce en un límite muy exigente y, por consiguiente, muy difícil de cumplir para edificios con estructura de muros de madera (CChC, 2020). Este límite que establece la NCh 433 obliga a diseñar estructuras muy rígidas lateralmente, lo que es un problema para la madera que tienen estructuraciones más flexibles (Santa María, 2016).

En la actualidad, está en curso un proceso para modificar la NCh 433 en distintos aspectos que involucran a todas las materialidades, para generar una normativa actualizada y que reemplace al D.S. N° 61 (MINVU, 2011a). El Instituto de Normalización Nacional (INN) es el encargado de liderar este proceso, que debe pasar por varias etapas: anteproyecto (donde se encuentra hoy, según informa el sitio web oficial del INN), consulta pública, comité técnico y publicación por parte del Consejo del INN. Es en este contexto donde algunos organismos vinculados a la madera (tales como el CIM UC y CORMA) están realizando propuestas técnicas para modificar la NCh 433 (INN, 1996) con el objetivo de posibilitar la edificación en altura con estructura de madera en el país.

Normas de resistencia al fuego

La normativa relacionada con la seguridad contra incendios es diversa y se encuentra en leyes, reglamentos y normas que emanan de diferentes entidades públicas, entre las que se encuentran los ministerios de Vivienda, Obras Públicas, Economía y Salud. En términos generales, esta normativa apunta a la protección de los ocupantes de las edificaciones y a facilitar su rescate, así como a evitar la propagación del fuego y acelerar su extinción.

Las prescripciones normativas sobre la seguridad contra incendios en las construcciones se encuentran en la OGUC (MINVU, 1992). En ellas se dispone que todas las edificaciones deberán protegerse de manera activa, esto es, aquellas edificaciones dotadas de sistemas de detección que entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores tales como agua, gases, espumas o polvos químicos; o de manera pasiva, es decir, aquellas cuyos elementos de construcción aíslan la estructura de una edificación de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo, retardando su acción y permitiendo la evacuación de sus ocupantes antes del eventual colapso de la estructura y dando, además, tiempo para la llegada y acción de bomberos.

En este último caso, queda de manifiesto que los materiales tienen distintas respuestas frente al fuego. Para abordar esto, existen distintas normas técnicas oficiales para determinar el comportamiento frente al fuego. Además, las características de los materiales y elementos de la construcción frente a la acción del fuego se encuentran registradas en el “Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y Componentes de la Construcción” elaborado por el Ministerio de Vivienda.

La resistencia al fuego se mide en minutos y es la capacidad que exhibe un elemento de construcción para conservar durante un periodo determinado de tiempo sus cualidades estructurales dentro de

ciertos límites de temperatura. La OGUC (MINVU, 1992) establece las clases F-15, F-30, F-60, F-90, F-120, F-150 y F-180 para una determinada combinación de número de pisos y tipo de elemento constructivo presente.

Así, por ejemplo, los elementos soportantes verticales de una vivienda de 1 o 2 pisos deben cumplir con un F-30, mientras que en edificios habitacionales de 6 o más pisos deben cumplir con un F-120. En el caso de la techumbre, las viviendas de 1 o 2 pisos requieren F-15 y en edificios habitacionales de 6 o más pisos, un F-60. Además, la Ordenanza señala que se debe considerar el destino de la edificación y la superficie edificada o la carga de ocupación o la densidad de carga combustible, según corresponda, de acuerdo a lo establecido en las tablas del artículo 4.3.4 de la OGUC (MINVU, 1992).

Bajo ciertas condiciones, la madera presenta una buena resistencia al fuego gracias a la formación de una capa carbonizada, ya que frente a elevadas temperaturas se descompone para proporcionar una capa aislante de carbón que retarda aún más la degradación de la madera.

La capacidad de resistencia al fuego de una estructura de madera depende de su escuadría, a mayor escuadría mayor resistencia al fuego. Así, la cantidad de carbonización de la sección transversal es el principal factor en la resistencia al fuego de miembros estructurales de madera.

Cuadro N° 19. Normas técnicas chilenas sobre el comportamiento de los materiales, elementos y componentes de la construcción frente al fuego

Normas Chilenas
Normas generales, sobre prevención de incendio en edificios: <ul style="list-style-type: none"> NCh 933 Terminología. NCh 934 Clasificación de fuegos.
Normas de resistencia al fuego: <ul style="list-style-type: none"> NCh 935/1 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción general. NCh 935/2 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre. NCh 2209 Ensaye del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.
Normas sobre cargas combustibles en edificios: <ul style="list-style-type: none"> NCh 1914/1 Ensaye de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción. NCh 1914/2 Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general. NCh 1916 Determinación de cargas combustibles. NCh 1993 Clasificación de los edificios según su carga combustible.
Normas sobre comportamiento al fuego: <ul style="list-style-type: none"> NCh 1974 Pinturas - Determinación del retardo al fuego. NCh 1977 Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama. NCh 1979 Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.
Normas sobre señalización en edificios: <ul style="list-style-type: none"> NCh 2111 Señales de seguridad. NCh 2189 Condiciones básicas.
Normas sobre elementos de protección y combate contra incendios: <ul style="list-style-type: none"> NCh 1429 Extintores portátiles - Terminología y definiciones. NCh 1430 Extintores portátiles - Características y rotulación. NCh 1433 Ubicación y señalización de los extintores portátiles. NCh 1646 Grifo de incendio - Tipo columna de 100 mm - Diámetro nominal.
Normas sobre rociadores automáticos: <ul style="list-style-type: none"> NCh 2095/1 Sistemas de rociadores- Parte 1: Terminología, características y clasificación. NCh 2095/2 Sistemas de rociadores- Parte 2: Equipos y componentes. NCh 2095/3 Sistemas de rociadores- Parte 3: Requisitos de los sistemas y de instalación. NCh 2095/4 Sistemas de rociadores- Parte 4: Diseño, planos y cálculos. NCh 2095/5 Sistemas de rociadores- Parte 5: Suministro de agua. NCh 2095/6 Sistemas de rociadores- Parte 6: Recepción del sistema y mantenimiento.

(Fuente: Elaboración propia)

El Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile, desarrolló un anteproyecto de norma de cálculo de resistencia al fuego para estructuras de madera, a través de un proyecto CORFO y mandatado por el MINVU, el cual busca generar una metodología de cálculo para diseñar estructuras y edificios de madera resistentes al fuego según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Si bien existe la norma NCh935/1 "Ensayo de resistencia al fuego- Parte 1 Elementos de construcción en general" (INN, 1997), que establece las condiciones y criterios para determinar la resistencia al fuego, la escasez de ensayos existentes de sistemas constructivos en madera implica necesariamente la realización de estos para cada proyecto en particular, lo que constituye una barrera económica dado el alto costo de dichos ensayos.

Además, la ausencia de una metodología nacional de cálculo dificulta a los ingenieros estructurales el diseño para el cumplimiento de la resistencia al fuego requerida. El anteproyecto de norma desarrollado por el IDIEM establecerá una metodología que indicará cómo calcular teóricamente la resistencia al fuego de elementos y sistemas constructivos de madera, entre los que se incluirán los sistemas de madera masiva (Eligemadera, 2020).

En el Anexo 1 se presentan otras normas relacionadas con el uso de la madera en la construcción.

2.5.4 Decreto que reglamenta el rotulado de madera aserrada

Esta reglamentación es considerada una de las claves para fomentar el uso de la madera en la construcción en Chile. A la fecha de edición del presente Diagnóstico, dicha iniciativa reglamentaria se encuentra en trámite de aprobación. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo, junto al Ministerio de Economía, es el principal impulsor del rotulado para la madera, iniciativa que se alinea con las metas y compromisos que han planteado diversos organismos de incrementar la utilización de esta materia prima en la construcción.

El rotulado recoge los requisitos establecidos en la normativa vigente para la construcción en madera, esto es la OGUC, y permitirá transparentar la calidad del producto al consumidor final. Se contempla la incorporación de un rótulo en cada pieza de madera aserrada, que proporciona información sobre la calidad del producto. El Decreto especifica dos usos para madera en la construcción: uso estructural y no estructural.

En el caso del rótulo de madera para uso estructural, este deberá contener la identificación del proveedor, país de origen, especie, terminación (dimensionado o cepillado), dimensión (NCh 2824 o NCh 174) y largo en metros (m). Asimismo, debe informar el contenido de humedad, grado estructural GS, G1, G2, C16, C24, MGP10 o MGP12 establecidos en la NCh 1198 y preservación. De ser requerido, se debe comunicar el tipo de preservante y la clase de riesgo, de acuerdo con la NCh 819.

Cuando corresponda a madera para uso no estructural, el rótulo deberá especificar el proveedor, país de origen, especie, terminación (dimensionado o cepillado), dimensión (NCh 2824 o NCh 174), contenido de humedad y preservación (de ser requerido, se debe comunicar el tipo de preservante y la clase de riesgo, de acuerdo con la NCh 819).

El rótulo tiene como objetivo informar al consumidor sobre las propiedades de la madera, su estándar de calidad y el cumplimiento de las exigencias normativas vigentes en el país. En este sentido, permitirá a consumidores y usuarios, verificar que las piezas de madera que están adquiriendo cumplen con lo que exigen las normas chilenas de construcción. Asimismo, el rotulado facilitará la identificación del material que concuerda con la memoria de cálculo y especificaciones técnicas del proyecto.

Cabe señalar que esta normativa no exige una certificación del producto. En caso de requerir demostrar el cumplimiento de estándares, se debe realizar ensayos en laboratorios con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del MINVU, especialidad maderas.

2.5.5 Otras normativas que regulan el uso de la madera en la construcción

El Itemizado Técnico de Obras (ITC) es una secuencia ordenada de las partidas que se deben ejecutar en una obra de edificación y son una guía para la correcta definición de las especificaciones técnicas de un proyecto. El ITC aprobado por el Ministro de Vivienda y Urbanismo fija aquellas materias relacionadas con los elementos a intervenir y define las especificaciones técnicas mínimas de construcción. Los SEREMI podrán aprobar Itemizados Técnicos Regionales, propuestos por los respectivos SERVIU, los que podrán contener exigencias incluso mayores que el ITC de nivel nacional. Las directrices del ITC son, en algunos casos, mayores a las dispuestas por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y otras normativas vigentes específicas. Pero al mismo tiempo, el ITC se complementa con las exigencias de otras normativas: OGUC, Ordenanzas Municipales y Normas Chilenas, entre otras.

- Itemizado técnico del fondo solidario de elección de vivienda D.S. 49 de 2011 (Resolución Exenta n°7713 del 16/07/2017 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

El ITC del fondo solidario de elección de vivienda (DS N°49) (MINVU, 2017) proporciona claridad y comprensión acerca de las exigencias técnicas mínimas que deben considerar quienes intervienen en los procesos de diseño, ejecución y supervisión de las obras correspondientes a él. Es una guía orientadora para alcanzar buenos resultados en los proyectos y su ejecución. Su objetivo central es asegurar que las viviendas subsidiadas por este Fondo cumplan con las características técnicas que garanticen condiciones óptimas de habitabilidad, durabilidad y seguridad. En el caso de elementos de madera, se establecen los requisitos señalados en el Anexo 2.

- Itemizado técnico de obras para proyectos asociados al capítulo primero: Proyectos para el equipamiento comunitario, del programa de mejoramiento de viviendas y barrios, regulado por el D.S. N° 27 de 2016 (Resolución Exenta N° 2166, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Este reglamento fija aquellas materias relacionadas con los elementos a intervenir y define las especificaciones técnicas mínimas de construcción que deberán cumplir los proyectos asociados al capítulo primero: Proyectos para el Equipamiento Comunitario, del Programa de Mejoramiento de Viviendas y Barrios, regulado por el DS N° 27 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2016b). Los ítems relacionados con requisitos para la madera, en su calidad de material para la construcción, se presentan en el Anexo 2.

- Cuadro normativo de estándar técnico de habitabilidad rural del programa de habitabilidad rural D.S N° 10 de 2015 (Resolución Exenta 3129, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Esta normativa define un estándar arquitectónico para el diseño de las edificaciones, estableciendo parámetros mínimos de calidad, habitabilidad, durabilidad, pertinencia y seguridad, y los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir los proyectos habitacionales y/o proyectos de construcción del Programa (MINVU, 2015).

En lo que se refiere a obra gruesa, el cuadro normativo detalla los requisitos técnicos para diferentes materiales correspondientes a: elementos verticales estructurales, elementos horizontales estructurales, estructura de techumbre y elementos no estructurales. En el caso del material madera, las disposiciones se muestran en el Anexo 2.

Capítulo 3

La construcción con madera en el contexto de las políticas públicas

3.1 Políticas públicas de fomento de la construcción con madera en otros países

El uso de la madera en la construcción difiere significativamente entre países puesto que se mezclan varios aspectos de la realidad de cada territorio, como las tradiciones, el clima, la disponibilidad de recursos madereros, el nivel de desarrollo tecnológico y muchos otros de índole cultural, social y política que determinan las conductas y preferencias de los habitantes y sus autoridades locales.

Las estadísticas mundiales sobre los diferentes materiales utilizados en la construcción son en general escasas, lo que limita las posibilidades de conocer su importancia relativa. Sin embargo, se sabe que los más destacados o nombrados son hormigón, acero, ladrillo, piedra y madera. La madera se ha utilizado en muchos sistemas de construcción tradicionales durante siglos y en las últimas décadas las tecnologías han avanzado para permitir que nuevos productos de madera, los llamados productos de ingeniería en madera, sustituyan a otros materiales, como el acero y el hormigón, en la construcción a gran escala. La penetración en el mercado de estos productos de ingeniería ha sido constante, pero aún la participación respecto de los materiales tradicionales de construcción sigue siendo reducida en muchos países, incluso en algunos que tienen cuantiosos recursos madereros, como es el caso de Chile.

Un entorno administrativo y político propicio puede facilitar un mayor uso de la madera como material de construcción a través de políticas de fomento, en una sociedad cada vez más consciente de los efectos del cambio climático, donde el uso de la madera puede tener beneficios directos e indirectos para su mitigación y adaptación, así como para el desarrollo sostenible. Sin embargo, la implementación de las políticas no está exenta de múltiples y complejos procesos de ajustes entre los actores involucrados, considerando aquí no solo a los actores privados que están convocados a participar y competir, sino también a los actores públicos, que, con sus propuestas de políticas, inciden en que la balanza se incline hacia uno u otro lado.

A nivel mundial, los Estados implementan diversas políticas para impulsar y masificar el uso de la madera en sus sectores de construcción, convencidos del aporte que esto representa en áreas como el medio ambiente, la economía y la calidad de vida de sus habitantes (Capítulo 4).

Las políticas de fomento relacionadas con la madera se encuentran a nivel local, nacional o regional y, por lo general, sus objetivos están enfocados en el tema de la madera como material de construcción. A partir de una revisión de las políticas públicas relacionadas con el uso de la madera realizada por FAO (2020c), se puede establecer que estas apuntan a dos objetivos principales:

Objetivo 1. Promover las siguientes ventajas de la madera como material de construcción:

- Material renovable, que se produce con una huella ambiental reducida.
- Materia prima que se produce en base a carbono extraído de la atmósfera y que puede ser sustituto de materiales cuya producción es intensiva en carbono fósil.
- Buenas propiedades mecánicas, en particular a través de productos de madera reconstituida.
- Flexible y resistente en zonas sísmicas.
- Buenas propiedades de aislamiento térmico que contribuyen a reducir el consumo de energía para la climatización de las edificaciones.
- Eficacia y seguridad contra incendios, puesto que se carboniza lentamente.
- Alto potencial para la fabricación fuera del sitio de la obra y la construcción rápida.
- Material reciclable.

Objetivo 2. Promover los beneficios de la madera en la construcción de viviendas para el bienestar de sus habitantes, principalmente los siguientes:

- La madera en la vivienda genera sentimientos de bienestar.
- En contextos urbanizados, las personas sienten que se mantienen en contacto con la naturaleza a través de la presencia de la madera en su hogar.
- En escuelas y oficinas, se ha demostrado que la exposición a la madera conduce a mayores niveles de bienestar, concentración, aprendizaje, productividad, satisfacción y reducción de las bajas laborales.
- Se dice que las ciudades de madera tienen una estética más cálida.

Las políticas de fomento de la madera han sido establecidas principalmente en países que poseen un sector forestal relativamente importante y, generalmente, un alto nivel de construcción con este material. Es el caso, por ejemplo, de Australia, Canadá, EEUU, Finlandia, Francia, Alemania, Japón, Nueva Zelanda, Suecia, Suiza y el Reino Unido. Pese a que las políticas de fomento al uso de la madera se encuentran en muchos países, existen pocas pruebas de su impacto cuantitativo. En la actualidad, se observa una fuerte tendencia hacia la edificación en altura con madera, apoyada en políticas públicas de fomento a este segmento.

Existe una amplia heterogeneidad de organismos vinculados a una política de fomento de la madera. Se observa interacción entre los Ministerios de Agricultura, Ministerios de Bosques, Economía, Medio Ambiente, Vivienda, Ciencia e Investigación y Energía, entre otros. Muchas políticas de fomento de la madera están orientadas a la construcción que demanda el sector público. Por ejemplo, en Japón se fomenta el uso de productos de madera en la construcción de edificios públicos; en Australia hay políticas de fomento para el uso de la madera en proyectos de infraestructura (un ejemplo es el de la ciudad de East Fremantle), pero en otros países las políticas están enfocadas al uso de la madera en el sector privado (por ejemplo, en Friburgo, Alemania).

Cuadro N° 20. Ejemplos de Políticas de Fomento de la Madera en el Mundo

País	Nombre de la política de fomento de la madera	Ámbito de implementación
Australia	Política de fomento de la madera	Local (ciudad de East Fremantle)
	Política de fomento de la madera de Tasmania	Regional (Tasmania)
Alemania	Programa de Apoyo a la Construcción de Madera	Local (ciudad de Friburg)
Canadá	Ley Madera Primero de British Columbia	Regional (British Columbia)
	Acta de la Madera de Quebec	Regional (Québec)
	Programa de construcción ecológica a través de la madera (GCWood)	Nacional
Estados Unidos	Uso de la Madera en Edificios Públicos	Regional (Oregon y Maine)
Finlandia	Iniciativa Demostrativa de Edificios de Madera de Altura	Nacional
Francia	Iniciativa de Construcción de Rascacielos de Madera "ADIVBOIS"	Nacional
Japón	Ley de Promoción del Uso de la Madera en Edificios Públicos	Nacional
Nueva Zelanda	Política de Compras Públicas de Madera	Nacional
Reino Unido	Home-Grown Homes	Regional (Wales)
Suecia	Estrategia Ciudad Moderna de Madera	Local (Växjö)
Suiza	Política de Recursos Madereros y Plan de Acción de la Madera	Nacional

(Fuente: FAO, 2020c)

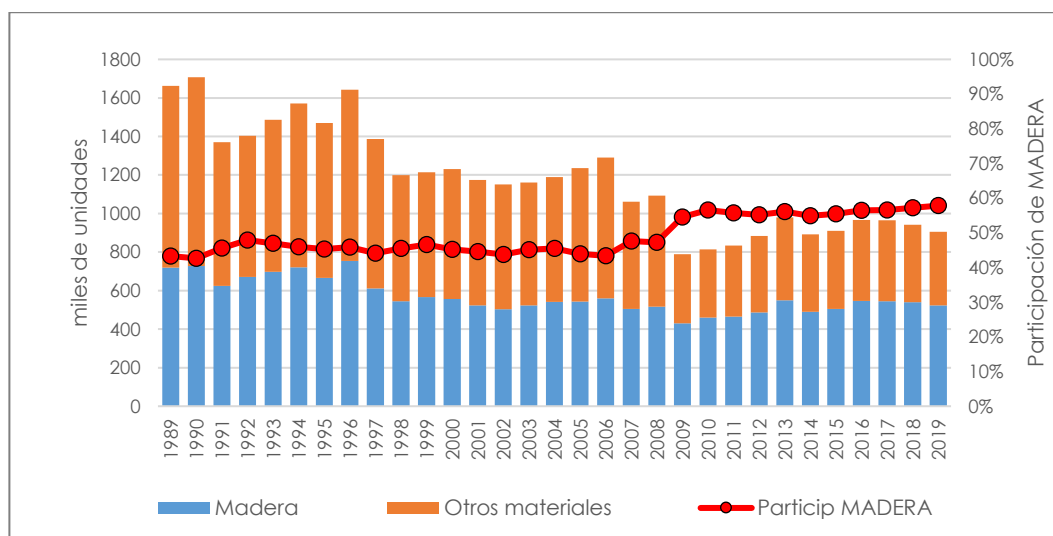
Los objetivos de las políticas de fomento de la madera son inherentemente intersectoriales y los temas que ellas tratan y las motivaciones para adoptarlas son multidimensionales, puesto que su uso deriva en beneficios para la economía, el medio ambiente, las industrias locales, el empleo y la imagen estética de un pueblo o ciudad.

3.1.1 Japón. Ley de Promoción del Uso de la Madera en Edificios Públicos

Después del colapso económico de principios de los años noventa, la economía japonesa siguió estancada durante casi 20 años. Como resultado, las personas perdieron la confianza y se generó una sensación de estancamiento ocasionada por el creciente déficit fiscal y la pérdida de confianza en el sistema de seguridad social. En ese momento, el gobierno se planteó como meta lograr una economía sólida, finanzas públicas sanas y un sistema de seguridad social robusto, y para ello, en junio de 2010, definió la Nueva Estrategia de Crecimiento, la que estableció el logro de metas en diversas áreas productivas de la economía. En el área forestal e industrias vinculadas las propuestas de política apuntaron a utilizar más decididamente el recurso de plantaciones forestales generado durante la era de la posguerra, de manera de aumentar la tasa de autosuficiencia de madera por encima del 50%, a través de la expansión de su uso en el mercado local, la creación de mayor capital humano especializado en manejo forestal y el aprovechamiento de la madera como combustible.

En el mercado japonés, aproximadamente el 45,8% de la superficie construida de viviendas y edificios públicos utiliza madera como material estructural. En la actualidad, casi toda la madera utilizada para la construcción es para viviendas unifamiliares de 1 a 3 pisos. Por ello, existen grandes expectativas para el uso de la madera en edificios medianos y de gran altura en áreas urbanas de Japón, que hasta la fecha se han construido casi por completo en hormigón armado o acero estructural.

Cabe señalar que, con la tendencia demográfica del país hacia una reducción de la población, el tamaño del mercado de viviendas, segmento que sustenta la demanda de madera, también ha tendido a disminuir.



(Fuente: Elaboración propia, elaborado a partir de datos de e-Stat, 2020)

Figura N° 69. Número de viviendas iniciadas por año en Japón entre 1989 y 2019

En el sector público, el uso de la madera está actualmente fundamentado en la Ley de Promoción del Uso de Madera en Edificios Públicos, promulgada en octubre del año 2010, que se enmarcó en la Nueva Estrategia de Crecimiento establecida por el gobierno de Japón. Esta política pública de fomento al uso de la madera promueve la construcción de edificios públicos de baja altura con estructura de madera (de tres pisos o menos), instando a las autoridades territoriales (prefecturas) del país a que desarrollen sus propias políticas para la promoción del uso de la madera, basándose en la Ley de Promoción, y se esfuercen en promover el uso práctico de la madera en la edificación pública.

Después de la implementación de la Ley, la proporción de edificios públicos de madera aumentó de 8,3% en 2010 a 11,7% en 2015 y de estos, los de tres pisos o menos aumentaron de 17,9% a 26,0%. En el año 2015 el gobierno de Japón construyó 110 edificios de baja altura, de los cuales 60 fueron construidos con estructura de madera, y renovó con madera los revestimientos exteriores e interiores de otras 186 edificaciones.

En términos de superficie, en el año 2018 el 13,4% de la superficie total de edificios públicos se construyó con madera, lo que significó un aumento de 1,7 puntos con respecto al año anterior. En el segmento de los edificios públicos de baja altura, esta proporción alcanzó a 27,2%, lo que representó un aumento de 0,8 puntos respecto del año anterior. Más del 60% de los edificios públicos de baja altura fueron construidos por empresas privadas y alrededor del 80% correspondieron a centros de asistencia médica o asistencia social.

El Código de Construcción de Japón

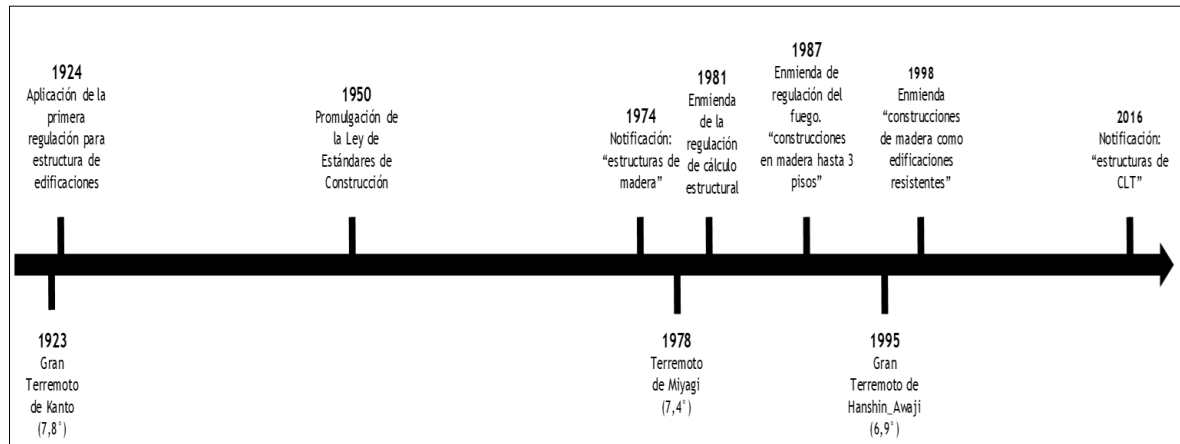
Para lograr que la industria forestal de Japón sea más sostenible el Gobierno ha realizado importantes esfuerzos para aumentar el uso de la madera. Uno de ellos es la Ley de Estándares de Construcción (LSC), que regula el diseño estructural de todo tipo de edificaciones. De las numerosas leyes que regulan la construcción de edificios en Japón, la LSC es una de las más exigentes, abarcando aspectos de diseño, seguridad estructural y daño por incendios, entre otros.

La LSC se promulgó en 1950 y su primera versión contenía la regulación sobre cálculo estructural que se aplicaba en el país treinta años atrás. En 1981, luego del terremoto de 1978 que causó daños significativos a los edificios de la nación esta ley fue revisada. Esta revisión apuntaba a que los edificios no sufrieran daños por terremotos de mediana escala y no colapsaran en terremotos de gran escala. Sin embargo, persistía la preocupación por la seguridad contra incendios, lo que generó un retroceso en las construcciones de tamaño mediano y grande a mediados del siglo XX.

La siguiente revisión, realizada en el año 1987, hizo posible la construcción de edificios de madera de hasta tres pisos en todo el país, excepto en las áreas de protección contra incendios. Esta revisión fue tal vez el mayor hito para el resurgimiento de las construcciones de madera en Japón. La revisión del año 1998 permitió diseños más flexibles que cumplieran con el rendimiento requerido a los edificios y posibilitó, en cuanto a la construcción con madera, que las edificaciones fueran resistentes al fuego mediante la implementación de medidas para proteger del fuego a los componentes soportantes de carga.

Cuando se trata de cálculos estructurales de construcciones de madera establecidos en la LSC, se proporcionan regulaciones generales. Los métodos de cálculo requeridos dependen principalmente del tamaño de la edificación, pero la LSC no proporciona los detalles de los mismos. Para ello, algunas organizaciones de constructores han creado manuales de construcción que sirven de guías para el cálculo estructural.

Las regulaciones específicas para estructuras de entramado (llamados en Japón "Sistemas 2x4") y las construcciones con CLT, se incorporaron a la LSC en 1974 y en el 2016, respectivamente. No obstante, algunas organizaciones como la Asociación Japonesa de Constructores de Viviendas 2x4 y la Asociación Japonesa de CLT, han generado directrices o pautas para un correcto cálculo en ambos sistemas, con autorización de las autoridades gubernamentales.



(Fuente: Goto *et al.*, 2018)

Figura N° 70. Hitos relevantes de la Ley de Estándares de Construcción (LSC) de Japón

3.1.2 Australia. Política de Fomento de la Madera de Tasmania

En junio de 2016, el gobierno de Tasmania anunció el establecimiento de una política para impulsar el uso de productos de madera en la construcción. Esta política centra su accionar en requerir que los productos de madera se consideren en todos los proyectos de construcción pública, incluyendo el diseño de interiores, lo que promoverá un cambio del sector construcción al considerar a la madera como la primera opción.

El anuncio siguió a los cambios realizados al Código Nacional de Construcción de Australia, que abrieron el camino para la construcción con sistemas de entramado pesado. Este cambio permitió que los productos de madera, como el CLT, se utilicen en edificios de hasta 25 metros de altura. Los cambios en el Código de Construcción colocan a Australia a la par con otros países avanzados y se espera que estimule la demanda de madera local necesaria para la fabricación del CLT.

Justificación de la Política

El gobierno de Tasmania ha reconocido la importancia de la industria de productos madereros de Tasmania para el empleo regional y el desarrollo económico, y está comprometido con su crecimiento sostenible. También ha reconocido la importante contribución que el uso sostenible y renovable de la madera puede hacer a la mitigación del cambio climático. Para lograr estos objetivos, se ha establecido una política de fomento de la madera que persigue aumentar el uso de productos de madera de origen sostenible en las actividades de contratación pública, en particular en la edificación de obras, así como en el diseño, la calefacción y las necesidades energéticas de los proyectos de edificación.

El foco de la Política

La Política de Fomento de la Madera de Tasmania será aplicable a las agencias presupuestarias internas y otras entidades sujetas a la Ley de Auditoría y Gestión Financiera de 1990.

Para los proyectos de edificación del gobierno local y del sector privado que reciban apoyo, valorados en AU\$ 500.000 o más por el Gobierno, o que vayan a ser arrendados por este, las agencias deberán solicitar que los proponentes tengan diseñadores y/o arquitectos que consideren el uso de madera en dicho proyecto cuando estos:

- Representen una buena relación precio-calidad.

- Proporcionen calidad y funcionalidad adecuadas.
- Cumplan con la Política de Compra Local y con las Instrucciones del Tesorero asociadas.
- No haya ninguna razón técnica o de rendimiento para no considerar la madera.

La labor de las agencias de Tasmania

Las agencias deben asegurarse de que la planificación y el diseño de adquisiciones para todos los proyectos de construcción consideren el uso de madera, bajo las consideraciones señaladas anteriormente, cumpliendo además con las normas australianas pertinentes.

Al implementar la Política de Fomento de la Madera de Tasmania, las agencias deberán:

- Fomentar el abastecimiento de productos de madera de acuerdo con los objetivos de la Política de Compra Local y las Instrucciones del Tesorero.
- Buscar activamente desarrollar proyectos que demuestren el uso de la madera en Tasmania.
- Asegurarse que, cuando sea posible, las comparaciones entre el costo de los materiales de construcción tengan en cuenta todas las consideraciones a largo plazo y del ciclo de vida.
- Garantizar el uso de madera y productos de madera de fuentes responsables.
- Buscar a quienes puedan ofrecer soluciones de diseño y construcción prácticas, eficientes, versátiles y rentables en el uso de la madera.
- Incorporar la siguiente declaración en todos los informes de diseño y arquitectura de proyectos de edificación en madera:

"A través de la Política de Fomento de la Madera de Tasmania, el Gobierno promueve el uso de madera y productos de madera como material preferido en las construcciones"

El encargado de adquisiciones debe revisar el diseño para asegurarse de que el proponente diseñador ha considerado el uso de madera y ha informado sobre cualquier impedimento para el uso de madera, a objeto de permitir un análisis futuro.

La labor de los arquitectos y diseñadores

El Gobierno reconoce que los arquitectos y diseñadores tienen una larga trayectoria en el trabajo con la madera. Estos deberán estar familiarizados con la Política y cumplir con sus requisitos en sus informes de diseño. Deberán identificar y especificar productos y opciones de madera adecuados y disponibles.

Los arquitectos y diseñadores también deberán informar a las agencias sobre cualquier impedimento significativo para el uso de la madera, como la falta de disponibilidad o información del producto, para asegurarse de que se incluyan en los informes y en las revisiones de las políticas.

El rol de la Política de Compra Local

El Gobierno de Tasmania está comprometido a respaldar a las empresas locales para crear empleos y estimular la economía para generar crecimiento. La Política de Compra Local del gobierno se ha establecido para aumentar la conciencia sobre los requisitos y los beneficios de la compra local, y mejorar el acceso a los contratos gubernamentales para las pequeñas y medianas empresas (PYME), a través de:

- Mejorar las oportunidades para que las empresas locales compitan en las adquisiciones del Gobierno, exigiendo a las entidades gubernamentales que consideren los beneficios sociales en sus decisiones de compra.
- Promover dentro del Gobierno las ventajas de comprar localmente.

- Reducir la carga administrativa de las empresas que prestan servicios simplificando la documentación para su contratación.
- Proporcionar a las empresas información clave, herramientas y capacitación para aumentar de manera efectiva su competitividad para adjudicarse adquisiciones gubernamentales.
- Aumentar la transparencia en relación con las actividades de contratación pública.

3.1.3 Suecia. Estrategia Ciudad Moderna de Madera de Växjö

Los devastadores incendios ocurridos en varias ciudades suecas entre 1838 y 1843, resultaron en una prohibición de las construcciones en madera de más de dos pisos. Más de 100 años después, en 1994, el código de construcción sueco se modificó y la madera se pudo usar nuevamente en aplicaciones de varios pisos. Sin embargo, dicha prohibición del uso de madera, que duró 150 años, llevó a que la construcción con este material en altura apenas se desarrollara. El mercado y la industria se acostumbraron al acero y al hormigón y, en general, la situación no había cambiado hasta hace una década (Schauerte, 2010).

Växjö, una pequeña ciudad sueca con una población de 93.000 habitantes, tiene una larga historia de relación con la madera, particularmente con la construcción a pequeña escala, actualmente existen unas 1.600 empresas que trabajan en la industria de procesamiento de madera en la región donde está localizada. La ciudad se encuentra en el corazón de una gran extensión de bosques en el sur de Suecia y ha sido reconocida por el gran potencial para un enfoque más industrial de la producción de casas de madera.

En el año 2005, el municipio de Växjö decidió aplicar de manera local la estrategia nacional de Suecia de uso de la madera en la construcción, estableciendo su primera estrategia denominada "Mas Madera en la Construcción", que se transformó en una guía para el desarrollo de una ciudad de madera. Esa primera iniciativa, puso el foco en la venta de terrenos públicos a los desarrolladores de proyectos de construcción bajo el cumplimiento de requisitos obligatorios en relación a la construcción con madera. Un eje fundamental en la implementación de la estrategia de 2005 fue la estrecha colaboración entre la industria, el sector público y las universidades, esquema que la estrategia llamó "triple helix".

Con el transcurso de los años, los proyectos exitosos, la estrecha cooperación con las universidades y el deseo continuo de desarrollar un sector de la construcción ambientalmente responsable llevaron a los tomadores de decisiones de la ciudad en el 2013 a establecer nuevos objetivos y regulaciones estrictas para aumentar la proporción de edificios de madera en la región. Así se promulgó la estrategia "Växjö: Ciudad Moderna de Madera", la cual estipuló que:

- Para el año 2020, el 50% de los nuevos desarrollos estarán basados en la madera.
- A partir del 2020, el 50% de los nuevos desarrollos se basan en madera y cada edificio tiene una declaración de impacto climático.
- A partir de 2022, se prefieren los edificios con la menor huella de carbono de la estructura portante para los permisos de construcción.
- A partir de 2025, todos los nuevos desarrollos deben tener un impacto climático inferior a 225 kg CO₂eq/m². Las declaraciones de impacto climático son obligatorias y se dará preferencia a los edificios con la menor huella de carbono.

Como resultado de estas medidas, en el año 2016 el 67% de todas las nuevas construcciones fueron de madera. En la actualidad, Växjö puede considerarse un modelo para todas las ciudades europeas, donde todos los eslabones ganan (industria, investigación y sector público) y el resultado directo de esto es el aumento del bienestar de la población local.

3.1.4 Reino Unido. Política de Fomento de la Madera de Powys, Gales

La política de fomento de la madera del Condado de Powys, en Gales, es un ejemplo de la importancia que se le otorga a la madera como material de construcción, a un nivel local, destacándose el hecho de que estas políticas pueden lograr un impacto más allá de las políticas nacionales. El Principado de Gales, nación perteneciente al Reino Unido, tiene su capital en la ciudad de Cardiff y está organizado en 22 Autoridades Unitarias (usualmente denominadas condados). Powys es el condado de mayor superficie.

De toda la superficie de bosques presentes en Gales (9,6% del total de bosques del Reino Unido) solo el 10% es manejado para producción maderera industrial, sin embargo, se estima que presenta un gran potencial de crecimiento. En ese contexto, el sector de la construcción de viviendas de Gales ha situado a la madera en el centro de su política habitacional, para subsanar el déficit existente y los problemas de la baja calidad térmica de las viviendas que actualmente se construyen. Este reconocimiento a la madera también ha sido acogido a nivel de autoridades locales.

En este contexto, el Consejo del Condado de Powys adoptó en el año 2017 una política de fomento de la madera cuyo objetivo es construir mejores viviendas y con mayor eficiencia energética, apoyar a la industria forestal local y crear más puestos de trabajo. La política establece que todos los nuevos proyectos de viviendas generados desde el gobierno local buscarán utilizar madera como material preferido tanto para la estructura de la construcción, como para usos no estructurales, junto con el uso de productos de madera para el acondicionamiento de la vivienda.

La política de Powys fue la primera de su tipo en el Reino Unido. El Consejo del Condado de Powys es responsable del primer proyecto de viviendas sociales en 30 años, en la localidad de Newtown, actualmente en desarrollo. Una vez finalizado, la construcción (un edificio de tres pisos) contendrá 26 departamentos de un dormitorio, contruidos con estructura de madera proveniente de bosques galeses y también se utilizará madera en ventanas, puertas y otras aplicaciones.

3.2 Políticas públicas relevantes relacionadas con la madera en la construcción en Chile

3.2.1 Política Forestal 2015-2035

En Chile, menos del 20% de las viviendas se construye con estructura de madera, pero si se desagrega en casas y departamentos, dicho porcentaje se eleva a 34% en el caso de las casas, con lo que la madera se transforma aquí en el principal material de construcción; en cambio, en los departamentos, no existe uso de madera a nivel estructural. En otros países, como Estados Unidos y Canadá, el uso de la madera en la construcción de viviendas (incluyendo casas y departamentos) es cercana al 90%. Esta diferencia pone en evidencia el potencial que hay para incrementar su uso en el ámbito de la construcción, considerando que Chile es un gran productor de madera (más de 8 millones de m³ de madera aserrada al año y más de 3 millones de m³ de tableros de madera) que puede ser utilizada competitivamente en diversos tipos de edificaciones.

Los diversos actores del sector forestal, reconociendo el compromiso de aumentar el uso de la madera en la construcción, relevaron este desafío al momento de redactar la Política Forestal 2015-2035 para Chile (CONAF, 2015). En ella, se plantea como objetivo de impacto:

“Convertir a la madera en uno de los principales componentes de los materiales de construcción en el país, incrementando sustancialmente su utilización en vivienda, industria e infraestructura pública, sobre la base de un producto estandarizado y certificado por parte de la industria maderera”.

Para ello, se establece la siguiente meta para el año 2025: “El 30% de los materiales de las viviendas, industria e infraestructura pública utiliza madera en forma intensiva”; y para el 2035: “Duplicar la proporción de madera en la construcción de viviendas, industria e infraestructura pública”.

3.2.2 Política Energética

Desde hace décadas parte importante del mundo desarrollado cuenta con políticas y normativas que promueven la eficiencia energética, y que se enfocan en los distintos tipos de consumidores de energía. Para avanzar en esa dirección, en Chile se deben proponer acciones que puedan ser implementadas por los grandes consumidores de energía: hogares, comercio, industria, transporte, edificaciones y el sector público. En este sentido, en el sector de las edificaciones se requiere contar con un marco regulatorio que asegure mejores estándares de eficiencia en las construcciones nuevas y existentes.

La meta de la Política Energética para el año 2050 en el ámbito de la edificación plantea que “El 100% de las edificaciones de uso público y edificaciones de uso residencial nuevas, cuentan con estándares OCDE de construcción eficiente” (MINERGIA, 2020).

Para lograr lo anterior se requiere de la siguiente meta intermedia, que se presenta en el Lineamiento 31 de la citada política:

“Edificar de manera eficiente por medio de la incorporación de estándares de eficiencia energética en el diseño, construcción y reacondicionamiento de edificaciones, a fin de minimizar los requerimientos energéticos y las externalidades ambientales, alcanzando niveles adecuados de confort”.

3.2.3 Política Medio Ambiental. Los planes de descontaminación atmosférica y la eficiencia energética en las viviendas

Los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) se enmarcan en la Estrategia de Descontaminación Atmosférica 2014-2018 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). En el caso de los PDA del sur del país, dado que la principal fuente de contaminación es el uso de leña para calefacción, las estrategias están enfocadas en mejorar el estándar térmico de las viviendas y promover una calefacción con equipos energéticamente eficientes y que aporten a la sustentabilidad. El Plan de Descontaminación es un instrumento de gestión ambiental que tiene como objetivo recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada. Entre sus diversas obligaciones, los planes de descontaminación atmosférica establecen una mayor exigencia para el acondicionamiento térmico de las edificaciones, cuyo objetivo es disminuir la demanda de energía en calefacción.

Los PDA se vinculan estrechamente con el Ministerio de Vivienda. Este último tiene a su cargo facilitar la implementación de los PDA a través de la entrega de subsidios para acondicionamiento térmico de las viviendas existentes en la zona de aplicación del Plan, realizando llamados especiales en la zona, que indicarán los requisitos de postulación. Desde el momento de entrada en vigencia del Plan las viviendas a las cuales se les otorgue el subsidio de acondicionamiento térmico deberán cumplir con estándares térmicos para muro, techo y piso ventilado; para condensación, infiltraciones de aire y ventilación. Un profesional competente o un Prestador de Servicio de Asistencia Técnica deberá informar al Ministerio de la solución adoptada.

Para facilitar la acreditación del cumplimiento de las exigencias de los planes de descontaminación atmosférica el Ministerio de Vivienda desarrolló una serie de fichas de soluciones constructivas de distintos materiales para los muros, techumbres y pisos. Las fichas no son de uso obligatorio, pero son una alternativa que facilita el cumplimiento de las exigencias ambientales.

3.2.4 Política de selectividad estratégica. El programa estratégico meso regional de madera de alto valor

Durante el año 2014, el Gobierno de Chile elaboró la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento, la cual buscó sentar las bases de un desarrollo y crecimiento sostenible, por medio de mejoras de productividad, diversificación económica y desarrollo tecnológico, impulsando, en particular, sectores productivos con alto potencial de crecimiento y ventajas comparativas a nivel mundial. En este marco, se identificaron diversos sectores con un alto potencial de crecimiento. Una de las medidas de la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento fue establecer la Política de Selectividad Estratégica, para focalizar el apoyo en ciertos sectores productivos, y que comenzó a materializarse en los Programas Estratégicos de Especialización Inteligente (PEEI). Estos Programas tienen el objetivo de contribuir a mejorar la competitividad de un sector donde existe alto potencial de generación de valor o crecimiento, favoreciendo su desarrollo industrial, utilizando como mecanismo principal las alianzas público-privadas. Según su alcance geográfico, los Programas Estratégicos de Especialización Inteligente se agrupan en tres categorías: Programas Estratégicos Nacionales, Meso Regionales y Regionales.

En ese contexto, en el año 2016 CORFO estableció el Programa Estratégico Meso Regional para la Industria de Madera de Alto Valor, con las siguientes metas: 1) Aumentar en un 30% las exportaciones de las pequeñas y mediana empresas madereras al 2025 y 2) Aumentar en 30% la superficie construida en base a sistemas intensivos en madera respecto de la superficie total construida a nivel nacional. Como objetivo principal, el programa estaba orientado a fomentar una industria maderera de alto valor agregado en las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía y Los Ríos, enfatizando en su carácter competitivo para posicionar al rubro en mercados nacionales e internacionales, y generar productos de madera destinados a abastecer principalmente al mercado de la construcción.

Durante el período 2016-2019, el programa desarrolló numerosas actividades en el ámbito de la madera en la construcción, impulsando el establecimiento y desarrollo del fondo de inversión forestal, nuevas normas de edificación a media altura, becas de capital humano y certificación de calidad de madera, entre otros. También realizó acercamientos con los gobiernos regionales de las regiones involucradas, con la finalidad de buscar apoyo para difundir obras icónicas y buscar condiciones para impulsar licitaciones en obras de infraestructura (vivienda social, escuelas, jardines infantiles, CESFAM y otros).

3.2.5 Política de acceso a la vivienda a través de subsidios habitacionales

Uno de los puntos centrales de la política habitacional de Chile es el subsidio habitacional, el cual tiene como objetivo principal lograr un mayor acceso de la población a la vivienda. En este sentido, cobra relevancia el concepto de vivienda social, entendida como aquella facilitada por el Estado, por medio de algún mecanismo de subsidio. El acceso a la vivienda por medio de este mecanismo ha posibilitado una reducción del déficit habitacional en el país.

Por la importancia que tienen los distintos programas de subsidio en acercar la vivienda a la población, se presentan a continuación los principales instrumentos vigentes en Chile, tanto aquellos focalizados en la construcción de viviendas, como a su adquisición. Cabe señalar que los programas no poseen disposiciones específicas relativas a favorecer el uso de determinados materiales de construcción, sino más bien se insta a cumplir con los estándares técnicos mínimos establecidos en las normativas correspondientes vinculadas. En este sentido, el material de construcción principal que tendrá la vivienda, quedará fundamentalmente en manos de quienes tienen a cargo la decisión de construcción.

a) Subsidios para la construcción de viviendas

■ Fondo Solidario de Elección de Vivienda, del D.S. N° 49

Este apoyo del Estado, permite la compra de un inmueble o la construcción de una vivienda (casa o departamento) sin crédito hipotecario, en sectores urbanos o rurales. Las personas que deseen postular lo pueden hacer de manera colectiva con un proyecto asociado al grupo interesado, a través de las siguientes alternativas (MINVU, 2011b):

- Construcción en Nuevos Terrenos: Conjunto de viviendas a construir que incluye urbanización, equipamiento y áreas verdes. Debe contar con un mínimo de 10 y un máximo de 160 viviendas. El subsidio va desde 363 UF hasta 913 UF.
- Pequeño Condominio: Construcción de viviendas que se acogen al régimen de copropiedad inmobiliaria (Ley 19.537). Se desarrolla en un predio urbano y tiene entre 2 y 9 viviendas. El subsidio oscila entre 583 UF y 981 UF.
- Construcción en Sitio Propio: Edificación de una vivienda en un sitio que pertenece a la persona que desea postular. Los montos de apoyo van desde 500 UF hasta 930 UF.
- Densificación Predial: Construcción de una o más viviendas en un sitio donde ya existen una o más propiedades habitacionales. A esta alternativa se puede postular de forma individual. Oscila desde 583 UF hasta 921 UF.

Todas estas alternativas permiten comprar un terreno para el desarrollo del proyecto con cargo al subsidio. Tanto a la construcción en sitio propio como a la densificación predial, se puede postular de manera individual. Los montos de subsidio podrán variar según la zona geográfica en que se ubique la vivienda, las condiciones particulares del proyecto y las de la familia beneficiada.

Según señala el Artículo 44 del D.S. N° 49 (MINVU, 2011b), el proyecto a construir, según el tipo y zona geográfica en que se encuentre, deberá cumplir con los requisitos mínimos determinados en el "Itemizado Técnico de Construcción" aprobado por resolución del MINVU. Los SEREMI podrán aprobar Itemizados Técnicos Regionales, propuestos por los respectivos SERVIU, los que deberán ser informados a la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU.

■ Sistema Integrado de Subsidio Habitacional (Subsidio "Sectores Medios"), del D.S. N° 1.

Como lo señala su nombre, es un aporte estatal que permite a las familias de sectores medios construir una vivienda en sitio propio o en densificación predial. Está destinado a familias que tienen capacidad de ahorro y posibilidades de complementar el valor de la vivienda con recursos propios o crédito hipotecario, en caso de ser necesario.

Según se especifica en el Artículo 43 del D.S. N° 1, los proyectos habitacionales que se presenten al Título I deberán cumplir con las especificaciones técnicas determinadas en el "Itemizado Técnico de Construcción" aprobado por resolución del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

■ Programa de Habitabilidad Rural, del D.S. N° 10

Este programa tiene como objetivo mejorar las condiciones de habitabilidad de aquellas familias residentes de zonas rurales y localidades urbanas con una población menor a 5.000 habitantes, considerando las características de quienes residen en estas, así como sus singularidades en materia cultural, geográfica y productiva. Ofrece las siguientes alternativas: Construcción en Sitio Residente y Construcción en Conjunto Habitacional (MINVU, 2015).

La primera, apunta a la edificación en el sitio donde vive la persona que desea postular, ya sea propio o de un tercero que autoriza la construcción. La segunda, consiste en la construcción de entre 2 y 60

viviendas urbanizadas, contemplando equipamiento, vialidad y áreas verdes. El valor de la vivienda puede variar según los proyectos que presente cada postulante.

Según se establece en el Artículo 47 del D.S. N° 10, los proyectos que se desarrollen al amparo del presente reglamento deberán cumplir con el estándar técnico definido en el presente Decreto, con lo establecido en el “Cuadro Normativo de Estándar Técnico de Habitabilidad Rural”, que se fijará mediante resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo, y con las disposiciones de la OGUC y otras normativas vigentes (MINVU, 2015).

b) Subsidios para la compra de viviendas

■ Programa de Integración Social y Territorial, del D.S. N° 19

Este instrumento permite a las familias la compra de viviendas a través de las propias empresas inmobiliarias o constructoras, ubicadas en sectores bien localizados, con accesibilidad y con altos estándares de equipamiento, áreas verdes y diseño. Para acceder al beneficio las familias deben estar dentro de los tramos de vulnerabilidad del Registro Social de Hogares (RSH) o poseer un subsidio habitacional que aún no haya sido aplicado. Los valores máximos de las viviendas a las que pueden optar las familias postulantes, son de hasta 1.100 UF para las que se ubican en el 50% de vulnerabilidad social (solo familias con certificado de subsidio en mano) y de 2.200 UF para familias entre el 50% y 90% de vulnerabilidad social (MINVU, 2016a).

Las viviendas a las cuales se puede acceder a través de este Programa surgen de los propios proyectos habitacionales de las empresas inmobiliarias o constructoras. Estas empresas postulan sus proyectos al Programa, cuando el MINVU realiza los correspondientes llamados. El Ministerio de Vivienda somete a evaluación y dicta una resolución con la nómina de proyectos seleccionados con los cuales firmará un convenio; por su parte, las empresas se comprometen a iniciar las obras dentro de los 90 días siguientes. El MINVU queda de esta forma facultado para publicitar en todo el país, por los medios que estime conveniente, la información correspondiente a los proyectos seleccionados, para la adecuada difusión e información de las familias interesadas en la adquisición de las viviendas. Luego de firmado el convenio entre el MINVU y las empresas, estas últimas pueden realizar la gestión de postulación de las familias interesadas en las viviendas de dicho proyecto, bajo las condiciones que establece el D.S. N° 19 (MINVU, 2016a)..

En el contexto del Programa de Integración Social y Territorial, el año 2019 el Ministerio de Vivienda realizó un llamado a concurso para la edificación del primer edificio de mediana altura con estructura de madera en Chile, el Proyecto Icónico de Rancagua.

■ Concurso Regional del Programa de Integración Social y Territorial (D.S. N° 19) para la Construcción de Proyecto Icónico de Edificio en Madera de Alto Estándar, de Mediana Altura en la Región de O’Higgins.

Tal vez la más relevante de las iniciativas de los últimos años sea la construcción del proyecto icónico de edificio en madera de alto estándar de mediana altura en la región de O’Higgins, puesto que se deja explícitamente establecido que la madera debe ser el material predominante de la estructura de la edificación. Este proyecto se enmarca en el Concurso del Programa de Integración Social y Territorial del Decreto Supremo N° 19 (MINVU, 2016a), por lo que debe cumplir con todas sus disposiciones, sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos establecidos en el propio concurso particular. Si bien los requisitos con respecto al uso de la madera son particulares de este concurso, se resalta la importancia de la madera como material de construcción para la edificación en altura, lo que podría ser el punto de partida para la creación o readecuación normativa que regule ese tipo de edificaciones.

Por medio de la Resolución Exenta N° 549 del 1° de julio de 2019 del Ministerio de Vivienda se realizó el primer llamado a este concurso, con la publicación de las bases correspondientes. Luego, el 14 de noviembre, se publicó la Resolución Exenta N° 875 realizando un segundo llamado y, en enero de 2020 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través de la Secretaría Regional Ministerial, publicó en el Diario Oficial un tercer llamado (Resolución Exenta N° 1458 del 4 de enero 2020) en el cual se establece un nuevo plazo para la recepción de ofertas. A la fecha de edición de este estudio, no se tiene información de posibles adjudicatarios.

Las bases del Concurso del Proyecto Icónico han establecido como requisitos los siguientes puntos:

- La madera deberá representar como mínimo un 60% de la estructura del edificio medido desde el suelo hasta su altura máxima, lo cual tendrá que ser acreditado mediante un informe estructural; cualquier otro material (acero, hormigón u otro) será únicamente como complemento.
- Se favorecerá con puntaje adicional a aquellas propuestas que presenten un porcentaje de madera estructural superior al 70%.
- Para los efectos del diseño sísmico y sistema estructural, las propuestas enviadas por los oferentes deben ajustarse a lo señalado en la Norma Chilena 433.

Otros requisitos que estipulan las bases, relacionados con aspectos técnicos de la obra y del proyecto, son los siguientes:

- Se deberá considerar el diseño de los elementos estructurales con un comportamiento lineal elástico (ASD o Tensiones Admisibles)
- Se deberá considerar un sistema estructural en base a muros y sistemas arriostrados utilizando el valor de R_o y R^* de acuerdo a la NCh 433.
- Se privilegiará el uso de plantas simétricas por lo menos en un eje.
- Se privilegiará el uso de un núcleo resistente semi-hermético (considerando la seguridad de los habitantes contra siniestros, en especial los incendios). Para el caso de escaleras con una materialidad recomendada en acero y para el caso de ascensores con una materialidad recomendada de hormigón armado.
- En caso que la cantidad de estacionamientos por normativa sobrepase la capacidad del terreno, se deberán construir estacionamientos subterráneos con materialidad recomendada de hormigón armado.

Los proyectos que se presenten al llamado deberán cumplir con los porcentajes indicados en el Programa Habitacional establecidos en el Decreto Supremo N° 19, además de considerar lo siguiente:

- Los proyectos deberán incluir a lo menos un 20% de viviendas destinadas a familias vulnerables (hasta un máximo de 40% en comunas de 40.000 habitantes o más).
- Todas las viviendas deben cumplir con las exigencias establecidas en la Resolución Exenta N° 4.832 "Tabla de Espacios y Usos Mínimos para el Mobiliario del D.S. N° 1 e Itemizado Técnico para Proyectos del Título I del D.S. N° 1" del Ministerio de Vivienda.
- El proyecto debe considerar una altura de al menos 6 pisos sobre el nivel de terreno, cuyos pisos superiores sean dúplex.
- Debe desarrollar estrategias de diseño sustentable, enfocadas a mejorar el confort y calidad de vida de los usuarios, junto con reducir el impacto del proyecto en el medio ambiente.
- Las unidades de viviendas acondicionadas para recibir a personas con discapacidad, asociadas a movilidad reducida, deberán emplazarse de manera estratégica en el conjunto.

Respecto de la incorporación de familias a los proyectos, el llamado indica:

- Una vez que la empresa adjudicada haya suscrito el convenio con el SERVIU (Servicio de Vivienda y Urbanismo) de O'Higgins y comunicado el inicio de obras, y que este haya verificado dicho inicio, la empresa podrá comenzar la incorporación de familias beneficiadas de un subsidio habitacional obtenido en alguno de los programas de vivienda del MINVU.
- Las familias beneficiadas con subsidios correspondientes al D.S. N° 1 del Ministerio de Vivienda, cuya vigencia haya expirado, podrán incorporarse al proyecto, siempre que no hubiesen transcurrido 60 meses desde la fecha de inicio del periodo de vigencia del respectivo subsidio.
- Solo se permitirá la postulación de un integrante del grupo familiar que comparta el mismo instrumento de caracterización socioeconómica. Dicho instrumento no podrá ser invocado si ya ha sido utilizado para acreditar núcleo familiar en postulaciones a otros programas de subsidio habitacional del Ministerio de Vivienda.

■ Fondo Solidario de Elección de Vivienda, del D.S. N° 49

Este es un subsidio que permite que las familias más vulnerables puedan adquirir una propiedad sin la necesidad de poseer algún crédito hipotecario (MINVU, 2011b). El valor máximo del inmueble debe ser de 950 UF, donde el monto máximo subsidiado irá desde 314 UF hasta las 794 UF. Todos los montos de subsidio podrán variar según la zona geográfica en que se ubique la vivienda, sus condiciones particulares y de la familia beneficiada. El ahorro mínimo debe ascender a las 10 UF. Se excluyen de este beneficio a las familias unipersonales, exceptuando los casos de personas discapacitadas.

■ Sistema Integrado de Subsidio Habitacional (Subsidio "Sectores Medios"), del D.S. N° 1.

El D.S. N°1 corresponde a un instrumento enfocado a los sectores medios del país, con el cual se complementa el valor de una vivienda a adquirir, con recursos propios o crédito hipotecario. Se debe acreditar que el grupo familiar debe estar dentro del 60% y 90% de la población más vulnerable, según el Registro Social de Hogares (RSH) junto con poseer capacidad de ahorro. Este subsidio permite adquirir una vivienda nueva o usada, en sectores urbanos o rurales (MINVU, 2011c).

c) Subsidio para el mejoramiento de la vivienda

En el ámbito del mejoramiento de las viviendas existe el Programa de mejoramiento de viviendas y barrios (Programa "Hogar Mejor"), del D.S. N° 27 de junio de 2016 (MINVU, 2016b), modificado en febrero de 2019. Este programa es el sucesor del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (Decreto 255), y perfecciona los subsidios que el Ministerio ha ejecutado en materia de mejoramiento, ampliación e intervención de viviendas y condominios sociales. Con este apoyo económico las familias pueden detener el deterioro de sus viviendas y renovar sus hogares.

El programa "Hogar Mejor" tiene cuatro ejes de trabajo. El primero se refiere al Equipamiento Comunitario, esto es el entorno de las viviendas, las áreas verdes, y el equipamiento y mobiliario de centros comunitarios, sedes sociales y multicanchas, entre otros. El segundo considera los Proyectos para la Vivienda y se refiere a todo lo relacionado al mejoramiento y ampliación de la vivienda. El tercero incluye a los Proyectos para Condominios de Vivienda, beneficia el mejoramiento y ampliación de condominios en vivienda social, y el último capítulo, todo lo relacionado a eficiencia energética e hídrica.

Pueden postular al Programa Hogar Mejor las viviendas sociales, con una tasación fiscal no mayor a 650 Unidades de Fomento (aproximadamente \$18.500.000) o construidas por SERVIU o sus antecesores. Algunos requisitos para los propietarios son ser mayor de 18 años, tener hasta el 60% de vulnerabilidad en el Registro Social de Hogares, ser propietario de un solo inmueble, no haber sido

beneficiado con subsidio de ampliación y/o mejoramiento de vivienda y acreditar ahorro exigido según capítulo.

Los Proyectos para la Vivienda (Capítulo II del DS N° 27) se dividen en: Mejoramiento, ampliación y adecuación. En mejoramiento, se pueden presentar los siguientes tipos de proyectos (MINVU, 2016b):

- Obras de carácter estructural: Destinadas a reparar elementos constructivos que sean parte de la estructura de la vivienda.
- Obras de reparación de la envolvente: Destinadas al mejoramiento de elementos que protegen exteriormente a la vivienda, principalmente la techumbre.
- Obras de instalaciones: Agua potable, alcantarillado, eléctricas, gas.
- Obras de mantención de la vivienda: Revestimientos interiores o exteriores, reposición de estucos, ventanas, puertas, molduras, pavimentos, pinturas y barnices y cierres, entre otros.

De acuerdo con el Artículo 77 del D.S. N° 27, todos los proyectos deben ajustarse a lo señalado en el "Itemizado Técnico de Obras", que fija aquellos ítems relacionados con los elementos a intervenir y con las especificaciones técnicas mínimas de construcción.

Capítulo 4

Importancia económica de la construcción

En el presente capítulo se presentan antecedentes que dan cuenta de la importancia de la industria de la construcción en la economía de los países, particularmente en Chile. Se destaca su relevancia como generador de ingresos y empleos, su participación en el PIB, en la inversión en activos fijos y, fundamentalmente, en su rol reactivador de la economía debido al efecto multiplicador de esta actividad en la demanda de bienes y servicios de una amplia diversidad de otras actividades económicas.

No obstante, la relevancia económica y social de la industria de la construcción tiene su contrapunto en diversos antecedentes que señalan que es un sector productivo que ha quedado rezagado en relación al desarrollo de otras industrias en varios ámbitos de orden económico, social y, muy importante, ambiental. Como resultado, actualmente esta industria se ve enfrentada a nuevos desafíos como mejoras en productividad, innovación, reducción de costos, disminución de los niveles de residuos y de las huellas del carbono y del agua, así como rebajas en las tasas de accidentabilidad, entre otros aspectos.

La resolución de estos problemas de la industria de la construcción representa un factor clave para dar respuesta a las señales y demandas de la economía global para contribuir decididamente a reducir los impactos del calentamiento global, avanzar hacia una economía circular, satisfacer cuantitativa y cualitativamente el déficit de viviendas y reducir los niveles de residuos.

Como corolario, se analiza el rol que puede jugar la masificación del uso de la madera como material estructural y no estructural en la construcción, ante los nuevos desafíos que enfrenta esta industria.

4.1 La industria de la construcción en la economía global

4.1.1 El sector de la construcción y su efecto reactivador de la economía

El sector de la construcción representa uno de los rubros de mayor impacto en la economía global. Se estima que los gastos anuales en bienes y servicios relacionados con este sector son del orden de US\$ 10 billones (US\$ 10 millones de millones), aportando aproximadamente el 13% del PIB mundial, y de acuerdo a proyecciones de crecimiento al año 2025, se espera que la construcción genere negocios en torno a US\$14 billones (McKinsey Global Institute, 2017).

En relación a la creación de empleos se estima que el 7% de la población mundial activa trabaja en labores vinculadas a la industria de la construcción (McKinsey Global Institute, 2017).

La actividad de la construcción adquiere relevancia no solo por su alta participación en el PIB, en la creación de empleo, o en la generación de capital fijo de los diferentes países (inversiones en infraestructura pública y privada y edificación habitacional). La mayor importancia de este sector productivo es el efecto multiplicador que produce en otros sectores de la economía. Se trata de un sector demandante de una diversidad de insumos vinculados a materias primas, manufacturas, transportes, energía, recursos financieros, cadenas de comercialización, logística, servicios varios, entre otras actividades económicas. Por otra parte, en el mediano y largo plazo las obras construidas aportan a una mayor competitividad de los países, gracias a la infraestructura productiva que desarrolla (puertos, carreteras, aeropuertos, fábricas, oficinas etc.).

El carácter multiplicador del sector de la construcción, lo transforma en un ámbito productivo que frecuentemente es utilizado por los gobiernos por su comportamiento contra cíclico. Es así como en momentos en que el sistema económico se encuentra en períodos de crisis, los instrumentos de incentivos fiscales se orientan en forma intensiva a la industria de la construcción, preferentemente de

infraestructura pública y viviendas sociales, a objeto de reactivar la economía y promover la creación de puestos de trabajo.

Debido al impacto de la construcción en la economía, diversos indicadores relacionados con esta actividad se utilizan como referentes para las proyecciones de la actividad económica en general, tanto a nivel mundial como nacional. Este es el caso de los índices de permisos de edificación autorizados, índices de viviendas iniciadas o terminadas o indicadores de materiales de construcción movilizados (hormigón, madera, acero y cemento), que son parámetros ampliamente utilizados por las instituciones económicas para la predicción del PIB.

4.1.2 Evolución de la productividad en la construcción en el mundo

El Instituto Global McKinsey ha estudiado la productividad en más de 20 países y en 30 industrias, entre ellas en la construcción. Estos estudios manifiestan que en las últimas dos décadas el crecimiento de la productividad laboral en la construcción presentó un incremento promedio anual en torno al 1%, en este mismo período la industria manufacturera presentó un incremento promedio anual en productividad de 3,6% y en la economía mundial esta variable creció en 2,8%.

En la muestra de países analizados por la entidad mencionada, menos del 25% de las empresas constructoras igualaron el crecimiento de la productividad logrado en las respectivas economías donde han operado en los últimos 10 años. Más aún, la falta de dinamismo en la evolución de la productividad en el sector de la construcción, se presenta como un obstáculo relevante para satisfacer la necesidad global de infraestructura y vivienda.

Entre las medidas sugeridas para mejorar la productividad en el sector de la construcción destacan:

- Repensar los procesos de diseño e ingeniería
- Mejorar la adquisición de suministros y la gestión de la cadena de comercialización
- Optimizar la ejecución en el sitio
- Promover la tecnología digital
- Incorporar nuevos materiales y automatización avanzada
- Capacitar a la fuerza laboral

Como se analizará más adelante, la madera puede representar un rol de importancia dentro de estas medidas sugeridas para incrementar la productividad en la construcción.

Por otra parte, una tendencia que se manifiesta a nivel global en las últimas décadas es el incremento del precio de las viviendas, el cual evoluciona en diferentes regiones del mundo a tasas superiores al aumento del costo de la vida.

En la mayor parte de los países, el costo de adquirir una vivienda resulta proporcionalmente más alto hoy que hace diez años (*Compass International*, citado en Zilic, 2018).

Esta tendencia se explica en parte por los mayores estándares constructivos, por la menor disponibilidad de suelos urbanos y su consecuente incremento en valor, pero obedece en gran medida al estancamiento en los niveles de productividad.

La construcción no ha creado economías de escala en base al incremento en los volúmenes de producción, por el contrario, este aumento de volumen se ha traducido en sistemas más complejos y de menor eficiencia (Zilic, 2018).

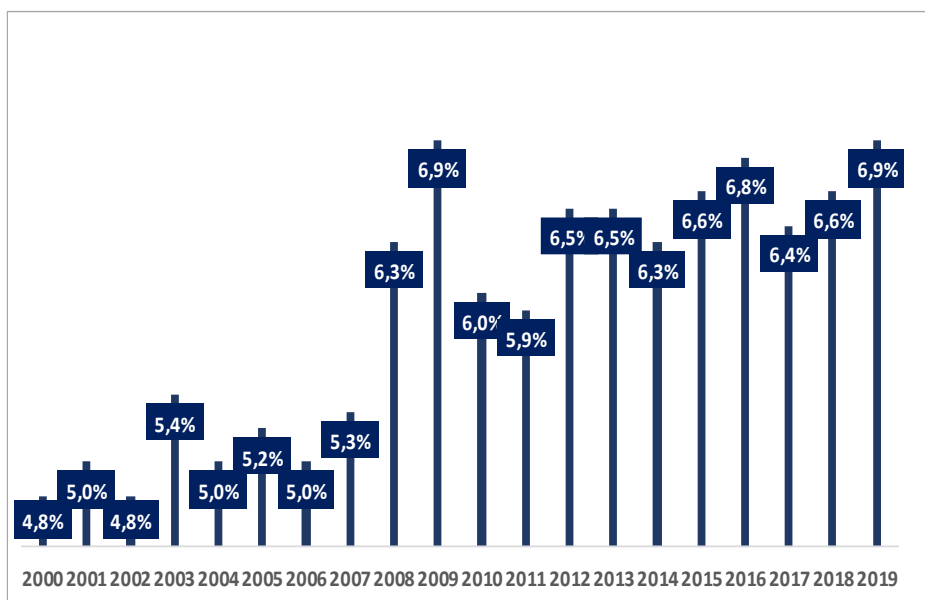
4.2 La construcción en Chile y su impacto en la economía.

4.2.1 Indicadores económicos

a) Participación en el PIB

El Producto Interno Bruto (PIB) del sector construcción en Chile alcanzó en el año 2019 a 19.500 millones de dólares, lo que representa el 6,9% del PIB nacional para el mismo año. La participación de las actividades vinculadas a la construcción agrupadas en servicios anexos, obras de ingeniería y edificación habitacional y no habitacional, representan el 31%, 34% y 35% del PIB sectorial, respectivamente (CNP, 2020b)

La industria de la construcción en Chile ha incrementado consistentemente su importancia en los últimos 20 años, con un valor mínimo de 4,8% de participación en el PIB al inicio del período y un *peak* de 6,9% al término de este. Tal crecimiento se da en dos etapas bien diferenciadas, la primera con una participación en torno al 5% entre los años 2000 y 2007 y, la segunda, con una participación promedio anual de 6,5% entre los años 2008 y 2019.



(Fuente: Elaboración propia, en base a Banco Central de Chile BCCh, 2020)

Figura N° 71. Participación del sector de la construcción en el PIB nacional

En Chile la participación del sector de la construcción en el PIB es superior a la que se registra como promedio entre los países integrantes de la OCDE, la que se ubica en torno al 5,2% en los últimos años, y también supera levemente al promedio de América Latina, de 6,4% en el año 2018. Cabe señalar que, en esta región, la participación de la construcción en el PIB creció de 5,2% el año 1990 al mencionado 6,4% en el 2018 (CEPAL, 2019).

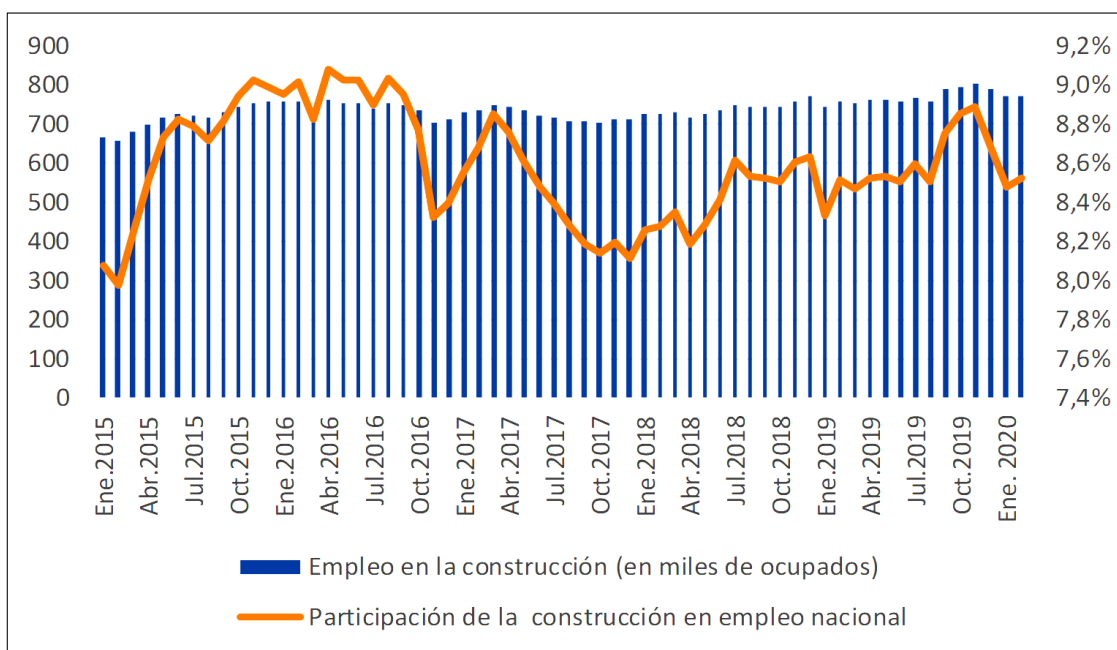
En el ámbito de la construcción de obras públicas, de acuerdo al Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI), se estima que en Chile por cada 10% de aumento de la inversión en infraestructura pública, el PIB per cápita crece en promedio 1,7%. (CPI, 2018).

b) Participación en el empleo

En el año 2019, la ocupación en el rubro de la construcción alcanzó una participación promedio de 8,6% en el mercado laboral nacional y al considerar el quinquenio 2015- 2019 este porcentaje se mantiene como promedio anual.

En el caso de América Latina y el Caribe, datos de CEPAL indican que en el año 2018 la participación de la construcción en el total de personas empleadas llegaba a 7,3%, mostrando un leve incremento en relación al 7,0% presentado el año 2010 (CEPAL, 2019).

En valores absolutos, la cantidad de personas ocupadas en el sector de la construcción en Chile en el 2019 fue de 770.000 personas y el valor promedio anual para el quinquenio 2015-2019 alcanzó a las 738.000 personas (BCCH, 2020).



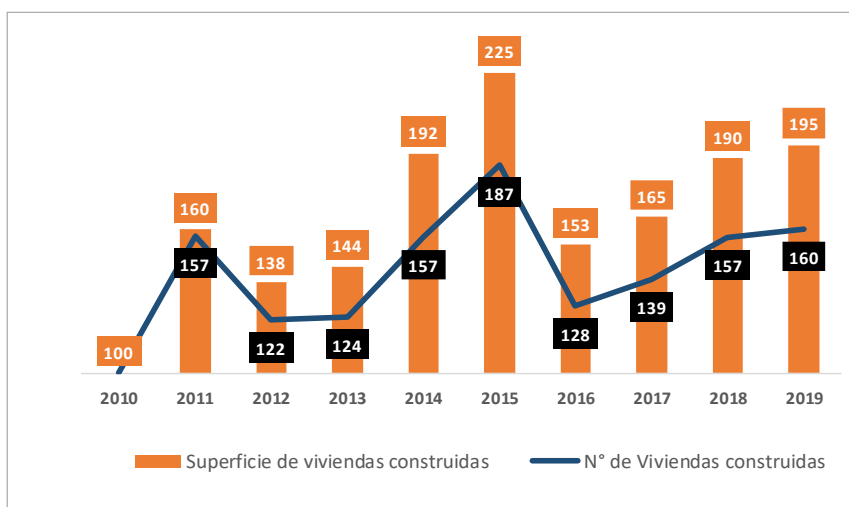
(Fuente: Elaboración propia en base a BCCH, 2020)

Figura N° 72. Ocupación en el sector de la construcción en Chile

c) Déficit habitacional

Entre los subsectores de la industria de la construcción, la edificación habitacional se vincula más directamente con el uso actual de la madera, por sobre la edificación no habitacional y la infraestructura pública.

En la Figura N° 73 es posible visualizar el comportamiento de la construcción de viviendas en Chile en la última década. Después de una abrupta caída el año 2016, atribuible en parte a cambios en la legislación tributaria, se presentan tasas de crecimiento positivas y constantes en los tres años posteriores, con un incremento de 27% en el índice de superficie construida entre el 2016 y el 2019, y de 25% en el índice de número de viviendas anuales.



(Fuente: elaboración propia en base a BCCH, 2020)

Figura N° 73. Índices de superficie construida y número de viviendas

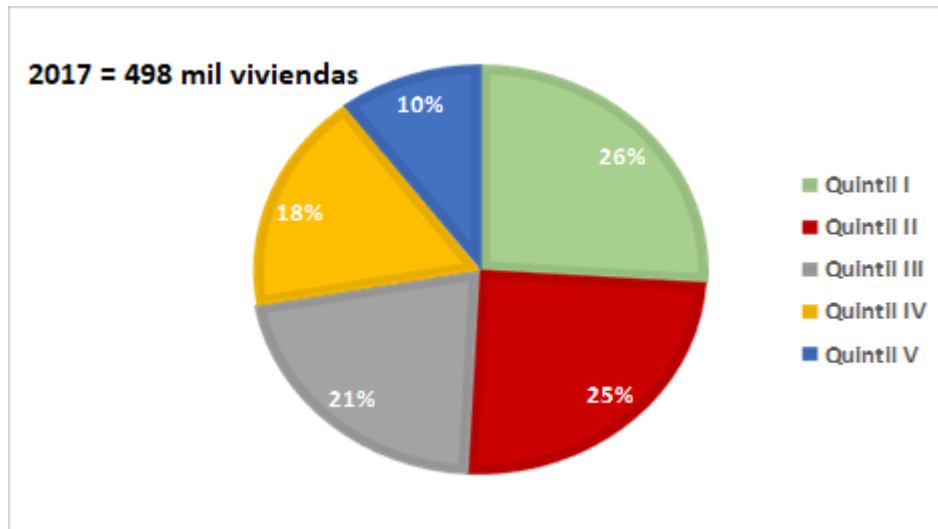
A pesar del positivo comportamiento observado en el número de viviendas y la superficie construida, el déficit habitacional no ha mostrado un retroceso significativo. En las últimas décadas, su comportamiento ha sido irregular. De acuerdo a datos de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) del Ministerio de Desarrollo Social, el nivel del déficit para el año 2017, en torno a las 500.000 viviendas, es prácticamente el mismo que se presentaba en el año 1996, lo que debería representar un alto nivel de actividad para el sector de la construcción en el mediano plazo.



(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018 CASEN 2017)

Figura N° 74. Evolución del déficit habitacional cuantitativo en Chile

La distribución de los actuales requerimientos de vivienda de acuerdo a los quintiles de ingreso, da cuenta que existe una demanda de construcción que abarca a la totalidad de los estratos socioeconómicos, pero que está principalmente concentrada en los dos primeros quintiles (51%).



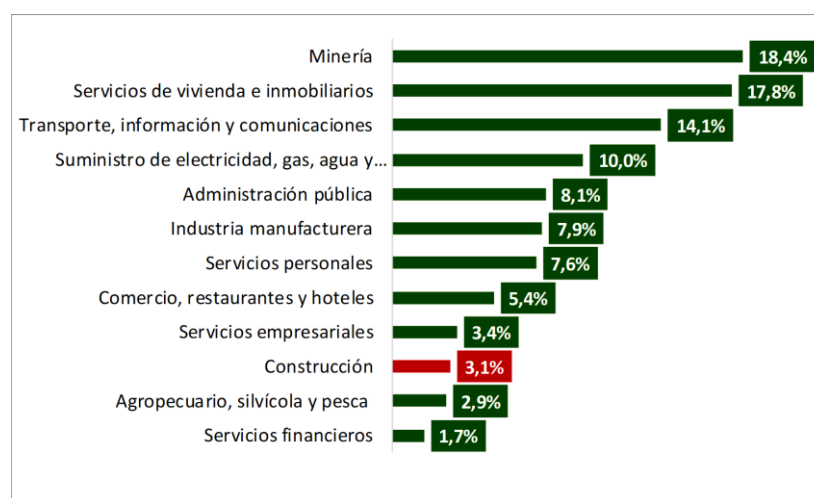
(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018 CASEN 2017)

Figura N° 75. Distribución del déficit habitacional cuantitativo en Chile por quintil de ingreso

d) La construcción y la inversión en capital fijo

La intensa vinculación del sector de la construcción con el resto de las actividades económicas se manifiesta no solo como demandante de insumos y servicios, es destacable además el rol que juega esta industria en la inversión en capital fijo de las diversas áreas de la economía.

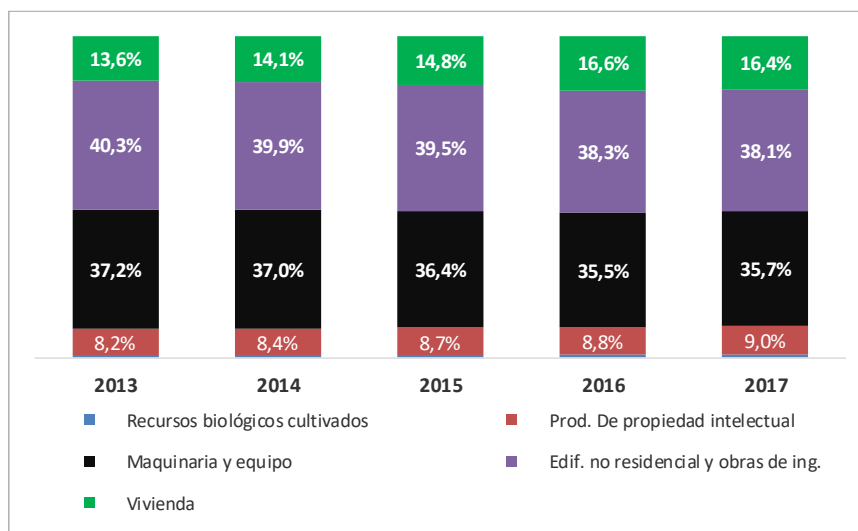
La inversión bruta en activos fijos en Chile el año 2017 alcanzó a 38 billones de pesos (millones de millones de pesos). En la Figura N° 76 se puede apreciar que al considerar la participación de los diferentes sectores de la economía en la formación de capital fijo bruto para el año 2017, el sector de la construcción aporta solo el 3,1% del total nacional, ubicándose en el décimo lugar entre los doce sectores considerados y superando levemente a los rubros silvoagropecuario y de servicios financieros.



(Fuente: elaboración propia, en base a BCCH, 2020)

Figura N° 76. Participación en formación de capital fijo bruto por sector de la economía, 2017

A pesar de la baja participación del sector de la construcción en la inversión de capital fijo en forma directa, resulta interesante analizar la composición del total de la inversión en activos fijos generada por los diferentes sectores de la economía, separando estas inversiones por tipo de activo, como se presenta en la Figura N° 7. De este análisis se verifica que para el quinquenio 2013-2017, el 54,3% del total de la inversión financiada por los diferentes sectores económicos corresponde a activos generados por la industria de la construcción tanto en edificación residencial (16,4%) como no residencial y obras de ingeniería (38,1%). La inversión restante se destina en un 36,3% a maquinarias y equipos, 8,6% a productos de propiedad intelectual y el 0,7% a recursos biológicos cultivados.



(Fuente: elaboración propia, en base a BCCH, 2020)

Figura N° 77. Formación de capital fijo bruto en Chile, participación por tipo de activo, quinquenio 2013-2017

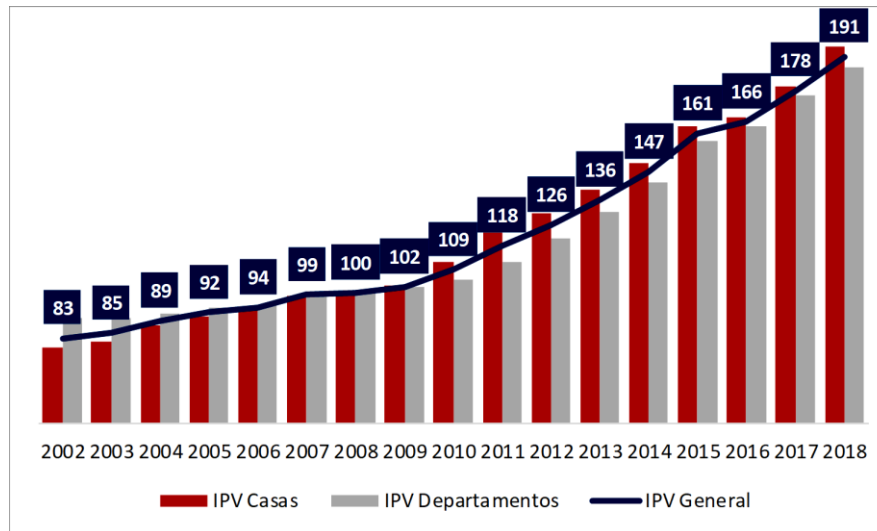
De las figuras N° 76 y N° 77 se concluye que la construcción, si bien no es una industria intensiva en inversión en activos fijos, es la principal industria en cuanto a la ejecución de los proyectos de activos fijos demandados por inversiones de otros rubros de la economía.

Los principales sectores económicos que realizan inversiones en activos fijos derivados de la industria de la construcción son: Industria de servicios inmobiliarios 32%; Minería 20,7%; suministros de agua, gas, luz y gestión de desechos 12,9% y Administración Pública 12,5%.

e) Tendencias en el precio de las viviendas

En línea con la tendencia mundial mencionada en el punto 4.1.2, el precio de la vivienda en Chile se ha elevado en forma abrupta especialmente a partir de los años 2009 o 2010. Durante los nueve años correspondientes al período 2002-2010, el Índice General de Precios de Viviendas (IPV), que considera tanto casas como departamentos, se incrementó en un 31%.

En los siguientes ocho años, correspondientes al período 2011-2018, el incremento de los precios de las viviendas alcanzó a un 62%. Si bien a partir del año 2009 el valor de las casas supera en forma constante al de los departamentos, el incremento del IPV de los departamentos es levemente superior al crecimiento del IPV de las casas.

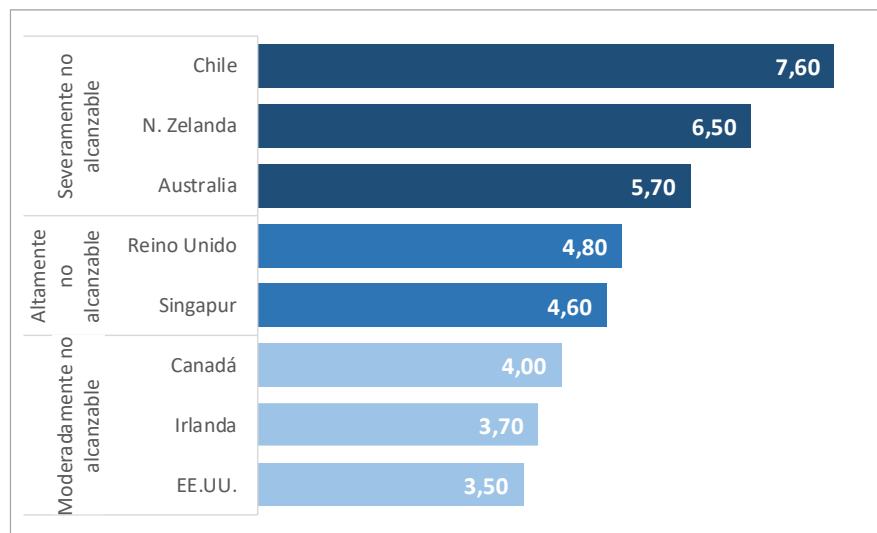


(Fuente: elaboración propia, en base a BCCH, 2020)

Figura N° 78. Índice de precios de viviendas, año base 2018

Cabe señalar que entre los años 2011 y 2019, el valor real de los ingresos en Chile se incrementó en un 24%, mientras que el precio de las viviendas presentó un alza de 68%.

El explosivo incremento del precio de las viviendas en Chile, alcanza niveles de inaccesibilidad que resultan extremadamente elevados a nivel internacional. Recientes informes indican que para comprar una vivienda en Chile se requiere destinar durante 7,6 años el 100% de un ingreso promedio anual (Zenteno, 2019). Este nivel de gasto en relación al ingreso hace que la accesibilidad a la vivienda sea considerada dentro de la categoría de “severamente no accesible”, junto a otros países como Nueva Zelanda y Australia que presentan niveles algo inferiores en este indicador. En el caso de EEUU se requieren 3,5 años de ingreso promedio anual para adquirir una vivienda, valor que es considerado dentro de la categoría de “moderadamente no accesible”.



(Fuente: Zenteno, 2019)

Figura N° 79. Costo de acceso a una vivienda en número de años de sueldo medio

En el año 2019, mientras el PIB de Chile creció solo 1,1% anual, los costos de construcción de viviendas se incrementaron en un 10%. Entre los factores que explican este incremento se destacan (Zenteno, 2019):

- Productividad de la industria no presenta incrementos.
- Exigencias normativas han dado origen a mayores parámetros en la calidad de las obras.
- Encarecimiento de los precios de los suelos.
- Paños disponibles de mayor complejidad, cabidas más ajustadas.
- Incorporación de Ley de Telecomunicaciones, "Ley del Ducto".
- Mejoramiento del nivel de terminaciones.

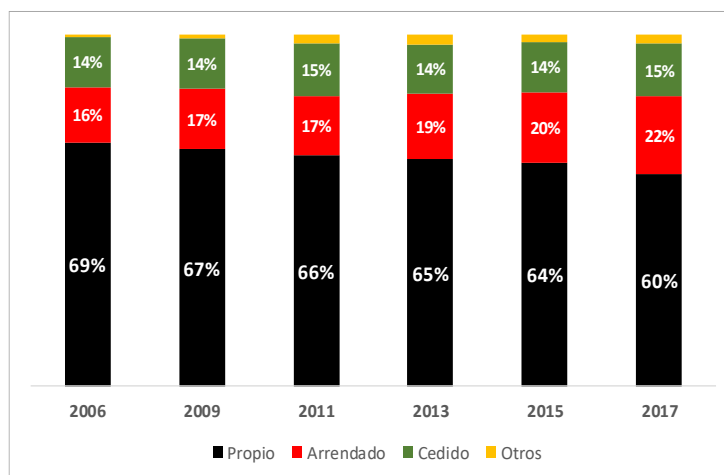
Dentro de las posibles estrategias para frenar el alza de los costos de construcción, se señalan las siguientes opciones (Zenteno, 2019):

- Considerar el proceso constructivo con una visión integral, no como procesos aislados.
- Integración temprana de los proveedores (por ejemplo, en materiales y dimensiones).
- Dar paso a la industrialización e innovar en métodos constructivos y tecnologías.
- Mejorar y aumentar la coordinación.
- Control permanente de costos.

Los mejoramientos en la productividad de la industria de la construcción con la consecuente reducción de los costos, es uno de los factores que podría contribuir a revertir o atenuar la tendencia al alza en los precios de las viviendas.

f) Financiamiento de las viviendas en Chile

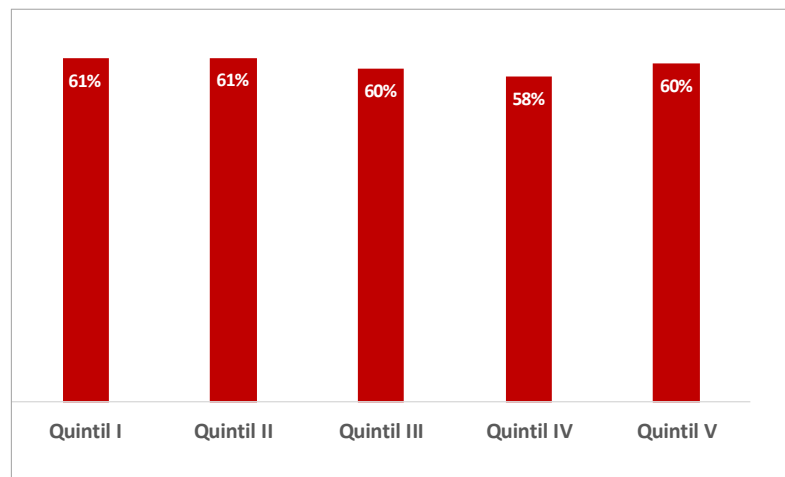
Aunque el valor de las viviendas en Chile ha crecido en forma constante en los últimos 20 años, especialmente en la última década, y la relación precio/ingreso medio del país es una de las más altas a nivel mundial, el país presenta un alto porcentaje de propietarios de viviendas en relación a los países de la región. De acuerdo a la encuesta CASEN 2017, un 60% de los residentes son propietarios de viviendas, porcentaje que ha disminuido en forma constante desde el año 2006 cuando el 69% de los residentes eran los propietarios. Esta baja se origina en parte por el incremento de los precios y los bajos ingresos, pero también por un alza significativa de los hogares unipersonales o bipersonales, segmento más proclive al arriendo que a la adquisición de viviendas.



(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018 CASEN 2017)

Figura N° 80. Distribución de los hogares según tenencia de la vivienda

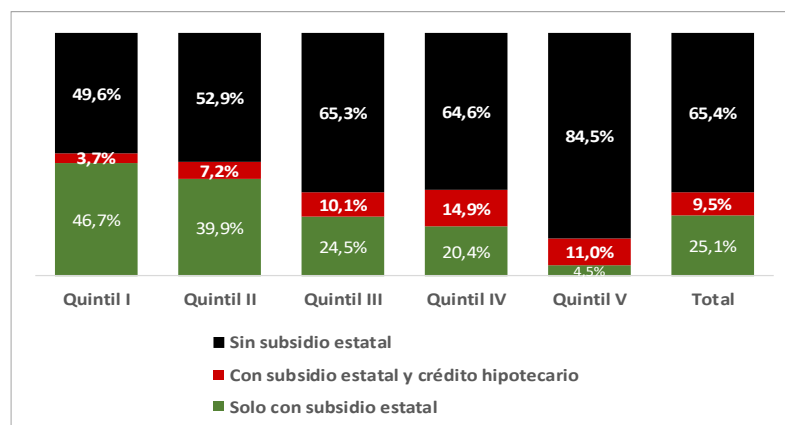
Como se aprecia en la Figura N° 81, el alto nivel de hogares propietarios de viviendas en Chile, en torno al 60%, se presenta en forma transversal para los cinco quintiles socioeconómicos definidos en la encuesta CASEN 2017.



(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018 CASEN 2017)

Figura N° 81. Porcentaje de hogares propietarios de viviendas por quintil de ingreso

El elevado porcentaje de propietarios de viviendas en Chile, a pesar de los altos costos de estas, se explica por el acceso a financiamiento tanto público como privado. Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2014), ya destacaba el agresivo incremento del financiamiento a la vivienda en los últimos 25 años. De acuerdo a este estudio, en el año 2014 el gasto público en vivienda como porcentaje del PIB de Chile era superior al que registraba la gran mayoría de los países desarrollados, debido a que en Chile los subsidios son mayoritariamente para la compra de viviendas, a diferencia de lo que ocurre en algunos países desarrollados donde existe cierta legislación que facilita el arriendo. Los instrumentos públicos para la adquisición de vivienda son detallados y analizados en el Capítulo 3 del presente informe.



(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018 CASEN 2017)

Figura N° 82. Distribución de hogares propietarios que adquirieron vivienda en el período 2012-2017, según fuente de financiamiento y quintil de ingreso

En el ámbito del financiamiento privado, las dos principales formas de financiamiento a la vivienda utilizadas en Chile han sido las letras o créditos hipotecarios y los mutuos hipotecarios. El uso del leasing hipotecario como instrumento para financiar la adquisición de viviendas, ha sido escaso.

De acuerdo al estudio del BID (2014), el crecimiento en la colocación de créditos inmobiliarios adquirió un alto dinamismo en Chile con la promulgación de la Ley de Securitización (Ley No. 19.301) que tiene su origen en 1994. Esta ley, que permitió securitizar activos bancarios, se aplicó con una predominancia fundamental hacia los créditos hipotecarios.

Así, entre los años 2000–2012, se presentaron altas tasas de crecimiento de colocaciones de créditos hipotecarios en todo el período, las que llegaron a niveles récord de 14% a 19% en los años 2004 a 2007, con posteriores bajas por efecto de la caída de *Lehman Brothers* manteniendo, sin embargo, ritmos de crecimiento en torno al 8,5% durante los siguientes cuatro años.

De acuerdo al informe de la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras de Chile (ABIF), entre febrero de 2019 y febrero de 2020 el nivel de colocaciones de créditos hipotecarios se incrementó en un 8,6%, superando a los créditos comerciales, que crecieron a una tasa de 8,3%, y a los de consumo, que lo hicieron a un ritmo de 0,9%. El crecimiento del crédito hipotecario en este período puede ser considerado muy alto si se tiene en cuenta que el PIB del año 2019 experimentó un alza de solo 1,1%. (ABIF, 2020).

El incremento de las colocaciones en febrero del 2020 respecto de igual período del año anterior, se manifestó en forma diferenciada según el tramo de precio de las viviendas. Para las viviendas del tramo superior a 5000 UF el crecimiento fue de 17%. Para el tramo de 2000 UF a 5000 UF, el crecimiento fue de 7,3% y para viviendas de precios menores a 2000 UF las colocaciones se incrementaron en 1,8%. Cabe señalar que este último segmento se financia mayoritariamente con instrumentos estatales.

4.2.2 Productividad en el sector de la construcción

La productividad en la industria de la construcción es actualmente un tema de amplia discusión a nivel mundial. En Chile, la preocupación por este tema ya ha bajado a las políticas públicas. En octubre de 2019, el gobierno mandató a la Comisión Nacional de la Productividad (CNP) la realización de un estudio específico para el sector de la construcción. El objetivo fue identificar las principales barreras de crecimiento del sector y proponer recomendaciones de política pública para mejorar su productividad. Este estudio se orientó a analizar en detalle los principales componentes de la productividad del sector, examinando los factores que la condicionan. Se plantearon dos focos principales de análisis, la infraestructura (principalmente carreteras) y la edificación (residencial y no residencial). El estudio permitirá la realización de un monitoreo permanente de la productividad del sector de la construcción a partir de la elaboración de una base de datos que se crea en este contexto.

El estudio se desarrolló por medio de una alianza público privada entre la CNP y la industria representada por la Cámara Chilena de la Construcción. En el informe, dado a conocer en noviembre del año 2020, se presentan 135 hallazgos y 73 recomendaciones (CNP, 2020a).

El mencionado informe destaca que el sector de la construcción adolece de importantes frenos a la productividad. Algunos son producto de la acción del Estado y otros son atribuibles al sector privado. Sin embargo, el estudio se orienta principalmente hacia las mejoras en la acción estatal, básicamente a través de políticas públicas.

El estudio propone espacios de mejora en todas las fases del desarrollo de las obras, en la planificación y priorización explícita; en la calidad de diseños mediante estandarización de procesos; en la integración temprana de los diferentes actores concernidos y adopción de metodologías de trabajo común; en la adjudicación de las obras; en la regulación requerida para el desarrollo de proyectos; en la gestión de

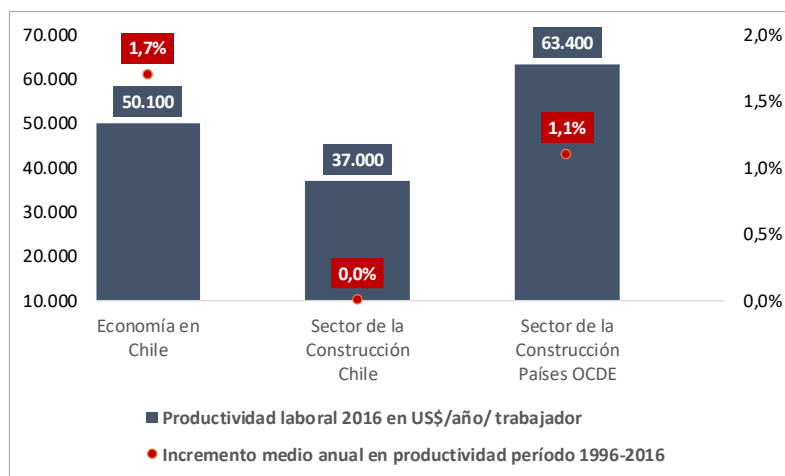
las obras; en la organización del trabajo y la formación de trabajadores; y en los niveles de sostenibilidad de actividad en la construcción.

Entre las principales recomendaciones del estudio que pueden incidir en la utilización masiva de la madera, se encuentran aquellas referidas al fomento de una industria ambientalmente más sustentable, con menores emisiones de CO₂ y de generación de residuos, así como otras recomendaciones orientadas a promover la construcción industrializada, la integración temprana, y el uso de nuevas tecnologías de modelamiento de información en la construcción. Algunas de estas recomendaciones y hallazgos se detallan en los respectivos temas que se abordan en el presente capítulo.

a) Productividad laboral

Un estudio de CLAPES UC, en base a datos del período 1996–2016, analiza en forma comparativa la productividad laboral de la industria de la construcción en Chile en relación a la productividad laboral de toda la economía nacional. Los resultados registraron una productividad laboral en la industria de la construcción de US\$37.000 para el año 2016, expresado como el total aportado por cada trabajador en el valor agregado anual generado en la industria, mientras que el valor promedio para la economía chilena fue de US\$50.100 por trabajador. Además, en los 20 años evaluados se alcanzó un incremento medio anual de la productividad de 0% en el caso de la construcción y de 1,7% en la economía nacional. Se estima en este estudio que la menor productividad del sector de la construcción en relación al resto de la economía, ha generado en promedio pérdidas anuales del 1,5% del PIB nacional en los 20 años evaluados (CLAPES UC, 2018).

La productividad laboral en la industria de la construcción en los países de la OCDE, para el mismo año (2016), alcanza a los US\$ 63.400 por trabajador, registrando un crecimiento promedio de 1,1% en 20 años.



(Fuente: CLAPES UC, 2018)

Figura N° 83. Productividad laboral año 2016 e incremento medio anual en 20 años (período 1996-2006)

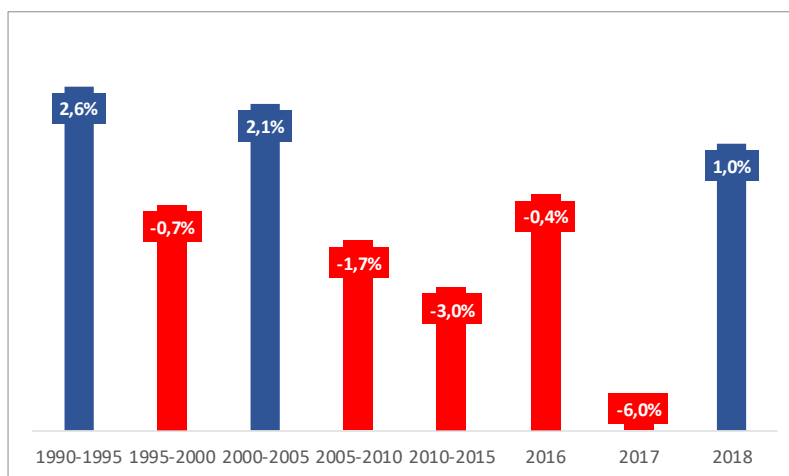
Un análisis de *benchmarking* realizado en el marco del estudio de la CNP, incorporó información de 98 obras a lo largo de Chile, ejecutadas por 25 empresas, y 40 obras de otros países (referentes OCDE). Entre los resultados se destaca que en las obras de edificación nacional la superficie promedio de construcción por trabajador alcanza a 0,24 m²/persona/día, en el caso de la muestra internacional el promedio es de 0,37 m²/persona/día, es decir, una productividad 54% superior a la registrada en la muestra nacional (CNP, 2020a).

b) Productividad total de factores

La Productividad Total de los Factores (PTF) mide la parte del crecimiento económico que no se puede explicar por aumentos de las horas trabajadas, aumentos en la cantidad y uso de capital físico o aumentos en la cantidad de capital humano. En otras palabras, la PTF captura incrementos de esfuerzo que permiten producir más con los mismos factores. De acuerdo con las teorías clásica y neoclásica de crecimiento, no es posible sostener tasas de crecimiento del PIB sin aumentos de productividad. En esos modelos, la única fuente de crecimiento per cápita en el largo plazo es la productividad. Las teorías de desarrollo endógeno, en tanto, ponen énfasis en procesos de retroalimentación o círculos virtuosos, muchas veces relacionados con el capital humano” (UAI, s/f).

La productividad total de factores (PTF) es entonces un indicador que, más allá de los efectos de los factores de producción tradicionales (capital y trabajo), refleja los efectos en la productividad de otros factores como, por ejemplo, tecnológicos o climáticos. Este indicador es considerado cada día más relevante por algunos autores, que consideran que la evidencia internacional ha mostrado que no existe un país que haya alcanzado el desarrollo sin un crecimiento sostenido de su productividad (UAI, s/f).

Al analizar la evolución de la PTF sectorial de la construcción en Chile, en base a las estimaciones de la CNP para el período 1990-2018, se puede verificar que el período de 12 años comprendido entre el 2005 y el 2017 corresponde a un período de variaciones negativas en la productividad de la industria de la construcción, que termina en un mínimo de -6%, presentando una recuperación el 2018, la que obedeció en gran parte a la baja base de comparación del año anterior (CNP, 2020b).



(Fuente: INFOR en base CNP, 2020b)

Figura N° 84. Variación de la productividad total de factores (PTF) en la construcción

En el Cuadro N° 21 es posible comparar la evolución de la productividad total de factores de la industria de la construcción con los principales sectores productivos de Chile. La comparación permite visualizar que después de los servicios y la minería, la construcción es el sector que ha evolucionado con menor dinamismo en relación a la productividad, aspecto que tiene directa incidencia en los costos de construcción y podría haber tenido alguna influencia en la tendencia al alza de los últimos veinte años en los precios de las viviendas.

Cuadro N° 21. Variación de la Productividad Total de Factores por Actividad Económica

Período	1990- 1995	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	2016	2017	2018
	(%)							
Agricultura pesca y caza	5,8	3,3	6,7	3,1	0,9	0,7	-0,5	4,1
Minería	1,5	2,5	-8,1	-8,4	-8,5	-2,7	-1,4	0,2
Industria	3,5	0,9	0,7	-1,0	-1,0	-2,2	-0,5	3,4
Electricidad , gas y agua	9,4	-1,6	1,8	-6,3	0,7	-4,1	-0,9	4,0
Construcción	2,6	-0,7	2,1	-1,7	-3,0	-0,4	-6,0	1,0
Comercio Hoteles y restaurantes	6,9	-1,2	3,1	3,6	2,1	-2,1	1,4	3,4
Transporte y comunicaciones	3,6	2,9	1,5	-1,2	2,2	2,9	0,7	1,8
Servicios	1,8	0,9	3,0	1,7	-0,1	-0,5	-2,8	-0,1

(Fuente: CNP, 2020b)

c) Nuevas tecnologías

El bajo nivel de incremento en la productividad de la industria de la construcción a nivel mundial y la necesidad de satisfacer la creciente demanda por edificación en las próximas décadas, han llevado a los países desarrollados a buscar nuevas opciones tecnológicas entre las que destacan la Construcción Industrializada (CI) y la Metodología de Modelamiento de Información de la Construcción (*Building Information Modeling*, BIM). Estas tecnologías han surgido como respuestas a problemas de coordinación, calidad, sobre costos y excesos de tiempos, y su adopción se está fomentando por medio de diversos programas estatales. En Chile, se están dando los primeros pasos en este ámbito.

Construcción industrializada (CI)

Basándose en conceptos de diferentes autores, en el informe de productividad en la construcción de la CNP se adopta la siguiente definición de Construcción Industrializada: "Mecanismo de diseño y ejecución de obras que se basa de manera importante en sistemas de trabajo estandarizados (y predeterminados), repetitivos y seriados, tanto respecto de la planificación y gestión de procesos de una obra como del tipo de materiales a utilizar. Facilita la incorporación de la prefabricación de partes y piezas de una obra, elementos predeterminados desarrollados en fábricas, así como también el diseño e implementación de módulos, secciones interiores o exteriores de una obra que se fabrican y ensamblan remotamente. Por esta razón es una innovación en términos de tecnología y automatización. La CI, entonces, se asocia a la generación de construcciones generalmente homogéneas y de calidad uniforme" (CNP, 2020a).

Existe abundante evidencia internacional acerca de las ventajas que representa la adopción de sistemas de construcción industrializada, especialmente cuando se contempla la fabricación fuera de la obra de partes, piezas y/o módulos. Entre otros aspectos favorables de estos sistemas constructivos destacan la reducción de costos del proyecto, la disminución de plazos de ejecución en obra, la optimización de procesos, las mejoras en calidad, la disminución de costos en corrección de errores como consecuencia de una mayor focalización en la fase de diseño, una mayor independencia de factores climáticos, una reducción de residuos, un menor consumo de energía, una mejor coordinación entre las fases del proyecto, una menor accidentabilidad, una disminución de impactos en la comunidad vecina debido a reducción de tiempos de edificación y a procesos de montaje menos invasivos en comparación a la construcción en obra, la reducción de impactos acústicos y una menor circulación de camiones para transporte de materiales.

Según estimaciones del Consejo de Construcción Industrializada, entidad a cargo de la difusión de la CI y de la coordinación de actores relevantes, entre otras funciones, alrededor del 1% de las obras en el país utilizan CI. Sin embargo, a la fecha no existe información pública respecto del nivel de implementación de CI en el país. De acuerdo al informe de la CNP, la existencia de una institucionalidad

incipiente en torno a esta implementación y la falta de normativa específica, representan desincentivos a su adopción (CNP, 2020).

En el caso de los países nórdicos este porcentaje alcanza al 25% de la edificación. En Estados Unidos, se estima que en el periodo 2020- 2023 aproximadamente el 37% de la edificación de viviendas utilizará elementos prefabricados industrializados, porcentaje que se incrementa en el caso de construcción de hospitales y fábricas (CNP, 2020, en base a Dodge Data and Analytics, 2020).

En relación a la experiencia internacional en países emergentes, destaca el caso de Malasia, país en el que en el año 2008 el gobierno determinó que los proyectos públicos debían construirse con al menos un 70% de componentes industrializados, con el objetivo de generar un aumento de demanda por los elementos asociados a la construcción industrializada (CNP, 2020).

Tecnologías de Modelamiento de la Información en la Edificación (BIM)

En los procesos de construcción industrializada cada día adquiere mayor relevancia el uso de herramientas tecnológicas de modelación, las que contribuyen a un incremento de la productividad. La tecnología BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado con participación de todos sus agentes. Estos sistemas posibilitan una interacción temprana entre los diversos tomadores de decisión participantes en el desarrollo del proyecto. Entre estos agentes se consideran diseñadores, arquitectos, calculistas, empresa constructora, empresa de gestión inmobiliaria, encargado de cálculo de costos, sección de adquisición de materiales, proveedores, la opinión del demandante y las modificaciones que puedan exigir las autoridades competentes (municipalidades, ministerios etc.).

La adopción de este proceso en la construcción tradicional implica un incremento en la asignación de recursos humanos y financieros en la etapa del diseño, pero una consistente reducción de tiempo y recursos en la etapa de ejecución en obra. La posibilidad de modelar y modificar constantemente el proyecto da lugar a una reducción de costos por eliminar o minimizar las correcciones una vez realizada la obra, disminuir los tiempos de ejecución del proyecto y mejorar la precisión en las dimensiones y cantidades de la materia prima a utilizar, todo lo cual llega a una reducción en los costos de transporte, consumo de energía y generación de residuos.

El contar con personal calificado en la obra con competencias para interpretar los planos y las salidas de información que entrega el sistema de modelamiento es un requisito esencial para una correcta aplicación de estas tecnologías.

La utilización de este tipo de herramientas de modelamiento puede abarcar no solo la etapa constructiva de un proyecto, puesto que existe la posibilidad de extender su aplicación a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación, permitiendo su gestión y reducción de los costos durante la etapa de operación.

Durante la última década, la metodología BIM se ha establecido progresivamente en diferentes países, especialmente en Europa, impulsado en gran medida por las administraciones estatales, las cuales han impuesto o valorado su uso en obras públicas, siguiendo para estos efectos la recomendación de la Directiva Europea de Contratación Pública (<https://www.buildingsmart.es/bim/>).

La implementación de BIM en Chile, respecto de países referentes considerados en el informe de la CNP, aún se encuentra en un nivel bajo. A pesar de la existencia de iniciativas institucionales que fomentan su adopción, como Planbim, la brecha de implementación es relevante. En el informe de la CNP se identifican causas atribuibles tanto al sector privado como al Estado, en relación al incipiente nivel de implementación del BIM en Chile. Entre las causas relacionadas con el sector privado, la CNP

identifica ciertas barreras culturales que existen en la industria de la construcción, destacando que se trata de un sector altamente convencional y con una alta resistencia al cambio. Esto se ve reflejado, por ejemplo, en que es una de las industrias que menos invierte en I+D (0,012% del PIB de la industria), y actualmente es la industria con el menor índice de madurez digital en el país (CNP, 2020a).

En tanto, el informe de la CNP reconoce un rol clave del Estado en la creación de demanda por proyectos que utilicen BIM, acción fundamental en países de referencia, exigiendo o recomendando su uso en las bases de licitación de los proyectos públicos. Por otra parte, al desarrollar y operar los proyectos (etapas en las cuales los beneficios de BIM se maximizan), el Estado captura la totalidad de los beneficios de esta metodología.

Cabe señalar que la iniciativa Planbim, de CORFO, destaca como una instancia de promoción de BIM iniciada el año 2016 por mandato del ejecutivo y tiene entre sus principales logros el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Esta herramienta constituye la base a partir de la que las entidades públicas pueden generar sus solicitudes particulares de BIM, o términos de referencia, y contempla numerosos aspectos del intercambio de información entre el privado y el solicitante (Planbim, 2018).

El referido informe de la CNP, reconoce al MINVU como un ejemplo de avance positivo, dado que ha mantenido un trabajo directo con Planbim, estableciendo planificaciones internas sobre implementación de la metodología, levantamiento de línea base para evaluación del impacto del BIM en proyectos pilotos y un avance relevante en capacitación para la adopción de BIM. A futuro, se pretende que todos los funcionarios asociados a proyectos en el MINVU, alrededor de 2000, estén capacitados.

A pesar de las iniciativas institucionales por difundir e implementar BIM, actualmente se observan esfuerzos heterogéneos en la adopción de la metodología por parte de las entidades públicas. Esto proviene de limitaciones en la planificación y los recursos en instituciones públicas clave, que derivan en iniciativas con discreta fuerza y continuidad. Esta situación contrasta fuertemente con la evidencia internacional.

Entre las recomendaciones emitidas en un reciente informe de la CNP, se consideran varias referentes a la promoción e implementación de BIM, así como de la Construcción Industrializada. Se menciona, por ejemplo, para considerar en el corto plazo: "A nivel de instructivo, mandar definición interna de MOP y MINVU sobre criterios a considerar para empresas atingentes de trabajar con el Estado en BIM y CI. En un mediano plazo, esto se debe replicar para todos los servicios técnicos participantes del SIN (Sistema Nacional de Inversiones)" (CNP, 2020a).

4.3 Desafíos de la industria de la construcción y oportunidades para la madera

4.3.1 El rol de la madera en el mejoramiento de la productividad

De acuerdo a Naciones Unidas, la población mundial se incrementará desde 7.700 millones el año 2019 a 9.700 millones de habitantes en el año 2025 (ONU, 2020). Ante este crecimiento demográfico, se estima que en el mundo habría que levantar 500 millones de viviendas y renovar un número aún mayor de viviendas precarias, en el caso de Chile se estima que unas 500 mil viviendas precarias necesitan rehacerse (Ugarte, 2020).

Como se ha expuesto en puntos precedentes, la industria de la construcción, tanto a nivel mundial como para el caso específico de Chile, presenta en las últimas décadas un estancamiento e incluso un retroceso en sus niveles de productividad. Esta tendencia se ha transformado en uno de los componentes que explican el crecimiento de los costos de la construcción, con sus negativas consecuencias en el precio de las viviendas.

En este contexto, la masificación del uso de la madera en la construcción de viviendas, se presenta como una opción altamente conveniente para mejorar los niveles de productividad de esta industria, utilizando además un material amigable con el medio ambiente.

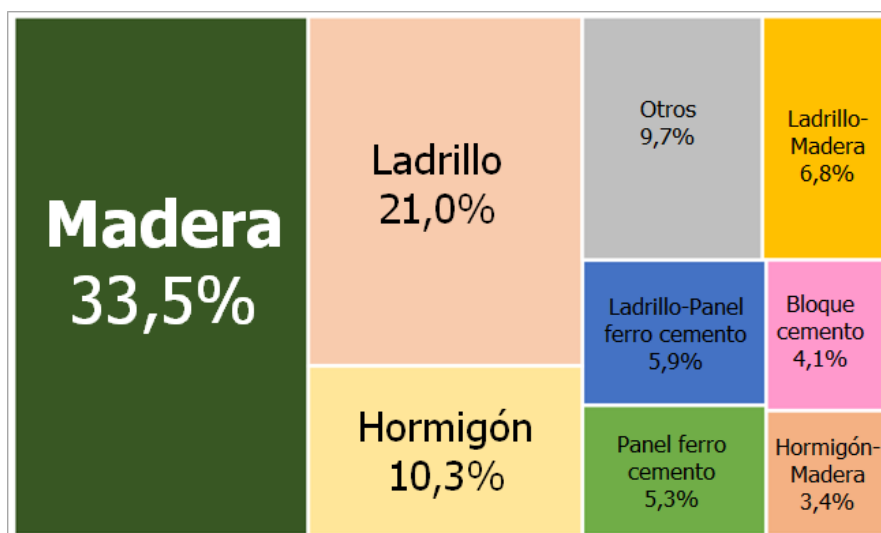
Ciertas características intrínsecas de la madera como su mejor relación peso/resistencia en comparación a otros materiales estructurales alternativos, su versatilidad, adaptabilidad, trabajabilidad y el tratarse de un sistema de construcción en seco, se suman a las altas posibilidades que ofrece la madera para ser trabajada en formato de estructuras prefabricadas, en forma panelizada o en módulos, disminuyendo los tiempos de construcción en obra. Además, estos atributos y otros, otorgan a la madera amplias ventajas para ser utilizado como material estructural en construcción industrializada.

Entre los principales materiales estructurales utilizados en la construcción de viviendas solo tres se reconocen como susceptibles de utilizarse en la construcción industrializada: hormigón, acero y madera.

En el año 2017, la participación de la madera como material estructural principal en los muros de las viviendas nuevas autorizadas para construir alcanzaba al 18%, posicionándose como el segundo material en importancia en el sector habitacional después del hormigón. No obstante, al diferenciar la construcción habitacional en departamentos y casas, se verifica que en el segmento construcción habitacional de casas, la madera se presenta como el principal componente estructural en los muros participando con el 33,5% de la superficie total construida, la que ese año alcanzó a 5.345.813 m² (INFOR, 2020b)

Hasta el año 2014 la albañilería con ladrillos era el principal material estructural utilizado en las casas, pero a partir del 2015 la madera tomó el liderazgo y la brecha ha sido creciente. En el 2017, los ladrillos participaron con el 21% de la superficie total autorizada para construcción de casas.

Es interesante constatar que el ladrillo no está actualmente considerado dentro de las opciones viables para los procesos de construcción industrializada, como tampoco en la producción de estructuras prefabricadas y, a diferencia de la madera, se trata de un tipo de construcción en húmedo. Por este motivo, en la medida que se avance en el uso de la madera en construcción industrializada y/o prefabricación, existen amplias posibilidades de incrementar la participación de este material en el segmento de la construcción habitacional de casas, contribuyendo al mejoramiento de la productividad y, en parte, a modificar las tendencias en los costos de construcción de viviendas.



(Fuente: INFOR, en base a datos del INE, 2020b)

Figura N° 85. Participación en la superficie total de casas, según material predominante en el muro, obra nueva, año 2017

Otro segmento de la construcción en el cual actualmente la madera lidera como material estructural en muros, es el de las ampliaciones de vivienda. El 2017 las solicitudes de ampliación representaron el 14% de la superficie de construcción autorizada alcanzando un total de 895.609 m², participando la madera como material estructural predominante en los muros en el 60,7% del total autorizado.

En el segmento de la edificación no habitacional, la madera alcanzó el 2017 una participación del 12,5%, situándose en el tercer lugar después de las estructuras de hormigón, que lideraron este segmento con un 40,9% y el metal panel preformado con un 31,9%, y antes de la albañilería en ladrillo que tuvo una participación de 9,9%.

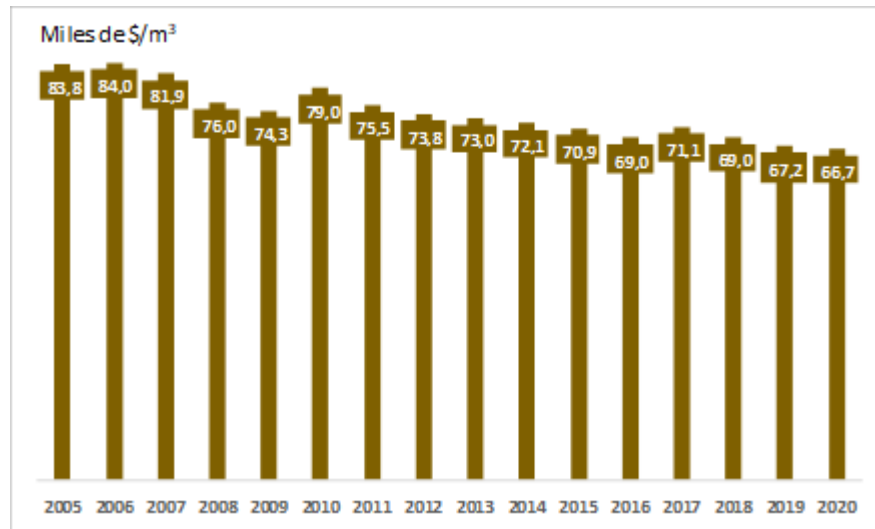
Por otra parte, la actual estrategia para estimular la masificación del uso de la madera en la construcción que emprenden diversas entidades del sector público, privado y académico en Chile, apunta no solo a un incremento cualitativo y cuantitativo en el segmento de la construcción habitacional de casas, sino que también a penetrar en el segmento de edificación habitacional de mediana altura, hasta seis pisos, lo que facilitará la incorporación de este material en programas de densificación urbana de las principales ciudades del país.

En la construcción de mediana altura, la penetración de la madera aserrada estructural competirá con otros materiales considerados también industrializables, como el hormigón y las estructuras de acero. Dentro de estos materiales, la madera es el único que tiene una condición de material renovable, con una huella de carbono negativa, presentando además ciertas ventajas para reciclarla y trabajarla, adaptabilidad, relación peso/resistencia y una menor generación de residuos.

Al someter a la construcción en madera a procesos de industrialización, se gana en eficiencia, en consideración a que el elemento se incorpora tempranamente desde el diseño, que se realiza en computadores, hasta la fabricación, disminuyendo tanto el tiempo de armado en terreno como los posibles errores en la ejecución de la obra, las pérdidas por residuos y gestión de estos, la contaminación acústica, los costos de transporte y el tránsito de camiones en relación a la construcción con otros materiales de mayor peso. Estos factores son de alta importancia en la construcción en entornos urbanos consolidados (EMB Construcción, 2019).

Entre los factores determinantes en el incremento de los costos de la construcción en Chile mencionados anteriormente, se destaca la pérdida de productividad por una creciente complejidad de los paños disponibles para construir, mayores regulaciones municipales y comunidades más empoderadas, entre otros aspectos (Zenteno, 2019). Por lo tanto, un sistema constructivo menos invasivo, con menores tiempos de ejecución y de mayor adaptabilidad como es la construcción industrializada en madera, puede atenuar el efecto de estos problemas, que finalmente involucran aumentos de costos. Por otra parte, el menor peso específico de la madera, en relación al hormigón, acero y ladrillo, da lugar a requerimientos de fundaciones de menores dimensiones y más económicas que las que exigen las obras de los otros materiales.

En relación al costo de la madera como material de construcción, tradicionalmente se asocia a la madera como un material de menor costo en comparación con otros materiales estructurales. En un reciente estudio de mercado realizado por INFOR, se señala que los demandantes de madera estructural como constructoras, inmobiliarias y oficinas de arquitectos, mencionan al costo del material como el principal factor de decisión para optar por su utilización. En este sentido, cabe señalar que el precio de la madera aserrada en Chile experimenta una baja constante desde hace al menos 15 años, situándose los precios reales actuales en el menor valor desde el año 2005, como se aprecia en la Figura N° 86 (INFOR, 2021).



(Fuente: INFOR, 2021)

Figura N° 86: Precio real (ajustado por IPC) de la madera aserrada de pino radiata, puesto en aserradero Región del Biobío

En consideración a los objetivos de la actual estrategia de posicionamiento de la madera en construcciones de mayor estándar y en edificaciones de mediana altura, el precio actual debe ser considerado como transitorio, debido que para acceder a estos nuevos mercados, la madera debe ser clasificada formalmente como estructural, lo que involucra procesos de selección, clasificación de grado estructural, secado, impregnación y rotulado, lo que implicará un incremento en los costos y, en consecuencia, en los precios de venta de la madera aserrada. Al respecto, consultados los productores de la industria del aserrío por los principales factores de decisión que los motivarían a ingresar al negocio de la producción de madera aserrada estructural clasificada, respondieron que lo más importante era acceder a una demanda más estable y, en segundo lugar, lograr un mayor precio de venta.

Algunas estimaciones de ahorros en los tiempos de construcción, mencionan que se llega aproximadamente a un 33% al utilizar madera en la construcción industrializada de viviendas en relación a otros materiales (Jara, 2020). Otras estimaciones señalan un ahorro de hasta 50% a favor de la madera. En el caso del *Stadthaus* de Londres, el edificio habitacional en madera más alto del mundo, construido con paneles prefabricados, se calculó un ahorro de tiempo del 30% en comparación con lo que habría demorado una obra de similares características en hormigón.

De acuerdo a lo que señala la CNP, en Chile el uso de CI es muy bajo, pero hay experiencias positivas. La CNP cita un estudio del Consejo de Construcción Industrializada (CCI) realizado el 2018, donde se compararon dos obras prefabricadas, una en madera y otra en hormigón, con una construida en albañilería tradicional. La conclusión fue que, en las obras que utilizaron la construcción industrializada, hubo un 92% de reducción de horas hombre en ajustes de calidad, entre un 31% y 76% menos en tiempo efectivo para la construcción, 13% menos en costos directos de fabricación de obra gruesa y tres veces menos volumen de residuos (CNP, 2020a).

En el caso de la construcción de viviendas en Chile, dado los altos precios en relación a los ingresos, como se presentó en la figura 86, pero considerando también la oferta de instrumentos financieros privados y estatales, que han permitido un alto porcentaje de propietarios si se compara con Latinoamérica, se hace necesario masificar el acceso a financiamiento para las diversas construcciones en madera. En este sentido, el actual desarrollo y actualización de normas referidas al material y a los

sistemas constructivos son una herramienta que contribuye a generar confianza ante instituciones financieras o aseguradoras.

Existen diversas estrategias para producir una vinculación más estable y sólida entre la construcción en madera y el sector financiero. Entre las propuestas estratégicas formuladas en el diagnóstico del Programa Estratégico Mesoregional de la Madera (PEM, 2016), se propone la creación de un fondo de garantía hipotecaria estatal, para facilitar el otorgamiento de créditos por parte de la banca.

Otra visión adoptada en diversos países ha sido generar confianzas en las compañías de seguros, utilizando las herramientas de normativas técnicas existentes y por esta vía facilitar la aceptación del uso de la madera en las entidades financieras. En Estados Unidos, Francia o España son las aseguradoras las que entran en el rubro de la construcción porque el Estado les exige a las constructoras un seguro por diez años. Bajo este sistema, la empresa constructora debe entregar una vivienda con un seguro por una cantidad determinada de años, donde la aseguradora se encarga de monitorear la calidad de la obra a objeto de evitarse problemas (Zilic, 2018), además de la fiscalización por parte del Estado.

En Chile, el sistema utilizado para otorgar seguridad al cliente en relación a la calidad de la construcción es la garantía emitida por la empresa constructora. Este instrumento, contemplado en la Ley General de Urbanismo y Construcciones, tiene una duración de 10 años cuando afectan a la estructura, 5 años cuando afectan a los elementos constructivos o de instalaciones y 3 años cuando afectan las terminaciones. En caso de incumplimientos, es el cliente quien debe emprender las respectivas acciones legales ante la empresa constructora (Zilic, 2018), con todas las limitaciones que ello implica.

4.3.2 Desafíos medioambientales en el sector de la construcción y el rol de la madera

La madera como material estructural en la construcción presenta ventajas en una diversidad de aspectos que han alcanzado una importante valoración en países con alto estándar de vida, como EEUU, Canadá, Finlandia, Suecia, Australia, Nueva Zelandia y Japón, entre otros. En forma creciente, los países están implementando políticas públicas por medio de diversos instrumentos, orientadas a promover el uso de la madera en la construcción. La principal motivación para la formulación de estas políticas, es de carácter ambiental.

La presión internacional por la reducción de emisiones, manifestada en los compromisos adquiridos por los países en acuerdos internacionales enmarcados en las Conferencias de la Cumbre de la Tierra (la primera fue en Río de Janeiro, en el año 1992), han situado a la industria de la construcción como un sector objetivo en cuanto a las necesidades de disminuir sus pasivos ambientales.

Al mismo tiempo, la madera se ha ido posicionando como una opción de material de construcción amigable con el medio ambiente, debido a sus características de renovable, reciclable, con huella de carbono negativa, bajo consumo de energía y de agua en los procesos de producción y de construcción, y niveles de residuos significativamente inferiores a otros materiales.

a) La madera y la reducción de emisiones de CO₂

En la Conferencia sobre el Clima de París, en diciembre de 2015, 195 países adoptaron el primer acuerdo climático mundial de carácter vinculante. El llamado Acuerdo de París establece un plan de acción global para frenar el cambio climático, limitando el calentamiento global por debajo de los 2°C. Para esto, el Acuerdo señala que los gases emitidos por la actividad humana deberían ser equivalentes a lo que los océanos, árboles y suelo pueden absorber de forma natural.

Cabe señalar que entre los principales gases de efecto invernadero, el más preocupante es el dióxido de carbono (CO₂) por su incidencia en el cambio climático.

En este contexto, impresiona constatar que, de acuerdo a estudios recientes, el sector de la edificación comercial y residencial, considerando sus diferentes fases (construcción, uso y demolición), representa el 39% del CO₂ emitido a la atmósfera a nivel global (Growing Buildings, 2020). Este nivel de participación en las emisiones totales explica el carácter estratégico de las acciones a desarrollar sobre esta industria, en la reducción del efecto de invernadero.

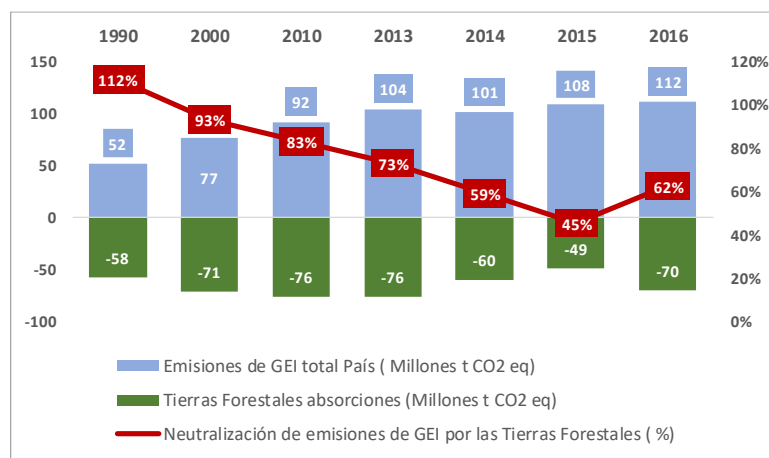
La construcción es uno de los mayores consumidores de materias primas. La industria que produce el cemento es responsable de alrededor del 5% de las emisiones de CO₂. El hormigón, principal material de construcción utilizado a nivel mundial demanda anualmente 1.600 millones de toneladas de cemento. En su fabricación, cada tonelada de cemento emite una tonelada de CO₂ a la atmósfera.

Durante el proceso de construcción es habitual el empleo de maquinaria pesada que genera una elevada cantidad de emisiones de CO₂. El transporte de los materiales al lugar contribuye con el 6-8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero para un proyecto. Se estima que, en la fase de construcción, esta industria es responsable del 11% de las emisiones de CO₂ a nivel global (Zilic, 2018).

Para reducir este impacto medioambiental del sector de la construcción resulta esencial el uso de materiales como la madera, que para producirlos no se requiere de la utilización de combustibles fósiles, los que generan altas emisiones de carbono.

En consideración a esta imperiosa necesidad de reducir las emisiones causadas por la industria de la construcción, la madera se presenta como una opción altamente conveniente por su balance de emisiones de CO₂ negativas al considerar las diferentes fases de su ciclo de vida: generación de la materia prima, procesamiento, transporte, construcción, operación de la edificación, y demolición. La madera es el único material estructural de construcción cuyo uso contribuye a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En el caso de Chile, los bosques, como generadores de madera, contribuyen (año 2016) con un 62% en la absorción de las emisiones totales del país. De acuerdo con el inventario de gases de efecto invernadero (INGEI), realizado por el Ministerio de Medio Ambiente el año 2018, el aporte a la reducción de emisiones de todo tipo de bosques alcanzó a 69,65 millones de toneladas de CO₂eq, el año 2016, aportando los bosques nativos con 61,95 millones de toneladas de CO₂eq (89%) y las plantaciones con 7,7 millones de toneladas (11%).



(Fuente: elaboración propia, en base a Ministerio del Medio Ambiente, 2018)

Figura N° 87. Emisiones de GEI de Chile y neutralización por absorción de los bosques.

Se debe tener presente que de acuerdo a la metodología del INGEI, en el cálculo de la captura neta se descuenta el CO₂ retenido en las plantaciones cosechadas. El año 2016, la captura en plantaciones alcanzó a un total de 77,6 millones de toneladas de CO₂eq. Sin embargo, su aporte neto al INGEI es menor, debido a que al descontar las retenciones de CO₂eq correspondientes al volumen cosechado, se obtiene un aporte neto de 7,7 millones de toneladas (Papageorgiou y Massai, 2020).

El aporte neto del sector forestal, especialmente de las plantaciones, a la mitigación del cambio climático puede verse considerablemente incrementado por un factor que aún no ha sido incluido en los INGEI; este es el carbono acumulado en los productos forestales cosechados.

Actualmente, todo el carbono contenido en la cosecha se considera emitido, sin embargo, en el caso de Chile un porcentaje estimado entre el 15% y el 20% del volumen de madera cosechada, se destina a productos que pueden tener una vida útil de décadas y hasta cientos de años como, por ejemplo, el uso en construcciones de viviendas y muebles, entre otros (Papageorgiou y Massai, 2020).

Estudios realizados en Inglaterra (IIED, 2004), determinan que al sustituir un metro cúbico de madera por un metro cúbico de otro material de construcción, como hormigón, bloques de cemento o ladrillos, se genera como efecto combinado entre la retención de CO₂ de la madera, estimada en 0,9 t/m³, y la sustitución del material alternativo cuyo nivel de emisión alcanzaría a 1,1 t/m³, da como resultado un ahorro de emisiones de CO₂ de 2 t/m³.

De acuerdo a estos valores de mitigación de emisiones al sustituir madera por otros materiales, se estima en el mencionado estudio que un aumento del 10% en el porcentaje de casas construidas con madera en Europa, produciría un ahorro de CO₂ equivalente a aproximadamente el 25% de las reducciones prescritas por el Protocolo de Kyoto. Otras investigaciones citadas en el mismo estudio señalan que el nivel de almacenamiento de CO₂ en una vivienda con estructura, revestimiento, piso, ventanas y muebles de madera, fluctúa entre 12 y 30 toneladas.

De esta forma, Chile está frente a una oportunidad única de avanzar hacia la cero emisión, que es una de las metas comprometidas en los acuerdos internacionales que el país ha suscrito. Esto es, incrementando el uso de la madera en la industria de la construcción, que es un recurso renovable, disponible y que es un material que presenta bajos consumos de energía en su transformación, transporte y operación, y además es reciclable.

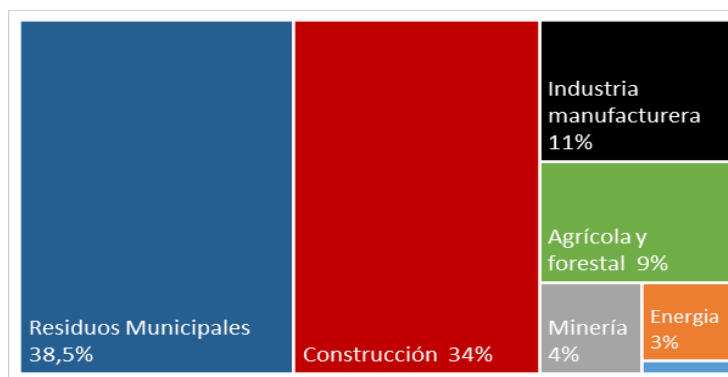
b) La madera en la disminución de residuos y la economía circular

A nivel global, se estima que la industria de la construcción demanda el 40% de las materias primas, al mismo tiempo que genera el 30% de los residuos sólidos (Growing Buildings, 2020). En el caso de Europa, el sector de la construcción produce cerca del 35% de los desechos (Zilic, 2018). En EEUU, la industria de la construcción utiliza unos 3.000 millones de toneladas de materia prima (Zilic 2018). La generación de residuos por parte de la actividad de la construcción alcanza a 160 millones de toneladas, de los cuales el 48% se origina en demoliciones, el 44% en renovaciones y el 8% en la construcción de obras nuevas. Estimaciones del Banco Mundial indican que en EEUU la gestión de residuos en la industria de la construcción involucra un costo anual de 11.200 millones de dólares. El alto nivel de residuos se explica por el elevado nivel de consumo de materias primas y la baja tasa de reciclaje de estas, aproximadamente un 70 a 80% de los residuos termina en los rellenos sanitarios (Zilic, 2018).

En Chile, los residuos sólidos derivados de la actividad de la construcción reciben el nombre de RESCON y se pueden distinguir las siguientes etapas generadoras de estos: la demolición de edificaciones pre-existent, el movimiento de tierras y la construcción propiamente tal.

En el año 2010, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) realizó el primer levantamiento de información sobre la generación de residuos sólidos en Chile, en el marco de los compromisos

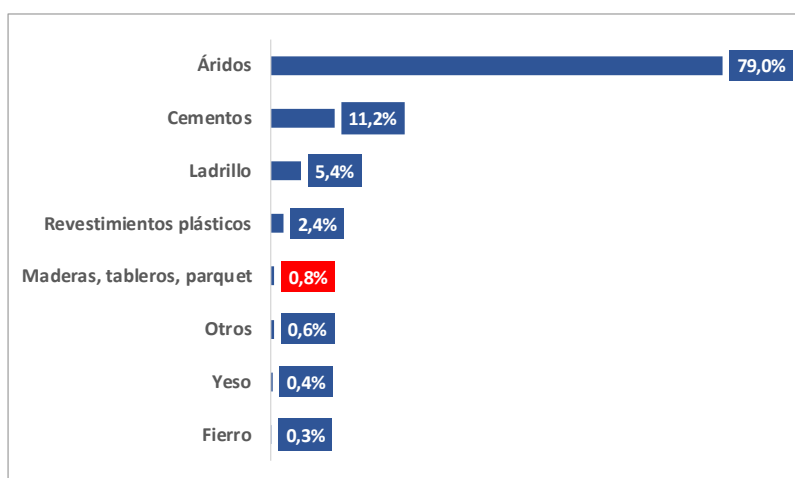
suscritos por el país con la OCDE. Entre los resultados de este estudio se destaca que después de los residuos municipales, el sector construcción es el mayor generador de residuos, con 5,82 millones de toneladas y una participación de 34% en el total de residuos generados en el país el año 2009. El estudio también determinó que durante el período 2000-2009, el volumen de residuos generados por la construcción se incrementó en 72%, en tanto que la participación aumentó de 26% al 34% ya mencionado (CONAMA, 2010).



(Fuente: CONAMA, 2010)

Figura N° 88. Participación por sector en la generación de residuos sólidos en Chile 2009

Un estudio realizado el año 2012 por la Universidad Católica de Valparaíso a petición del Ministerio del Medio Ambiente (CDT, 2018), cuantificó la composición de los residuos sólidos generados por la industria de la construcción, en relación al tipo de material. El estudio concluye que los residuos provenientes de áridos son los que representan la principal fuente de generación de RESCON con un 79%. Los residuos de maderas (considerando madera aserrada, paneles de madera y parquet), representaron solo un 0,8%, porcentaje considerablemente inferior a los residuos de otros materiales. En el caso de los ladrillos, se generó un volumen de residuos 7 veces superior a la madera y en hormigón la cantidad de residuos generada fue 14 veces superior a la madera (CDT, 2018).



(Fuente: CDT, 2018)

Figura N° 89. Composición de residuos sólidos de la construcción en Chile, 2012.

La madera, a diferencia de otros materiales estructurales, tiene la posibilidad de ser reutilizable, proceso que se puede llevar a cabo por las mismas empresas constructoras en usos de apoyo a la obra como encofrados, cierres perimetrales y andamios, existiendo además mercados para maderas de demolición en la fabricación de muebles, u otros residuos de madera para usos energéticos en fábricas de pellets, calderas, leña y astilladoras.

Cabe señalar que en el caso de que los desechos de madera sean quemados, la cantidad de CO₂ emitida en la combustión nunca será superior a la cantidad de CO₂ que almacena, por lo que la quema de madera se considera una actividad carbono neutral. Más aún, si la combustión de madera se realiza con fines energéticos (fábricas de pellets, secado de madera u otros), este uso estaría sustituyendo a otras fuentes de energía que no son carbono neutral.

Otra ventaja es que los residuos de madera de una construcción que no son reutilizados, ni quemados, representan un RESCON que demanda una gestión bastante más simple que la de los materiales sustitutos. El menor peso específico de la madera en comparación al hormigón y el ladrillo, implica una menor demanda de transporte y, en consecuencia, un menor consumo energético, costos inferiores y, por otra parte, constituye un residuo más amigable en términos ambientales al ser biodegradable.

Aun cuando el nivel de generación de residuos en la construcción de madera es bajo en relación a otros materiales, en la medida que se masifique el uso de este material y se genere una oferta y demanda regular de madera aserrada estructural y de otros productos de madera, el nivel de residuos podría reducirse, entre otros, por los siguientes factores:

- **Involucramiento temprano de los proveedores de MAE:** Un mercado constante y creciente de madera estructural, permitirá que los productores de MAE se involucren en forma temprana y directa con la demanda, generando productos con estándares y dimensiones funcionales a su uso final. De esta forma, se reducirán las pérdidas en obra y, en consecuencia, la generación de residuos.
- **Prefabricación:** El incremento en la producción y aplicación de estructuras prefabricadas permite que gran parte del residuo se genere en las fábricas, donde pueden ser aprovechados como bioenergía o destinados a diversos mercados, minimizando la generación de residuos en obra.
- **Construcción industrializada:** Este tipo de construcción coloca un énfasis en la fase de diseño, permitiendo una especificación temprana y con alto nivel de detalle en los requerimientos de los diferentes materiales y estructuras. La producción de estructuras se desarrolla en fábrica, con maquinaria de última tecnología y altos niveles de precisión. La madera presenta condiciones para considerarla como un material con grandes aptitudes para la industrialización. Por medio de la construcción industrializada, las labores de construcción en obra se reducen significativamente y se reemplazan en parte por actividades de montaje, lo que repercute en una reducción consistente en la generación de residuos.
- **Sistema de clasificación y rotulado de la madera:** En un estudio de percepción realizado por el CDT de la Cámara Chilena de la Construcción, en el cual se entrevistaron a empresas constructoras que utilizan habitualmente madera, estas destacaron que deben comprar lo que está disponible en el mercado y luego hacer ellos un proceso de clasificación, motivo por el cual se generan altos niveles de rechazo del material (CDT, 2015). La implementación de sistemas estandarizados de clasificación de las propiedades estructurales de la madera y de rotulado de las piezas que se comercialicen, es un factor que permitiría reducir el nivel de residuos en el sector de la construcción.

Las altas posibilidades que tiene la madera de ser reciclada y el bajo nivel de residuos que genera al ser utilizada en la construcción, permiten considerar a este material como una opción consistente con los conceptos de la denominada "economía circular".

De acuerdo a diversas definiciones, se puede señalar que la economía circular busca transitar desde un modelo económico lineal, de extraer-usar-desechar, hacia un modelo circular, que utiliza y optimiza los *stocks* y flujos de materiales, energía y residuos. El objetivo es la eficiencia en el uso de los recursos, buscando la prolongación de la vida útil de los productos y priorizando el uso de energías renovables no convencionales (ERNC). Su implementación generará beneficios, en especial frente a un escenario de recursos limitados y necesidades crecientes. La economía circular propone que los materiales que ya han sido procesados puedan ser recuperados y reutilizados, manteniéndolos en circulación durante el mayor tiempo posible y, en consecuencia, reduciendo el nivel de emisiones.

c) Eficiencia energética en edificaciones con madera

Al analizar el ciclo de vida de una edificación en la que se utiliza madera como material estructural, se verifica que en las distintas fases involucradas (producción de materia prima, procesamiento, transporte, operación, remodelación y demolición), se produce un ahorro energético y de emisiones de CO₂ en comparación con la utilización de otros materiales estructurales como el acero, hormigón, aluminio o ladrillos.

Dado que la madera es un material resistente pero blando, su procesamiento requiere menor cantidad de energía comparado con otros materiales. Como valores referenciales se mencionan los siguientes: aluminio 17.000 kW/h, acero 2.700 kW/h y madera 430 kW/h (PEM, 2016).

En la fase de transporte se ha estimado que la construcción en madera necesita seis veces menos viajes de camiones a la obra. Este factor representa una rebaja significativa en el consumo y costos de combustibles, ganancia en tiempos de transporte, menores emisiones de material particulado y de CO₂. Por otra parte, se disminuye la interrupción del tránsito en la ciudad y la contaminación acústica y visual, factores considerados relevantes especialmente para la construcción en entornos urbanos consolidados (EMB Construcción, 2019).

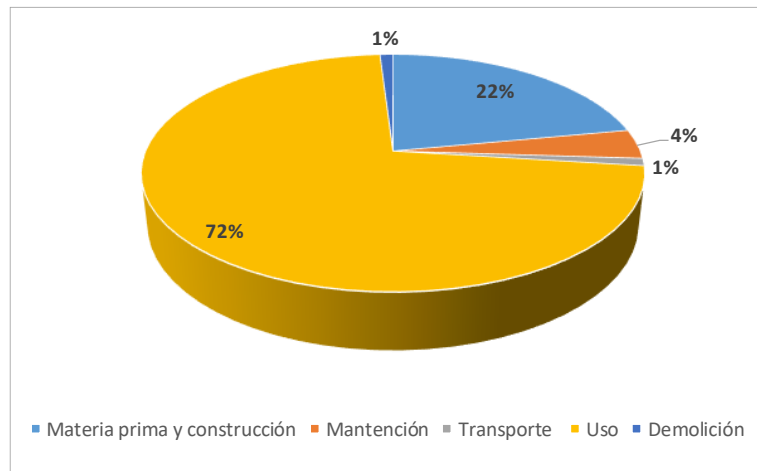
En la fase de operación de edificaciones construidas en madera y gracias a la estructura celular del material que le otorga un alto nivel de porosidad, este se comporta con una alta capacidad de aislamiento y una muy baja conductividad térmica, garantizando un eficiente nivel de aislación.

En relación al aislamiento térmico de la madera, se estima que supera en 15 veces al concreto, 400 veces al acero y 1.770 veces al aluminio. Al comparar la resistencia térmica de la madera con albañilería en ladrillos, se ha medido que un tablero de madera de 2,5 cm de espesor tiene mejor resistencia térmica que una pared de ladrillo de 11, 4 cm de espesor (Growing Buildings, 2020).

En Europa, la alta eficiencia energética de la madera la posiciona como un material cada vez más competitivo como solución para cumplir con las crecientes demandas térmicas que imponen las regulaciones de construcción comunitarias. Como se presenta en la Figura N° 90, las condiciones climáticas en el norte de Europa, generan altos requerimientos de consumo energético con fines de climatización, concentrando en la fase de uso u operación de las viviendas, el 72% de la energía utilizada en su ciclo de vida.

A nivel global, se ha tomado conciencia del impacto que tiene la industria de la construcción en el cambio climático, lo que ha repercutido en el desarrollo y aplicación de estándares orientados a certificar la eficiencia energética y la sostenibilidad de la construcción. Entre estos estándares destacan: Passivhaus, Breem, Leed, Arca, Minergue, NetZero, Qualitel y Casbee.

Como en otros países, en Chile la eficiencia energética que se puede lograr en soluciones constructivas con madera gracias a su capacidad de aislación térmica, hacen de este material una interesante opción en las actuales estrategias dirigidas a disminuir el nivel de consumo de energía en los hogares.

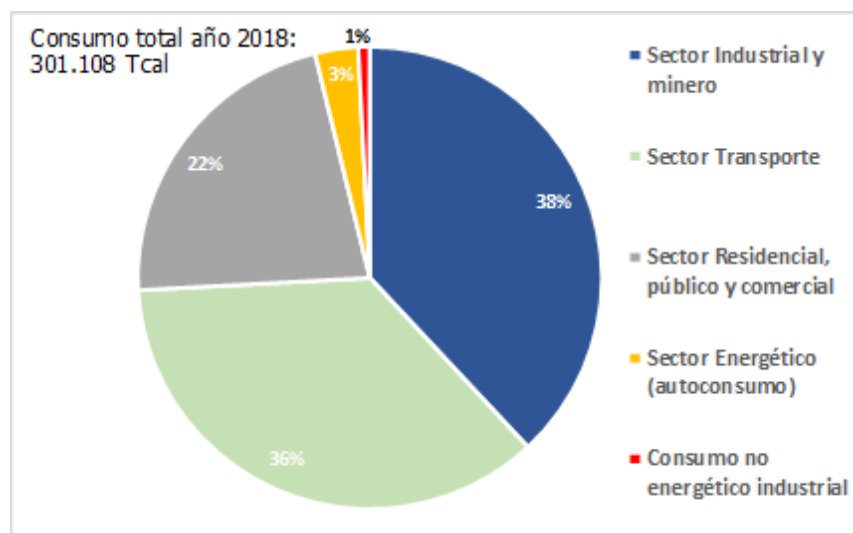


(Fuente: CEI-Bois, 2018)

Figura N° 90. Distribución de la energía utilizada en el ciclo de vida de una vivienda en Europa.

El sector residencial, público y comercial, representó en el año 2018 el 22% del consumo final de energía nacional. Dentro de este sector la demanda residencial alcanza al 70%, lo que equivale a un 15,4% de la demanda a nivel nacional (CNE, 2020). El 56% de la energía consumida por el sector residencial se destina a la climatización del espacio.

El Ministerio de Energía ha definido dentro de la política energética para el país explicitada en el documento: "La Ruta Energética 2018- 2022", la estrategia de reducción del consumo energético del parque residencial, para lo cual se propone ejecutar las siguientes acciones principales: Establecer el deber de informar la calificación energética de una vivienda nueva al momento de su venta; actualizar la reglamentación térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, para mejorar los estándares de eficiencia energética en nuevas construcciones, y desarrollar un sello de certificación para edificaciones de uso público y residencial, entre otras medidas. El objetivo final de la ruta energética 2018-2022, es que la demanda energética residencial se reduzca en un 30% (MINERGIA, 2018).



(Fuente: CNE, 2020)

Figura N° 91. Composición del consumo final de energía por sector

La mayor eficiencia energética que se puede alcanzar en una vivienda construida en madera, repercute tanto en la disminución del impacto ambiental como en los costos de operación de la vivienda para el propietario. De acuerdo a la opinión de especialistas en el tema “independientemente de los costos de construcción, cuando se han aplicado tecnologías adecuadas se debe considerar el ahorro posterior en aspectos como calefacción y eficiencia energética, con lo que finalmente la edificación en madera termina siendo mucho más conveniente que una edificación normal” (Hempel, 2020). En forma referencial, un estudio sobre uso de combustibles para fines de calefacción realizado para dos viviendas de similar tamaño en Concepción, una construida en base a ladrillos y otra utilizando madera como material principal, obtuvo los resultados que se presentan en el **Cuadro N° 22**.

Cuadro N° 22. Comparación consumo energético para viviendas construidas en base a ladrillo y en base a madera como materiales principales.

Materialidad de la vivienda	Demanda energética	
	Electricidad (kW/m ² /año)	Kerosen (L/año)
Ladrillo	145	1.296
Madera	104	930

(Fuente: PEM, 2016)

El estudio sobre productividad en el sector de la construcción realizado por la CNP, entrega entre sus recomendaciones de medidas y políticas públicas una importante cantidad de propuestas orientadas a avanzar hacia una construcción sustentable. Si bien estas recomendaciones no hacen referencias específicas al uso de la madera, así como de ningún material en particular, los ámbitos en los que se propone actuar son reducción de impactos en cambio climático, reducción de emisiones, economía circular, gestión de residuos y eficiencia energética entre otros, que corresponden a áreas que representan una oportunidad para favorecer el uso masivo de la madera como material estructural en la construcción. Algunas de estas medidas son:

- Hacer obligatoria la Calificación Energética de Viviendas para obras nuevas.
- Generar un mecanismo homólogo al de la Calificación Energética de Viviendas (CEV) para edificaciones no residenciales.
- Introducir exigencias de construcción sustentable en las Licitaciones Públicas y en el Sistema Nacional de Inversiones.
- Impulsar la formación de capital humano calificado en construcción sustentable.
- Utilizar las Franquicias Tributarias como incentivo económico para fomentar la demanda por construcción sustentable.
- Elevar los requerimientos térmicos de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, y establecer su actualización obligatoria cada cinco años; además de avanzar hacia la introducción de requerimientos térmicos para edificaciones no residenciales.
- Vincular la obtención de los Certificados de Recepción Final, los Permisos de Edificación y los Permisos de Demolición, con la entrega de información respecto de la gestión y manejo de los residuos de la construcción.
- Elaborar una ley marco de Economía Circular en el sector de la construcción.
- Celebrar un Acuerdo de Producción Limpia para impulsar la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Estas recomendaciones se encuentran en la sección 7.4.4 “Recomendaciones para mejorar la sostenibilidad en el sector de la construcción” (CNP, 2020a).

4.3.3 Otros atributos de la madera en la construcción

En los últimos años, diferentes países han implementado diversas políticas o iniciativas orientadas a fomentar el uso masivo de la madera en la construcción. Uno de los temas más relevantes que han enfrentado estas experiencias consiste en entregar la suficiente confiabilidad en cuanto al comportamiento de la madera frente a eventos sísmicos y en relación a la acción del fuego. Si bien, en ambos casos la madera presenta algunas propiedades intrínsecas del material que le otorgan ciertas ventajas para un adecuado comportamiento, surge la necesidad de contar con evidencias técnicas y marcos normativos que proporcionen confiabilidad para avanzar en la aceptación del material en nuevos segmentos de la construcción como la construcción en altura.

Un caso reciente en este proceso de avance en la construcción en madera es el de Corea del Sur. En este país se asume una decisión histórica al suprimir los límites de altura y superficie para la construcción de edificios de madera. Esta decisión se formalizó en noviembre del 2020, luego de un proceso de revisión del Estándar de Diseño de Corea (KDS). Las restricciones preexistentes limitaban a las construcciones de madera a una altura máxima de 18 metros en la cumbre del techo y a 15 m en el alero. En este caso, la evidencia técnica se basó en el edificio Han-Green, de cinco pisos, que fue utilizado como unidad demostrativa y que incorporó CLT con clasificación de incendio de dos horas, además de otros productos de ingeniería en madera. El cambio fue posible gracias a que las autoridades reconocieron que el CLT demostró ser una opción segura tanto en su comportamiento estructural como en incendios (Hwang, 2020).

Un reciente estudio del Banco Mundial sobre la construcción de madera en Chile, coloca un especial foco en las normativas de construcción comparando la situación nacional con la experiencia internacional, especialmente en países donde la madera juega un rol relevante en la construcción habitacional (Banco Mundial, 2020). Entre las conclusiones generales de este estudio se señala que en el caso normativo chileno, a diferencia de la experiencia internacional, este no presenta condicionantes explícitas que limiten el desarrollo de edificaciones en madera, asociado a una política pública que no hace distinción entre materiales. Condición diferente a la realidad de varios países desarrollados, que en su mayoría tuvieron exigencias específicas para la madera en torno a requerimientos contra incendio y alturas máximas.

El informe del Banco Mundial identifica ciertos desafíos normativos críticos, para edificaciones de madera en media y gran altura, frente a la seguridad ante incendios, desempeño acústico y estabilidad estructural. Entre estos desafíos se destaca el desarrollar herramientas normativas de diseño de estructuras, con diversas alternativas constructivas (entramado ligero, poste y viga, madera masiva y otros) que simplifiquen el proceso de desarrollo de un proyecto, particularmente en lo que se refiere a pruebas y ensayos, y cálculos estructurales, viabilizando iniciativas que actualmente son inviables por las desactualizaciones de las normas vigentes.

a) La madera y su comportamiento ante eventos sísmicos

La madera es un material considerablemente más liviano en relación a otras opciones de materiales estructurales utilizados en la construcción. Un metro cúbico de madera es cinco veces más liviano que el mismo volumen de hormigón y pesa aproximadamente quince veces menos que un metro cúbico de acero. Sin embargo, la característica relevante es la relación resistencia-peso, la que da cuenta que la madera puede soportar una carga similar a otros materiales con un menor peso, siendo su relación resistencia-peso mejor que la del hormigón e incluso del acero (Zilic, 2018).

En consideración a que el impacto de las fuerzas de un sismo es proporcional al peso de las estructuras que las reciben, las soluciones constructivas con estructura de madera, de menor peso que las de otros materiales, tienen un mejor comportamiento frente a un movimiento telúrico. El bajo peso y la resistencia de estas estructuras permiten disipar en forma rápida los esfuerzos sísmicos.

Es destacable también el rol de las conexiones y fijaciones en las estructuras de madera, las cuales son numerosas y de otros materiales, con lo cual los sistemas constructivos basados en madera correctamente diseñados logran disipar mejor las energías que sobrevienen durante un sismo, puesto que las edificaciones son más flexibles y menos susceptibles a colapsar si alguna de las partes de la estructura falla (Madera 21, s/f).

Si bien en Chile no existen requerimientos de altura máxima para la construcción de edificaciones en madera, estas están limitadas por la normativa relacionada con la capacidad de los sistemas constructivos para cumplir con requerimientos técnicos de carácter estructural. Como se señaló en el punto 2.5.3 c) del presente informe, esta normativa aumenta innecesariamente los costos para la construcción en altura con madera, en detrimento de su viabilidad económica.

Cabe señalar que la condición de buen comportamiento sísmico de la madera estructural ha sido reconocida en países o regiones que, al igual que Chile, presentan un constante riesgo de movimientos telúricos, como es el caso de Japón y el Estado de Oregon en EEUU.

En el caso de Japón, con una condición sísmica parecida a la chilena, se edificará una torre de 70 pisos y 350 metros de altura en Tokio. Esta obra, anunciada en el 2018, estará terminada para el año 2041. El 90% de este edificio utilizará madera mientras el resto será acero, lo que permite controlar las vibraciones de los sismos y terremotos (Tossani, 2018).

Desde el año 2000, el gobierno de Japón promueve políticas de apoyo a la construcción en madera, principalmente por sus características antisísmicas y por ser considerado un material ecológico.

En EEUU, de acuerdo a lo señalado por el arquitecto Thomas Robinson, responsable del edificio Framework, el rascacielos de madera más alto proyectado en el país, el equipo de ingenieros debió desarrollar 40 requisitos de incendios, estructurales, sísmicos y de rendimiento acústico para edificios de gran altura en el país. Este permiso de construcción del Estado de Oregón, fue el primero en ser aprobado en EEUU para la construcción de un edificio de gran altura en madera.

b) Resistencia al fuego

Una de las propiedades relevantes de la madera en relación a la resistencia al fuego consiste en su baja conductividad térmica. Las cavidades presentes en su estructura celular permiten a la madera aislarse del calor hasta seis veces más que el ladrillo, quince veces más que el hormigón y 400 veces más que el acero. A modo de ejemplo, se estima que el desempeño de aislación térmica de un CLT de 8 cm de espesor es equivalente al que se puede alcanzar el hormigón de 100 cm de espesor y el ladrillo perforado de 30 cm de espesor (Madera 21, s/f).

Los diferentes materiales experimentan algún nivel de daño ante la exposición a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). Al producirse la inflamación de la madera, su baja conductividad térmica hace que se queme muy lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que actúa como aislante protegiendo las secciones internas y conserva sus propiedades estructurales por un margen de tiempo más prolongado en relación a otros materiales (Madera 21, s/f).

De acuerdo a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), la resistencia al fuego es una característica de una solución constructiva, considerando las múltiples capas constructivas, e independiente de la materialidad; ya que el conjunto de capas contribuye y constituye la resistencia al fuego final del elemento de construcción. Bajo este concepto, la madera posee una cualidad de resistencia al fuego que dependerá del tipo de madera y el tamaño de la pieza. De esta forma, elementos de madera de mayor tamaño y/o densidad, como es el caso del CLT, u otros productos de

ingeniería en madera, tenderán a presentar una mayor resistencia al fuego y una tasa de carbonización más lenta, mientras que elementos de menor tamaño y/o densidad, como los utilizados en sistemas de entramado de madera, podrían requerir de capas de aislación al fuego adicionales (Banco Mundial, 2020).

La protección al fuego, según la OGUC, se basa en el tiempo necesario para realizar una evacuación de los habitantes en caso de incendio frente a un posible colapso de la estructura, evitando así pérdidas de vidas y la propagación desde una edificación a otra. Es importante destacar que este requerimiento busca proteger la vida de las personas, por lo que resguarda las edificaciones habitacionales, su objetivo no es proteger el patrimonio.

La baja conductividad térmica y el lento avance de la carbonización en las estructuras de madera, permite que ante incendios una construcción con productos de ingeniería en madera puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad y suficiente resistencia al fuego como para evitar que este se propague y ocurra una falla estructural. Al comportarse las estructuras de madera de forma más predecible, es posible disponer de un margen de tiempo de reacción más amplio para la evacuación de las personas y para las acciones de control del fuego, en comparación a construcciones con otros materiales estructurales que tienden a colapsar rápida y repentinamente. Madera 21 también destaca, por otra parte, que actualmente el mercado ofrece una diversidad de productos retardantes que mejoran significativamente el comportamiento de la madera ante la acción del fuego (Madera 21, s/f).

Capítulo 5

Percepción de la madera en la construcción

Con el fin de complementar la información reunida en los capítulos anteriores y avanzar hacia las conclusiones del presente informe, en este capítulo se analiza la percepción que tienen diversos actores sobre la madera en la construcción, reconociendo en ellos a personas que de una u otra forma participan e influyen en la trayectoria y perspectivas de esta actividad económica.

En primer lugar, se presenta la percepción que tienen los expertos sobre la madera en la construcción, medida a través de una consulta diseñada y desarrollada para los fines de este estudio. Luego, se presenta la percepción de las personas desde distintas experiencias: En su calidad de protagonista de noticias aparecidas en medios de prensa digitales; a través de tendencias de búsqueda que reflejan su interés por ciertos términos o combinaciones de términos; como usuarios de viviendas construidas con madera y, por último, como sujetos de estudios que miden la satisfacción de los usuarios de viviendas construidas con madera, incluyendo aquí también un análisis a partir de los resultados de la Encuesta CASEN (Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional), en lo que se refiere a la materialidad de la vivienda.

5.1 Percepción de expertos

En este estudio, se entiende por expertos a aquellas personas que tienen una trayectoria de trabajo en diversos aspectos relacionados con la construcción y la industria de productos de madera, tanto en el sector privado como en el público y la academia. Esta trayectoria es reconocida y les ha permitido influir en diversos aspectos de la actividad y con distintos grados de intensidad y efectos en su evolución.

En el presente trabajo se ha elegido como instrumento a la entrevista a expertos con la finalidad de conocer sus opiniones sobre algunas temáticas del ámbito de la construcción en madera en Chile consideradas claves por los autores de este estudio, se diseñaron los instrumentos para dos consultas en línea, una para expertos que trabajan en Chile (expertos “nacionales”) y otra para expertos que trabajan en otros países (expertos “internacionales”).

Las consultas a expertos, como método de investigación cualitativa, constituyen una herramienta ampliamente usada para obtener información confiable, de personas muy preparadas e informadas para emitir sus opiniones. Algunos autores destacan la importancia que puede tener la consulta a expertos en el ámbito de la investigación, señalando que “la utilización del bagaje teórico práctico de los especialistas se convierte en un requerimiento para el desarrollo de cada campo del saber y, en ocasiones, en una necesidad para el investigador que precisa apoyarse en la experticia de los colegas” (Silvestre, 2018).

En general, se recomienda realizar las consultas a expertos mediante grupos focales o entrevistas, no obstante, en el presente estudio se hicieron consultas en línea debido a las limitaciones impuestas por la pandemia de COVID 19. Al respecto, cabe señalar que el uso de este tipo de consultas tiene algunas limitaciones (Chandler *et al.*, 2019; Hays *et al.*, 2015); por ejemplo, existe un sesgo derivado de que los encuestados requieren acceso a Internet para participar, así como el riesgo de que los datos de baja calidad generados por encuestados desmotivados proporcionen respuestas falsas o muy poco desarrolladas. Sin embargo, estas limitaciones no opacan las fortalezas de las consultas en línea, entre las que destacan la rapidez en la recopilación de la información, el acceso a una muestra de gran tamaño, el ilimitado alcance geográfico y su bajo costo, todo lo cual es doblemente valorado cuando la consulta se realiza en tiempos de pandemia mundial, como fue el caso de la consulta realizada para los fines del presente estudio.

5.1.1 Consulta a expertos nacionales

Para la determinación de la muestra de expertos nacionales a consultar se elaboró un directorio en base a los contactos que se han establecido durante la ejecución del proyecto en el que se enmarca este estudio; profesionales que han expuesto trabajos en los seminarios de temas relacionados a la construcción en madera y personalidades reconocidas de los rubros de la construcción y la industria forestal.

Se diseñó un instrumento de consulta para recoger la opinión de estos expertos sobre cinco temáticas consideradas claves para el futuro de la construcción en madera por los integrantes del equipo de trabajo. Estas temáticas son: I) Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío; II) Madera aserrada estructural (MAE); III) Productos de ingeniería en madera; IV) Construcción con madera en mediana altura y V) Políticas públicas y sus instrumentos.

Cada temática se estructuró en dos preguntas, una de valoración de opciones, debiéndose asignar valores de 1 a 5 entre las opciones propuestas para cada temática, sin repetir una misma valoración. La segunda, una pregunta abierta, al final de la sección, donde se solicitó agregar libremente las opciones que consideraba que se habían dejado fuera en la primera pregunta. Al final de las cinco temáticas, se incluyó una pregunta totalmente abierta, para recoger todas las opiniones que los encuestados quisieran aportar libremente. La encuesta fue construida con el aplicativo *Google form*.

Cuadro N° 23. Temáticas de la consulta a expertos nacionales

Identificación	Tema	Cantidad de opciones
I	Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío	6
II	Madera aserrada estructural (MAE)	13
III	Productos de ingeniería en madera	10
IV	Construcción con madera en mediana altura	12
V	Políticas y sus instrumentos	6
VI	Otros temas	Respuesta abierta

Para valorar las opciones de una temática y poder comparar las temáticas entre sí, se calculó un índice de prioridad. Para esto se asignó un puntaje a la valoración que entregaron los expertos consultados, como se indica en el Cuadro N° 24.

Cuadro N° 24. Puntaje asignado según la valoración de la opción

Valoración	Puntaje
1	100
2	80
3	60
4	40
5	20

Para el cálculo del índice, se sumaron los puntajes de cada opción y se dividió por 1.000. Para compensar la diferencia de alternativas en cada temática, el puntaje se prorrateó con el cociente entre el número de alternativas de la temática y 13, que es el máximo de opciones a priorizar.

$$\text{Índice de prioridad} = \frac{\sum V_i * P_i}{1.000} * \frac{A}{13}$$

Donde:

V_i = Valor asignado a la opción i

P_i = Puntaje de la valoración de la opción i

A = Número de alternativas de la temática

Mediante análisis multivariantes se intentó determinar si existen diferencias significativas entre las respuestas de los expertos. Se definieron dos grupos de encuestados según el rubro de desempeño, construcción y forestal/maderero, y sus respuestas fueron comparadas utilizando un análisis de similitud (ANOSIM) (Clarke, 2003) y graficados mediante Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) (Green, 1975). Estas técnicas fueron utilizadas debido a que son análisis no paramétricos y no requieren de la validación de supuestos estadísticos, además de que el NMDS es ampliamente usado en el mapeo de las percepciones de usuarios. Para analizar las respuestas abiertas se realizaron nubes de palabras en donde se destacan las 50 palabras más mencionadas y su tamaño de visualización deja en evidencia la frecuencia con que fueron mencionadas.

La consulta tuvo una tasa de respuesta del 12%. Al cuantificar el nivel de respuesta de los expertos que participaron en el estudio, estos entregaron un 78% de las valoraciones posibles, lo que se traduce en un 58% de consultas completas. A nivel de los temas que componen la consulta, el Tema V fue el que tuvo la tasa más alta de respuesta en término de valoraciones y encuestas completas, mientras que los temas I y II (Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío y madera aserrada estructural MAE) fueron los menos respondidos (Figura N° 92). Las diferencias apreciadas podrían indicar que los primeros dos temas resultaron más difíciles de contestar para los expertos debido a sus especificidades laborales y profesionales. Sin embargo, esa especificidad puede ser en sí misma una limitante para el desarrollo de la construcción en madera.

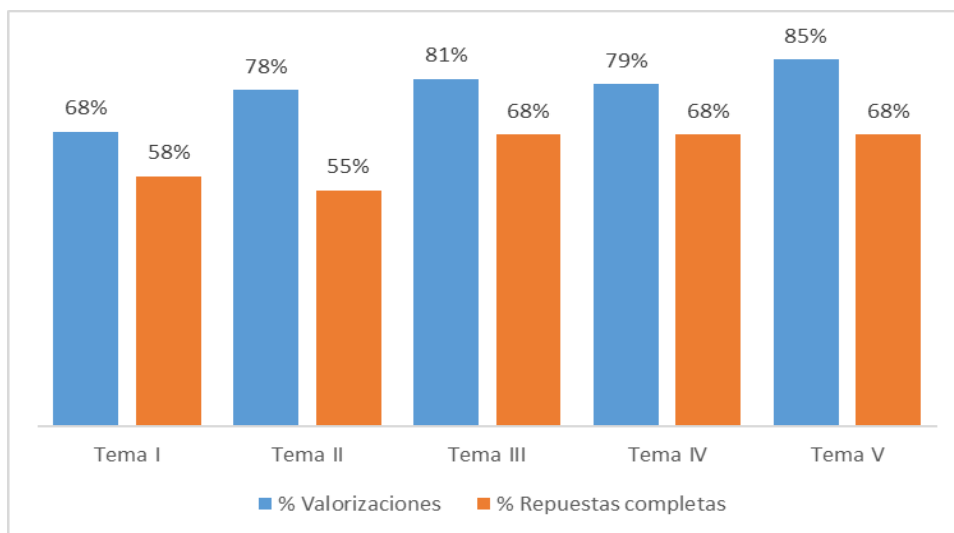


Figura N° 92. Tasa promedio de respuestas valoradas y encuestas completas

Los expertos consultados corresponden a personas vinculadas tanto a empresas privadas como a organismos del Estado, además de investigadores y académicos. El 90% de los que respondieron la consulta son de sexo masculino y el 10% femenino, lo cual es congruente con la distribución de género de la muestra. En cuanto a la distribución según el sector laboral, el 45% corresponde a personas que

se desempeñan en empresas asociadas a la actividad forestal, el 23% a constructoras, 19% de la academia y el restante 13% incluye instituciones de investigación y organismos estatales.

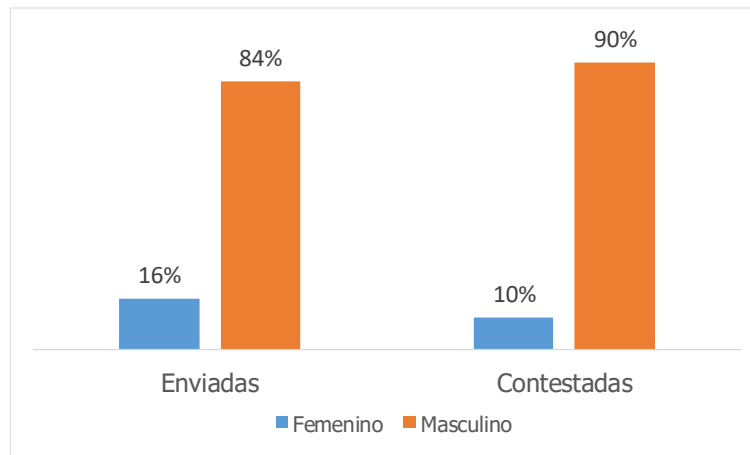


Figura N° 93. Distribución de las encuestas enviadas y contestadas, según género del experto nacional

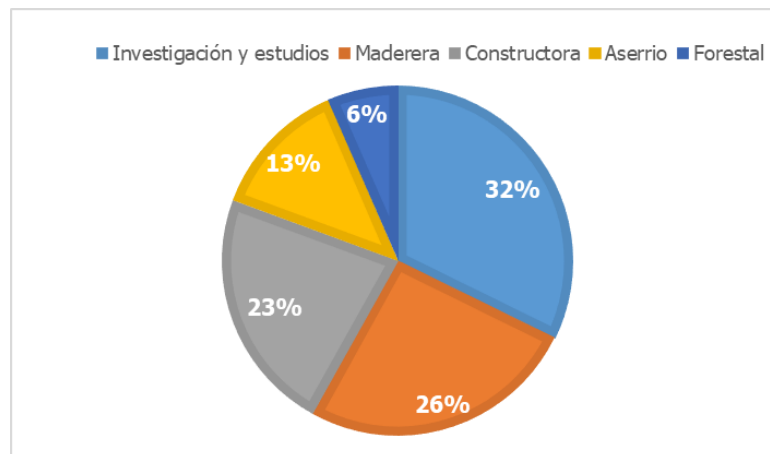


Figura N° 94. Distribución de las consultas contestadas según el sector de desempeño

Para comparar el comportamiento de las respuestas, los expertos se agruparon según su sector de desempeño o especialidad en construcción o forestal/maderero. Al comparar las tasas de valoraciones y de encuestas completas (Figura N° 95), se aprecia que los expertos del grupo forestal/maderero tuvieron una tasa de respuesta mayor en los dos primeros temas de la encuesta (abastecimiento de trozos en la industria del aserrío y madera aserrada estructural MAE), mientras que en el resto fueron superados por los del grupo construcción. Este comportamiento es consistente con el tipo de experto, entendiéndose que las materias más ligadas al sector forestal fueron contestadas en mayor medida por los profesionales más afines a este segmento.

No obstante, la tasa de respuesta de los profesionales del grupo forestal/maderero no disminuyó en los temas III, IV y V, lo que refleja que este grupo tiene un conocimiento más transversal de los temas propuestos para este estudio, que los expertos del grupo construcción.

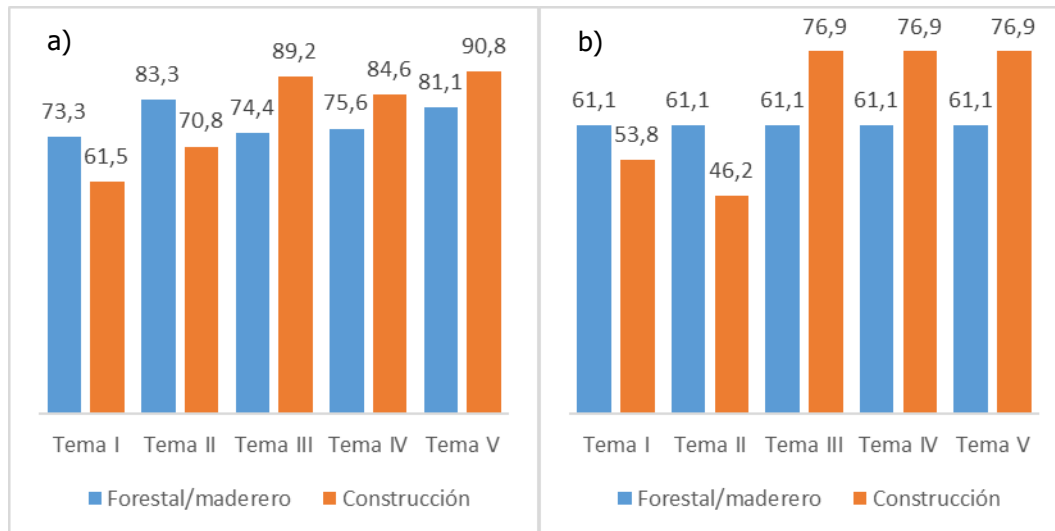


Figura N° 95. Tasa de respuesta según valoraciones (a) y consultas completas (b) para los grupos construcción y forestal/maderero

El índice de prioridad registró su máximo valor en la primera opción del Tema II (Madera aserrada estructural MAE), seguido por la primera opción del Tema III (Productos de ingeniería en madera). Así mismo, los temas que presentaron índices más bajos fueron los Temas I y V (Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío e Instrumentos de políticas).

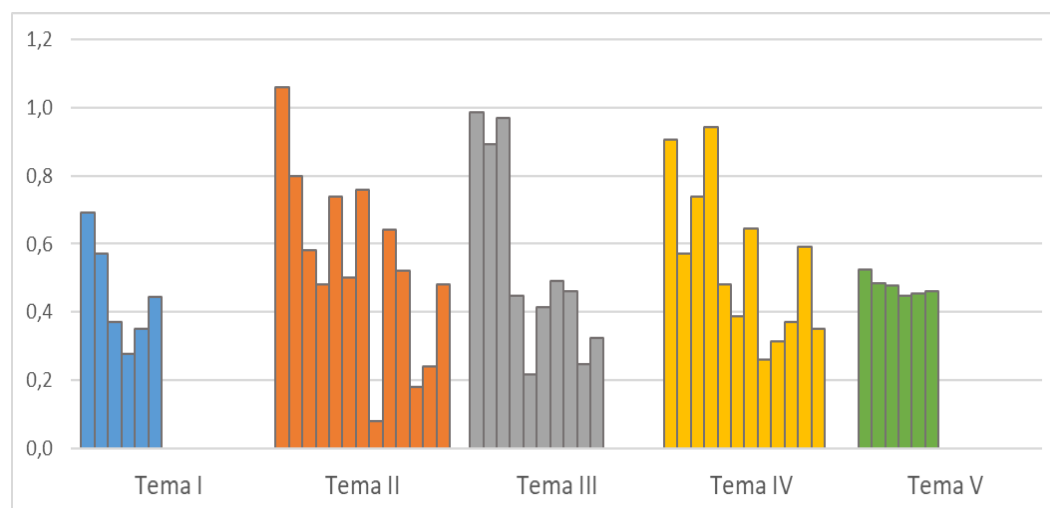


Figura N° 96. Índices de prioridad de las alternativas de cada tema.

La dispersión del índice de prioridad para las alternativas de cada tema entrega una medida del nivel de consenso que existió en cada uno de los temas. Según la desviación estándar de las valoraciones de las alternativas (Cuadro N° 25), el Tema V (Políticas públicas y sus instrumentos) presentó valores de dispersión más bajos que el resto de los temas, lo que indica que todas las opciones se valoraron de forma similar, sin existir una opción con una importancia significativamente mayor al resto. Por su parte, el Tema III (Productos de ingeniería en madera) registró la mayor desviación estándar de las temáticas consultadas, debido a que tres alternativas presentan un índice significativamente más alto que el resto. Este comportamiento es similar en el Tema II (MAE) donde las primeras dos alternativas

tienen índices de prioridad más altos que el resto, lo cual se cuantifica en una desviación estándar de mayor magnitud.

Cuadro N° 25. Estadísticos del índice de priorización por sección.

Tema	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Tema I	0,49	0,16	0,75	0,29
Tema II	0,58	0,29	1,10	0,08
Tema III	0,58	0,31	1,06	0,25
Tema IV	0,56	0,20	0,94	0,31
Tema V	0,51	0,04	0,56	0,47

Los análisis multivariantes realizados no detectaron diferencias entre las respuestas de los grupos construcción y forestal/maderero. El análisis de similitud (ANOSIM) tuvo valores no significativos, mientras que en el escalamiento multidimensional no métrico (Figura N° 97) se aprecia un amplio traslape en los polígonos formados por los dos grupos contrastados, lo cual indica semejanza entre los resultados de ambos grupos.

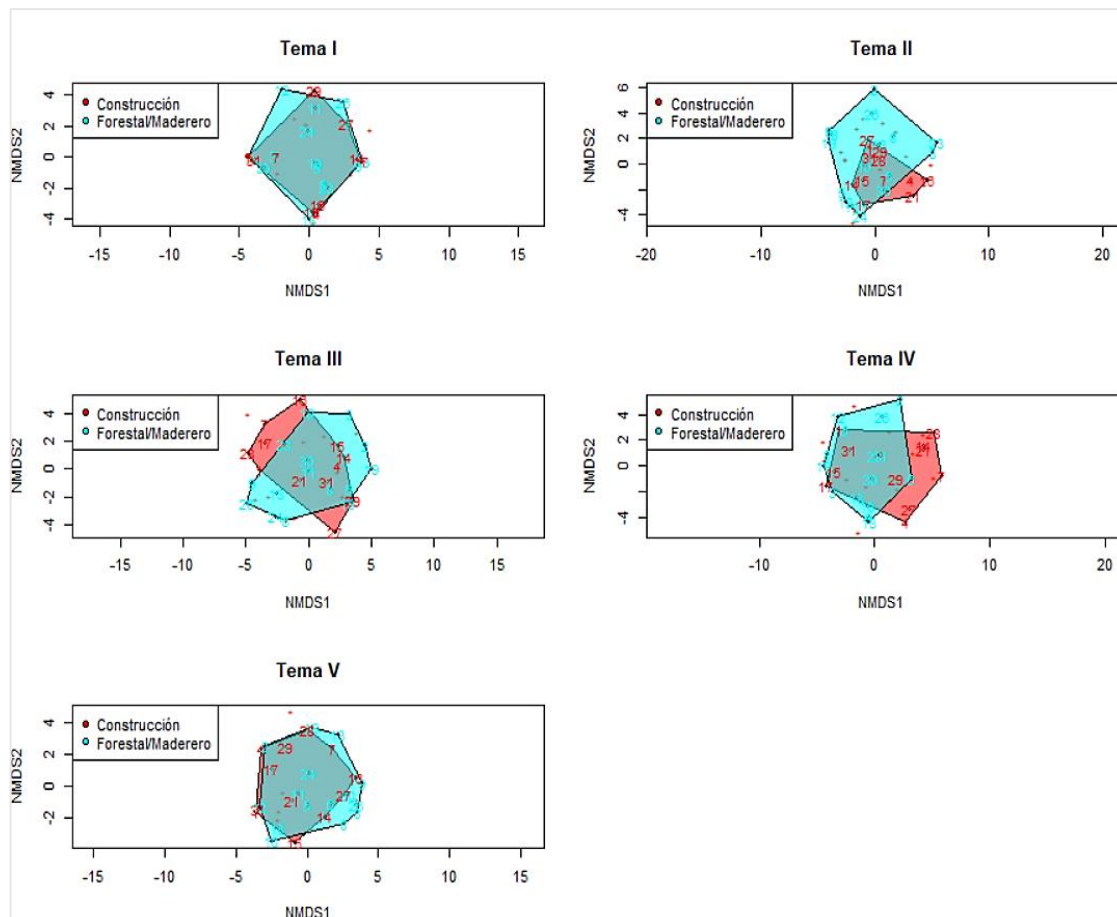


Figura N° 97. Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) comparando los grupos construcción y forestal/maderero para cada tema de la consulta.

Resultados en el Tema I: Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío

Consultados los expertos respecto de las cinco principales limitantes relacionadas con el abastecimiento de trozos en la industria del aserrío, el mayor índice de priorización lo obtuvo la alternativa “escasa oferta de trozas de pino radiata de calidad” y en segundo lugar se situó la “baja disponibilidad de trozas aserrables provenientes de plantaciones con manejo orientado a la producción de madera aserrada estructural (MAE)”. Asimismo, la opción menos destacada por los expertos fue la falta de disponibilidad de otras especies diferentes al pino radiata, lo que podría indicar falta de interés por maderas de otras especies o desconocimiento de las mismas.

Las dos alternativas con mayor índice de prioridad, dejan en evidencia la importancia que debería tener el manejo de plantaciones orientado hacia la construcción en madera y las características de la madera que esta actividad requiere.

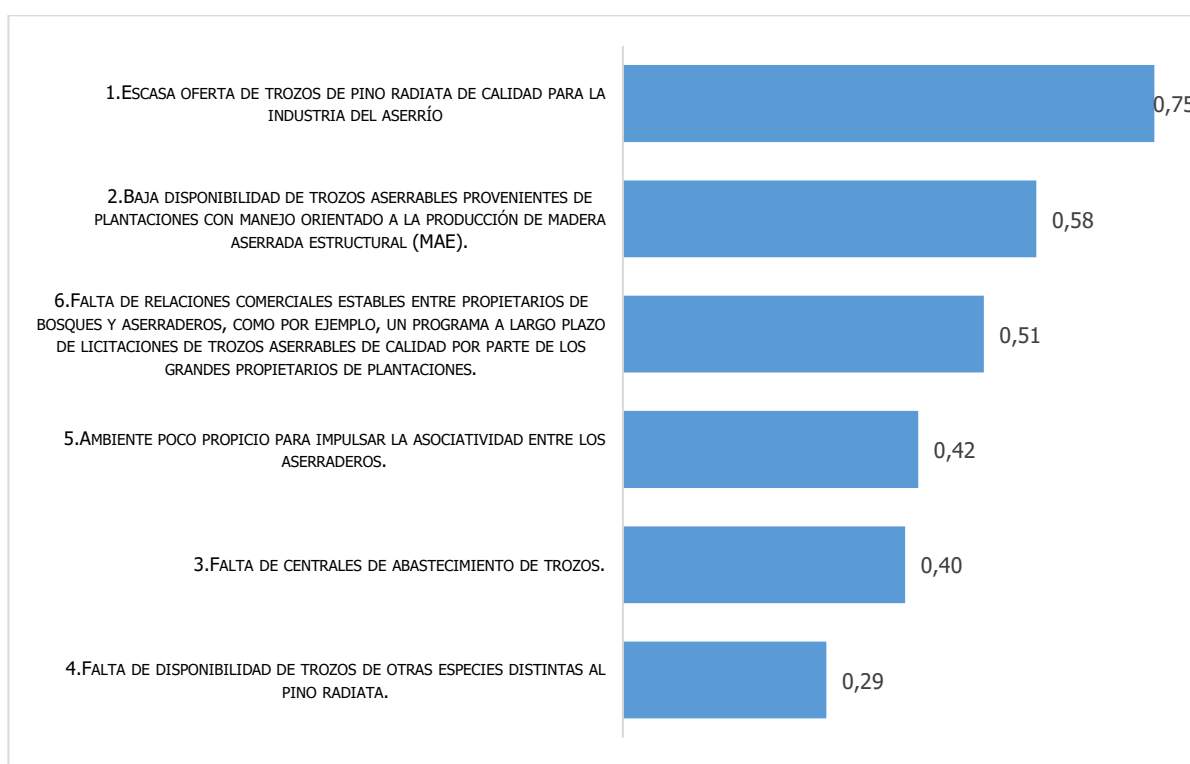


Figura N° 98. Índices de priorización para las seis alternativas propuestas en el Tema I de la consulta a expertos nacionales.

Resultados en el Tema II: Oferta de madera aserrada estructural (MAE)

Entre los obstáculos para incrementar la oferta de MAE, esto es, madera aserrada estructural clasificada, los expertos otorgaron índices de priorización muy altos a la “escasa aplicación de las normas para producir madera aserrada de calidad” y la “escasa capacitación de operarios y técnicos de aserraderos para la producción de MAE”. Estos dos obstáculos recaen directamente en la gestión productiva de la industria del aserrío, lo que respalda la necesidad de una política de fomento a esta industria para que pueda alcanzar los estándares requeridos por la construcción en madera. En el otro extremo, los obstáculos menos valorados por los expertos fueron: “la baja productividad en aserraderos medianos y pequeños” y las “deficiencias en la gestión comercial de los aserraderos”.



Figura N° 99. Índices de priorización para las trece alternativas propuestas en el Tema II de la consulta a expertos nacionales.

Resultados en el Tema III:

Uso de productos de ingeniería en madera en la construcción

En cuanto a los obstáculos que existen para que haya un incremento en el uso de productos de ingeniería en madera para la construcción, hay tres alternativas que alcanzan índices marcadamente por encima del resto. Estas son: “desconocimiento generalizado de productos de ingeniería en madera de uso común en países con construcción masiva con este material”, “escasa producción nacional de productos de ingeniería en madera para la construcción (volúmenes y diversidad de productos)” y “baja demanda de productos de ingeniería en madera por parte de la industria de la construcción”. Estas temáticas se sitúan por encima de las alternativas relativas a aspectos formativos o a las que establecen deficiencias en la difusión del uso de estos productos.

Tal resultado denota que en Chile existe un gran déficit en el ámbito de la industria de productos de ingeniería para la construcción, con un mercado que está muy poco desarrollado, tanto por el lado de la oferta como por la demanda. Como se señaló en el punto 2.4.5 del presente documento, actualmente la industria de productos de ingeniería en madera está concentrada en la producción de madera laminada encolada, con 14 plantas, a lo que se agrega una empresa de gran tamaño que produce vigas *I-joist*. Algunas empresas madereras han producido ocasionalmente volúmenes menores de CLT, pero este producto recién podría comenzar a instalarse efectivamente en Chile, a partir de la puesta en marcha de Niuform, un proyecto de inversión conjunta de las empresas CMPC y Cortelima.



Figura N° 100. Índices de priorización para las diez alternativas propuestas en el Tema III de la consulta a expertos nacionales.

Resultados en el Tema IV:

Uso de la madera en la construcción de mediana altura

Consultados por los obstáculos para avanzar hacia una masificación de la construcción en altura con madera, los mayores índices de priorización se dieron en las siguientes alternativas: “Bajo nivel de reconocimiento de las ventajas y beneficios de la madera como material de construcción, entre los actores que deciden la materialidad de las edificaciones”, “Falta de promoción sobre los beneficios ambientales, sociales y económicos, derivados de la construcción masiva en madera” y “Falta de conocimiento y difusión del comportamiento antisísmico de la madera y su comportamiento frente al fuego.”

Las tres alternativas que destacaron los expertos se relacionan directamente con la necesidad de masificar la difusión de las propiedades de la madera y sus usos, de tal manera que deberían ser una referencia para entidades que difunden las virtudes de la construcción con madera. Esta difusión debería hacerse desde la formación de los profesionales que trabajarán en la construcción y en la industria de la madera, pero también debería enfocarse en la población, en su condición de usuario y cliente. En este sentido, los proyectos habitacionales y no habitacionales llamados emblemáticos, por la forma y oportunidad en que se han realizado, constituyen un aporte fundamental para cualquier campaña de difusión que se quiera emprender. También contribuiría la realización y difusión de estudios de percepción de usuarios de proyecto emblemáticos, los que hasta ahora son escasos o desconocidos.

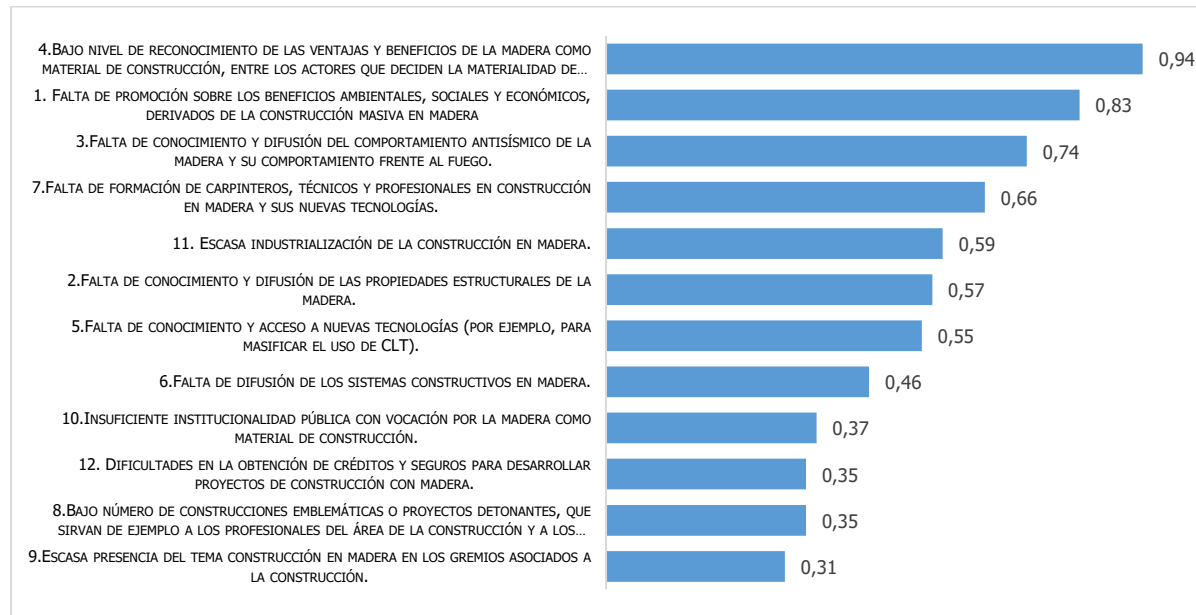


Figura N° 101. Índices de priorización para las doce alternativas propuestas en el Tema IV de la consulta a expertos nacionales.

Resultados en el Tema V: Políticas públicas e instrumentos de políticas

En el Tema V, dedicado a las políticas públicas e instrumentos de política necesarios para que el país cumpla sus propias metas de construcción en madera como la expresada en la Política Forestal 2015-2035, las seis alternativas planteadas a los expertos registraron un nivel de priorización similar, destacando levemente la alternativa "Incentivos estables para la incorporación de la pyme maderera en la producción masiva de MAE".

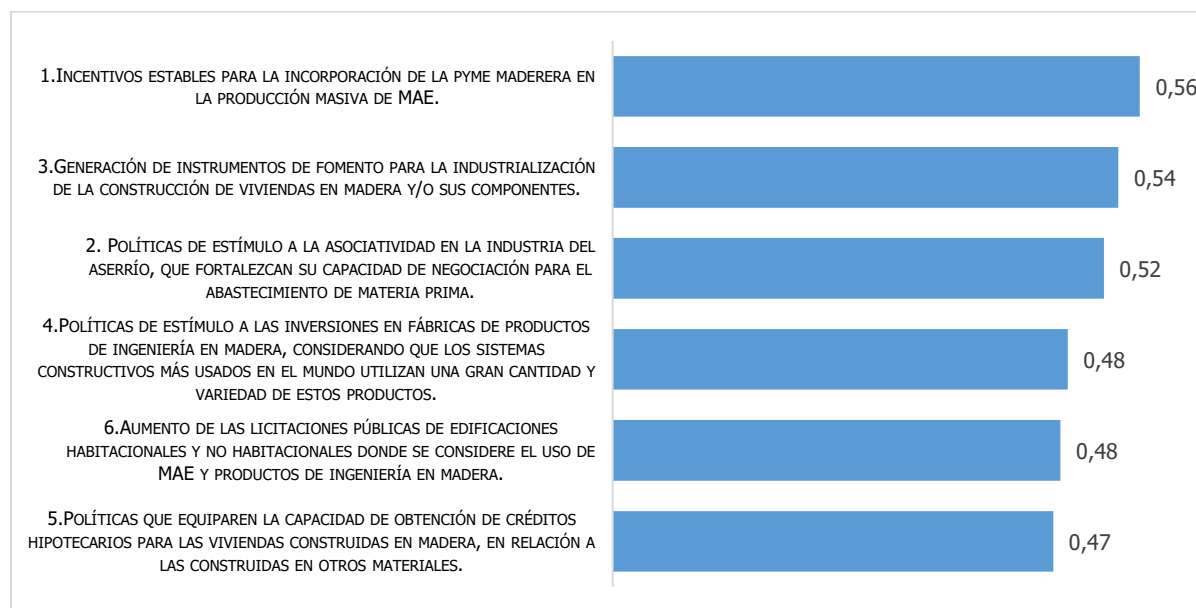


Figura N° 102. Índices de priorización para las seis alternativas propuestas en el Tema V de la consulta a expertos nacionales.

El resultado del Tema V, indica que los expertos consideran que todas las políticas planteadas en esta sección son relevantes, pero ninguna es significativamente más relevante que otra. El desafío es entonces a abrir la discusión entre los distintos actores de la construcción con madera, para alcanzar acuerdos de políticas de largo plazo para consoliden la actividad. Al respecto, se deben tener presentes los ejemplos de políticas para el uso de la madera en la construcción en otros países, presentados en el punto 3.1 de este documento.

Otros resultados de la consulta a expertos nacionales

Como se señaló en los aspectos metodológicos de la consulta a expertos nacionales, en cada uno de los temas se realizó una segunda pregunta con el objeto de dar a los expertos la oportunidad de destacar otras alternativas que consideraban relevantes y que no habían sido incluidas en la consulta. Las respuestas recibidas en cada tema se presentan en la Figura N°103, como nubes de palabras.

Dentro de las observaciones realizadas por los expertos en el Tema I, se destacó la idea de que otro de los obstáculos relativos al abastecimiento de madera es la concentración del patrimonio forestal, las fuertes fluctuaciones que tienen los valores en el mercado y la comercialización de una materia prima que no cumple con la calidad requerida. Estos temas han estado expuestos públicamente por las pequeñas y medianas empresas madereras y sin duda que deberían ser considerados en la discusión de políticas de fomento a este segmento de la industria.

En el Tema II, los expertos consultados indicaron que otros obstáculos para incrementar la oferta de MAE son la falta de apoyo a la industria del aserrío y la baja calidad y altos costos de la madera aserrada. Las palabras más utilizadas en las respuestas a esta pregunta fueron los términos "falta", "estructural", "calidad", "precio", "apoyo" "industria".

En el Tema III, uso de los productos de ingeniería, los expertos no hicieron énfasis en ningún obstáculo en particular además de los planteados en la consulta, los conceptos que resaltan en la nube son muy heterogéneos y difícilmente se puede llegar a una conclusión a partir de ellos, sin embargo, parecen mostrar una cierta tendencia hacia la falta de formación profesional en este ámbito.

En el Tema IV: edificación con madera en altura, los expertos hicieron énfasis en la falta de difusión de las propiedades de la madera y el desconocimiento de estas propiedades en los actores que deciden la materialidad de las edificaciones. Así también señalaron la ausencia de una normativa que favorezca a la madera por encima del hormigón. Otro punto destacado fue la falta de difusión de la certificación de casas de baja emisión y viviendas eficientes.

Respecto de otras políticas o instrumentos de políticas (Tema V) que no se incluyeron entre las consultadas, los expertos remarcaron las políticas de incentivo al uso de materiales sustentables, así como también el financiamiento a la formación de profesionales de las ciencias e ingeniería que estén especializados en la construcción en madera. Cabe destacar que la idea del incentivo al uso de materiales sustentables surge por el reconocimiento de las ventajas ambientales que genera el material madera en la construcción, desde la generación y manejo de masas boscosas, verdes y reservorios de carbono, hasta la misma actividad de construir con madera, con niveles de contaminación y generación de residuos muy por debajo de la construcción con otros materiales, a lo que finalmente hay que agregar las ganancias en el bienestar de los usuarios de construcciones en madera y la disminución en el consumo de energía que estas construcciones requieren para habitarlas. En otras palabras, la contribución de la construcción en madera para mitigar los efectos del cambio climático, es ampliamente reconocida y por esta razón la actividad ha tenido un impulso fuerte y decidido en muchos países desarrollados durante los últimos años.

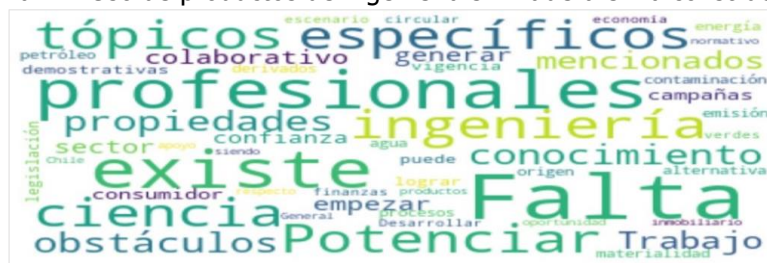
Tema I: Abastecimiento de trozos en la industria del aserrío



Tema II: Oferta de madera aserrada estructural (MAE)



Tema III: Uso de productos de ingeniería en madera en la construcción



Tema IV: Uso de la madera en la construcción de mediana altura



Tema V: Políticas públicas e instrumentos



Figura N° 103. Nube de palabras de la pregunta abierta que se realizó en cada tema de la consulta a expertos nacionales.

Resultados en el Tema VI: Otros temas

Más allá de los cinco temas abordados en la consulta, en esta sección se consultó a los expertos por otros temas claves que consideraban que deberían abordarse para dar un salto significativo en la construcción en madera y avanzar hacia las metas propuestas.

Las respuestas fueron muy heterogéneas, pero la mayoría destacó la falta de incentivos y políticas públicas en la formación profesional y en la investigación, y la falta de normativa para el uso de distintos productos de madera en la construcción.

Otro punto señalado fue la falta de estímulos a la construcción con madera y de difusión de sus características con respecto al mejoramiento de la calidad de vida de sus usuarios. Por último, se hizo mención al incentivo en la industrialización de la construcción con madera mediante la prefabricación de estructuras completas, indicándose que esto resultaría en un acelerador económico para la industria maderera.



Figura N° 104. Nube de palabras pregunta VI de la Consulta a expertos nacionales.

5.1.2 Consulta a expertos internacionales

También mediante la aplicación de una consulta en línea, se recogió la opinión de expertos internacionales vinculados a la construcción con madera. El directorio de expertos a consultar se construyó con los autores de publicaciones técnico-científicas y autoridades de organizaciones relacionadas con la construcción en madera, principalmente en países con un alto desarrollo en este ámbito. El instrumento consistió en una pregunta con diez alternativas a valorar de 1 a 10, además de dos preguntas de respuesta abierta. Para asociar un indicador por alternativa, que permitiese compararlas entre sí, se asignó un puntaje a la valoración que entregaron los expertos, como se indica en el Cuadro N°26. Para el cálculo del puntaje total, se sumaron los puntajes de cada respuesta y se dividió por 10.000.

$$\text{Índice de priorización} = \frac{\sum V_i * P_i}{10.000}$$

Donde:

V_i = valor asignado a la opción i

P_i = puntaje de la valoración de la opción i

Cuadro N° 26. Puntaje asignado según la valoración de la pregunta

Valoración	Puntaje
1	100
2	90
3	80
4	70
5	60
6	50
7	40
8	30
9	20
10	10

Para analizar las preguntas de respuesta abierta, se realizaron nubes de palabras en donde se destacaron las 50 palabras más utilizadas y su tamaño de visualización expresa la frecuencia con que fueron mencionadas. Como en la consulta a expertos nacionales, aquí también la tasa de respuesta fue de 12% respecto del total de consultas enviadas.

La distribución de género de los expertos encuestados fue la misma que presentó el directorio base: 73% de personas del género masculino y 27% del femenino. En cuanto a la nacionalidad de los encuestados, la mayoría (28%) son de Estados Unidos, seguido de Austria (18%) e Inglaterra (18%). Como se mencionó en capítulos anteriores, estos tres países tienen un gran desarrollo en el sector de la construcción de viviendas en madera y son muy activos en la construcción de nuevas edificaciones en altura con este material.

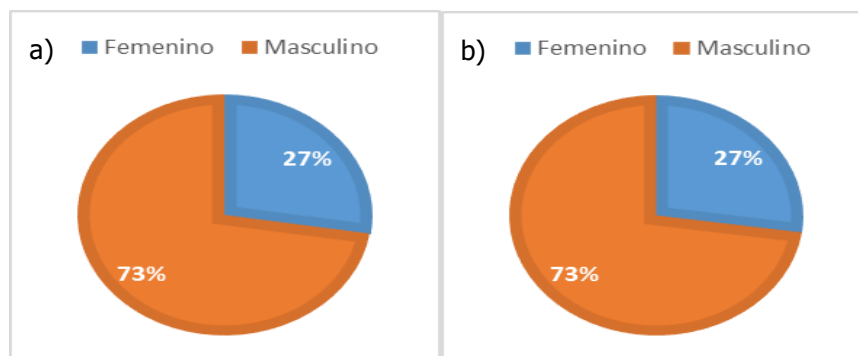


Figura N° 105: Distribución de las encuestas enviadas (a) y contestadas (b) según el género del experto Internacional

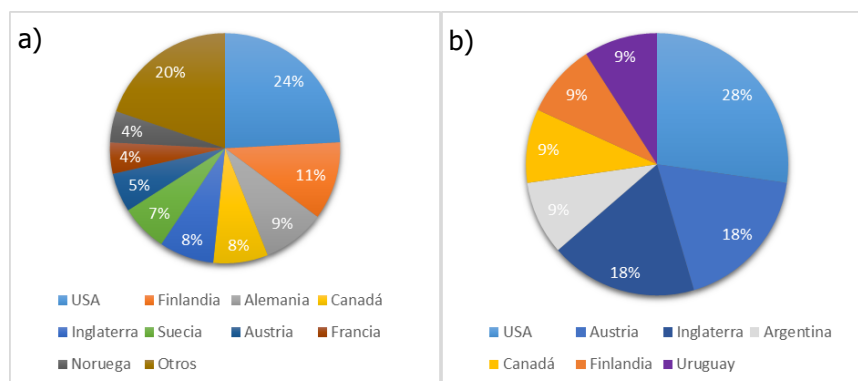


Figura N° 106. Distribución de las encuestas enviadas (a) y contestadas (b) según el país del experto Internacional.

La pregunta realizada a los expertos internacionales se refirió a los factores que han posicionado o permitirían posicionar, a la madera como un material relevante en la construcción de su país. En la Figura N° 107, se presenta la priorización que le entregaron los expertos a cada una de las diez alternativas que tuvieron a la vista. La alternativa con mayor índice de priorización fue “Tecnologías para la construcción en madera, incluyendo la construcción industrializada”, seguida muy de cerca por la alternativa “Políticas públicas de fomento”.

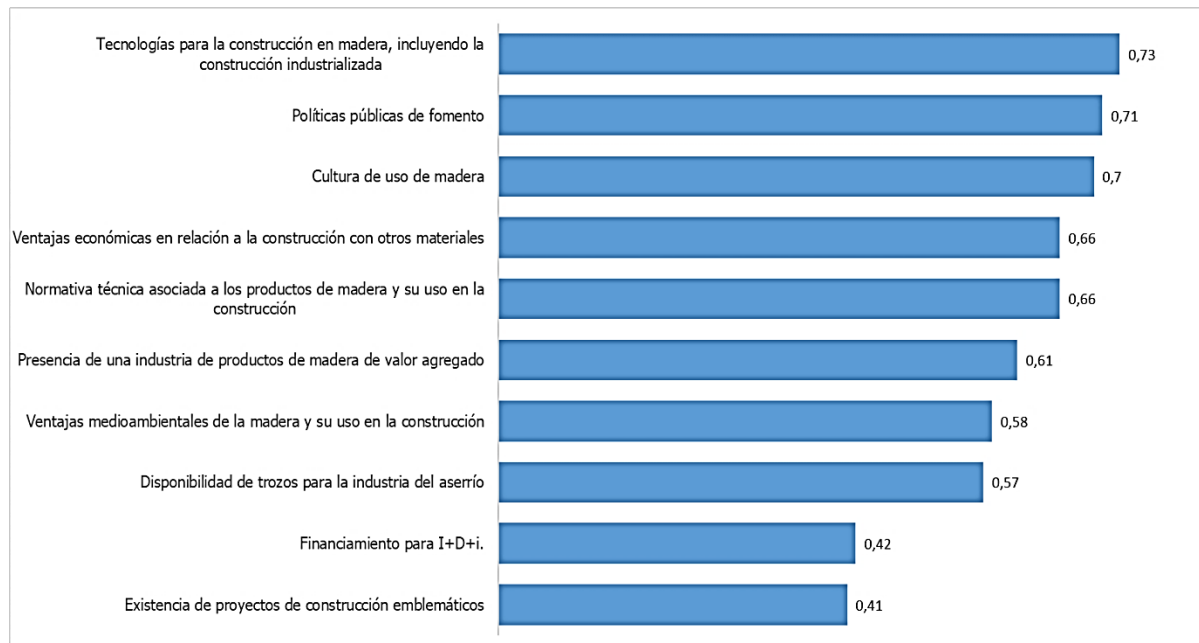


Figura N° 107. Índices de priorización para las 10 alternativas propuestas en la consulta a expertos internacionales.

También se les consultó a los expertos internacionales si en sus países existían otros factores que hayan jugado un rol importante en el desarrollo de la construcción en madera. Al respecto, en los comentarios entregados destacan expresiones relativas principalmente a la madera como materia prima.



Figura N° 108. Nube de palabras pregunta 2 de la Consulta a expertos internacionales.

Por último, la consulta incluyó una pregunta sobre factores claves que podría destacar en relación a la experiencia de otros países. Las respuestas destacaron la aceptación cultural asociada a la madera y la variedad y calidad de productos que ofrecen.



Figura N° 109. Nube de palabras pregunta 3 de la Consulta a expertos internacionales.

5.2 Percepción en medios digitales

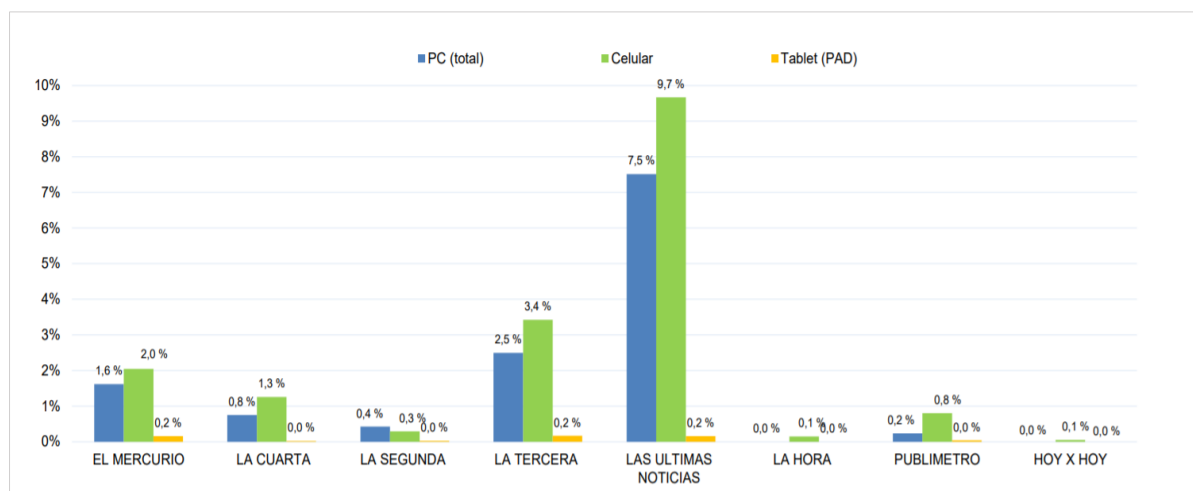
La madera es uno de los materiales de construcción que ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años. Las nuevas tecnologías, junto con el desarrollo de productos de ingeniería en madera, la contribución a la economía circular y la necesidad de disminuir las emisiones de carbono de esta actividad, están contribuyendo a que la construcción con madera se instale como una opción altamente atractiva a los materiales tradicionales o a aquellos que han concentrado las preferencias en los últimos años. En este contexto, una de las tendencias que en varios países avanza hacia su consolidación es el uso de la madera para edificios públicos y edificios de altura. En efecto, aunque la madera como material de construcción se empezó a utilizar hace milenios, hace solo unos cuantos años que se está utilizando en construcciones de mayor altura, lo que se debe principalmente al desarrollo de nuevas tecnologías de industrialización y de nuevos productos de ingeniería que no solo suplen las limitaciones propias de la madera aserrada, sino que acrecientan notablemente las posibilidades de diseño, bienestar y seguridad de las edificaciones.

Chile no ha estado ajeno al mayor interés que ha suscitado la madera en la construcción en los últimos años. Para tener una medida de este interés, se realizaron dos análisis a partir de búsquedas en internet. El primero consistió en un análisis de noticias publicadas en medios de prensa digitales. El segundo es un análisis de las tendencias de búsqueda de los usuarios del buscador de Google, usando la información que ofrece la plataforma *Google Trends*, donde la información se encuentra disponible en informes semanales desde el año 2004. Cabe señalar que este servicio tiene la capacidad de entregar un indicador relativo sobre la evolución del interés sobre un tema y ha sido utilizado para estudiar temáticas relativas a la construcción con madera, como es el uso del CLT en la construcción habitacional (Smyth, 2018)

5.2.1 Análisis de noticias en medios de prensa digitales

Se realizó una búsqueda de noticias de medios digitales utilizando como palabras claves “construcción” y “madera”. Se consultó a los buscadores de los medios digitales de periódicos chilenos con la

funcionalidad de parametrizar la búsqueda, con el objeto de poder abarcar artículos con una antigüedad de al menos dos años. Los medios consultados fueron: El Mercurio Online (EMOL), La Tercera, Publimetro y La Cuarta; hay que tener presente que el buscador de EMOL entrega resultados de sus medios regionales como La Estrella de Chiloé, EL Mercurio de Valparaíso y El Llanquihue, entre otros. Cabe mencionar que Las Últimas Noticias es el medio con el mayor porcentaje de visualizaciones (AAM, 2019), pero no fue considerado en este análisis debido a que en su versión digital no permite realizar búsquedas parametrizadas.



(Fuente: AAM, 2019)

Figura N° 110. Visualización de medios digitales

Se buscaron las noticias de los medios de prensa digitales seleccionados, con las palabras claves "construcción" y "madera", para el período enero de 2018 - marzo de 2020. Con esta información se construyó una base de datos que contiene 57 noticias, las que fueron catalogadas en las siguientes categorías temáticas: 1) Avances tecnológicos en madera, 2) Construcciones emblemáticas en madera, 3) Economía y mercado de la madera, 4) Eventos de difusión sobre construcción en madera y 5) Propiedades de la madera.

El análisis muestra que las categorías con mayor participación son construcciones emblemáticas, avances tecnológicos y eventos. La categoría propiedades de la madera fue la que presentó la menor cantidad de noticias.

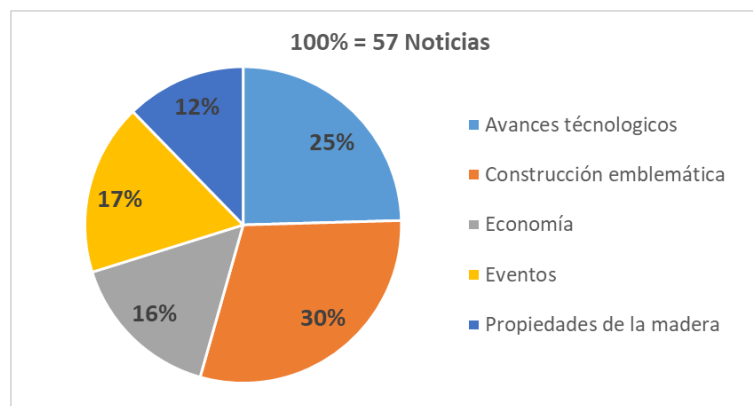


Figura N° 111. Distribución de noticias según categoría temática

¿Quiénes son los protagonistas de las noticias seleccionadas? En avances tecnológicos los actores principales son los centros de investigación y universidades, debido a que estos son los que principalmente realizan las tareas de extensión y difusión de las nuevas tecnologías, pero también se menciona a empresas, en particular de la industria forestal, que han ido implementado nuevos conocimientos y productos en sus procesos.

Los hechos noticiosos sobre construcciones emblemáticas son protagonizados principalmente por comunidades. Estos actores participan activamente, vinculándose con la realización de los proyectos, puesto que en su gran mayoría las edificaciones involucran la reunión de personas, como edificios públicos, iglesias, centros comunitarios y lugares patrimoniales.

Otros actores a destacar en esta categoría son empresas y Gobierno, por su alta participación en el financiamiento de las edificaciones.

Para las noticias sobre economía y mercado de la madera, los actores relevantes son las empresas, mientras que, en eventos, destacan el sector académico, por su rol en la transferencia de conocimientos, y los gremios empresariales del sector forestal y de la industria de la construcción, por su rol en la difusión de productos y soluciones constructivas.

Para la categoría "propiedades de la madera" destacan en las noticias las universidades, puesto que son los académicos quienes principalmente dan a conocer las características y bondades de este material constructivo y de sus productos.

Estacionalidad de las noticias

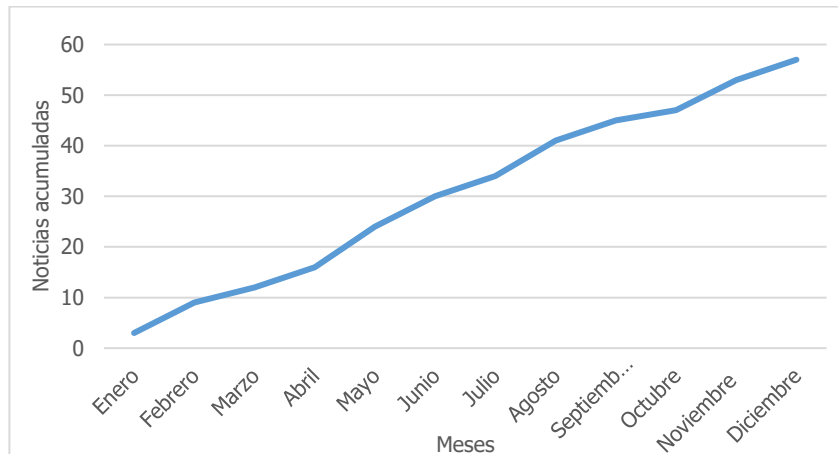
Al analizar la temporalidad de las noticias, con el objeto de ver si esto influye en la frecuencia de las mismas, se observa que su distribución es uniforme a lo largo del año, destacando los meses de mayo y agosto como los que presentan un mayor número de artículos.

Cuadro N° 27. Estacionalidad de Noticias

Mes	Año			Total
	2018	2019	2020	
Enero	1	1	1	3
Febrero	2	1	3	6
Marzo	0	1	2	3
Abril	0	4	-	4
Mayo	4	4	-	8
Junio	2	4	-	6
Julio	1	3	-	4
Agosto	3	4	-	7
Septiembre	0	4	-	4
Octubre	1	1	-	2
Noviembre	6	0	-	6
Diciembre	0	4	-	4
Total	20	31	6	57

(Fuente: Elaboración propia, en base a Google, 2020)

Al revisar la cantidad acumulada de noticias, se observa que existe una tendencia lineal en el aumento de las noticias relacionadas con la construcción en madera (Figura N° 112, lo que indica que el tema se mantiene bajo el mismo nivel de atención durante todo el año.



(Fuente: Elaboración propia, en base a Google, 2020)

Figura N° 112 Número acumulado mensual de noticias vinculadas a construcción con madera.

Contenido de las noticias

En cuanto a los títulos de los artículos, se observó que las palabras más usadas en estos corresponden a “sustentable”, “edificio” y “vivienda” (Figura N° 113), además de la presencia de conceptos como “cambio climático” y “viviendas sociales”. Esto indicaría que las noticias vinculan a la madera como un material sustentable, relacionado con conceptos ambientales como eco sustentabilidad y cambio climático. Dentro de los títulos aparecen mencionadas las empresas Arauco y CMPC, los principales actores privados del rubro forestal. Cabe señalar que todos los artículos tienen una intencionalidad positiva respecto de la construcción con madera.

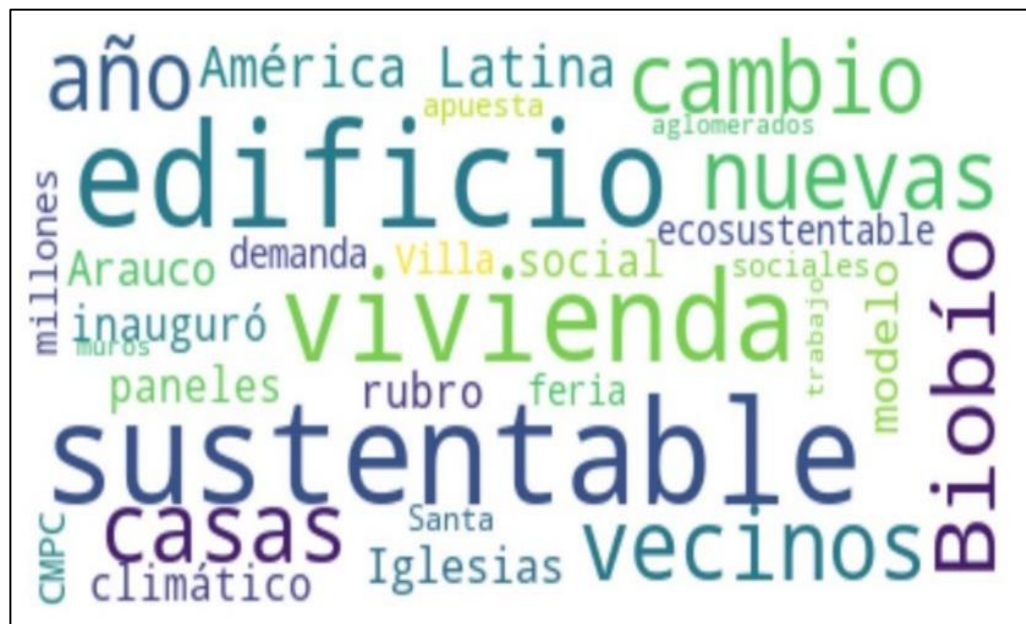


Figura N° 113. Nube de palabras de titulares de noticias vinculadas a construcción con madera

A continuación, se presenta un resumen del contenido de las noticias encontradas para cada una de las categorías definidas:

- **Avances Tecnológicos:** Se destaca dentro de esta temática los avances en el conocimiento de las propiedades de materiales derivados de madera. Se señalan sus propiedades físico-mecánicas y los usos que estos pueden tener dentro de la construcción. Se enfatiza en los nuevos usos de los elementos constructivos en base a madera como el panel SIP y los tableros OSB. En el plano internacional, se mencionan nuevas tecnologías aplicadas para una construcción más sustentable.
- **Construcción emblemática:** Se resalta a una serie de proyectos emblemáticos que se desarrollan en distintas regiones del país. Los más mencionados corresponden a la reconstrucción de iglesias patrimoniales, el edificio corporativo de CMPC, la Torre Peñuelas y varios otros proyectos más pequeños que tienen como característica común la vinculación de la población con el diseño de las obras.
- **Economía:** Las noticias del ámbito económico se relacionan con diversos temas, dentro de los más importantes se tiene al fortalecimiento de la industria maderera a través de inversión en nuevas tecnologías o bien acuerdos de trabajo conjunto entre empresas. Dentro de las empresas que destacan, se tiene a E2E, empresa que surgió del *joint venture* entre Arauco, del grupo Angelini, y la firma belga Etex, dueña de Pizarreño. Otro punto a destacar es la proyección realizada por Arauco, donde la empresa indica que si la participación de la madera en la construcción en Chile sube de un 10% a un 20% se generaría un negocio en torno a US\$2.000 millones (La Tercera, 2018).
- **Eventos:** El evento que genera más noticias es la Semana de La Madera (organizado por CORMA), alrededor de la cual hay una gran efervescencia sobre los temas asociados a la madera en la construcción. También se destacó a la COP 25 como un evento en que se releva el aporte medio ambiental de la construcción en madera. La Feria de Construcción en Madera y Sustentabilidad, realizada en la ciudad de Concepción por CORMA y la CDT, concitaron también la atención de la prensa.
- **Propiedades de la madera:** Se destacan las virtudes de la madera, principalmente su resistencia, estética, baja huella de carbono, aislación térmica y gran durabilidad. Se recalca que, debido a estas características, la madera es un material con gran potencialidad en la construcción en especial en la construcción industrializada. Así mismo, se vincula a la madera como una solución constructiva que puede ser utilizada para mitigar el déficit habitacional proyectado.

5.2.2 Análisis de tendencias de búsquedas sobre “madera para la construcción”

La plataforma de *Google Trends*, permite obtener un índice de popularidad que refleja el interés de las personas que realizan búsquedas sobre un determinado tema y la tendencia que estas búsquedas tienen. El índice 100 es el valor máximo de búsqueda para una región y periodo determinados.

Para el tema “madera para la construcción”, se analizó el comportamiento del índice de popularidad de búsqueda en Chile, tomando un periodo de 5 años (entre el 7 de junio del 2015 y el 31 de mayo del 2020).

Al calcular los promedios anuales se observan grandes diferencias en los extremos del período, con el valor más bajo en el 2015 y el más alto en el 2020, lo que podría mostrar una cierta tendencia de crecimiento en la popularidad.

Cabe señalar que la baja, relativamente moderada, del índice 2018, podría estar influenciada por los grandes incendios forestales de la temporada 2017.

Cuadro N° 28. Popularidad promedio anual de búsqueda del tema "madera para la construcción"

Mes	Promedio	Desviación
2015	29,2	±11,9
2016	46,9	±18,0
2017	45,4	±19,2
2018	41,8	±16,2
2019	48,9	±16,2
2020	57,4	±17,4

El mismo ejercicio, realizado ahora para períodos mensuales, muestra que los índices promedios de popularidad no varían significativamente si se considera el efecto de la interacción entre el valor y su desviación. Febrero y mayo presentan los promedios más altos, mientras que los meses de enero, agosto y noviembre son los tienen valores más bajos.

Cuadro N° 29. Popularidad promedio mensual de búsqueda del tema "madera para la construcción"

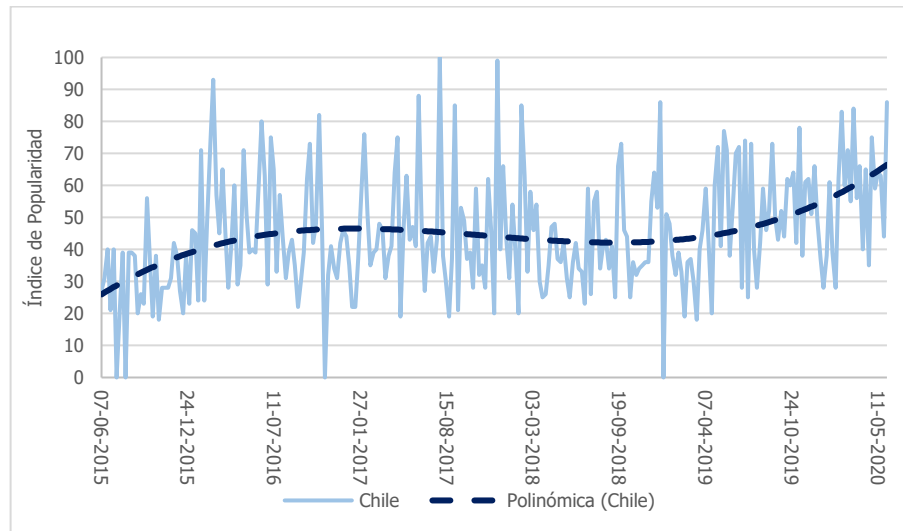
Mes	Promedio	Desviación
Enero	39,3	±13,9
Febrero	53,6	±20,9
Marzo	45,7	±16,2
Abril	45,1	±16,3
Mayo	52,3	±16,4
Junio	45,7	±19,3
Julio	46,5	±22,1
Agosto	35,0	±11,8
Septiembre	46,5	±18,1
Octubre	43,5	±17,1
Noviembre	38,3	±15,3
Diciembre	46,2	±22,1

Cabe señalar que el análisis de tendencia de búsquedas determinó que la mayor popularidad del tema "madera para la construcción" se generó la semana del 24 al 30 de julio del 2017, con algunos otros valores significativos el 10 de diciembre del 2017 y el 21 de febrero del 2016.

Sin embargo, la búsqueda de noticias en medios de prensa digitales para esas fechas, no entregó hallazgos compatibles con los mayores valores del índice de popularidad.

Las búsquedas diarias del concepto "madera para la construcción" tienen *peaks* sobre el 90% dentro del periodo analizado, pero en términos generales, los valores del índice se encuentran bajo el 50%, lo que indica que no hay un interés sostenido sobre el tema.


No obstante, la serie de valores para el período analizado muestra una tendencia al alza.



(Fuente: Elaboración propia, en base a Google, 2020)

Figura N° 114. Tendencia de búsquedas del tema "Madera para la construcción" en Chile a través de la herramienta Google Trends

Google Trends también registra el índice de popularidad por regiones, durante el periodo especificado. En este caso, el índice 100 indica la región con mayor frecuencia de búsquedas. Según este criterio, la región que presenta una mayor cantidad de búsquedas del concepto "madera para la construcción" es la del Biobío, seguida de las regiones del Maule y La Araucanía, que son zonas que tienen una fuerte actividad forestal y maderera. La Región Metropolitana es la siguiente en importancia, por su gran concentración poblacional y económica.

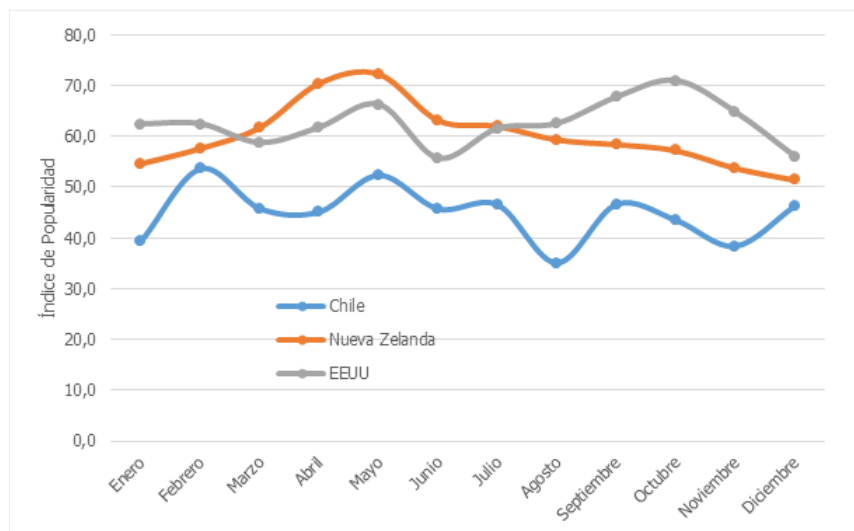
	Región	Popularidad	Población
	1 Región del Bío Bío	100	1,556,805
	2 VII Región	91	1,044,950
	3 IX Región	86	957,244
	4 Región Metropolitana	79	7,112,808
	5 VI Región	76	914,555

(Fuente: Elaboración propia, en base a Google, 2020)

Figura N° 115: Popularidad regional de búsquedas del tema "Madera para la construcción"

Al realizar un análisis análogo para la información de búsquedas de Nueva Zelanda y EEUU, se observa que los valores de ambos países son mayores a los de Chile, siendo todos superiores a un índice 50. Además, en el año 2020 los valores promedio de popularidad de los tres países se acercaron significativamente y a pesar de que el valor de Chile sigue siendo inferior al de los otros países, muestra una cierta tendencia al alza.

Comparando las variaciones mensuales de los tres países, queda en evidencia que tanto Nueva Zelanda como Estados Unidos presentan patrones estacionales, destacándose el hecho de que, en los meses de otoño de cada país, se observa un aumento en las consultas del término analizado; esta tendencia no se constata en Chile.



(Fuente: Elaboración propia, en base a Google, 2020)

Figura N° 116. Popularidad promedio mensual del tema "madera para la construcción" en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Chile

5.3 Percepción de usuarios actuales y potenciales de viviendas construidas con madera

La percepción de usuarios de viviendas construidas con madera en Chile o de la población en general, en su condición de potenciales usuarios de estas viviendas, no reúne una bibliografía amplia y variada aún, probablemente porque más allá de las llamadas viviendas de emergencia o de las viviendas individuales de madera, existen pocas experiencias de conjuntos habitacionales donde sus usuarios, y la población que los observa, tengan real conciencia de la materialidad de sus viviendas y del rol que juega la madera en ellas.

A continuación, se entregan los principales aspectos de tres estudios realizados sobre el tema por diferentes autores e instituciones, para terminar con un cuarto análisis, desarrollado específicamente para este estudio, sobre la percepción de los usuarios de viviendas a partir de los antecedentes que entrega una encuesta fundamental en las mediciones socioeconómicas del país: la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional, CASEN.

5.3.1 Percepción de usuarios de viviendas sociales en la comuna de Buin

Un estudio realizado para un conjunto de viviendas sociales ubicado en la comuna de Buin, región Metropolitana, denominado "Bienestar Habitacional y Eficiencia Energética de Viviendas Sociales Industrializadas Estructuradas con Madera de Pino Radiata" (González, 2008), analizó el nivel de conformidad que los usuarios tenían de sus viviendas, después de cuatro años de habitarlas, con respecto a factores térmicos, acústicos, lumínicos y de seguridad de la edificación. Las viviendas fueron diseñadas con un sistema constructivo modular industrializado (SCMI) que por primera vez se utilizaba en Chile, sus características se presentan en el Anexo 3.

De acuerdo a lo señalado en el estudio, el objetivo central fue evaluar el bienestar habitacional de los moradores y comparar la eficiencia energética de las viviendas industrializadas en madera con una vivienda social de albañilería de ladrillo.

Para evaluar el bienestar habitacional, se midió la percepción de los moradores a través de una encuesta realizada a una muestra estadística de 45 jefes de hogar (de un total de 225 viviendas), mientras que la eficiencia energética se calculó, para las dos materialidades, basándose en la normativa existente.

Los aspectos evaluados de las viviendas están definidos en el documento "Bienestar Habitacional: Guía de diseño para un hábitat residencial sustentable" (Fundación Chile, 2004). El instrumento aplicado incluyó 14 preguntas que se respondían con las alternativas: muy mala, mala, regular, buena y muy buena.

En general, los moradores se sienten satisfechos de sus viviendas. Las características mejor evaluadas fueron la iluminación natural dentro de la vivienda y el comportamiento frente a la lluvia. Los puntos más negativos correspondieron a la aislación acústica y la seguridad contra las termitas, aunque en este último caso la revisión de las viviendas no indicó presencia de algún daño por este agente patógeno.

En cuanto a la aislación térmica, su evaluación fue registrada como regular.

Entre las principales conclusiones del estudio se destaca que el SCMI analizado cumplía con la normativa térmica existente, produciendo ahorros importantes, junto con cumplir con todos los requerimientos técnicos necesarios para asegurar el bienestar habitacional de sus moradores.

Sin embargo, la percepción de los encuestados fue baja en varios aspectos tecnológicos que según el autor del estudio se podrían mejorar.

Cuadro N° 30. Percepción promedio de la encuesta de bienestar habitacional de viviendas sociales industrializadas en madera según pregunta realizada

Pregunta	Percepción de los habitantes
1 ¿Cómo considera la aislación térmica de su vivienda en invierno?	3.3
2 ¿Cómo es su satisfacción con el gasto en calefaccionar su vivienda en invierno?	3.2
3 ¿Cómo considera la aislación térmica de su vivienda en verano?	3.4
4 ¿Cuál es su satisfacción en el interior de su vivienda frente al calor en el verano?	3.4
5 ¿Cómo es la iluminación natural dentro de la vivienda para las actividades que se realizan?	4.0
6 ¿Cómo encuentra la aislación acústica entre los diferentes sectores de la vivienda?	2.2
7 ¿Cómo considera la aislación acústica del muro divisorio de su vivienda?	2.1
8 ¿Cómo es la aislación acústica que presenta su vivienda frente a ruidos externos?	2.5
9 ¿Cómo considera usted la seguridad de su vivienda frente al fuego?	2.6
10 ¿Cómo considera usted el comportamiento de su vivienda frente a un sismo?	3.6
11 ¿Cómo encuentra el comportamiento de su vivienda frente a la lluvia?	3.9
12 ¿Cómo calificaría el nivel de seguridad de su vivienda frente a las termitas?	2.9
13 ¿Cómo considera la calidad de su vivienda de madera?	3.8
14 ¿Cómo calificaría su nivel de satisfacción con respecto a su vivienda?	4.1

(Fuente: INFOR, en base a González, 2008)

5.3.2 Percepción de la población chilena sobre la construcción en madera

La Unidad de Transferencia Tecnológica de INFOR, elaboró un estudio de percepción en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción" (INFOR, 2020c). El objetivo de este estudio fue conocer la percepción de la población chilena respecto de los atributos de la madera en la construcción. Su principal conclusión es que la madera está claramente posicionada en la población como el material más respetuoso con el medio ambiente y con mayor atractivo visual, reconociéndola como un material de construcción sostenible, estético, que genera ambientes agradables y tiene un buen desempeño ante los sismos; mientras que los atributos negativos destacados fueron la vulnerabilidad al fuego y la susceptibilidad a agentes bióticos y abióticos.

Tales valoraciones de los atributos de la madera se dieron a nivel general, sin embargo, el desglose de la muestra por género, rango etario, macro región, ocupación, nivel educacional y sector económico (madera u otro), demostró importantes diferencias, las que, de acuerdo a los autores, deberían orientar futuras campañas de difusión y promoción de la madera en la construcción. En efecto, al evaluar mediante pruebas estadísticas de dependencia, se pudo determinar que existen diferencias significativas al desglosar las respuestas en las variables antes indicadas. Entre las diferencias más destacables se encuentra la variable de género, donde ocho atributos positivos de la construcción en madera tuvieron una valoración más alta del género femenino que del género masculino. Otra variable en la que se detectó dependencia es el sector económico al cual pertenecen los encuestados, particularmente en lo que se refiere a la vulnerabilidad al fuego y al efecto de factores climáticos.

Cuadro N° 31. Atributos positivos de la construcción en madera

Construir en madera es más rápido que con otros materiales.
La construcción con madera genera menos residuos.
La madera presenta un desempeño similar o incluso superior al de otros materiales frente a un movimiento sísmico.
La madera es fácil de transportar y almacenar.
La madera es un material natural que, después de extraído, puede ser repuesto una y otra vez (manejo sustentable).
La madera fija el CO ₂ , lo que la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono.
La madera tiene un excelente comportamiento térmico como material aislante térmico.
La madera posee una capacidad natural para amortiguar las vibraciones sonoras.
La madera crea ambientes templados; cálidos en invierno y más frescos en verano.
La madera ofrece una gran y variada belleza natural (vetas, colores y texturas).

(Fuente: INFOR, 2020c)

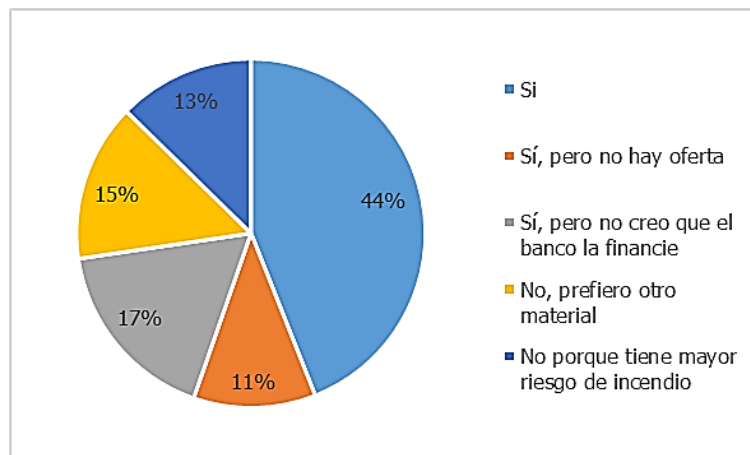
Cuadro N° 32. Atributos negativos de la construcción en madera

La madera es vulnerable al fuego.
La madera es vulnerable a la humedad.
La madera es susceptible al ataque de hongos e insectos.
La madera usada en la construcción no siempre proviene de explotaciones responsables.
La madera usada en la construcción implica la creación de bosques de monocultivos.
La madera expuesta a factores climáticos debe ser tratada cada cierto tiempo.

(Fuente: INFOR, 2020c)

5.3.3 Interés de las personas en la compra de viviendas de madera

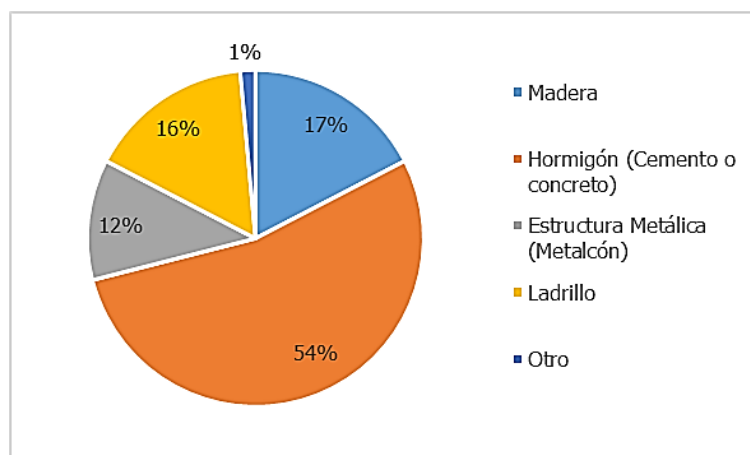
El Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT-CChC), realizó una encuesta online para conocer el interés de las personas por adquirir viviendas de madera. Con este objetivo, la entidad diseñó una encuesta en el sitio www.portalinmobiliario.cl, que incluyó dos preguntas: ¿compraría una casa de madera? y ¿qué material principal prefiere usted para su primera casa?. La primera pregunta tuvo un total de 150 respuestas, donde el 44% de las personas afirmó que sí compraría una vivienda de madera y un 28% no estaría interesado.



(Fuente: Elaboración propia, en base a CDT, 2015)

Figura N° 117. Respuesta a la pregunta "¿compraría una casa de madera?"

En el caso de la segunda pregunta, esta solo obtuvo 69 respuestas, de las cuales el 54% respondió que preferiría que su primera vivienda fuera de "hormigón (cemento o concreto)", mientras que la madera anotó el 17% de las preferencias. Es destacable que la preferencia por la madera se encuentra por encima del ladrillo y de las estructuras metálicas, comercialmente conocidas como Metalcon.

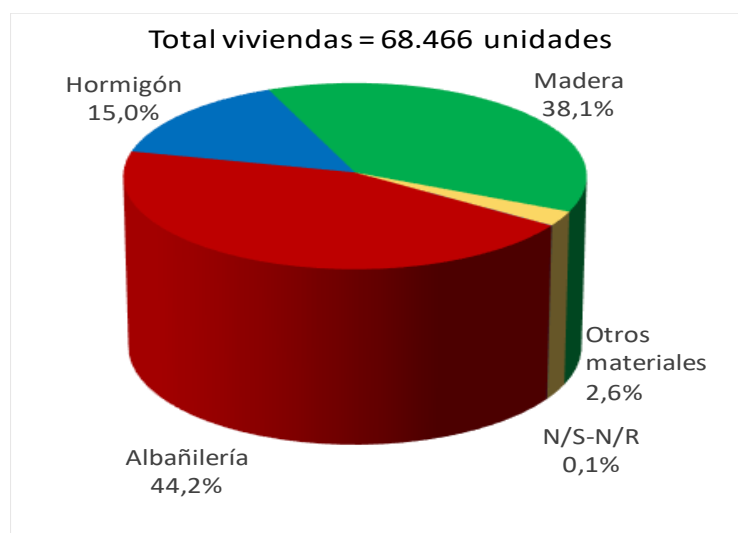


(Fuente: Elaboración propia, en base a CDT, 2015)

Figura N° 118. Respuesta a la pregunta "¿qué material principal prefiere usted para su primera casa?"

5.3.4 Percepción de usuarios de viviendas en base a la encuesta CASEN

La encuesta CASEN es uno de los principales instrumentos para evaluar el nivel socioeconómico de las personas en Chile. Su objetivo es el estudio de los hogares que habitan las viviendas particulares que se ubican en el territorio nacional (exceptuando algunas zonas muy alejadas o de difícil acceso), en diversos ámbitos como los ingresos, educación, trabajo, acceso a la vivienda, acceso a la salud, entre otros. La última encuesta se realizó el año 2017 a una muestra de 68.466 viviendas localizadas en todas las regiones del país.



(Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2018)

Figura N° 119. Distribución de las viviendas de la encuesta CASEN 2017, según materialidad de muros.

La sección correspondiente a Vivienda de la encuesta CASEN 2017 incluyó preguntas sobre la opinión del jefe de hogar en relación al estado de conservación de los muros estructurales, el piso transitable de la vivienda y la cubierta del techo. Adicionalmente, se preguntó por la realización de mejoras a la vivienda en los últimos tres años. Con estos antecedentes, se elaboró un indicador de “calidad de la vivienda”, la que se definió en función de: 1) El estado de conservación del muro y piso, porque se estimó que estos dos factores tienen mayor importancia en el contexto de la estructura, y 2) La existencia de mejoras. Así, una vivienda de buena calidad es aquella cuyos muros y pisos se encuentran en buen estado de conservación y no se han realizado mejoras estructurales, mientras que el extremo opuesto, una vivienda de mala calidad, es la que presenta muros y pisos en mal estado de conservación, junto con la existencia de reparaciones estructurales. La importancia de la conservación del muro y del piso, así como de las mejoras en la calidad de la vivienda, fueron reflejadas en el indicador a través de ponderadores.

Se compararon los indicadores de calidad para las viviendas de madera, ladrillo y de hormigón. Los resultados muestran que, en general, predominan en el país viviendas de buena calidad, puesto que más del 50% registró un índice bueno en cada una de las tres materialidades analizadas. Sin embargo, la situación de las viviendas con estructura de madera es menos favorable que las de ladrillo y hormigón, dado que en éstas últimas se encuentran más unidades de buena calidad, que lo que existe en viviendas de madera.

En el indicador calculado a partir de la información de la encuesta CASEN para las viviendas de madera, 52,9%, muestra que en general estas viviendas se perciben como de buena calidad. No obstante, se

observa que la visión más negativa se da en los rangos de menor tamaño, los que están más asociados a los estratos socioeconómicos bajos, en los cuales la percepción de los moradores de viviendas es inferior para los que habitan viviendas de madera que para los que habitan viviendas de otras materialidades.

Se observa una constante en relación a la calidad de la vivienda de madera con respecto a las de ladrillo y hormigón. En efecto, la vivienda de madera se encuentra siempre en una posición de menor calidad al recorrer cada uno de los rangos de tamaño, lo que incluso se agudiza en rangos de tamaño inferiores a 40 m². Cabe agregar que, en este tramo de viviendas de poco metraje, las unidades que más se encuentran son precisamente las viviendas con estructura de madera; por cada 100 viviendas de madera presentes en el país, 23 tienen menos de 40 m², mientras que en el caso de las de ladrillo y hormigón, llegan a 12 y 13 unidades, respectivamente. A esto se suma otro antecedente, el nivel de pobreza de las familias, relación que tiende a estrecharse a medida que el tamaño de la vivienda disminuye y que, en el caso de las viviendas de madera, se expresa con mayor claridad.

Cuadro N° 33. Indicador de calidad de vivienda según tamaño y materialidad

Material predominante en estructura del muro		Buena	Regular	Mala
		($\%$)		
	Albañilería	67,6	31,6	0,8
	Hormigón	75,6	24,0	0,5
	Madera	52,9	44,8	2,3
Tamaño (m ² /unidad)	Material Predominante en Estructura del Muro	Buena	Regular	Mala
		($\%$)		
Menos de 30	Albañilería	55,6	42,0	2,4
	Hormigón	72,3	27,6	0,1
	Madera	34,5	60,5	5,0
30-40	Albañilería	63,4	35,5	1,1
	Hormigón	69,4	29,7	0,9
	Madera	43,4	53,5	3,1
41-60	Albañilería	67,6	31,6	0,8
	Hormigón	74,3	25,1	0,7
	Madera	53,2	44,6	2,2
61-100	Albañilería	69,6	29,7	0,7
	Hormigón	77,6	22,1	0,3
	Madera	59,9	38,4	1,7
101-150	Albañilería	71,9	27,4	0,8
	Hormigón	80,2	19,8	-
	Madera	62,5	36,4	1,0
Más de 150	Albañilería	66,2	33,3	0,5
	Hormigón	74,8	24,9	0,3
	Madera	54,7	44,1	1,2

(Fuente: Elaboración propia, en base Ministerio de Desarrollo Social, 2018)

Por regiones, las viviendas de madera en las zonas donde más se concentran en número, son percibidas como de inferior calidad, comparadas con lo que ocurre en otras materialidades. Así, por ejemplo, desde Maule hasta Los Ríos el indicador muestra que entre el 52% y el 57% de las viviendas caen en la categoría de "buena" y entre el 1,5% y el 3,3% son de mala calidad, mientras que las viviendas de ladrillo y de hormigón, en sus zonas de mayor concentración, las viviendas de mala calidad representan solamente entre el 0,2% y el 1% del total regional y las de buena calidad, entre el 70% y 74%.

Al analizar la situación por cada tipo de material predominante y el ingreso de las personas, se observa que los primeros quintiles poseen un mayor porcentaje de viviendas con índice de calidad regular a malo, que lo que perciben las personas de mayores ingresos. En el caso de la materialidad madera, la baja diferencia de percepción que se tiene entre el quintil de menor ingreso y el de mayor sugiere que es necesario abordar la calidad de la vivienda de madera no solamente en la población más vulnerable.

En el otro sentido, cuando se analiza el comportamiento por cada quintil, se aprecia que quienes son poseedores de viviendas de madera tienen los indicadores más bajos, cuando se comparan viviendas de distintas materialidades. Esto confirma la idea de que la vivienda de madera de calidad deficiente está estrechamente relacionada con la población de menores ingresos.

Cuadro N° 34. Indicador de calidad de vivienda según materialidad y quintil de ingreso

Material Predominante en la Estructura del Muro		Buena	Regular	Mala
		($\%$)		
Albañilería		67,6	31,6	0,8
Hormigón		75,6	24,0	0,5
Madera		52,9	44,8	2,3
Material Predominante en la Estructura del Muro	Quintil de Ingreso	Buena	Regular	Mala
		($\%$)		
Albañilería	I	64,1	34,7	1,2
	II	66,1	33,0	0,9
	III	68,3	30,9	0,8
	IV	69,0	30,3	0,7
	V	74,6	25,0	0,4
Hormigón	I	69,4	29,7	0,9
	II	70,6	28,3	1,1
	III	74,0	25,4	0,7
	IV	76,2	23,3	0,5
	V	83,0	16,9	0,1
Madera	I	46,4	50,8	2,8
	II	50,6	46,9	2,5
	III	56,0	42,4	1,6
	IV	58,3	39,9	1,8
	V	64,8	34,1	1,1

(Fuente: Elaboración propia, en base Ministerio de Desarrollo Social, 2018)

Capítulo 6

Disponibilidad y consumo de madera aserrada para la construcción: Un ejercicio en base al objetivo de la Política Forestal

En el presente capítulo se realiza una estimación del volumen de madera que podría destinarse a la construcción en Chile, asumiendo que las perspectivas de desarrollo que el sector de la construcción en madera puede alcanzar, se deben basar principalmente en la oferta nacional de esta materia prima y en la capacidad de la industria maderera del país para generar una oferta creciente de los productos que se requieren para la construcción, tanto habitacional como no habitacional. El ejercicio consiste en la realización de una proyección de la superficie a construir con madera y del consumo de madera aserrada de uso estructural que eso implica, para posteriormente comparar esos resultados con la proyección de la disponibilidad futura de madera en Chile, realizada por INFOR (INFOR, 2018).

Cabe señalar que para el desarrollo de este ejercicio se consideró un conjunto de variables disponibles, como el consumo de madera en los sistemas de construcción que se usan actualmente. Este análisis deberá profundizarse incorporando otras variables, principalmente aquellas que conducirán a un “mejor construir” con madera como, por ejemplo, la proyección de la edificación en altura, lo que probablemente signifique un mayor consumo de madera.

6.1 Consideraciones generales

Dentro de las opciones de materiales para uso estructural en la construcción, la madera aserrada es el único cuya materia prima corresponde a un recurso natural renovable. Esta condición brinda la posibilidad de adaptar las condiciones cuantitativas y cualitativas de su producción, en función de su sustentabilidad con el medio ambiente y con las proyecciones de demanda.

La posibilidad de incrementar la superficie de plantaciones y programar cosechas, de tal forma que se mantenga un equilibrio, o un saldo favorable, entre el volumen a extraer y la productividad primaria del bosque, es una forma de mantener la sostenibilidad comercial. Por otra parte, por la vía del mejoramiento genético o técnicas de manejo silvícola, se puede influir sobre la productividad del bosque, tanto nativo como plantado, o en la modificación de ciertas características fisiológicas para una mejor adaptación al medio, o bien en características tecnológicas de acuerdo a las demandas del mercado.

Cabe señalar que en Nueva Zelanda, país que cuenta con una alta tasa de construcción en madera y que utiliza la misma especie que predomina en las plantaciones forestales de Chile, el pino radiata, se han implementado técnicas de manejo que incluyen diversas densidades de plantación, raleos y variaciones en los ciclos de corta, que resultan en la producción de madera con tres densidades (kg/m^3) *diss*, las que son utilizadas en forma diferenciada para la producción de una amplia gama de productos de ingeniería para la construcción.

En Chile, la madera aserrada que se utiliza para fines estructurales en la industria de la construcción, proviene casi en su totalidad de plantaciones forestales de la especie *Pinus radiata*.

De acuerdo a cifras de INFOR, al año 2018 la superficie de plantaciones forestales en Chile alcanzaba a 2.303.886 hectáreas, correspondiendo el 55,8% (1.285.640 ha) a plantaciones de pino radiata. Las otras especies que le siguen en importancia son *Eucalyptus globulus* con 583.514 ha (25,3%) y *Eucalyptus nitens* con 273.043 ha (11,9%) (INFOR, 2020a).

Actualmente se está evaluando por medio de diversos ensayos, la factibilidad de incorporar a la producción con destino estructural a *Eucalyptus nitens* y *Pseudotsuga mensiesii* (pino oregon). Esta última especie cubre una superficie de 16.483 ha. Además, se están desarrollando estudios orientados a evaluar la posibilidad de incorporar a dos o tres especies del bosque nativo a la producción de madera aserrada estructural. El bosque nativo en Chile cubre una superficie de 14.745.110 ha (CONAF, 2020).

En relación a las posibilidades de incrementar la superficie plantada se estima que existen aún al menos 2,6 millones de hectáreas con distintos grados de erosión a nivel nacional, potencialmente disponibles para ser forestados (Papageorgiou y Massai, 2020). Al incorporar la reforestación de plantaciones y bosques nativos, en los sectores que fueron afectados por los grandes incendios de 2017, la disponibilidad potencial de tierras se incrementa a 3,1 millones de hectáreas. Esta superficie representa una cobertura máxima probable, pero depende en gran medida de los instrumentos de apoyo financiero que el Estado pueda ofrecer y del uso actual bajo el que se encuentra.

La sustentabilidad del recurso plantaciones forestales en Chile es respaldada por importantes avances en la adhesión a distintos estándares de certificación de manejo forestal sostenible. Aproximadamente, un 70% de las plantaciones forestales industriales de Chile cuentan con certificación del sello FSC y el 60% se encuentra certificada bajo el sello nacional CERTFOR, el cual se encuentra homologado con los estándares europeos de PEFC. Estos niveles de certificación podrían ser considerados altos si se tiene en cuenta que a nivel mundial solo el 30% de los bosques productivos se encuentran certificados. De acuerdo a los registros de FSC, Chile ocupa el décimo primer lugar en el ranking mundial de superficie forestal certificada, siendo superado solo por Brasil entre los países latinoamericanos (Papageorgiou y Massai, 2020).

Otro elemento a considerar es que aproximadamente el 95% de los bosques plantados en Chile proviene de material genético mejorado. Si bien hasta ahora el mejoramiento genético se ha orientado principalmente al recurso forestal pulpable, el disponer de esta infraestructura y recursos humanos calificados para promover modificaciones a la materia prima, puede ser relevante para la obtención de requerimientos tecnológicos futuros, que permitan potenciar las características de la madera aserrada de pino radiata para fines estructurales.

Todo lo anterior genera un ambiente muy propicio para la construcción en madera, considerando además que Chile tiene una Política Forestal que declara "Convertir a la madera en uno de los principales componentes de los materiales de construcción en el país, incrementando sustancialmente su utilización en vivienda, industria e infraestructura pública, basado en un producto estandarizado y certificado por parte de la industria maderera" (CONAF, 2015)

6.2 Disponibilidad futura de madera aserrada

En el año 2018, INFOR realizó una actualización de las proyecciones de disponibilidad de trozas aserrables y pulpables provenientes de las plantaciones forestales de Chile, en el cual además se evaluaron las pérdidas provocadas por los grandes incendios de la temporada 2016-2017 (INFOR, 2018). La superficie afectada por estos incendios forestales alcanzó a 518 mil hectáreas, de las cuales 198 mil hectáreas correspondían a plantaciones de pino (157 mil ha) y eucalipto (41 mil ha).

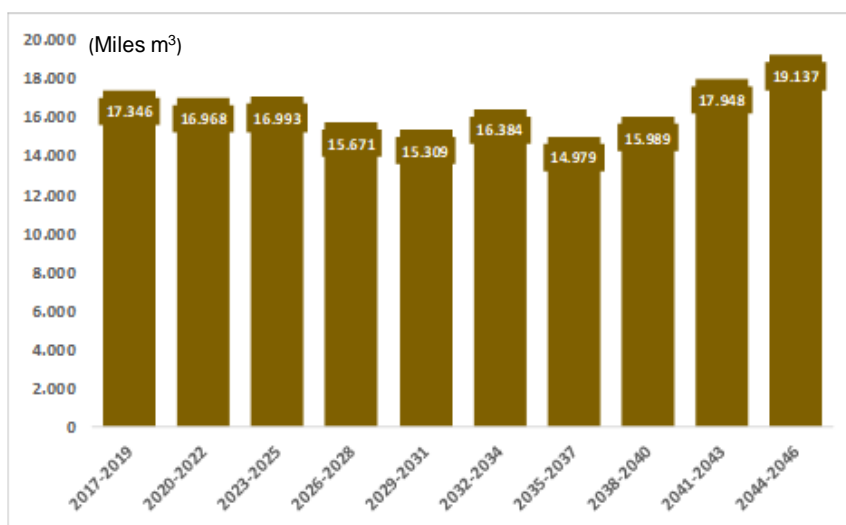
Considerando la suma de las tres especies principales, las cifras de proyección de madera en pie en el escenario base muestran una disminución en el volumen total de oferta futura de madera proveniente de plantaciones, de un 8% respecto del estudio anterior, realizado el año 2012. Esto, para el período de evaluación considerado de tres décadas, 2017-2047.

En el caso de las proyecciones de disponibilidad anual de pino radiata, el estudio concluye que los *stocks* del recurso en el período evaluado, presentarán una disminución de 28,9 a 24,2 millones de m³

(-16,3%), considerando trozas aserrables y pulpables, como causa de la superficie afectada por incendios y otros factores como la disminución severa de las tasas de forestación anual.

En el caso de las trozas aserrables, el mínimo se registrará en los años 2035 a 2037, lo que significará una pérdida de 2,37 millones de m³ respecto del nivel actual, para recuperarse hasta los 19,1 millones de m³ estimados para el período 2044-2046.

Cabe señalar que cualquier medida que se implemente para reponer la superficie perdida en los incendios, en trozas aserrables se verá reflejada en un período no menor a 24 años. Por esta razón, las estimaciones indican que los niveles de disponibilidad de madera en trozas aserrables de pino radiata registrados en el año 2017, solo se podrían alcanzar nuevamente a partir del período 2041-2043.



(Fuente: INFOR, 2018)

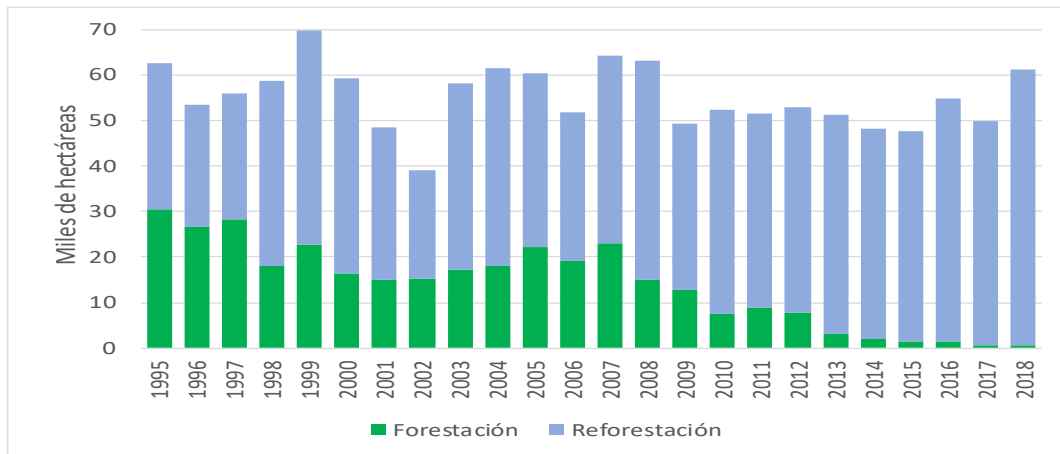
Figura N° 120. Estimación de la disponibilidad futura de trozas aserrables de pino radiata en Chile

Los grandes incendios forestales del año 2017 son el factor principal en la pérdida de *stock* de madera de plantaciones. Sin embargo, existen otras causas importantes como los impactos del cambio climático y su prolongado período de sequía, lo que es determinante en la pérdida de productividad de algunas plantaciones, particularmente en las del género eucalipto.

A lo anterior se agrega que la incorporación de nuevas superficies forestadas, ha disminuido drásticamente desde el término de los incentivos estatales a través del DL 701.

Considerando la obligatoriedad de la actual legislación de reforestar la superficie cosechada, en la Figura N°121 se puede observar que esto ha permitido mantener la tasa anual de plantaciones (forestación más reforestación) de pino radiata, alcanzando algo más de 61 mil ha para la temporada 2018.

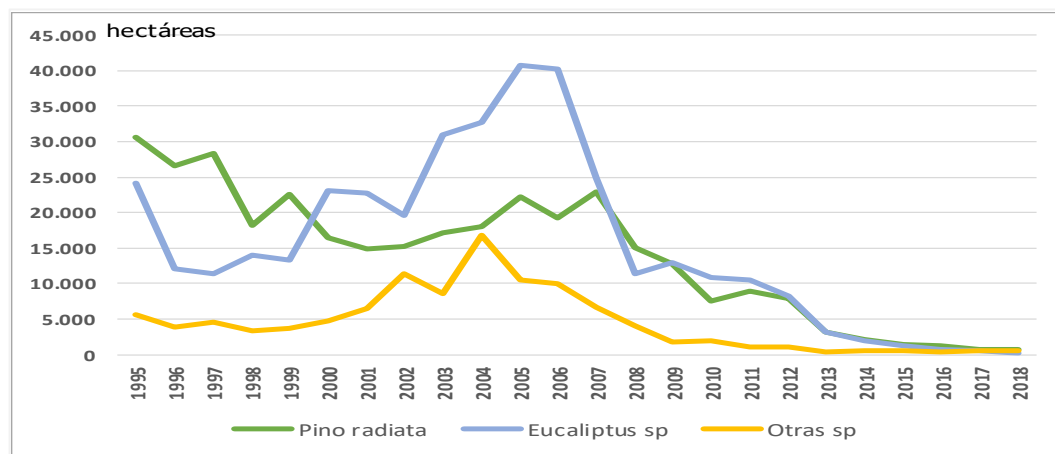
No obstante, se aprecia también que desde el año 1995 la forestación disminuye su participación en la superficie anual plantada hasta llegar a un mínimo de 1,1% en el año 2018.



(Fuente: INFOR, 2020a)

Figura N° 121. Superficie anual de forestación y reforestación de pino radiata

Al analizar la superficie de forestación anual por especie, es posible visualizar que a partir del año 1999 la superficie de plantaciones de eucalipto supera a la de pino radiata. Este desplazamiento desde pino a eucalipto se explica por los menores períodos de rotación de los eucaliptos para la producción con destino pulpable, opción que es frecuentemente asumida por pequeños y medianos propietarios por la rapidez del retorno económico.



(Fuente: INFOR, 2020a)

Figura N° 122. Evolución superficie anual de forestación en Chile según especie.

En tanto, en los últimos años ha aparecido otro factor de riesgo en relación a la disponibilidad de madera aserrada de pino radiata. Este consiste en que la disponibilidad de trozas pulpables de esta especie también presenta una caída en base a las proyecciones señaladas, lo que en definitiva puede provocar que trozas aserrables de menores dimensiones o calidad se redestinen a la producción de pulpa.

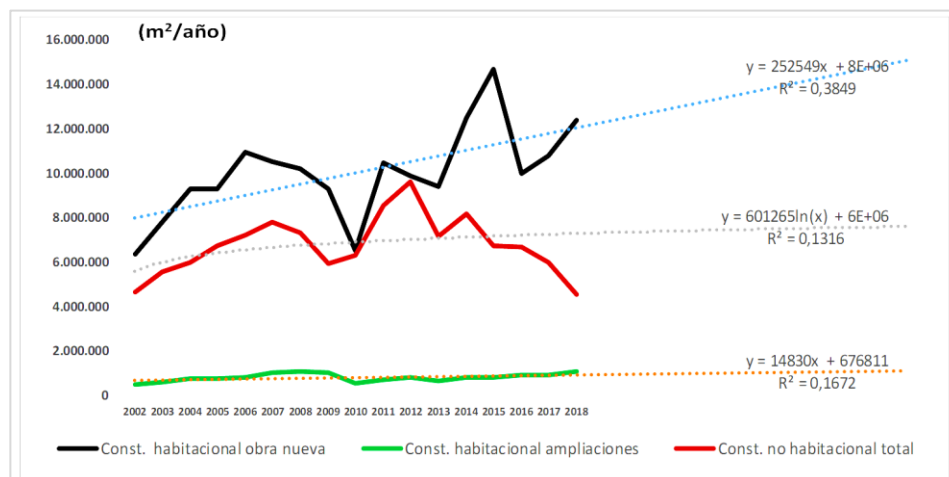
6.3 Estimación del consumo de madera aserrada para uso estructural

Teniendo como referencia el objetivo de la Política Forestal, a fin de estimar la factibilidad de abastecimiento de trozas ante una expansión de la participación de la construcción en madera dentro del total construido a nivel nacional, en el presente análisis se plantea como escenario de proyección

que al año 2030 se incremente a 30% la actual participación de la superficie construida en obra nueva habitacional, que utiliza madera como material predominante en los muros, en relación a la edificación total del país en obra nueva habitacional. En el caso de otros segmentos de la construcción, se asume que el uso de madera se incrementará en forma proporcional al crecimiento de la superficie total de edificación habitacional y no habitacional proyectada a construir hasta el año 2030. Por lo tanto, los segmentos a los cuales se aplicará este último criterio son:

1. Edificación habitacional de obra nueva en la que se utiliza madera en forma combinada con otros materiales, sin representar la madera el material predominante en los muros (principalmente se utiliza en el techo).
2. Edificación habitacional de ampliaciones de obras nuevas.
3. Edificación no habitacional, tanto de obra nueva como de ampliaciones.

De acuerdo a un estudio de INFOR sobre el mercado de madera aserrada para uso estructural en Chile (INFOR, 2020b), en el año 2017 se utilizaron con este fin 575.000 m³ de madera aserrada en la construcción. El 81,6% de este volumen se orientó a la construcción de viviendas nuevas (469 mil m³), el 8,2% correspondió a ampliaciones habitacionales y el 10,2% se destinó a construcción no habitacional incluyendo obras nuevas y ampliaciones. Los 575.000 m³ demandados por la construcción el año 2017, consideraban 561.000 m³ proveniente de la industria del aserrío nacional y 14.000 m³ proveniente de importaciones. Sin embargo, para los efectos del presente análisis se realizarán las proyecciones considerando el volumen de madera en forma integrada, a objeto de evaluar si la disponibilidad de madera nacional puede abastecer en su totalidad el mercado de madera estructural en la edificación. La proyección de la superficie a construir para los segmentos definidos, se realizó a partir de funciones de regresión, en base a las series de datos de superficies construidas desde el año 2002 al 2018 del INE (INE, 2020b).



(Fuente: Elaboración propia, en base a INE, 2020b)

Figura N° 123. Proyección de la superficie de edificación habitacional y no habitacional, todas las materialidades, obras nuevas y ampliaciones

En base a los datos ajustados por regresión, desde el año 2019 al 2030, se plantearon tres escenarios de proyección.

1. Escenario base: Corresponde a las superficies proyectadas ajustadas a las correspondientes funciones de regresión para los tres subsectores.
2. Escenario de bajo consumo: Corresponde a los valores ajustados por las funciones de regresión, menos el valor correspondiente a la desviación estándar.

3. Escenario de alto consumo: Corresponde a los valores ajustados por las funciones de regresión, más el valor correspondiente a la desviación estándar.

Las superficies de construcción registradas para los años 2017 y 2018, y las superficies estimadas para el período 2019–2030, se presentan en el Cuadro N°35, para los tres subsectores y los tres escenarios planteados.

Cuadro N° 35. Proyección de la superficie a construir, edificación habitacional y no habitacional, todas las materialidades.

Año	Escenario base			Escenario bajo			Escenario alto		
	Construcción habitacional obras nuevas	Construcción habitacional ampliaciones	Construcción no habitacional	Construcción habitacional obras nuevas	Construcción habitacional ampliaciones	Construcción no habitacional	Construcción habitacional obras nuevas	Construcción habitacional ampliaciones	Construcción no habitacional
(miles m ²)									
2017	10.765	896	5.957	10.765	896	5.957	10.765	896	5.957
2018	12.353	1.083	4.562	12.353	1.083	4.562	12.353	1.083	4.562
2019	12.546	944	7.738	10.857	806	4.910	14.235	1.082	10.565
2020	12.798	959	7.770	11.109	821	4.943	14.488	1.096	10.598
2021	13.051	973	7.801	11.362	836	4.974	14.740	1.111	10.629
2022	13.304	988	7.831	11.614	850	5.003	14.993	1.126	10.658
2023	13.556	1.003	7.859	11.867	865	5.031	15.245	1.141	10.686
2024	13.809	1.018	7.885	12.119	880	5.058	15.498	1.156	10.713
2025	14.061	1.033	7.911	12.372	895	5.083	15.751	1.170	10.738
2026	14.314	1.048	7.935	12.624	910	5.108	16.003	1.185	10.763
2027	14.566	1.062	7.959	12.877	925	5.132	16.256	1.200	10.786
2028	14.819	1.077	7.982	13.129	939	5.154	16.508	1.215	10.809
2029	15.071	1.092	8.004	13.382	954	5.176	16.761	1.230	10.831
2030	15.324	1.107	8.025	13.635	969	5.197	17.013	1.245	10.852

(Fuente: INFOR, proyección en base a información de INE, 2020b)

En el Cuadro N°36 se presenta la tasa de adopción del incremento en la superficie de viviendas construidas con madera, en relación a la superficie de viviendas de obra nueva total construida anualmente.

Cuadro N° 36: Tasa de adopción del incremento porcentual de viviendas nuevas con madera como material estructural predominante en los muros

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(%)														
Tasa de adopción	17	18	18	18	19	20	21	22	23	24	25	27	29	30

Para la estimación del consumo de obras nuevas con predominio de madera como material estructural, primero se proyectó la superficie anual a construir, multiplicando la superficie total estimada a nivel nacional para las diferentes opciones de materialidades (Cuadro N°35), por el porcentaje de participación de la madera según la tasa de adopción (Cuadro N°36). Luego, a la superficie estimada anualmente con madera como material predominante, para los tres escenarios planteados, se le aplicó un factor de conversión resultante de los m³ de madera utilizados para un m² de superficie construida con madera como material estructural principal, determinados en base a los datos del año 2017 del INE, y de estimaciones realizadas en estudios previos de INFOR (INFOR, 2020b)

Para la determinación del consumo, bajo los tres escenarios, de los otros tres segmentos considerados (obras nuevas con materialidad mixta, ampliación habitacional y edificación no habitacional), no se consideró una curva de adopción en la participación de la madera en la superficie anual construida, asumiendo que esta participación se mantendría constante y la superficie variará de acuerdo a la

proyección de crecimiento a nivel nacional. A la superficie anual estimada de construcción en madera se les aplicó el factor de conversión respectivo, determinado a partir de los datos del año 2017. Así, de acuerdo a las superficies de edificación anual proyectadas para los cuatro segmentos definidos y bajo los tres escenarios planteados, en el Cuadro N°37 se presenta la estimación del consumo de madera aserrada para el nivel de superficies de edificación proyectada anualmente.

Cuadro N° 37. Proyección del consumo de madera aserrada de uso estructural en edificación habitacional y no habitacional, obra nueva y ampliaciones. Escenario base

Año	Consumo en obras nuevas con predominio de madera	Consumo en obras nuevas en construcción mixta	Consumo en ampliación habitacional	Consumo en edificación no habitacional, obra nueva y ampliaciones	Consumo total en edificación habitacional y no habitacional, en obra nueva y ampliaciones
(m ³)					
2017	291.000	178.000	47.000	59.000	575.000
2018	360.661	204.264	56.848	45.185	666.957
2019	366.290	207.452	49.526	76.643	699.910
2020	373.663	211.628	50.305	76.965	712.560
2021	402.205	215.804	51.083	77.270	746.362
2022	431.566	219.980	51.861	77.561	780.968
2023	461.747	224.156	52.639	77.838	816.380
2024	492.747	228.332	53.418	78.102	852.599
2025	524.566	232.508	54.196	78.356	889.626
2026	557.205	236.684	54.974	78.599	927.462
2027	590.662	240.860	55.752	78.833	966.107
2028	648.976	245.036	56.531	79.057	1.029.599
2029	708.927	249.212	57.309	79.274	1.094.722
2030	745.662	253.388	58.087	79.483	1.136.620

(Fuente: Elaboración propia, proyección en base a información de INE, 2020b)

Cuadro N° 38. Proyección del consumo de madera aserrada de uso estructural en edificación habitacional y no habitacional, obra nueva y ampliaciones. Escenario bajo consumo

Año	Consumo en obras nuevas con predominio de madera	Consumo en obras nuevas en construcción mixta	Consumo en ampliación habitacional	Consumo en edificación no habitacional obra nueva y ampliaciones	Consumo total en edificación habitacional y no habitacional en obra nueva y ampliaciones
(m ³)					
2017	291.000	178.000	47.000	59.000	575.000
2018	360.661	204.264	56.848	45.185	666.957
2019	316.967	179.518	42.297	48.637	587.419
2020	324.341	183.694	43.075	48.959	600.069
2021	350.143	187.870	43.853	49.265	631.131
2022	376.764	192.046	44.631	49.555	662.997
2023	404.205	196.222	45.410	49.833	695.668
2024	432.464	200.398	46.188	50.097	729.147
2025	461.544	204.574	46.966	50.351	763.434
2026	491.442	208.750	47.744	50.594	798.530
2027	522.159	212.926	48.523	50.827	834.435
2028	574.992	217.102	49.301	51.052	892.447
2029	629.464	221.278	50.079	51.269	952.089
2030	663.458	225.454	50.857	51.478	991.247

(Fuente: Elaboración propia, proyección en base a información de INE, 2020b)

Cuadro N° 39. Proyección del consumo de madera aserrada de uso estructural en edificación habitacional y no habitacional, obra nueva y ampliaciones. Escenario alto consumo

Año	Consumo en obras nuevas con predominio de madera	Consumo en obras nuevas en construcción mixta	Consumo en ampliación habitacional	Consumo en edificación no habitacional obra nueva y ampliaciones	Consumo total en edificación habitacional y no habitacional en obra nueva y ampliaciones
(m³)					
2017	291.000	178.000	47.000	59.000	575.000
2018	360.661	204.264	56.848	45.185	666.957
2019	415.612	235.386	57.735	45.890	754.623
2020	422.985	239.562	58.897	46.814	768.258
2021	454.267	243.738	63.396	47.738	809.139
2022	486.369	247.914	68.024	48.662	850.968
2023	519.290	252.090	72.781	49.586	893.746
2024	553.030	256.266	77.667	50.509	937.472
2025	587.589	260.442	82.683	51.433	982.147
2026	622.968	264.618	87.827	52.357	1.027.769
2027	659.165	268.794	93.101	53.281	1.074.341
2028	722.959	272.970	102.292	54.204	1.152.425
2029	788.391	277.146	111.742	55.128	1.232.407
2030	827.866	281.322	117.532	56.052	1.282.771

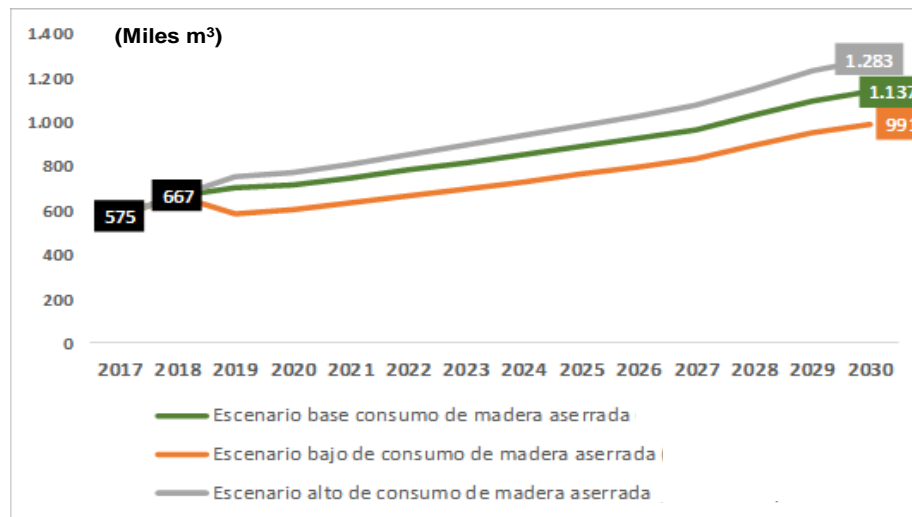
(Fuente: Elaboración propia, proyección en base a información de INE, 2020b)

Cuadro N° 40. Proyección del consumo total de madera aserrada de uso estructural en edificación habitacional y no habitacional, obras nuevas y ampliaciones (m³/año), según escenario

Año	Escenario base	Escenario bajo consumo	Escenario alto consumo
(m³)			
2017	575.000	575.000	575.000
2018	666.957	666.957	666.957
2019	699.910	587.419	754.623
2020	712.560	600.069	768.258
2021	746.362	631.131	809.139
2022	780.968	662.997	850.968
2023	816.380	695.668	893.746
2024	852.599	729.147	937.472
2025	889.626	763.434	982.147
2026	927.462	798.530	1.027.769
2027	966.107	834.435	1.074.341
2028	1.029.599	892.447	1.152.425
2029	1.094.722	952.089	1.232.407
2030	1.136.620	991.247	1.282.771

(Fuente: Elaboración propia, proyección en base a información de INE, 2020b)

Para alcanzar los niveles proyectados de superficie construida para el 2030, se estima que el consumo de madera aserrada de uso estructural fluctuaría en un rango de 0,99 millones de m³ a 1,28 millones de m³, con un consumo incremental entre 416 mil m³ y 708 mil m³, para el período 2017-2030.



(Fuente: Elaboración propia, en base a INE, 2020b)

Figura N° 124. Proyección del consumo total de madera aserrada de uso estructural para edificación habitacional y no habitacional en obras nuevas y ampliaciones

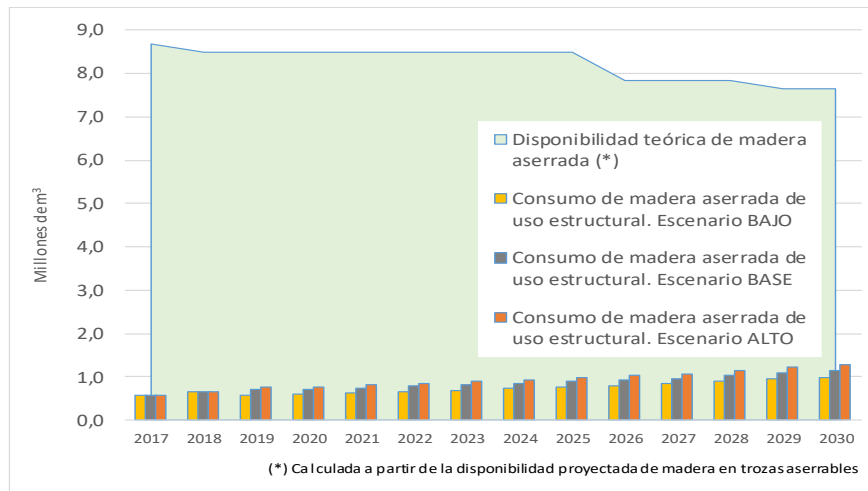
Para calcular el rendimiento de las trozas aserrables en el aserradero, se considera un factor promedio general de 0,5 m³ de madera aserrada por cada m³ssc de madera en trozas aserrables. Si este factor se aplica a la disponibilidad proyectada de madera en trozas aserrables, se obtiene la disponibilidad teórica de madera aserrada, la cual se compara con el consumo proyectado de madera aserrada de uso estructural en los tres escenarios considerados.

Cuadro N° 41. Disponibilidad nacional de trozas aserrables de pino radiata expresada en madera aserrada y consumo proyectado de madera aserrada de uso estructural, según escenarios

Año	Disponibilidad de trozas aserrables (m³ssc/año)	Disponibilidad teórica de madera aserrada (m³/año)	Consumo de madera aserrada de uso estructural (m³/año)		
			Escenario bajo	Escenario base	Escenario alto
2017	17.346.000	8.673.000	575.000	575.000	575.000
2018	16.968.000	8.484.000	666.957	666.957	666.957
2019	16.968.000	8.484.000	587.419	699.910	754.623
2020	16.968.000	8.484.000	600.069	712.560	768.258
2021	16.968.000	8.484.000	631.131	746.362	809.139
2022	16.968.000	8.484.000	662.997	780.968	850.968
2023	16.993.000	8.497.000	695.668	816.380	893.746
2024	16.993.000	8.497.000	729.147	852.599	937.472
2025	16.993.000	8.497.000	763.434	889.626	982.147
2026	15.671.000	7.836.000	798.530	927.462	1.027.769
2027	15.671.000	7.836.000	834.435	966.107	1.074.341
2028	15.671.000	7.836.000	892.447	1.029.599	1.152.425
2029	15.309.000	7.655.000	952.089	1.094.722	1.232.407
2030	15.309.000	7.655.000	991.247	1.136.620	1.282.771

(Fuente: Elaboración propia, proyección en base a información de INE, 2020b)

Como se observa en el Cuadro N°41, así como en la Figura N° 125, el volumen total de madera aserrada para uso estructural a demandar por la construcción ascendería de los 575.000 m³ consumidos el año 2017, hasta un volumen estimado en un rango de 991.247 m³ a 1.282.771 m³ en el año 2030. En términos porcentuales, el consumo de madera aserrada de uso estructural para la construcción se incrementaría entre 72,4% y 123,1% en el período 2017–2030. En este mismo período, la disponibilidad teórica de madera aserrada disminuiría en un 11,7%, de 8.673.000 m³ a 7.655.000 m³.



(Fuente: Elaboración propia, en base a INFOR, 2018)

Figura N° 125. Disponibilidad teórica de madera aserrada de pino radiata y consumo de madera aserrada para uso estructural.

El año 2017, la madera aserrada de uso estructural consumida por la industria de la construcción para la edificación habitacional y no habitacional, en obras nuevas y ampliaciones, demandó el 6,6% de la disponibilidad teórica de madera aserrada de pino radiata. Para alcanzar las metas propuestas en los supuestos anteriormente definidos, se requiere que la industria de la construcción capture al año 2030 un porcentaje de la disponibilidad teórica de madera aserrada que fluctuaría entre el 12,9% en el escenario de menor consumo y el 16,8% en el escenario de mayor consumo. En el caso del escenario base, este porcentaje alcanzaría al 14,8%.

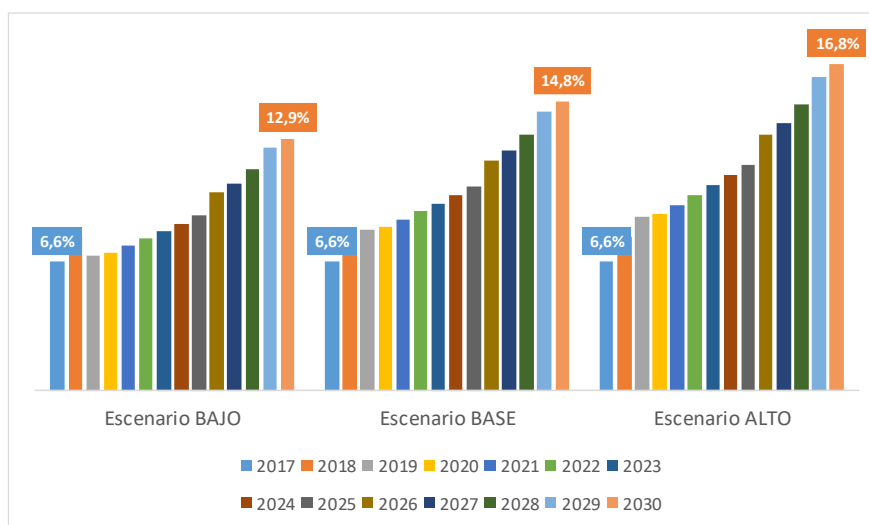


Figura N° 126. Proyección del consumo de madera aserrada para uso estructural en relación a la disponibilidad teórica de madera aserrada de pino radiata.

6.4 Comentarios sobre los resultados de la proyección

Como se mencionó anteriormente, para el año 2030 la disponibilidad de madera en trozas aserrables de pino radiata disminuirá en 2,04 millones de m³, lo que de acuerdo a un factor de rendimiento promedio de 0,5 m³ de madera aserrada por cada m³ de trozas aserrables, equivale a una pérdida de 1,02 millones de m³ de madera aserrada.

A lo anterior hay que agregar que actualmente más del 90% de la disponibilidad de trozas aserrables se consume en la industria del aserrío, con lo cual se concluye que la producción de madera aserrada prácticamente no tiene margen para crecer, al menos hasta el año 2030.

En este contexto, para poder alcanzar la meta de la Política Forestal de Chile, la industria de la construcción requerirá de un volumen adicional de madera aserrada para uso estructural en un rango de 416.000 m³ a 708.000 m³, para lo cual habría que redestinar un volumen equivalente de madera aserrada desde sus actuales mercados hacia uno de madera aserrada estructural, probablemente más rentable, pero con seguridad, más estable.

De acuerdo al flujo de oferta y demanda de madera aserrada definido en el estudio de INFOR citado anteriormente (INFOR, 2020b), se determinó que el año 2017, al restar de los 8,15 millones de m³ de madera aserrada producida en el país, los volúmenes de madera que se destinaba a exportación, a la industria secundaria de la madera y a otros destinos identificables, quedaba un saldo de 2,38 millones de m³ de madera aserrada que se destinaba a la construcción formal, a la construcción informal y a otros destinos no identificables.

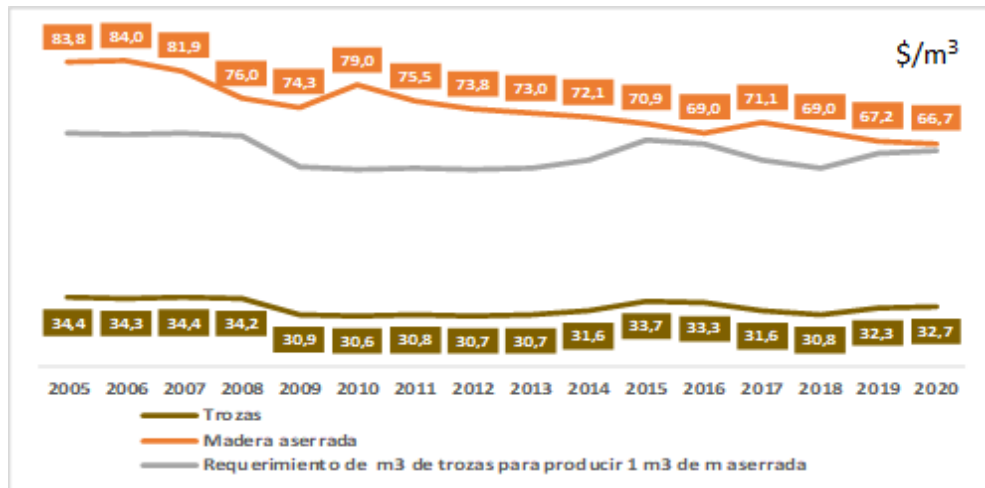
Sin embargo, al calcular los volúmenes utilizados en la construcción formal en base a la superficie oficial de viviendas autorizadas, se determinó que la demanda alcanzaba a 575 mil m³ de madera aserrada de uso estructural, de los cuales 14 mil m³ provenían de importaciones y 561 mil m³ se generaban en la industria del aserrío nacional. Este último volumen de madera explica solo el 23,6% de los 2,38 millones de m³, el restante 76,4%, equivalente a 1,82 millones de m³, se destinaría a usos no estructurales y a otros usos no identificables o informales.

Uno de los factores determinantes para cambiar el destino de la madera aserrada hacia un uso de madera estructural en la construcción, está dado por un mejoramiento en los precios del producto. En un estudio de mercado realizado por INFOR, los productores de madera aserrada identificaron al precio y a la estabilidad de la demanda como los factores más relevantes, para ingresar al negocio de la madera aserrada estructural (INFOR, 2020b).

El precio de la madera aserrada de pino radiata, en el mercado interno, ha experimentado constantes caídas desde el año 2005. Por otra parte, las trozas aserrables durante los últimos tres años han incrementado su precio, tendencia que debería continuar debido a la disminución proyectada de la disponibilidad de madera de plantaciones.

De esta forma, el margen de utilidad de la madera aserrada en bruto, ha alcanzado niveles críticos, por lo que algunos aserraderos han buscado incrementar sus ganancias por medio de la elaboración, tratamientos de la madera como secado o impregnación o la venta de subproductos como astillas, lampazos, aserrín y virutas.

En la Figura Nº 127 se presenta la evolución del precio real de la madera aserrada y las trozas de pino insigne en el mercado interno, y el precio del volumen requerido para producir un m³ de madera aserrada, considerando un factor de rendimiento de 0,5 m³ de madera/ m³ de troza aserrada.



(Fuente: INFOR, 2020a)

Figura N° 127. Evolución del precio real de las trozas aserrables y de la madera aserrada de pino radiata en Chile puestas en aserradero Región del Biobío

Conclusiones

La construcción en madera está atravesando un período de auge a nivel mundial, con una gran actividad en una buena parte de los países desarrollados, sobre todo en aquellos que tienen una larga tradición en este ámbito. En este contexto, el inicio de la tercera década del siglo XXI marca un punto de inflexión en el uso de la madera en la construcción, particularmente en lo que se refiere a la construcción en altura, donde los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y el diseño han puesto a la vista del mundo que la madera y sus productos pueden tener el rol principal en la materialidad de una construcción de 80 metros y más. Las experiencias de los países nórdicos y de otros países europeos constituyen la gran escuela que todos quieren seguir, pero para avanzar hacia ese objetivo, el camino es arduo. En el capítulo 1 del presente documento, hay abundante información al respecto.

El auge de la construcción en madera no es una casualidad, se deriva, principalmente, de la necesidad de detener, o al menos atenuar, los graves problemas de contaminación ambiental que han llevado al planeta a un cambio climático sin precedentes y de efectos altamente dañinos. En el capítulo 4 del presente documento, se entregaron antecedentes sobre los desafíos ambientales de la industria de la construcción y el importante rol que en este ámbito juega la madera.

Chile no está ausente de la efervescencia en torno al tema de la construcción en madera, ni tampoco de los problemas ambientales. Como lo muestran los capítulos precedentes, aquí también ha habido una tradición en cierto tipo de construcciones en madera, con instituciones, empresas y profesionales pioneros y visionarios que sentaron las bases para que hoy exista el volumen de entidades, personas, industrias, investigaciones, normas y legislación, entre otros, que concentran su quehacer en esta actividad. Sin embargo, la participación de la madera en la construcción de viviendas es aún muy baja, y más preocupante aún es el hecho de que su desempeño no es bien calificado por sus propios moradores, como se concluye de algunos estudios de percepción presentados en el capítulo 5.

Para que la madera y sus productos sean aceptados ampliamente por la población chilena y contribuyan a mejorar los niveles de ahorro de energía y de descontaminación de la industria de la construcción con materiales renovables, más que aumentar su participación en la materialidad de los muros, que es la cifra de referencia ampliamente usada, hay que construir de otra forma con madera, no como se ha hecho hasta ahora. Las construcciones emblemáticas presentadas en el capítulo 2 de este documento, juegan un rol fundamental para que la población en general, y los moradores, en particular, conozcan el nuevo enfoque que se le está dando a la construcción en madera.

Los expertos en el tema señalaron que la construcción en madera está amenazada por los siguientes obstáculos: Percepción de que habrá escasez de trozas y que las trozas no provienen de plantaciones manejadas con orientación hacia la producción de madera aserrada estructural (MAE); escasa aplicación de la normativa; baja capacitación de operarios y técnicos de los aserraderos; producción nacional limitada de productos de ingeniería en madera y desconocimiento de sus aplicaciones; falta de conocimiento sobre el comportamiento de la madera en edificaciones de mediana altura, y falta de incentivos estables para la incorporación de la pyme maderera en la producción masiva de MAE, así como también la escasa generación de instrumentos que permitan fomentar la industrialización de la construcción de viviendas de madera. Más antecedentes sobre la percepción de los expertos se presentan en el capítulo 5.

En el ámbito de la madera y sus productos, este estudio concluye que en la industria del aserrío las grandes unidades productivas y algunas de las medianas, están preparadas y participan en la producción de madera aserrada estructural. En cuanto a la industria de productos de ingeniería en madera, hay poca diversificación de productos y las unidades productivas son pocas; la mayor parte fabrica madera laminada encolada, algunas hacen cerchas industrializadas y hay un par de productores de vigas *I-Joist*. El CLT se ha producido en escasas ocasiones y de una forma más artesanal que

industrial, pero recientemente se ha anunciado una gran inversión en este producto. Esta información se deduce de los antecedentes presentados en el capítulo 2.

En cuanto a la disponibilidad de madera para la construcción, en el capítulo 6 precedente se entregó un ejercicio para el análisis, donde se señala que la disponibilidad de trozas aserrables de las plantaciones establecidas en Chile no permitirá, antes de 20 años, un aumento de la producción de madera aserrada más allá de los actuales 8 millones de m³. Esto hace indispensable que el país piense y decida cuál es el mejor destino que se le quiere dar a esa madera aserrada, lo que necesariamente debe pasar por repensar los usos y destinos actuales, incluyendo el mercado de exportación. Hay que tener presente que lo que principalmente se espera de la construcción en madera es: 1) que como actividad industrial y económica genere beneficios medio ambientales en relación a la construcción con otros materiales, y 2) que como material de construcción genere edificaciones con mejores niveles de habitabilidad y bienestar para la población, y esto no necesariamente significa un aumento en el consumo de madera.

Con todo, se puede concluir que el país está en un momento único para dar un impulso contundente a la construcción en madera, están las primeras bases institucionales, normativas y legales, hay numerosas iniciativas de estudios e investigaciones al más alto nivel profesional, hay una industria de la madera heterogénea pero consolidada en muchos aspectos y, lo más importante, hay una urgencia por contribuir a resolver los problemas ambientales y por paliar el déficit habitacional estimado en unas 500.000 viviendas.

En este contexto, mientras se avanza en las propuestas de sistemas constructivos con madera, incluyendo el tipo de edificaciones habitacionales (en altura o no) y no habitacionales, y en la industrialización de la producción, es indispensable contar con un volumen de madera aserrada estructural clasificada para su uso directo en la construcción o para la fabricación de madera laminada encolada y otros productos de ingeniería en madera. Para alcanzar este objetivo se sugiere que el Estado, probablemente a través del Ministerio de Economía, establezca una política que tenga como actor central a la industria del aserrío y su oferta de productos, con apoyos a los pequeños y medianos aserraderos, para que puedan poner a disposición de los demandantes una oferta permanente y estable de madera aserrada estructural clasificada y rotulada de acuerdo a las disposiciones del MINVU. Además, esta política debería generar instrumentos de apoyo como, por ejemplo, subsidiar la capacitación de los operarios en clasificación visual o mecánica de la madera aserrada estructural, incluyendo la adquisición de la tecnología requerida.

Por otra parte, una política para el aserrío también debería actuar sobre la demanda, contemplando instrumentos que gatillen la demanda por madera aserrada estructural, por ejemplo, a través de las compras públicas. En el capítulo 3 del presente documento, se entregaron experiencias destacadas de políticas públicas en otros países, en relación al uso de la madera en la construcción. Muchos de estos países han reconocido y aprovechado el impulso que ofrece el poder de compra del Estado en la adquisición de bienes. En este sentido, un escenario para hacer crecer el uso de la madera en la construcción es incorporarla dentro de los requisitos de construcción de obras habitacionales o infraestructura pública, como material estructural preferente o mediante cuotas mínimas de construcción. Esto también debería involucrar a la madera de uso no estructural.

Teniendo como foco de atención a la industria del aserrío, se estima que tal política debería irradiar hacia otras instituciones e instancias, para fortalecer significativamente la formación de profesionales, técnicos y maestros en la fabricación de elementos de madera y sus aplicaciones en la construcción, como también en los ámbitos de la investigación y de la transferencia de iniciativas y proyectos. A este respecto cabe recordar la información presentada en el capítulo 2, que deja en evidencia que en Chile la oferta académica de contenido "maderero" no tiene relación con el potencial de uso de la madera que se produce en el país. En efecto, del total de los planes de estudio disponibles, solo un tercio tiene directa relación con la madera, muy pocas casas de estudio (tanto de arquitectura, construcción e

ingeniería) preparan profesionales capacitados para proyectar, calcular, construir y enfrentar desafíos en el ámbito de la madera, afectando directamente la participación de la madera en la construcción. El déficit de profesionales con especialización en madera como elemento de construcción es evidente, sin embargo, recientemente se han escuchado nuevas propuestas para avanzar en este terreno.

En el sector de la construcción, el MINVU y las entidades públicas y privadas que se desempeñan en este sector muestran avances hacia la construcción en madera. Sin embargo, hay que tener presente que la relación de cooperación y trabajo conjunto entre el sector de la madera y el de la construcción es decisiva para alcanzar el objetivo de consolidar la construcción en madera en Chile, por eso se debe avanzar hacia una simbiosis estratégica de estos sectores.

Más allá, se debería avanzar también hacia la creación de una instancia que coordine las numerosas iniciativas que han relevado el tema de la construcción en madera al más alto nivel, para dar estabilidad y permanencia en el tiempo a esta importante actividad económica, con metas de largo plazo.

Referencias

AAM, 2019. Overview Prensa Anual 2019. Asociación de Agencia de Medios (AAM) [En Línea] Disponible en: https://aam.cl/wp-content/uploads/2020/05/Overview-Prensa_Anual2019-2-1.pdf . [Consulta 10 de mayo 2020].

ABIF, 2020. Informa N° 148, 30 de marzo 2020.

AWC, 2020. Mass Timber in North America. American Wood Council. [En Línea] Disponible en <https://www.awc.org/pdf/education/des/ReThinkMag-DES610A-MassTimberinNorthAmerica-161031.pdf> [Consulta 2 de abril 2021].

AITIM, 2005. Art Troutner, genio de Idaho y fundador de TJI. Asociación de investigación de las Industrias de la madera (AITIM). [En Línea] Disponible en https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4887_23112.pdf. [Consulta 19 de marzo 2020].

AITIM, 2015. Cerchas ligeras prefabricadas. Asociación de investigación de las Industrias de la madera (AITIM). [En Línea] Disponible en https://www.csaec.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Produc_estruct/Cerchas%20ligeras%20prefabricadas_15.06.2015.pdf. [Consulta 19 de marzo 2020].

APA, 2021. Cross-Laminated Timber (CLT). The Engineered Wood Association – APA. [En Línea] Disponible en <https://www.apawood.org/cross-laminated-timber>. [Consulta 19 de marzo 2020].

AOA, 2020. Asociación de Oficinas de Arquitectos (AOA). [En Línea]. Disponible en <https://www.aoa.cl/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

Aravena, A, 2013. Proyecto Villa Verde constitución, chile ELEMENTAL Revista Obras y Proyectos | Works and Projects (48 -51).

BID, 2014. Financiamiento de la vivienda en Chile. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). NOTA TÉCNICA # IDB-TN-693, 45 p.

Banco Mundial, 2020. La construcción de casas de madera en Chile: un pilar del desarrollo sostenible y la agenda para la recuperación económica. [En Línea] Disponible en <http://documents1.worldbank.org/curated/en/224671607109191179/pdf/The-Construction-of-Timber-Houses-in-Chile-A-Pillar-of-Sustainable-Development-and-the-Agenda-for-Economic-Recovery.pdf>. [Consulta 19 de marzo 2020].

BCCh, 2020. Noticias y Publicaciones. Banco Central de Chile (BCCh). [En Línea] Disponible en <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/buscador?categoria=Publicaciones/Estad%C3%ADsticas> .[Consulta 19 de marzo 2020].

Build Up, 2020. HoHo Vienna: the first city office built of timber in Vienna. [En Línea] Disponible <https://www.buildup.eu/en/node/59616>. [Consulta 19 de marzo 2020].

CChC, 2020. Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales. Cámara Chile de la Construcción (CChC). [En Línea] Disponible en: https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcci%C3%B3n2020.pdf. [Consulta 19 de marzo 2020].

CChC, 2011. Código de buenas prácticas en la industria de la construcción. Cámara Chile de la Construcción (CChC). [En Línea] Disponible en: <https://cchc.cl/uploads/postulante/Codigo-de-Buenas-Practicas-en-la-Industria-de-la-Construccion.pdf>. [Consulta 19 de marzo 2020].

CDT, 2018. Informe Final de Diagnóstico de Gestión de Residuos en la Construcción, 92 p.

CDT, 2015. Percepción del Uso de madera en el Sector Construcción. Estudio desarrollado por el Área de Eficiencia Energética y Construcción 50p.

CLAPES UC, 2018. Documento de Trabajo N°41, "Productividad Laboral en la Construcción en Chile". Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales UC (CLAPES-UUC). 23 p.

CIM-UC, 2018a. Barrio ecosustentable Oasis de Chañaral. Centro UC de Innovación en madera (CIM-UC). [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/project-view/barrio-ecosustentable-oasis-de-chanaral/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

- CIM-UC, 2018b.** Edificio Iconico de Rancagua. Centro UC de Innovación en madera (CIM-UC). [En Línea] Disponible en <https://madera.uc.cl/es/proyectos-todos/edificio-iconico-de-rancagua>. [Consulta 19 de marzo 2020].
- CIM-UC, 2018c.** Torre Experimental Peñuelas. Centro UC de Innovación en madera (CIM-UC). [En Línea] Disponible en <http://madera.uc.cl/proyectos-todos/torre-de-penuelas>. [Consulta 19 de marzo 2020].
- CEPAL, 2019.** Anuario Estadístico de América Latina y El Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 150 p.
- Chandler J., Rosenzweig C., Moss A.J., Robinson J., and Litman L., 2019.** Online panels in social science research: Expanding sampling methods beyond Mechanical Turk. *Behav. Res. Methods*, 51: 2022–2038.
- CITEmadera, 2011.** Manual de Diseño y Fabricación de Vigas Compuestas en Madera. Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera. 137 p.
- Clarke, K., 1993.** Nonparametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure. *Austral Ecology*.
- CNE, 2020.** Anuario Estadístico de Energía 2019. Comisión Nacional de Energía (CNE). 196 p.
- CONAMA, 2010.** Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile. Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) 64p. [En Línea] disponible en: http://www.hidronor.cl/pdf/1_Primer_Reporte_del_Manejo_de_Residuos_Sólidos_en_Chile_Conama_2010.pdf [Consulta 19 de marzo 2020].
- CNP, 2020a.** Productividad en el sector de la construcción. Comisión Nacional de Productividad (CNP). [En Línea] Disponible en <https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2021/08/Productividad-Sector-Construccion.pdf>. [Consulta 19 de marzo 2020].
- CNP, 2020b.** Informe Anual 2019. Comisión Nacional de Productividad (CNP). 56p.
- CPI, 3 de octubre 2018.** ¿Y el 30% de infraestructura verde? Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI). [En Línea] disponible en: [En Línea] disponible en: <https://www.infraestructurapublica.cl/industria-de-la-construccion-en-chile-por-que-es-el-termometro-de-la-economia/> [Consulta 29 de abril 2021].
- CORMA, 2004.** La construcción de viviendas en madera. Editorial Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera: CORMA. Corporación de la Madera (CORMA) 635p.
- CORFO, s/f.** Sobre CORFO. Corporación de Fomento (CORFO). [En Línea] Disponible en <https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/quienessomos> [Consulta 19 de marzo 2020].
- CONAF, 2015.** Consejo de Política Forestal, mayo 2015. Política Forestal 2015-2035. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 78p.
- CONAF, 2020.** Estadísticas Forestales. Corporación Nacional Forestal (CONAF). [En Línea] Disponible en <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/estadisticas-forestales/> [Consulta 25 de mayo 2020].
- Constanzo, J.M, 2016.** Estimación de la densidad de la Madera de pino radiata a través de un esclerómetro de impacto. Tesis de Grado Universidad del BíoBío. Concepción, Chile. 99p. En www.ubiobio.cl.
- De Villanueva, L., 2005.** Las tres edades de la construcción. Informes de la Construcción, Vol. 57, nº 498. [En Línea] Disponible en https://www.researchgate.net/publication/26524627_Las_tres_edades_de_la_construccion/fulltext/00af6fa40cf2dee9aed1496e/Las-tres-edades-de-la-construccion.pdf. [Consulta 19 de marzo 2020].
- DIBAM, 2015.** Chiloé y su Patrimonio. Dirección de bibliotecas, archivos y museos (DIBAM). [En Línea] Disponible en https://www.monumentos.gob.cl/sites/default/files/articles-55452_doc_pdf.pdf. [Consulta 12 de febrero 2021].
- E23, 2019a.** Proyecto Casablanca - Región de Valparaíso. [En Línea] Disponible en <http://www.e2echile.com/proyecto-casablanca.html>. [Consulta 15 de junio 2020].
- E23, 2019b.** Horizonte del Pacífico - Concepción. [En Línea] Disponible en <http://www.e2echile.com/horizonte-del-pacifico-concepcion.html>. [Consulta 15 de junio 2020].
- EBCO, 2019.** Edificio Corporativo CMPC Los Ángeles: Antecedentes Generales. Presentación Semana de la Madera. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2019/10/Enzo-Dragoni-Juli-n-Cardona.pdf?x28554> . [Consulta 19 de marzo 2020].

Enkel, 2020. LIGHTHOUSE JOENSUU: UN RASCACIELOS DE MADERA CON 117 APARTAMENTOS PARA ESTUDIANTES. [En Línea] Disponible en <https://www.enkelgroup.com/2020/07/24/lighthouse-joensuu-unascielos-de-madera-con-117-apartamentos-para-estudiantes/> . [Consulta 21 de agosto 2020].

Eligemadera. 2020. ¿Por qué se construyen pocas viviendas con madera en Latinoamérica? [En línea] Disponible en <https://eligemadera.com/viviendaslatam/> [Consulta: 27 de mayo de 2020]

EMOL, 2018. Estudio revela alto número de inmobiliarias presentes en las cinco comunas con más proyectos. [En línea] Disponible en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=448008> [Consulta: 27 de mayo de 2020].

E-Stat, 2020. Statistics of Japan: Portal site of Official Statistics of Japan. [En línea] Disponible en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=448008> [Consulta: 17 de abril de 2020].

Essays, UK., 2013. History of Timber in Construction Essay. Retrieved from [En línea]. Disponible en <https://www.uniassignment.com/essay-samples/construction/history-of-timber-in-construction-construction-essay.php?vref=1>. [Consulta 24 de marzo 2020].

FAO, 2020a. Estadísticas de productos forestales. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/statistics/84922/es/>. [consulta: 6 de febrero 2020]

FAO, 2020b. Forest Products Annual Market Review, 2019-2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). United Nations publication. 96p

FAO, 2020c. Status of public policies encouraging wood use in construction – A review. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [En Línea] Disponible en http://www.fao.org/forestry/49801-0cae892398185071321d397e2c1e0d520.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwj24YD5mtnyAhWxrJUCHbJcCGQQFnoECAAQAQ&usq=AOvVaw1002F_mj0o84VHbfrP03K. [Consulta 19 de marzo 2020].

Faure, O., Rougier, V. y Escalante, M., 2014. Análisis de Vigas Reticuladas de Madera Usando el Método de Elementos Finitos. Disponible en: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4808/> [Consulta: 22 de mayo de 2021].

Finnish Woodworking Industries, 2019. LVL Handbook Europe. [En Línea] Disponible en <https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/12/LVL-handbook.pdf> [Consulta 02 de febrero 2021].

FPInnovations, 2013. CLT Handbook: Cross Laminated Timber. [En Línea] Disponible en <https://info.thinkwood.com/clt-handbook>. [Consulta 24 de marzo 2020].

Fundación Chile, 2004. Bienestar Habitacional. Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable. Santiago, Chile. 123 p.

Garcés, E. 2009. Sewell y Los Pelambres. ARQ (Santiago) n.71. pp.58-61. [En Línea] Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071769962009000100010&lng=es&nrm=iso. [Consulta 12 de febrero 2021].

González, M., 2008. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Ingeniería de la madera, "Bienestar Habitacional y Eficiencia Energética de Viviendas Sociales Industrializadas Estructuradas con Madera de Pino Radiata.

Google, 2020. Google Trend Data. [En Línea] Disponible en <https://trends.google.com/trends/?geo=US>. [Consulta 24 de marzo 2020].

Grandoso, s/a. Industrialización vs. Prefabricación. [En Línea] Disponible en <https://dspace.palermo.edu/dspace/bitstream/handle/10226/180/Industrializaci%C3%B3n%20vs.%20Prefabricaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta 12 de agosto 2020].

Green, P., 1975. Marketing applications of MDS: Assessment and outlook, Journal of Marketing, vol 39, January 1975, pp 24-31.

Growing Buildings, 2020. [En Línea] Disponible en <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-co2-a-la-atmosfera/> [Consulta 24 de marzo 2021].

Goto, Y., Jockwer, R., Kobayashi, K. and Karube, Y., 2018. Legislative Background and Building Culture for the Design of Timber Structures in Europe and Japan. Conference: WCTE 2018.

Hays, R. D., Liu, H. and Kapteyn, A., 2015. Use of Internet panels to conduct surveys. Behav. Res. Methods, 47: 685–690.

Hempel, C., 2020. La construcción industrializada de viviendas, oficinas, comercio y obras civiles en madera en Chile tiene trabas: falta la materia prima optimizada, la mano de obra y los especialistas calificados y además una normativa actualizada. 6 de abril 2020, Diario de Concepción.

Hwang, T., 2020. Korea Abolishes the Height and Floor Area Limits on Wood Buildings. [En Línea] Disponible en: <https://canadawood.org/korea-abolishes-the-height-and-floor-area-limits-on-wood-buildings/> [Consulta: 6 de febrero 2021].

IIED, 2004. Using Wood Products to Mitigate Climate Change. International Institute for Environment and Development [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/253019982_USING_WOOD_PRODUCTS_TO_MITIGATE_CLIMATE_CHANGE [consulta: 6 de febrero 2020]

INFOR 2021. Boletín de Mercado Forestal Junio – 2021. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). 38p.

INFOR 2020a. Anuario Forestal 2020. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR), 256p.

INFOR 2020b. El Mercado de la Madera Aserrada para uso estructural en Chile. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). 115p.

INFOR 2020c. Estudio percepción construcción en madera. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). 44p.

INFOR 2018, Disponibilidad de Madera de Pino radiata, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* (2017.2047), Informe Técnico N° 220. Instituto Forestal (INFOR). 127 p.

INFOR 2000. Optimización de la capacidad resistente de cerchas prefabricadas de madera. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). 27p.

INFOR 1967. La Industria de las casas prefabricadas de madera. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). Boletín informativo N°12, 23p.

INE, 2019. Anuario de Edificación 2018. Instituto Forestal (INFOR) [En línea]. Disponible www.ine.cl. [consulta: 6 de febrero 2020]

INE, 2020a. Base de datos Censo de Vivienda. Instituto Forestal (INFOR) [En línea]. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-y-vivienda> [consulta: 6 de junio 2021]

INE. 2020b. Base de datos Permisos de edificación. Instituto Forestal (INFOR) [En línea]. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion> [consulta: 7 de marzo 2021]

INN, 1985. Maderas – Unidades Empleadas, Dimensiones Nominal. (NCh N° 174). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 10p.

INN, 1986. Madera - Tensiones admisibles para madera estructural. (NCh N° 1990). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 10p.

INN, 1987. Madera preservada - Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo. (NCh N° 789/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 7p.

INN, 1988a. Maderas - Agrupamiento de especies madereras según su resistencia – Procedimiento. (NCh N° 1989). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 17p.

INN, 1988b. Maderas-Parte 1: Especies latifoliadas–Clasificación visual para uso estructural-Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1970/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 22p.

INN, 1988c. Maderas-Parte 2: Especies latifoliadas–Clasificación visual para uso estructural-Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1970/2). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 33p.

INN, 1988d. Maderas - Parte 1: Especies latifoliadas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1970/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 22p.

INN, 1988e. Maderas - Parte 2: Especies coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1970/2). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 33p.

INN, 1989. Madera laminada encolada estructural - Requisitos, métodos de muestreo e inspección. (NCh N° 2148). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 22p

- INN, 1991a.** Madera laminada encolada - Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata. (NCh N° 2150). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 11p.
- INN, 1991b.** Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata. (NCh N° 2165). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 36p.
- INN, 1996a.** Diseño sísmico de edificios. (NCh N° 433). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 55p.
- INN, 1996b** de fluorescencia de rayos X. (NCh N° 763/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 9p.
- INN, 1996c.** Maderas - Preservación - Parte 2: Análisis de madera preservada y soluciones preservantes mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X. (NCh N° 763/2). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 15p.
- INN, 1996d.** Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera. (NCh N° 755). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 9p.
- INN, 1997.** Ensayo de resistencia al fuego- Parte 1 Elementos de construcción en general (Norma NCh935/1) Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 214p.
- INN, 2003a.** Madera - Parte 1: Determinación de humedad. (NCh N° 176/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 15p.
- INN, 2003b.** Madera preservada - Extracción de muestras. (NCh N° 631). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 11p.
- INN, 2003c.** Madera Preservada - Madera - Pino radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias. (NCh N° 2824). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 9p.
- INN, 2004.** Hojas de puertas lisas de madera - Métodos de ensayo. (NCh N° 723). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 19p.
- INN, 2005.** Pino radiata-Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1207). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 23p.
- INN, 2006.** Madera - Construcciones en madera - Cálculo. (NCh N° 1198). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 214p.
- INN, 2003a.** Madera - Parte 1: Determinación de humedad. (NCh N° 176/1). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 15p.
- INN, 2003b.** Madera preservada - Extracción de muestras. (NCh N° 631). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 11p.
- INN, 2003c.** Madera Preservada - Madera - Pino radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias. (NCh N° 2824). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 9p.
- INN, 2004.** Hojas de puertas lisas de madera - Métodos de ensayo. (NCh N° 723). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 19p.
- INN, 2005.** Pino radiata-Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad. (NCh N° 1207). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 23p.
- IIED, 2004,** Using Wood Products to Mitigate Climate Change. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/253019982_USING_WOOD_PRODUCTS_TO_MITIGATE_CLIMATE_CHANGE [consulta: 6 de febrero 2020].
- Izquierdo, C., 2019.** "Primeros proyectos inmobiliarios en madera en Las Condes". [En línea]. Disponible en: <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=4477/> [Consulta: 27 de mayo de 2021]
- Jara, S., 2020.** Ministerio de Vivienda y Urbanismo, presentación en Seminario Webinars "Los desafíos de la Madera en Chile", 12 de mayo 2020
- La Tribuna, 2019.** Reportaje: Construcción en madera: un camino hacia la edificación sostenible. [En línea] <https://www.latribuna.cl/reportajes/2019/08/30/construccion-en-madera-un-camino-hacia-la-edificacion-sostenible.html> [Consulta: 27 de mayo de 2020]

La Tercera, 2018. Arauco apuesta por desarrollar la construcción en madera en Chile. [En línea]. Disponible en <https://www.latercera.com/pulso/noticia/arauco-apuesta-desarrollar-la-construccion-madera-chile/402344/> [Consulta 24 de marzo 2020].

Louisiana Pacific Chile, s/f. I-Joist [En Línea] Disponible en <https://lpchile.cl/producto/lp-i-joist/>. [Consulta 21 de agosto 2020].

Louisiana Pacific Chile, 2019. Productos [En Línea] Disponible en <https://lpchile.cl/empresa/>. [Consulta 21 de agosto 2020].

Mac Donnell, H. y Mac Donnell, H.P., 1999. Manual de construcción Industrializada. Buenos Aires, Argentina. Revista Vivienda SRL 88p.

McKinsey Global Institute, 2017. Reinventing construction: a route to higher productivity. 168 p.

Madera21, s/f. ¿Por qué madera? [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/2757-2/#1480605520432-59eda607-6cf/>. [Consulta 10 de mayo 2020].

Madera21, 2016a. Entrevista: Eduardo Bitrán: "Hay que impulsar pymes 2.0 que lideren sistemas constructivos en madera". [En línea] <https://www.madera21.cl/2727/> [Consulta: 27 de mayo de 2020]

Madera21, 2016b. Entrevista: Pilar Urrejola: "Deberíamos tener un compromiso público con la madera". [En línea] <https://www.madera21.cl/pilar-urrejola-deberiamos-tratar-de-tener-un-compromiso-publico-con-la-madera/> [Consulta: 27 de mayo de 2020]

Madera21, 2016c. Los cinco Sistemas Constructivos en Madera más utilizados. Madera21. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/los-cinco-sistemas-constructivos-en-madera-mas-utilizados/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

Madera21, 2018a. Nuevo Paso Libertadores se convierte en el proyecto más grande de América Latina en madera laminada. Madera21. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/nuevo-paso-libertadores-se-convierte-en-el-proyecto-mas-grande-de-america-latina-en-madera-laminada/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

Madera21, 2018b. Ricardo Hempel: "En la vivienda pasiva, en una semana armamos toda la estructura gruesa". Madera21. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/ricardo-hempel-en-la-vivienda-pasiva-en-una-semana-armamos-toda-la-estructura-gruesa/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

Madera21, 2019. VAP: La innovación chilena que permite crear casas en madera en un par de días y sin desechos. Madera21. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/vap-la-innovacion-chilena-que-permitira-crear-casas-en-madera-en-un-par-de-dias-y-sin-desechos/>. [Consulta 19 de marzo 2020].

Madera21, 2020. HOHO WIEN. Madera21. [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/project-view/hoho-wien/>. [Consulta 21 de agosto 2021].

Maderas Arauco, 2021. Hilam. [En línea]. Disponible en: <https://www.arauco.cl/chile/marcas/hilam/> [Consulta: 14 de Junio de 2021]

MAFF, 2018. The Statistical Yearbook of MAFF. [En línea]. Disponible en: <https://www.maff.go.jp/e/data/stat/index.html> [Consulta: 14 de Junio de 2021]

Mi Futuro, 2020. Buscador de Carreras. [En Línea] Disponible en <https://www.mifuturo.cl/> [Consulta: 3 de enero de 2021]

Ministerio de Desarrollo Social, 2018. CASEN 2017: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional. Santiago, Chile: MIDEPLAN.

MINERGIA, 2018. Ruta Energética 2018-2022. Ministerio de Energía (MINERGIA). 70 p.

MINERGIA, 2020. Energía 2050: Política Energética de Chile. Ministerio de Energía (MINERGIA). 152p

MMA, 2018. Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2018. Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 273 p.

MINVU, 1976. Decreto con Fuerza de Ley N°458. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de abril de 1976.

MINVU, 1992. Decreto Supremo N°47. Chile. Ordenanza General de La Ley General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 19 de mayo de 1992.

MINVU, 2002. Decreto Supremo N° 10. Chile. Crea Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción y aprueba Reglamento del Registro. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 15 de enero de 2002.

MINVU, 2011a. Decreto Supremo N° 49. Chile. Aprueba Reglamento Del Programa Fondo Solidario De Elección De Vivienda. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de septiembre de 2011.

MINVU, 2011b. Decreto Supremo N° 61. Chile. Aprueba Reglamento que fija el diseño sísmico de edificios. Diario Oficial de la República. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). de Chile, Santiago, Chile, 2 de noviembre de 2011.

MINVU, 2011c. Decreto Supremo N° 1. Chile. Aprueba Reglamento del Sistema Integrado de Subsidio Habitacional y deroga el D.S. N° 40, de 2004, y el Capítulo Segundo del D.S. N° 174, DE 2005. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 21 de junio de 2011.

MINVU, 2013. Ley 20.703. Chile. Crea Y Regula Los Registros Nacionales De Inspectores Técnicos De Obra (Ito) Y De Revisores De Proyectos De Cálculo Estructural, Modifica Normas Legales Para Garantizar La Calidad De Construcciones y Agilizar Las Solicitudes Ante Las Direcciones De Obras Municipales. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 18 de octubre de 2013.

MINVU, 2015. Decreto Supremo N° 10. Chile. Aprueba Reglamento del Programa de Habitabilidad Rural. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 21 de octubre de 2015.

MINVU, 2016a. Decreto Supremo N° 19. Reglamenta Programa De Integración Social Y Territorial, Y Modifica Ds N° 1, (V. Y U.), De 2011, Reglamento Del Sistema Integrado De Subsidio Habitacional. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 17 de mayo de 2002.

MINVU, 2016b. Decreto Supremo N° 27. Chile. Aprueba el Reglamento del Programa de mejoramiento de viviendas y barrios. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 29 de julio de 2016.

MINVU, 2019. Predios habitacionales por año, 2009-2019. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). [En Línea] Disponible en <https://www.observatoriourbano.cl/estadisticas-habitacionales/>. [Consulta 14 de mayo 2020].

MINVU, 2020. Sobre MINVU. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). [En Línea] Disponible en <https://www.minvu.gob.cl/>. [Consulta 14 de mayo 2020].

Menjivar, J. 2007. Diseño y elaboración de una guía orientada a la búsqueda de la competitividad de las micro y pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de productos. En Línea <http://hdl.handle.net/11592/7025>. Trabajo para optar al título de Ingeniero Industrial.

Montecinos, H, Salinas, I., Waisberg, M., Basaezy, P., Goldsack, J., 1992. La vivienda de madera a fines del siglo XIX: Aportaciones a un proceso interrumpido de la arquitectura chilena. Proyecto FONDECYT N°1110-1992- FAU de la Universidad de Chile.

Muszynski L; Larasatie P; Guerrero, J. y Albee, R., 2020. Global CLT industry in 2020: Growth beyond the Alpine Region. Conference: Society of Wood Science and Technology (SWST) International Convention At: Virtual Conference.

NTA, 2019. Structural Insulated Panel (SIP) Testing. [En Línea] Disponible en <https://www.icc-nta.org/services/testing/sips/>. [Consulta 14 de mayo 2020].

ONU, 2020. Bases de datos. Organización de Las Naciones Unidas (ONU). [En Línea] Disponible en <https://www.un.org/es/library/page/databases> [Consulta 14 de mayo 2020].

OSF, 2019. "Number of buildings by construction material 1960-2019. Official Statistics of Finland (OSF). [en línea]. Disponible en: http://www.stat.fi/til/rakke/2019/rakke_2019_2020-05-27_tau_004_en.html [consulta: 6 de febrero 2020]

Orozco, E., 2008. Notas sobre materiales, técnicas y sistemas constructivos. En: Tecnología Construcción.Vol.24, No. 2 (mayo, 2008); [En línea]. Disponible en http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012008000200002&lng=es&nrm=is [Consulta 19 de marzo 2020].

Oyarzún, P Acevedo, J. y Fritz., A., 2011. Madera laminada. Arquitectura Ingeniería Construcción. Editorial Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera: CORMA. 239p.

Papageorgiou, S. y Massai, C, 2020. Los bosques de Chile: un pilar para el desarrollo inclusivo y sostenible. Washington, DC: Grupo del Banco Mundial. [En Línea] disponible en

<http://documents.worldbank.org/curated/en/466411591268480067/Chile-s-Forests-A-Pillar-for-Inclusive-and-Sustainable-Development> .[Consulta 19 de marzo 2020].

Planbim, 2018. [En Línea] Disponible en <https://planbim.cl/> [Consulta 24 de marzo 2020].

Programa Estratégico Mesoregional de la madera (PEM), 2016. Industria de la Madera de Alto Valor, CORFO, Informe de enero 2016 - Hoja de Ruta. 133 p.

Ramage, M.H., Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D.U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D., Allwood, J., Dupree, P., Linden, P.F. y Scherman, O., 2017. The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (1), 333–359.

Resolución Exenta N°80,2020. Del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Fija valores unitarios de construcción para aplicar en cálculo de derechos de permisos municipales 13/01/2020. *Diario Oficial de la República de Chile*, Santiago, Chile, 13 de enero de 2020.

Salvadori, V., 2017. The Development of a Tall Wood Building. Thesis for: Master in Architecture. En Línea] Disponible en https://www.researchgate.net/publication/329311346_The_Development_of_a_Tall_Wood_Buildin. [Consulta 14 de mayo 2020].

Santa María, H., 2016. En qué consiste el cambio a la D.S de construcción en madera. *Madera 21* de Corma. Disponible en: <https://www.madera21.cl/blog/2016/09/27/en-que-consiste-el-cambio-a-la-norma-chilena-de-construccion-en-madera/>. [Consulta 3 de marzo 2021].

Servicio Nacional de Aduanas, 2020. [En Línea] Disponible en <https://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/inicio.html>. [Consulta 14 de mayo 2020].

Sharp D, 1995. Engineered Wood: Manufacturing Processes Optimize Fiber Utilization & Engineering Properties. [En Línea] Disponible en https://www.forum-holzbau.com/pdf/sharp_95.pdf. [Consulta 14 de mayo 2020].

SII, 2020. Información de Catastro y Roles Semestrales de Contribuciones. Servicio de Impuestos Internos (SII) [En Línea] Disponible en https://www.sii.cl/servicios_online/1048-2569.html. [Consulta 3 de Marzo 2020].

Smyth, M., 2018. A Study of the Viability of Cross Laminated Timber for Residential Construction. [En Línea] Disponible en <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1221144/FULLTEXT01.pdf> [Consulta 3 de Marzo 2020].

Schauerte, T., 2010. Wooden house construction in Scandinavia – a model for Europe? *Proceedings of the 16th Internationales Holzbau-Forum*, Band 1, ISBN 978-3-8167-8426- 5, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2010

STA, 2017. Annual survey of UK structural timber markets Market report 2016. *Structural Timber Association (STA)* [En Línea] Disponible en www.forestryscotland.com/ [Consulta 24 de agosto 2020].

Statista, 2020. Glulam (glued and laminated) timber production. [En Línea] Disponible en <https://www.statista.com/statistics/238009/canadian-glulam-timber-production/> [Consulta 3 de marzo 2020].

CEI-Bois, 2018. Tackle Climate Change: Use Wood. The European Confederation of Woodworking Industries. 86p. [En Línea] Disponible en <https://europanel.org/wp-content/uploads/2018/09/Tackle-Climat-Change-EN.pdf>. [Consulta: 27 de mayo de 2021]

Think Wood, 2019. Structural Wood Building Systems [En Línea] Disponible en <https://www.thinkwood.com/wp-content/uploads/2019/08/Think-Wood-CEU-Structural-Wood-Building-Systems.pdf>. [Consulta 14 de mayo 2020].

Tossani, R., 2018. Japón construirá el rascacielos de madera más alto del mundo para "cuidar el medioambiente". [En Línea] Disponible en https://tn.com.ar/internacional/japon-construira-el-rascacielos-de-madera-mas-grande-del-mundo_852099/ [Consulta: 27 de mayo de 2021]

TYT, 2011. Sodimac, Easy y Construmart ya Concentran 75% de Sector Ferretero. Tuercas y Tornillos (TYT). [En Línea] Disponible en <https://tytenlinea.com/sodimac-easy-y-construmart-ya-concentran-75-de-sector-ferretero/> [Consulta: 27 de mayo de 2021]

Ugarte, J., 2020. "Quinientos Millones De Viviendas". [En Línea] Disponible en <https://www.madera21.cl/blog/2020/04/03/juan-jose-ugarte-quinientos-millones-de-viviendas/> [Consulta: 3 de Enero de 2021]

Undurraga, C., 2014. The Tradition of Wood in Chile. *Internationales Holzbau-Forum IHF*. [En Línea] Disponible en http://www.forum-holzbau.com/pdf/70_IHF_2014_Undurraga.pdf. [Consulta 19 de marzo 2020].

UNECE /FAO. 2019. Forest Products Annual Market Review, 2018-2019. UNITED NATIONS PUBLICATION. 136p.

UAI, s/f. Evolución de la productividad total de factores en Chile. Universidad Adolfo Ibáñez (UAI). [En Línea] Disponible en http://www.forum-holzbau.com/pdf/70_IHF_2014_Undurraga.pdf. [Consulta 19 de Junio 2021].

U.S. Census Bureau, 2019. Characteristics of New Housing. [En Línea] Disponible en <https://www.census.gov/construction/chars/>. [Consulta 14 de mayo 2020].

USDA, 2010. Wood Handbook: Wood as an Engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Forest Products Laboratory. 508p.

Varela, F., 2017. 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. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias, Escuela de construcción Civil. 84p.

Vogt, F. 2003. Carpentry. 5th ed. Clifton Park, NY: Thompson Delmar Learning.

Weyerhaeuser, 2021. PARALLAM® PSL BEAMS. [En Línea] Disponible en <https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/engineered-lumber/parallam-psl/parallam-psl-beams/>. [Consulta 02 de febrero 2021].

Wiegand, E. 2019. Towards a tall Woodem Built Enviromental: The impact of policy instruments on the first generations of pioneers projects. IDBS CISL, University of Cambrige.

Zilic, F., 2018. Oportunidades de manufactura avanzada para la industria de la Construcción con Madera. [En Línea] Disponible en http://ctdigital.cl/wp-content/uploads/2019/09/Estudio_Oportunidades-de-Manufactura-Avanzada-para-la-industria-de-la-construccion-en-madera_2019.pdf. [Consulta 24 de marzo 2020].

Zenteno, R., 2019. Evolución de costos de construcción y tendencias en proyectos residenciales. Presentación en Dialogo Técnico: costos en la construcción, CDT (Centro de Desarrollo Tecnológico , Cámara chilena de la Construcción CCHC)

Zhiyong, C. and Robert, R., 2010 Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials. Wood Handbook - Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: 508 p. 2010. En: https://www.fpl.fs.fed.us/search/search_action.php?phrasesAndKeywords=wood+handbook&searchmode=all&sortgroup=significance&pubyearstart=1900&pubyearend=2050&content_type=&singlebutton=. [Consulta 14 de octubre 2020].

Anexos

ANEXO 1: Otras normas relacionadas con el uso de la madera en la construcción

Normas para edificaciones no sometidas a cálculo estructural

- NCh 789 Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural

Esta norma establece una clasificación del duramen de las maderas comerciales según su durabilidad natural. Se aplica como sistema de referencia en la interpretación de los requisitos de penetración contenidos en NCh 819. Las clasificaciones son las siguientes:

Cuadro N° 42. Durabilidad de maderas de diferentes especies según NCh 789

Categoría	Madera	
	Nombre Común	Nombre Científico
1. Muy durables	Roble	<i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb) Bl.
	Ciprés de las Guaitecas	<i>Pilgerodendron uvifera</i> (D. Don)
	Alerce	<i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M. Johnst
2. Durables	Raulí	<i>Nothofagus alpina</i> (Poepp et Endl.) Oerts.
	Lenga	<i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp et Endl.) Krasser
	Lingue	<i>Persea lingue</i> (Nees)
3. Moderadamente durables	Canelo	<i>Drimys winteri</i> (Porst)
	Coigüe	<i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb) Bl.
	Tineo	<i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.
	Ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i> Cav.
4. Poco durables	Araucaria	<i>Araucaria araucana</i> Mol.
	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.
	Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i> (R. Pav.V) Tul.
	Mañío hembra	<i>Saxegothea conspicua</i> Lindl.
	Mañío Macho	<i>Podocarpus nubigena</i> Lindl.
5. No durables	Álamo	<i>Populus alba</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Populus tremuloides</i>
	Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i> (R. et Pavon)
	Pino Insigne	<i>Pinus radiata</i> D. Don.
	Tepa	<i>Laurelia philippiana</i> Looser.

- NCh 819 Madera preservada - pino radiata - Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo

Establece la clasificación de riesgo de deterioro que puede sufrir la madera de pino radiata bajo condiciones de uso por el ataque de agentes biológicos, los requisitos de retención y penetración del preservante y los criterios de muestreo.

Esta norma se aplica para la preservación de madera de pino radiata mediante procesos de impregnación industrial.

La clasificación del deterioro de esta norma se presenta en el cuadro N°43.

Cuadro N° 43. Niveles de riesgo, condiciones de uso y agentes biológicos de deterioro de madera de pino radiata según NCh 819

Nivel de riesgo de deterioro	Condición de uso	Agente biológico de deterioro (ingreso y ataque)
Riesgo 1 (R1)	Uso en interiores, sobre el nivel del suelo y ambientes secos	Insectos, incluida termita subterránea
Riesgo 2 (R2)	Uso en interiores, sobre el nivel del suelo, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados	Hongos de pudrición e insectos, incluida la termita subterránea
Riesgo 3 (R3)	Uso en exteriores o interiores, exposición a las condiciones climáticas	Hongos de pudrición e insectos, incluida la termita subterránea
Riesgo 4 (R4)	Uso en exteriores o interiores, en contacto con el suelo, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce	Hongos de pudrición e insectos, incluida la termita subterránea
Riesgo 5 (R5)	Uso en exteriores o interiores, en contacto con el suelo, componentes estructurales críticos, contacto con agua dulce	Hongos de pudrición e insectos, incluida la termita subterránea
Riesgo 6 (R6)	Uso en contacto con agua marina	Horadores marinos, hongos de pudrición e insectos, incluida la termita subterránea

- NCh 1207 Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir cada pieza de madera aserrada o cepillada, seca (con un contenido de humedad menor al 19%) de pino radiata destinada a uso estructural, que se clasifica con un procedimiento visual.

Las tolerancias dimensionales se deben ajustar a las especificaciones de la Norma NCh 2824. Dentro de esta norma se definen los siguientes tres grados estructurales:

GS: Su aplicación usual es de elemento estructural sometido a grandes solicitaciones

G1: Adecuado especialmente para vigas, pisos y entramados de techos

G2: Adecuado especialmente para tabiquerías de paredes estructurales

Las propiedades mecánicas admisibles asociadas a estos grados mecánicos se indican en la Norma NCh1198.

- NCh 1970/1 Maderas - Parte 1: Especies latifoliadas – Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la madera aserrada o cepillada proveniente de especies latifoliadas, destinada a uso estructural y que se clasifica mediante un procedimiento visual.

La clasificación y su relación con los defectos se muestra en el Cuadro N° 44.

Cuadro N° 44. Grados estructurales y tolerancia a defectos según NCh 1970/1

Defectos y especificaciones		Grado N°1	Grado N°2	Grado N°3	Grado N°4
Generales		Cada pieza debe estar correctamente aserrada de modo que superficies adyacentes sean ortogonales entre sí, cumplir con las tolerancias específicas y tener los extremos despuntados con un corte normal al eje de la pieza.			
Perforación - Pudrición - Evidencia de madera de reacción		No se aceptan	No se aceptan	No se aceptan	No se aceptan
Corteza incluida	Se aceptan trozos individuales solo en extremos de la pieza, siempre que su longitud, L, cumpla con:	No se aceptan	L ≤ 75 mm	L ≤ 150 mm	L ≤ 200 mm
	Se aceptan trozos individuales que no aparezcan en un extremo de la pieza y ubicados en una zona de 600 mm de largo medida desde dicho extremo, siempre que su longitud, L, cumpla con:	No se aceptan	L ≤ 150 mm	L ≤ 300 mm	L ≤ 400 mm
	Se aceptan trozos individuales que no aparezcan en un extremo de la pieza ni en una zona de 600 mm de largo a contar de dicho extremo y que además estén fuera de la mitad central del espesor, con tal que sus largos, L, cumplan con:	L ≤ 300 mm Separación > 300 mm	L ≤ 600 mm Separación > 300 mm	No se limitan en estos grados	
	Se aceptan trozos individuales que no aparezcan en un extremo de la pieza ni en una zona de 600 mm de largo a contar de dicho extremo y que además estén fuera de la mitad central del espesor, con tal que sus largos, L, cumplan con:	L ≤ 150 mm Separación > 300 mm	L ≤ 300 mm Separación > 300 mm	L ≤ 600 mm Separación > 300 mm	L ≤ 800 mm Separación > 300 mm
Nudos	Se aceptan nudos sanos - circulares- ovalados- y en la arista, con tal que su dimensión, d, cumpla con:	$d \leq 1/7$ del ancho de la superficie donde él aparece	$d \leq 1/4$ del ancho de la superficie donde él aparece	$d \leq 1/3$ del ancho de la superficie donde él aparece	$d \leq 3/8$ del ancho de la superficie donde él aparece

- NCh 1970/2 Maderas - Parte 2: Especies coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad

En esta normativa se establecen los requisitos se debe cumplir la madera aserrada o cepillada seca (contenido de humedad menor o igual al 20%) proveniente de especies coníferas, destinada a un uso estructural y que se clasifica con un procedimiento visual.

Las especies coníferas a las cuales se les aplica esta norma son: Alerce (*Fitzroya cupressoides*), ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uvifera*), araucaria (*Araucaria araucana*), ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), mañío hembra (*Saxegothaea conspicua*), mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna*), mañío macho (*Podocarpus nubigena*) y pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*).

La tolerancia a defectos según el grado se presenta en el Cuadro N°45.

Cuadro N° 45. Grados estructurales y tolerancia a defectos según NCh 1970/2

Defectos y especificaciones		Grado N°1	Grado N°2	Grado N°3	Grado N°4
Generales		Cada pieza debe estar correctamente aserrada de modo que superficies adyacentes sean ortogonales entre sí, cumplir con las tolerancias específicas y tener los extremos despuntados con un corte normal al eje de la pieza			
Perforación - Pudrición - Evidencia de madera de reacción		No se aceptan			
Nudo y agujero (sano, firme o suelto, circular, ovalado, aislado, en grupo, en racimo o en la arista)	Totalmente ubicado en la zona central de la cara, de ancho (W)	En: W = 0,50 a RANT ≤ 25%	En: W = 0,60 a RANT ≤ 33%	En: W = 0,75 a RANT ≤ 40%	En: W = 0,75 a RANT ≤ 50%
	En el borde de la cara	RANB ≤ 25%	RANB ≤ 40%	RANB ≤ 50%	RANB ≤ 60%
	En el canto	RANT ≤ 25%	RANT ≤ 40%	RANT ≤ 50%	RANT ≤ 60%
	Otros nudos	RAN1 ≤ 25%	RAN1 ≤ 40%	RAN1 ≤ 50%	RAN1 ≤ 60%
Acebolladura		No se acepta			Se acepta con S ≤ 3 mm, si no se extiende
Bolsillos (De corteza, resina y/o crecimiento anormales)		No se acepta	Se acepta si cada uno de ellos cumple con: L≤150 mm; S ≤ 10 mm (o un área equivalente)		
Grietas	Superficiales	Se aceptan si cada una de ellas cumple con: L ≤ 450; S≤ 1 mm		Se aceptan si: L ≤ 600; S≤ 1 mm	Se aceptan si: L ≤ 600; S≤ 2 mm
	En los extremos de la pieza	No se acepta		Se aceptan si: L ≤ a/2 y si cada extremo (ΣL ≤ 2 a) y (ΣL ≤ 200 mm) (Tomar el menor de los dos valores)	Se aceptan si: L ≤ a y si cada extremo (ΣL ≤ 2 a) y (ΣL ≤ 200 mm) (Tomar el menor de los dos valores)
Rupturas		No se aceptan		Se aceptan si: L ≤ a/2 y si cada extremo (ΣL ≤ 2 a) y (ΣL ≤ 200 mm) (Tomar el menor de los dos valores)	Se aceptan si: L ≤ a y si cada extremo (ΣL ≤ 2 a) y (ΣL ≤ 200 mm) (Tomar el menor de los dos valores)
Desviación de la fibra		≤ 1 en 15	≤ 1 en 10	≤ 1 en 8	≤ 1 en 6
Albura y mancha biológica		Se aceptan sin limitación			
Velocidad de Crecimiento		Mayor o igual que 1,6 anillos/cm		No se limita	
Arista faltante (Canto muerto)	En piezas con espesor e ≤ 38 mm	Se acepta si: d ≤ 0,15 e (en canto) d ≤ 0,15 e (en cara)		Se acepta si: d ≤ 0,25 e (en canto) d ≤ 0,25 e (en cara)	
	En piezas con espesor e > 38 mm	Se acepta si: d ≤ 0,33 e (en canto d ≤ 0,50 e (en cara)			
Madera juvenil	En piezas con ancho e ≤ 240 mm	No se acepta		Se acepta sin limitación	

Defectos y especificaciones		Grado N°1	Grado N°2	Grado N°3	Grado N°4
	En piezas con ancho e > 240 mm	Se acepta sin médula y si además: i) ocurre solo en 1/3 central del ancho de la pieza ii) El ancho máximo de los anillos de crecimiento es igual o menor que 6 mm	Se acepta con médula y si además: i) ocurre solo en 1/3 central del ancho de la pieza ii) El ancho máximo de los anillos de crecimiento es igual o menor que 6 mm	Se acepta sin limitación	

• NCh 1989 Maderas - Agrupamiento de especies madereras según su resistencia - Procedimiento

Esta norma establece el procedimiento que se debe cumplir para agrupar las especies madereras que crecen en Chile, de acuerdo al promedio aritmético de las resistencias obtenidas en ensayos normalizados de probetas libres de defectos.

Esta norma aplica tanto a maderas coníferas como latifoliadas. Esta norma establece prescripciones que se aplican a las propiedades resistentes obtenidas de madera en estado verde (contenido de humedad mayor o igual al 30%) y a las provenientes de madera en estado seco (contenido de humedad del 12%).

Cuadro N°46. Grados estructurales de maderas de distintas especies según NCh 1989

Nombre común	Nombre botánico	Grupo estructural en estado seco según NCh 1989
Alerce	<i>Fitzroya cupressoides</i>	ES5
Ciprés de las Guaitecas	<i>Pilgerodendron uvifera</i>	ES6
Araucaria	<i>Araucaria araucana</i>	ES4
Ciprés de la Cordillera	<i>Austrocedrus chilensis</i>	ES5
Mañío Hembra	<i>Saxogothea conspicua</i>	ES6
Mañío Hojas Largas	<i>Podocarpus saligna</i>	ES4
Mañío Macho	<i>Podocarpus nubigena</i>	ES5
Pino Oregón	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	ES5

Normas para cálculo estructural

Cuadro N° 47. Normas Técnicas utilizadas para los cálculos estructurales de las edificaciones según la OGUC

NORMA	TÍTULO
NCh 169	Ladrillos cerámicos – Clasificación y requisitos.
NCh 181	Bloques huecos de hormigón de cemento.
NCh 203	Acero para uso estructural – Requisitos.
NCh 204	Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.
NCh 205	Acero – Barras reviradas para hormigón armado.
NCh 211	Barras con resaltes en obras de hormigón armado.
NCh 218	Acero – Mallas de acero de alta resistencia para hormigón armado – Especificaciones.
NCh 219	Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado.
NCh 427	Construcción – Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero.
NCh 428	Ejecución de construcciones en acero.
NCh 429	Hormigón Armado – Primera parte. NCh 430 Hormigón Armado – Segunda parte.
NCh 431	Construcción - Sobrecargas de nieve.
NCh 432	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
NCh 433	Diseño sísmico de edificios.
NCh 434	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.
NCh 1159	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación para construcción.
NCh 1173	Acero – Alambre liso o con entalladuras de grado AT56–50H, para uso en hormigón armado - Especificaciones.
NCh 1174	Construcción – Alambre de acero liso o con entalladuras, de grado AT56 – 50H en forma de barras rectas - Condiciones de uso en el hormigón armado.
NCh 1198	Madera - Construcciones en madera – Cálculo.
NCh 1537	Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
NCh 1928	Albañilería armada – Requisitos para el diseño y cálculo.
NCh 1990	Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
NCh 2123	Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo.
NCh 2151	Madera laminada encolada estructural – Vocabulario.
NCh 2165	Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata.
NCh 2369	Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales.
NCh 2577	Construcción – Barras de plástico reforzado con fibras de vidrio, fibras de carbono y fibras arámidas - Requisitos

Se destacan cuatro normas específicas en el ámbito de la madera: NCh 1198, NCh 1990, NCh 2151 y NCh 2165. Estas se describen brevemente a continuación.

- NCh 1198 Madera - Construcciones en madera – Cálculo

Esta norma establece los 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. Su aplicación es sobre la estructura de edificaciones corrientes de madera, elementos estructurales de maderas en construcciones mixtas, andamiajes, moldajes, entibaciones, puentes, postes de madera, etc. La norma, además, posee una sección de Consideraciones de Diseño, la cual establece las bases que debe tener el diseño, las cargas y combinaciones de estas, el contenido de humedad y la documentación de los proyectos.

En otro capítulo se establecen las tensiones admisibles y módulos elásticos para la madera aserrada, las cuales varían dependiendo de la humedad de la madera y de la calidad de la pieza. Así mismo se establecen consideraciones para el dimensionado de piezas en función de las restricciones físicas que deben cumplir como también las de las uniones de madera estructural. Finalmente, se mencionan las

características que debe cumplir la madera laminada encolada con respecto a sus propiedades físico mecánicas y de adhesivos que se utilizan en su fabricación.

- NCh 1990 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural

Se establecen doce clases estructurales para la madera, cada una de las cuales contiene valores para las tensiones admisibles de flexión, compresión paralela, tracción paralela, cizalle y para el módulo de elasticidad en flexión. Cada clase estructural definida en esta norma puede ser asignada a piezas pertenecientes a una determinada especie maderera, clasificadas visual o mecánicamente de acuerdo a su resistencia. Las tensiones admisibles definidas en esta norma son aplicables a maderas destinadas a uso estructural. Las clases estructurales y sus correspondientes propiedades mecánicas son los siguientes:

Cuadro N° 48. Clases estructurales y propiedades mecánicas NCh 1990

Clase Estructural	Tensiones admisibles (Mpa)				Módulo de Elasticidad de la flexión (MPa)
	Flexión	Compresión paralela	Tracción paralela 0,6 Flex	Cizalle	
f34	34.5	26.0	20.7	2.45	18,150
f27	27.5	20.5	16.5	2.05	15,000
f22	22.0	16.5	13.2	1.70	12,600
f17	17.0	13.0	10.2	1.45	10,600
f14	14.0	10.5	8.4	1.25	9,100
f11	11.0	8.3	6.6	1.05	7,900
f8	8.6	6.6	5.2	0.86	6,900
f7	6.9	5.2	4.1	0.72	6,100
f5	5.5	4.1	3.3	0.62	5,500
f4	4.3	3.3	2.6	0.52	5,000
f3	3.4	2.6	2.0	0.43	4,600
f2	2.8	2.1	1.7	0.36	4,350

- NCh 2151 Madera laminada encolada estructural – Vocabulario

En esta norma se establecen las definiciones de los términos en relación con madera laminada encolada y estructural que se emplean comúnmente en las áreas de construcción, industrialización y comercialización, para descripción del producto, así como en su proceso de fabricación.

- NCh 2165 Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata

Este documento establece el procedimiento para determinar las tensiones admisibles que se deben asignar a la madera laminada encolada estructural. Se consideran las tensiones de flexión, tracción y compresión paralela a la fibra, módulo de elasticidad en flexión, cizalle horizontal, tracción y compresión normal a la fibra. La metodología establecida es válida de aplicar solo si la madera aserrada destinada a la fabricación de madera laminada es pino radiata y se clasifica en los grados establecidos en la norma NCh2150.

Por otro lado, la norma no incluye los requerimientos para fabricar, inspeccionar y certificar la calidad de la madera laminada de pino radiata, pero, con el fin de justificar las tensiones admisibles que entrega el procedimiento específico, la fabricación debe cumplir con los requisitos que se incluyen en la norma NCh2148. Las tensiones admisibles que se obtienen mediante esta norma se deben aplicar para condiciones de uso seco (promedio 12%) cuyo contenido de humedad permanece en servicio con valores individuales menores a 16%. Si las condiciones de uso implican que la humedad de la madera

alcanza valores iguales o mayores que 16%, se deben efectuar las modificaciones que se especifican a continuación.

Cuadro N° 49. Tensiones admisibles y factores de ajuste para condiciones de servicio húmedo, H>16%

Tensión admisible	Factor de ajuste para condiciones de servicio húmedo
Flexión	0,800
Compresión paralela a la fibra	0,730
Tracción paralela a la fibra	0,800
Módulo de Elasticidad	0,833
Cizalle	0,875
Compresión normal a la fibra	0,667
Tracción normal a la fibra	0,875

(Fuente: NCh 2165)

Otras normas técnicas, de uso voluntario, relacionadas con la madera y/o productos de madera son:

NCh174:2007	Maderas - Unidades, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones
NCh177:1973	Madera - Planchas de fibra de madera - Especificaciones
NCh178:2005	Madera aserrada de pino radiata - Clasificación por aspecto
NCh351/3:2002	Construcción - Escalas - Parte 3: Requisitos para las escalas de madera
NCh354:2004	Hojas de puertas lisas de madera - Requisitos generales
NCh355:1957	Ventanas de madera
NCh356:1962	Parquet
NCh630:1998	Madera - Preservación - Terminología
NCh724:1979	Paneles a base de madera - Tableros - Vocabulario
NCh760:1973	Madera - Tableros de partículas - Especificaciones
NCh761:1980	Paneles a base de madera - Tableros - Determinación de las dimensiones y de la forma
NCh762:1976	Planchas y tableros a base de madera - Determinación del contenido de humedad
NCh775:1980	Paneles a base de madera - Tableros - Extracción de muestras y probetas y determinación de las dimensiones de las probetas
NCh790:2012	Madera - Preservación - Clasificación, composición y requisitos de los preservantes para madera
NCh792:1981	Paneles a base de madera - Tableros - Determinación de la densidad
NCh793:1973	Madera - Planchas y tableros lignocelulósicos - Determinación de la absorción de agua y del hinchamiento después de la inmersión en agua
NCh794:1973	Madera - Planchas y tableros lignocelulósicos - Determinación de la resistencia a la flexión
NCh795:1979	Tableros de partículas - Determinación de la tracción perpendicular al plano
NCh968:1986	Madera - Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades
NCh969:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Condiciones generales para los ensayos
NCh973:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de compresión paralela
NCh974:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de compresión perpendicular a las fibras
NCh975:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de tracción perpendicular a las fibras
NCh976:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de cizalle paralelo a las fibras
NCh977:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de clivaje
NCh978:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de dureza
NCh979:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de extracción de clavo
NCh980:2007	Madera - Determinación de la contracción e hinchamiento volumétrico
NCh986:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de tenacidad
NCh987:1986	Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de flexión estática
NCh993:1972	Madera - Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación
NCh999:1999	Andamios de madera de doble pie derecho - Requisitos
NCh1320:1977	Madera destinada a preservación - Requisitos

NCh1438:1996	Madera preservada - Preparación de la muestra, por incineración húmeda, para análisis químico
NCh1439:1995	Madera - Preservación - Preservantes hidrosolubles - Análisis químico clásico
NCh1969/1:2010	Maderas - Especies latifoliadas - Clasificación visual por despiece o aprovechamiento - Parte 1: Madera aserrada o cepillada proveniente de bosques secundarios nativos de las especies coigüe, raulí y roble
NCh1969:2008	Madera - Especies latifoliadas - Clasificación visual por despiece o aprovechamiento
NCh2059:1999	Madera - Tableros de fibra de densidad media y tableros de partículas - Determinación del contenido de formaldehído - Método de extracción denominado del perforador
NCh2093:2002	Madera - Tableros de fibra de densidad media y tableros de partículas - Límites del contenido de formaldehído total extraíble
NCh2100:2003	Madera - Molduras - Designación, perfiles y dimensiones
NCh2122:2000 Mod. 2004	Maderas - Postes de pino radiata - Especificaciones y dimensiones
NCh2149:1989	Madera - Madera aserrada - Determinación del módulo de elasticidad en flexión - Método de ensayo no destructivo
NCh2284:1995	Maderas - Preservantes - Métodos de muestreo
NCh2957/0:2006	Madera - Material de propagación de uso forestal - Parte 0: Producción y comercialización
NCh2957/1:2006	Madera - Material de propagación de uso forestal - Parte 1: Requisitos generales para Pino radiata
NCh2957/2:2006	Madera - Material de propagación de uso forestal - Parte 2: Requisitos generales para <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Eucalyptus nitens</i>
NCh2957/4:2006	Madera - Material de propagación de uso forestal - Parte 4: Requisitos generales para pino oregon
NCh2957/5:2006	Madera - Material de propagación de uso forestal - Parte 5: Requisitos generales para raulí
NCh2999:2006	Maderas - Madera aserrada de álamo - Requisitos
NCh3003:2006	Adhesivos - Adhesivos para madera de chapas laminadas de uso exterior (uso húmedo) - Requisitos y métodos de ensayo
NCh3004:2006	Madera - Métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas de madera de chapas laminadas para uso estructural
NCh3005:2006	Madera - Evaluación estructural de madera de chapas laminadas
NCh3028/2:2008	Madera estructural - Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera clasificada por su resistencia - Parte 2: Muestreo y evaluación de los valores característicos de piezas en tamaño estructural
NCh3028/1:2006	Madera estructural - Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera clasificada por su resistencia - Parte 1: Métodos de ensayo en tamaño estructural
NCh3053:2007	Madera - Determinación del hinchamiento radial y tangencial
NCh3060:2007	Preservantes de la madera - Determinación de la eficacia contra termitas subterráneas - Método de laboratorio
NCh3065:2007	Madera - Especies latifoliadas - Madera para muebles - Requisitos y clasificación
NCh3079:2007	Madera - Uniones realizadas con elementos de unión mecánicos - Determinación de las características de resistencia y deformación - Principios generales
ISO 6891:1983	Adhesivos - Clasificación de adhesivos termoplásticos para madera de uso no estructural
NCh3112:2008	Adhesivos - Clasificación de adhesivos termoplásticos para madera de uso no estructural
NCh3177:2008	Madera-Plástico - Determinación de propiedades físicas y mecánicas - Métodos de ensayo
NCh3222:2010	Madera - Especies latifoliadas - Clasificación visual de árboles en pie de bosques secundarios nativos de las especies coigüe, raulí y roble
NCh3223:2010	Maderas - Especies latifoliadas - Clasificación visual de trozas provenientes de bosques secundarios nativos de las especies coigüe, raulí y roble
NCh3226:2010	Madera - Bosques secundarios nativos de las especies coigüe, raulí y roble - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
NCh3390:2015	Madera - Metodología de medición de emisión de formaldehído por micro cámara
NCh3391:2015	Madera - Tableros de fibra y tableros de partículas - Límite máximo de emisión de formaldehído

ANEXO 2: Consideraciones técnicas para componentes de madera en la construcción

Itemizado técnico del fondo solidario de elección de vivienda D.S. 49 de 2011 (Resolución Exenta N°7713 del 16/07/2017 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Muros y Elementos Estructurales con Entramados de Madera

- Solo se aceptan maderas estructurales según las siguientes clasificaciones: Pino radiata o insigne grados G1, G2, C24 y C16. Otras especies deben ser clasificadas de acuerdo a lo dispuesto en la normativa correspondiente.
- Reticulados de madera no durables definidos en la OGUC deben considerar impregnación, según especies, la que debe estar acreditada mediante informe de ensayo.
- Escuadrias mínimas nominal para entramados de madera de 2" x 3", avalados por cálculo.
- La distancia máxima entre pies derechos será de 60 cm. Para distancias mayores debe presentarse ensayo de impacto del panel. SERVIU podrá exigir riostras y/o cadenetas entre pies derechos de la misma escuadría especificada para éstos, siempre y cuando el cálculo no indique lo contrario.
- Las tabiquerías deben considerar forros por ambas caras, que cumplan con los requisitos de resistencia al fuego, aislación acústica y térmica. Se debe considerar sello entre encuentros de distinta materialidad, en los que se generen separaciones.
- Los tabiques estructurales deben considerar refuerzos en encuentros de las soleras superiores.
- Barrera contra humedad bajo revestimiento exterior. La solución que se adopte debe permitir que el vapor de agua interior pueda salir al exterior. Se debe asegurar la continuidad en la instalación de la barrera.
- Se debe consultar un sello bajo las soleras inferiores u otra solución que impida el ingreso del viento.
- Se debe contemplar barrera en el suelo contra termitas, cuando los muros estructurales estén concebidos en base a elementos de madera en aquellas comunas o zonas donde se hayan detectado dichos insectos.

Estructura de entramados horizontales de madera

- Para el caso de madera estructural se deberá cumplir con alguno de los siguientes grados estructurales: GS, G1, G2, C16, C24, MGP10, MGP12 y para las otras especies según lo establecido en las normas NC1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas según NCh1198).
- Reticulados de maderas no durables, indicados en la ordenanza deben considerar impregnación según especies, de acuerdo a exigencias de la norma.
- Las verificaciones de cálculo se deben realizar de acuerdo a las dimensiones establecidas en la NCh2824 o NCh174 según corresponda, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- El vano de la caja de escalera debe quedar contenida entre piezas de la misma sección del envigado como mínimo.
- Las piezas que se afiancen o queden en contacto con zonas de hormigón, deben considerar la colocación de una barrera contra la humedad.
- Los pisos ventilados, es decir separados del suelo, deben cumplir con la transmitancia térmica según lo indicado en ítem 1.6.2. Acondicionamiento Térmico y 1.6.4 Condiciones de Seguridad Contra Incendios, del presente Itemizado Técnico.
- Se debe acreditar impregnación de la madera en obra, mediante informe de ensayo emitido por un laboratorio inscrito en los registros del MINVU.

Estructura de Techumbre de Madera

- Para el caso de madera estructural se deberá cumplir con alguno de los siguientes grados estructurales: GS, G1, G2, C16, C24, MGP10, MGP12 y para las otras especies según lo establecido en las normas NC1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas según NCh1198).
- Reticulados de maderas no durables, indicados en la ordenanza deben considerar impregnación según especies, de acuerdo a exigencias de la norma.
- Costaneras de madera de sección mínima de 2 x 2 de acuerdo a NCh2824 o NCh174 según corresponda y tapacanes de madera de 1" de espesor y placas según recomendaciones del fabricante.
- Las verificaciones de cálculo se deben realizar de acuerdo a las dimensiones establecidas en la NCh2824 o NCh174 según corresponda, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- Las piezas que se afiancen o queden en contacto con zonas de hormigón, deben considerar la colocación de una barrera contra la humedad.
- Ángulo de inclinación de techumbre no inferior a los mínimos establecidos en la norma, salvo en los casos en que el material de cubierta utilizado permita otra solución y previo Vº Bº SERVIU.
- En caso de cerchas prefabricadas, el acopio de éstas debe velar por su indeformabilidad y deberán ser resguardadas de los agentes climáticos que la puedan afectar.

Itemizado técnico de obras para proyectos asociados al capítulo primero: Proyectos para el equipamiento comunitario, del programa de mejoramiento de viviendas y barrios regulado por el D.S. nº 27 de 2016 (Resolución Exenta Nº 2166, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Ítem Obra Gruesa

Muros y elementos estructurales con entramados verticales de madera

- Para el caso de madera estructural se deberá cumplir con alguno de los siguientes grados estructurales: GS, G1, G2, C16, C24, MGP10, MGP12 y para las otras especies según lo establecido en las normas NCh1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas según NCh1198).
- Las piezas de madera no durables definidas en la OGUC deben considerar impregnación según especies de acuerdo a la norma NCh819, la que debe estar acreditada mediante informe del laboratorio inscrito en los registros del MINVU.
- La dimensión de las escuadrías mínimas nominal para entramados de madera es de 2 x 3 de acuerdo a las dimensiones estipuladas en la norma NCh2824 o NCh174 según corresponda, salvo estructuras especiales avaladas por cálculo y aprobadas por SERVIU.
- La distancia máxima entre pies derechos deberá ser definida de acuerdo a proyecto de estructuras y no podrá ser superior a 60 cm. Excepcionalmente, para distancias mayores debe presentarse ensayo de impacto del panel. SERVIU podrá exigir riostras y/o cadenetas entre pies derechos de la misma escuadría especificada para éstos, siempre y cuando el cálculo no indique lo contrario.
- Las verificaciones de cálculo se deben realizar de acuerdo a las dimensiones establecidas en la NCh2824 o NCh174 según corresponda, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- Las tabiquerías deben considerar revestimiento por ambas caras, que cumplan con los requisitos de resistencia al fuego, aislación térmica y acústica. Se debe considerar sello entre encuentros de distinta materialidad, en los que se generen separaciones.
- En zonas húmedas, se debe considerar sellos impermeables entre placas, revestimiento de terminación impermeabilizante y sello de neopreno del tipo compriband bajo solera.
- Las piezas de madera asentadas sobre hormigón deben llevar una barrera a la humedad con retorno de 3 cm por ambos costados de la solera.

- Los tabiques estructurales deben considerar refuerzos en encuentros de las soleras superiores.
- Barrera contra humedad bajo revestimiento exterior. La solución que se adopte debe permitir que el vapor de agua interior pueda salir al exterior. Se debe asegurar la continuidad en la instalación de la barrera.
- Se debe consultar un sello bajo las soleras inferiores u otra solución que impida el ingreso del viento.
- Se debe contemplar barrera contra termitas en el suelo, cuando los muros estructurales estén concebidos en base a elementos de madera en aquellas comunas o zonas donde se haya detectado dichos insectos.
- Conforme al tipo de revestimiento a utilizar, se debe consultar fijaciones y distanciamientos según recomendación del fabricante.
- En los casos en que existan muros frontones, estos deben considerar las mismas características de los muros exteriores.

Tabiques no Estructurales.

- Las piezas de madera no durables definidos en la OGUC deben considerar impregnación según especies de acuerdo a la norma NCh819, la que debe estar acreditada mediante informe del laboratorio inscrito en los registros del MINVU.
- En estructuras de madera, el mínimo nominal será de 2 x 2 de acuerdo a NCh2824 o NCh174 según corresponda.
- Las tabiquerías deben considerar revestimiento por ambas caras.
- En obra, se debe acreditar la impregnación de la madera mediante informe de ensayo emitido por un laboratorio inscrito en los registros del MINVU.
- Todos los elementos que se encuentren expuestos al exterior, deben quedar protegidos contra agentes medio ambientales.

Estructura de entramados horizontales de madera

- Para el caso de madera estructural se deberá cumplir con alguno de los siguientes grados estructurales: GS, G1, G2, C16, C24, MGP10, MGP12 y para las otras especies según lo establecido en las normas NCh1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas según NCh1198).
- Reticulados de maderas no durables, indicados en la OGUC deben considerar impregnación según especies, de acuerdo a exigencias de la norma.
- Las verificaciones de cálculo se deben realizar de acuerdo a las dimensiones establecidas en la NCh2824 o NCh174 según corresponda, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- Las piezas que se afiancen o queden en contacto con zonas de hormigón, deben considerar la colocación de una barrera contra la humedad.
- Los pisos ventilados, es decir separados del suelo, deben cumplir con la transmitancia térmica según lo indicado en los puntos "1.2.2. Acondicionamiento Térmico" y "1.2.5. Condiciones de Seguridad Contra Incendios", de la Parte III del presente Itemizado Técnico.
- En obra, se debe acreditar la impregnación de la madera mediante informe de ensayo emitido por un laboratorio inscrito en los registros del MINVU.

Estructura de techumbre de madera

- Para el caso de madera estructural se deberá cumplir con alguno de los siguientes grados estructurales: GS, G1, G2, C16, C24, MGP10, MGP12 y para las otras especies según lo establecido en las normas NCh1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas según NCh1198).
- Reticulados de maderas no durables, indicados en la OGUC deben considerar impregnación según especies, de acuerdo a exigencias de la norma. . Costaneras de madera de sección

mínima de 2 x 2 de acuerdo a NCh2824 o NCh174 según corresponda y tapacanes de madera de 1" de espesor y placas según recomendaciones del fabricante.

- Las verificaciones de cálculo se deben realizar de acuerdo a las dimensiones establecidas en la NCh2824 o NCh174 según corresponda, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- Las piezas que se afiancen o queden en contacto con zonas de hormigón, deben considerar la colocación de una barrera contra la humedad.
- Ángulo de inclinación de techumbre no inferior a los mínimos establecidos en la norma, salvo en los casos en que el material de cubierta utilizado permita otra solución y previo Vº Bº SERVIU.
- En caso de cerchas prefabricadas, el acopio de éstas debe velar por su indeformabilidad y deberán ser resguardadas de los agentes climáticos que la puedan

Ítem Mejoramiento de mobiliario urbano

Corresponden a obras destinadas a la reparación, reposición y/o instalación de mobiliario urbano, tales como bancas, cicleros, juegos infantiles, máquinas de ejercicio y luminaria peatonal, entre otros de similar naturaleza.

Mobiliario con elementos de madera

- Se recomienda utilizar maderas muy durables y durables según la clasificación definida en la NCh 789-1. En cualquier caso, las piezas de madera deberán considerar protección libre de tóxicos, contra la humedad y agentes externos.
- En caso de utilizar maderas de categoría 5, según la clasificación del Art.5.6.8 OGUC, estas deberán estar impregnadas de acuerdo a lo establecido en la NCh 819.
- No deberán presentar ningún tipo de anomalías (fendas, pudriciones, etc.) que incidan negativamente, tanto en su aspecto estético como en la resistencia físico mecánica.
- Las salidas de pernos deben ser avellanadas y retapadas con sellador, para evitar la exposición de superficies cortantes.
- Todos los elementos deberán tener superficies lisas y sin astillas que puedan causar daños a los usuarios.
- En contacto con suelo natural y/o elementos que impliquen transferencia de humedad, se deberá considerar sellado antihumedad.
- Los elementos de madera a la vista deberán ser protegidos y revestidos de acuerdo a lo señalado en el punto "2.5.2. REVESTIMIENTOS", de la Parte III del presente instrumento.

Cuadro normativo de estándar técnico de habitabilidad rural del programa de habitabilidad rural D.S N° 10 de 2015 (Resolución Exenta 3129, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

Elementos verticales estructurales: Muros y Elementos con Entramados de Madera.

- Reticulados de madera no durables de acuerdo a Art. N° 5.6.8 de la OGUC deberán considerar impregnación (NCh 819-IPV) según especies.
- Se aceptarán maderas de los siguientes grados estructurales: Grado G2 en pino radiata o superior, debiendo cumplir con lo establecido en la NCh 1198. En otras especies se permitirá Grado N° 4, clasificadas de acuerdo a lo dispuesto en NCh 1970/1, NCh 1970/2, según corresponda.
- Escuadrías mínimas nominal para entramados de madera de 2" x 3", avalados por cálculo. Otras escuadrías para entramados de madera menores serán avaladas por el ingeniero calculista o cumplir con las condiciones mínimas de elementos de construcción de madera no sometidos a cálculo de estabilidad del Capítulo 6 del Título 5 de la OGUC.

- Las verificaciones de cálculo se deberán realizar sobre la base de secciones efectivas, considerando aquellos elementos que poseen, procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- Distancia máxima entre pies derechos de 0,60 m. Para distancias mayores deberá presentarse ensayo de impacto del panel, según norma. En cualquier caso, Serviu podrá exigir riostras entre pies derechos de la misma escuadría especificada para estos siempre y cuando el cálculo no indique lo contrario.
- Costaneras de madera de sección mínima bruta de 2" x 2" y tapacanes de 1" de espesor.
- Las piezas de madera asentadas sobre hormigón deben llevar una barrera a la humedad con retorno de 3 cm por ambos costados de la solera.
- Los tabiques estructurales deben considerar refuerzos en encuentros de las soleras superiores.
- Las tabiquerías deben considerar forros por ambas caras.
- En los casos en que en el diseño de la vivienda existan muros frontones, estos deben considerar las mismas características del muro envolvente.
- Barrera contra humedad bajo revestimiento exterior. La solución que se adopte debe permitir que el vapor de agua interior pueda salir al exterior. Se debe asegurar la continuidad en la instalación de la barrera.
- En zonas húmedas se debe considerar sellos impermeables entre placas, revestimiento de terminación y sello de neopreno del tipo compriband bajo solera.
- Se debe consultar un sello bajo las soleras inferiores u otra solución que impida el ingreso del viento.
- Se deberá contemplar barrera en el suelo contra termitas cuando los muros estructurales estén concebidos en base a elementos de madera en aquellas comunas donde se haya detectado dichos insectos.
- El acopio de la madera debe considerar las condiciones climáticas del lugar y velar por mantener el nivel de humedad óptimo, que permita asegurar la estabilidad y durabilidad del material en obra. Adicionalmente, los lotes deben contar con certificación respecto de su calidad estructural.

Elementos horizontales estructurales: Entramados de Madera.

- Reticulados de madera no durables de acuerdo a Art. N° 5.6.8 de la OGUC deberán considerar impregnación (NCh 819-IPV) según especies.
- Se aceptarán maderas de los siguientes grados estructurales: Grado G2 en pino radiata o superior, debiendo cumplir con lo establecido en la NCh 1198.
- En otras especies se permitirá grado N° 4, clasificadas de acuerdo a lo dispuesto en NCh 1970/1, NCh 1970/2, según corresponda.
- Las verificaciones de cálculo se deben realizar sobre la base de secciones efectivas, considerando aquellos elementos que poseen, procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.
- El vano de la caja de escalera debe quedar contenido entre piezas de la misma sección del envigado como mínimo.
- Las piezas que se afiancen o queden en contacto con zonas de hormigón, deben considerar la colocación de una barrera contra la humedad.
- Los pisos ventilados, es decir separados del suelo, deben cumplir con la transmitancia térmica según lo indicado en este estándar técnico

Estructuras de techumbre: Estructuras con entramado de madera.

- Reticulados de madera no durables de acuerdo a Art. N° 5.6.8 de la OGUC deberán considerar impregnación (NCh 819-IPV) según especies.
- Se aceptarán maderas de los siguientes grados estructurales 1198.

- En otras especies se permitirá grado N° 4, clasificadas de acuerdo a lo dispuesto en NCh 1970/1, NCh 1970/2, según corresponda. "Escuadrías mínimas nominal para entramados de madera avalados por cálculo o para sitio residente podrían cumplir con OGUC Art 5.6.10 como mínimo.
- Las verificaciones de cálculo se deberán realizar sobre la base de secciones efectivas, considerando aquellos elementos que poseen procesos de cepillado y perforaciones para las pasadas de instalaciones, cuando corresponda.

Conforme al tipo de revestimiento a utilizar, se debe consultar fijaciones y distanciamientos según recomendación del fabricante.

Elementos no estructurales (tabiques).

Generalidades sobre los elementos no estructurales:

- Las tabiquerías deben considerar forros por ambas caras.
- Las soluciones de base de revestimiento para todas las zonas de la vivienda, deben ser de calidad garantizada, el SERVIU deberá asegurarse de esto en el proyecto respectivo.
- En caso de consultarse tabiques no estructurales que den hacia el exterior de la vivienda, se debe considerar barrera contra humedad bajo revestimiento exterior.
- La solución debe ser continua y permitir que el vapor de agua interior pueda salir al exterior. Se debe además consultar un sello bajo las soleras inferiores u otra solución que impida el ingreso del viento desde el exterior.
- Todos los elementos que se encuentren expuestos al exterior, deben quedar protegidos contra agentes medio ambientales.
- En zonas húmedas se debe considerar sellos impermeables entre placas y revestimiento de terminación impermeabilizante
- Deben cumplir con todos los requerimientos técnicos de acondicionamiento térmico, fuego y acústico, cuando corresponda.
- Las tabiquerías deben considerar forros por ambas caras. Se debe considerar sello entre encuentros de distinta materialidad en los que se generen separaciones.
- En tabiques de madera en zonas húmedas, deben consultar todas sus piezas impregnadas y las piezas en contacto con la ducha y soleras inferiores deben impermeabilizarse.

Elementos no estructurales de madera:

- Reticulados de maderas no durables, definidos en la OGUC deben considerar impregnación según especies. Reticulados de madera mínimo nominal de 2" x 2".

ANEXO 3: Características de las viviendas sociales de la comuna de Buin, Región Metropolitana, construidas con sistema industrializado en madera (González, 2008).

- Base de pavimentos y radier: Se utilizó relleno estabilizado según plano de cálculo, compactado mecánicamente y nivelado.
- Tabiques perimetrales: Están conformados por estructura de pino radiata impregnado de 45 x 70 mm según plano de cálculo. Por su cara exterior se encuentran revestidos con planchas de aglomerado estructural tipo OSB de 11,1 mm de espesor, impregnado con borato de zinc, acabado de superficie exterior impermeabilizado y texturado, imitación madera, instalados verticalmente. Por su cara interior, sólo en el primer piso, se revistieron, en zonas secas, con plancha de yeso-cartón de 10 mm de espesor clavados en la estructura y con plancha fibrocemento de 4 mm en zonas húmedas fijadas a la estructura con tornillos autoperforantes. En el segundo piso no se contempla revestimiento interior.
- Tabiques interiores: La estructura se ejecutó con perfiles de fierro galvanizado de 38 mm de ancho y de 0,5 mm de espesor, tipo Tabigal o similar. El revestimiento en las zonas húmedas, de baño y cocina, se realizó con planchas fibrocemento de 4 mm fijada a la estructura mediante tornillos autoperforantes. En las zonas secas, dormitorios y otros, se revistió con planchas de yeso-cartón de 8 mm de espesor, las que se fijaron a la estructura con tornillos autoperforantes.
- Tabique medianero: La estructura se realizó con pino radiata impregnado de 45 x 70 mm de espesor y se revestirá por ambas caras con dos planchas de yeso-cartón de 10 mm que se instalarán traslapadas y pegadas entre sí.
- Estructura de techumbre: En el segundo piso, está conformada por casetones prefabricados con Pino Radiata impregnado de escuadría y distanciamientos, según plano de cálculo. En el primer piso, sobre la cocina se consultan cerchas prefabricadas con conectores metálicos tipo Gang nail y costaneras de pino de 2" x 2" según cálculo. La cubierta consiste en planchas de fierro galvanizado o zincalum de 0.4 mm de espesor onda estándar, atornilladas directamente a las cadenas de los casetones. Previo a la instalación de las planchas se instaló fieltro asfáltico para evitar condensación. La cumbrera es de fierro galvanizado o Zincalum de 0.4 mm de espesor, fijado a la última costanera mediante tornillos galvanizados de 2, 5 x 12" con golilla plana y golilla de neopreno. Deberá traslapar 20 cm mínimo con la última hilera de planchas.
- Aleros: Están formados por la prolongación de los casetones de la techumbre y tendrán 40 cm hasta el borde de la plancha de cubierta. Los tapacanes, en el segundo piso, están formados por la continuidad de la pieza de cierre de los casetones. En el primer piso, que lleva cerchas, considera tapacán de pino impregnado de 1,5" x 4".
- Frontones: En el segundo piso están formados por la prolongación de los paramentos que conforman las fachadas anterior y posterior. En el primer piso, se considera sobre tabique de Pino de 2" x 2" revestido con plancha de fibrocemento de 4 mm de espesor.
- Aislación térmica: En los tabiques perimetrales, sólo del primer piso, se consulta la colocación de plancha de poliestireno expandido de 26 mm de espesor, densidad 10 kg/m³, colocado entre la estructura de los paneles. En el cielo del primer piso, solamente en la zona de un piso, se consulta la colocación de plancha de poliestireno expandido de 80 mm de espesor, densidad 10 kg/m³. El mismo material se consulta en el segundo piso, colocado directamente bajo la cubierta.

- Revestimiento interior: Revestimiento de linóleo de 0,7 mm de espesor en los paramentos que conforman el nicho de la ducha.
- Cielos: En el primer piso, solamente sobre la zona no cubierta por los casetones de entrepiso, se ubican planchas de yeso-cartón de 10 mm de espesor, clavada a suplido de Pino de 1,5" x 2". El resto de los recintos (estar-comedor y dormitorio) consultan el envigado de los casetones a la vista y sobre ellos la plancha de aglomerado OSB que constituye el piso del segundo nivel. En el segundo piso, bajo la cubierta no se consulta cielo.
- Entramado de entrepiso: Están formados por casetones de pino radiata impregnado de acuerdo a plano de cálculo, revestidos por su cara superior con plancha de aglomerado OSB de 15 mm de espesor como base de pavimento para la futura habilitación del segundo piso. Se deberá consultar únicamente pavimento flexible tales como flexit, linóleo para piso o cubre pisos (alfombra).
- Terminaciones de pisos: En todos los recintos del primer piso con la excepción de la zona de ducha, se consulta la instalación de piso vinílico de 1,4 mm de espesor.



Creando Valor Forestal para Chile

INSTITUTO FORESTAL

SEDE DIAGUITA Juan Georgini Runi 1507, La Serena. Fono (56-51) 2362600

SEDE METROPOLITANA Sucre 2397, Ñuñoa. Casilla 3085, Santiago. Fono (56-2) 23667100

SEDE BIOBÍO Camino Coronel Km. 7,5 Concepción. Casilla 109 C, Concepción. Fono (56-41) 2853260

SEDE LOS RÍOS Fundo Teja Norte s/n, Valdivia. Casilla 385, Valdivia. Fono (56-63) 2335200

SEDE PATAGONIA Camino Coyhaique Alto Km. 4, Coyhaique. Fono (56-67) 2262500

OFICINA CHILOÉ Ernesto Riquelme 1212, Castro. Fono (56-65) 2633641

OFICINA COCHRANE Teniente Merino 463, Cochrane. Fono (56-9) 8831860

www.infor.cl
oirs@infor.cl