

Informe Técnico N°256

Productos de Ingeniería en Madera en Chile 2022

La fotografía incorporada en la tapa de la presente publicación proviene del archivo institucional y fue obtenida durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA EN CHILE 2022

Daniel Soto Aguirre¹; Wilson Mejías Caballero; Janina Gysling Caselli y
Juan Carlos Bañados

**Área de Información Economía Forestal
INSTITUTO FORESTAL
2022**

¹ Ingeniero Forestal, Coordinador del Área de Información y Economía Forestal. daniel.soto@infor.cl



INFOR



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° 978 956 318 248 - 4

Registro de Propiedad Intelectual N° 2023 A 780

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

Soto, Daniel; Mejías, Wilson; Gysling, Janina y Bañados, Juan Carlos (2022). Productos de Ingeniería en Madera en Chile, 2022. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 256. P. 22.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	DEFINICIÓN DE PRODUCTO DE INGENIERÍA EN MADERA	3
2.1	MADERA LAMINADA ENCOLADA (GLUED LAMINATED TIMBER, GLULAM)	3
2.2	MADERA CONTRALAMINADA (CROSS-LAMINATED TIMBER)	3
2.3	VIGAS DOBLE T (I-JOISTS)	3
2.4	MADERA ESTRUCTURAL COMPUESTA (<i>STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER</i> , SCL).....	4
2.5	MADERA LAMINADA CON CLAVOS (NLT O NAIL-LAM):	5
2.6	MADERA LAMINADA CON CLAVIJAS DLT	5
2.7	PANELES DE MADERA CONTRACHAPADA (MASS PLYWOOD PANEL - MPP)	5
2.8	PANEL SIP (<i>STRUCTURAL INSULATED PANEL</i>).....	6
2.9	CERCHAS DE MADERA (<i>WOODEN TRUSSES</i>).....	6
2.10	VIGAS RETICULADAS (<i>OPEN WEB TRUSS JOISTS</i>).....	6
3.	EL MERCADO DE PRODUCTOS INGENIERÍA EN MADERA (PIM) EN CHILE	7
3.1	OFERTA DE MADERA LAMINADA ENCOLADA EN CHILE	7
3.1.1	<i>Producción</i>	7
3.1.2	<i>Abastecimiento</i>	10
3.1.3	<i>Ocupación</i>	12
3.1.4	<i>Estructura de costos</i>	13
3.1.4	<i>Problemáticas y perspectivas</i>	13
3.2	DEMANDA DE MADERA LAMINADA ENCOLADA EN CHILE	15
4.	COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA	17
4.1	EXPORTACIONES	18
4.2	IMPORTACIONES	19
4.2.1	<i>Vigas I-Joist</i>	19
4.2.2	<i>Vigas LSL</i>	19
4.2.3	<i>Madera laminada encolada</i>	19
5.	COMENTARIOS FINALES	20
6.	REFERENCIAS	21

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de productos de ingeniería en madera para la construcción está creciendo en muchos países del mundo. En Canadá, por ejemplo, las ventas de productos de madera de ingeniería de uso estructural crecieron cuatro veces entre 2013 y 2020 y no son pocas las personas en ese país que estiman que la demanda actual en el sector construcción estaría superando a la oferta (*Statistics Canada*, 2022). En este contexto, las acciones gubernamentales han puesto el foco en apoyar a los fabricantes locales para que logren ampliar sus operaciones, pero también en los nuevos actores que quieren ingresar al mercado.

Pese a estas buenas expectativas en Canadá, los productores de la zona de Columbia Británica están enfrentando el mismo problema que los aserraderos, esto es, un abastecimiento local de materia prima cada vez menor y un sector primario del aserrío en declive. Los productos de ingeniería en madera utilizan madera aserrada estructural y esa oferta está disminuyendo en dicha zona de Canadá.

Según los informes anuales del Ministerio de Bosques de Canadá, la cosecha total de madera en trozos que abastece a los aserraderos, se redujo de 66 millones de metros cúbicos en 2016 a 52 millones de metros cúbicos en 2020. Como resultado, entre esos años la Columbia Británica perdió 28 aserraderos. Mientras tanto, las grandes empresas forestales han invertido miles de millones de dólares en la compra o construcción de nuevos aserraderos en los EE.UU.; la razón es simple: además de ser el mercado más grande para la madera, EE.UU. ofrece un suministro de madera más seguro a un costo más bajo.

En Estados Unidos, a pesar de los beneficios que ofrecen productos de ingeniería como el CLT, tales como versatilidad para la prefabricación o poseer una variedad de aplicaciones en el diseño, los constructores estadounidenses han tardado en adoptar este producto de manera extensiva. Una razón podría ser que los costos de producción de CLT son más altos en comparación con otros productos de madera. Otra razón podría ser la relativa novedad del material. En la actualidad existen pocas estructuras construidas con CLT en Estados Unidos, comparado con su vecino Canadá, y muchos constructores aun dudan en utilizarlo hasta que vean más aplicaciones a gran escala.

En años recientes, la industria de la construcción estadounidense ha sido testigo de cambios favorables que apuntan a incrementar el uso de productos de ingeniería en madera, como los cambios en los códigos de construcción. El Estado de Oregon se convirtió en el primero en revisar su código de construcción para permitir estructuras con CLT de más de seis pisos. En tanto, Washington firmó un proyecto de ley estatal en el cual se adoptan reglas en el código de construcción para permitir el uso del CLT en la construcción de edificios residenciales y comerciales. California también actualizó recientemente (julio de 2022) sus códigos de construcción para permitir la construcción de edificios CLT de hasta 18 pisos.

Los productos de ingeniería en madera (PIM) han sido un elemento fundamental para el desarrollo de la construcción con este material, en especial para la construcción industrializada y de gran altura. En edificios con sistemas constructivos híbridos, por lo general madera-hormigón, los PIM cumplen un rol sumamente importante.

Un ejemplo de esto es el *Brock Commons* en Canadá, un edificio residencial de 18 pisos que se terminó en el 2017, que utiliza diferentes PIM dentro de su estructura, lo que facilitó su construcción gracias al alto grado de prefabricación, reduciendo el tiempo de construcción en dos meses (comparado con otras materialidades).

Otro aspecto importante a destacar en el uso de PIM es la contribución que hacen al cambio climático, particularmente la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. El ahorro de energía por la construcción del edificio *Brock Commons*, es equivalente a dejar fuera de circulación a 511 autos por año o a la energía de una casa por 222 años (Brandt *et al.*, 2019).

En Chile, el principal PIM que se fabrica es la Madera Laminada Encolada (MLE). Existen algo más de una docena de plantas productoras de MLE, mientras que otros tipos de PIM para uso estructural, como las vigas *I-joist* y las vigas reticuladas, tienen escasa participación. Cabe señalar que los primeros ensayos de uso de la MLE en Chile datan de la década del sesenta, cuando el Instituto Forestal, apoyado por CORFO, trajo especialistas finlandeses con los que se desarrollaron proyectos como el Aserradero de la Universidad de Biobío (1964); Naves Industriales de la Sociedad Agrícola Forestal Copihue (1964) y la ex Sede del Instituto Forestal en la comuna de La Reina (1969) (CORMA, 2011). En cuanto a CLT, cabe señalar que actualmente algunas compañías chilenas tienen proyectos para comenzar a producir CLT en volúmenes importantes.

El presente documento entrega un panorama general de la situación de los productos de ingeniería en madera, junto con antecedentes detallados del mercado de MLE. Para ello, se obtuvo información de estudios y encuestas llevadas a cabo por el Instituto Forestal en la materia.

2. DEFINICIÓN DE PRODUCTO DE INGENIERÍA EN MADERA

El concepto de producto 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 ampliamente algunas limitaciones de la madera sólida, destacándose la mayor uniformidad en sus propiedades mecánicas (resistencias, rigidez) y estabilidad dimensional, a lo que se agrega las grandes dimensiones en que se pueden fabricar. El conjunto de productos en esta categoría está compuesto por los señalados en los puntos siguientes.

2.1 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.

2.2 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. 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).

2.3 Vigas Doble T (*I-Joists*)

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 (*Structural Composite Lumber*) 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 (LP Chile, s.f.).

2.4 Madera Estructural Compuesta (*Structural Composite Lumber*, SCL).

Este es un término utilizado para describir una subcategoría 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. 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. Los productos estructurales incluidos en esta subcategoría son:

- Madera de chapas laminadas (*Laminated Veneer Lumber* - LVL)
- Madera de hebras paralelas (*Parallel Strand Lumber* - PSL)
- Madera de hebras laminadas (*Laminated Strand Lumber* - LSL)
- Madera de hebras orientadas (*Oriented Strand Lumber* - OSL)

Madera de chapas laminada (LVL) Es el producto de la familia de los SCL más común de encontrar en el mercado estadounidense y australiano. Este producto 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 (PSL). El PSL es un producto patentado y comercializado en el mercado como Parallam®, de propiedad de la empresa Weyerhaeuser. Se usan 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* ("MacBio") (Sharp, 1995).

Madera de hebras laminadas (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.

2.5 Madera Laminada con Clavos (NLT o Nail-lam):

Es un material de construcción centenario que en los últimos años está experimentando un alza en su consumo. Sus características estructurales y la elegancia del diseño se combinan para crear espacios impresionantes en una variedad de edificios históricos, así como en nuevos proyectos contemporáneos de todos los tamaños. Para hacer NLT, las láminas de madera dimensionada se apilan de canto y se sujetan mecánicamente con clavos o tornillos, formando paneles que tienen espesores nominales de 2, 3 y 4 pulgadas, mientras que el ancho suele ser de 4 a 12 pulgadas. NLT deriva su resistencia y durabilidad de los clavos/pernos que conectan piezas de madera de tamaño individual en un solo elemento estructural (Thinkwood, 2022).

2.6 Madera Laminada con Clavijas DLT

Este material es común en el continente europeo y está aumentando su consumo en EE UU, debido a su facilidad de uso con maquinaria CNC como tornos, enrutadores y fresadoras. El DLT es semejante a la madera laminada con clavos (NLT), no obstante, en vez de clavos o tornillos, DLT usa tarugos de madera para juntar las láminas, realizando un ajuste por fricción, logrado por el diferente contenido de humedad de los paneles de madera blanda y los tacos de madera dura, proporciona una estabilidad dimensional adicional (Thinkwood, 2022).

2.7 Paneles de Madera Contrachapada (*Mass Plywood Panel* - MPP)

Es un producto desarrollado en Oregon, Estados Unidos que está construido en base a chapas de madera clasificadas por densidad, las cuales se pegan y presionan entre si para

crear plataformas, vigas y columnas de madera de grandes escuadrías y con espesores que van desde 1" hasta 24" (Brandt *et al.*, 2019).

2.8 Panel SIP (*Structural Insulated Panel*)

El panel SIP o panel Sandwich OSB, es un sistema estructural auto soportante usado para la construcción, 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. 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 suministran 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, sin pérdidas ni desechos (Madera21, 2016).

2.9 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 sesentas 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).

2.10 Vigas Reticuladas (*Open Web Truss Joists*)

Corresponden a estructuras integradas 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 (CTE Madera, 2011).

3. EL MERCADO DE PRODUCTOS INGENIERÍA EN MADERA (PIM) EN CHILE

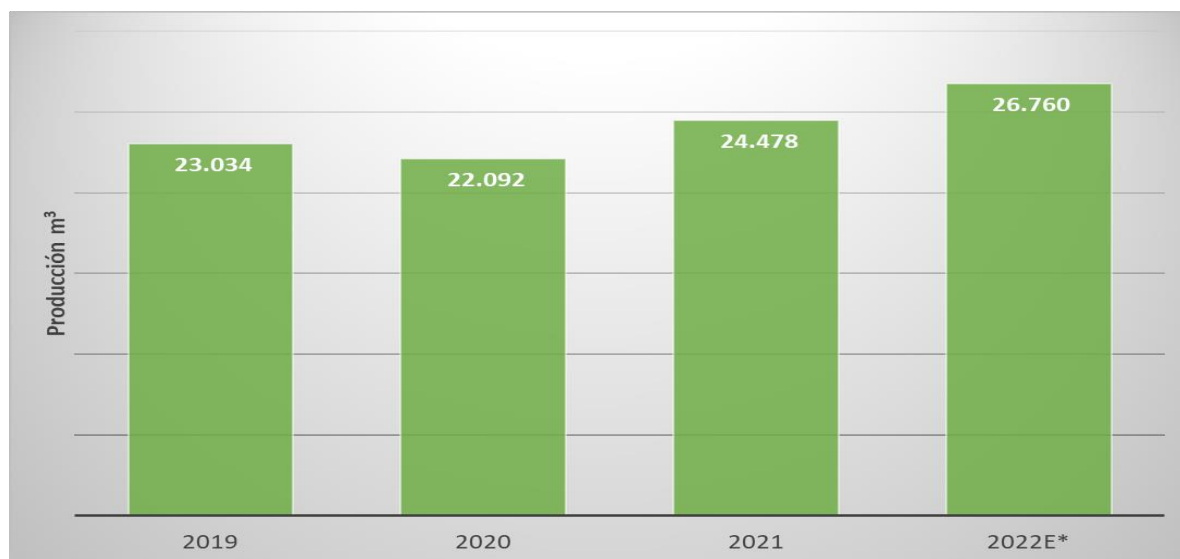
Si bien muchos de los PIM han sido recientemente lanzados al mercado mundial y son cada vez más conocidos por la población, algunos de ellos tienen una larga trayectoria de fabricación local, desde producciones artesanales, hasta producciones de características industriales. En Chile, los PIM están representados principalmente por la madera laminada encolada (GLULAM). Otros productos que se fabrican son las vigas I-Joist, las vigas reticuladas y las vigas de madera de hebras orientadas (LSL), aunque los volúmenes de producción de estas dos últimas son marginales. Algunas empresas han iniciado la producción de madera contralaminada (CLT), pero esta se mantiene aún a baja escala.

En adelante, el presente documento se referirá principalmente a la madera laminada encolada.

3.1 Oferta de Madera Laminada Encolada en Chile

3.1.1 Producción

La producción de madera laminada encolada (MLE) en Chile llegó a 22.092 m³ en el año 2020 mientras que en el 2021 esta cifra aumentó a 24.478 m³, muy lejos de lo que registran países de larga trayectoria productiva, como Alemania y Austria, cuyas producciones se acercan a los 2 millones de m³. Según estimaciones de la misma industria, se espera que durante el 2022, la producción de MLE supere los 26.000 m³.



*E: Estimado por la industria

Figura N°1. Evolución de la producción de MLE

La industria de madera laminada encolada en Chile se compone de 15 fábricas. De acuerdo a los niveles de producción anual de cada una de éstas, la industria se puede subdividir en empresas con producciones mayores a 3.000 m³/año; entre 1.000-3.000 m³/año, y menores a 1.000 m³/año. Se observa que, para el año 2021, más de un 60% de la producción se concentra en las empresas que producen más de 3.000 m³ por año, situación que se mantiene similar desde el año 2019.

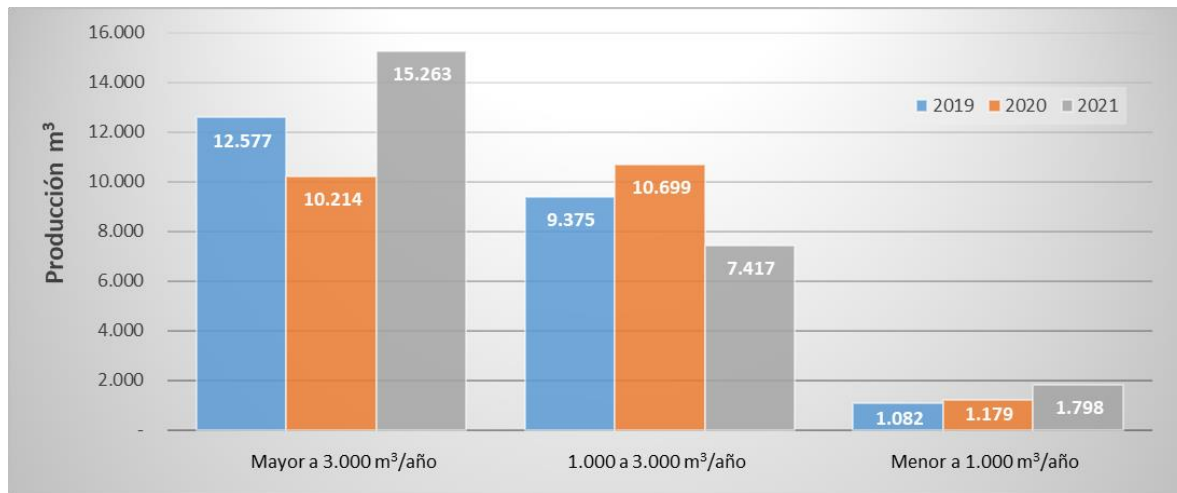


Figura N°2. Evolución de la producción de MLE, según rango de producción de la empresa

La periodicidad de la producción de la industria de MLE se vio afectada en el año 2020 por la pandemia de Covid 19, pero la medición del año 2021 muestra una recuperación en este sentido, alcanzando cifras similares a las registradas para el año 2019.

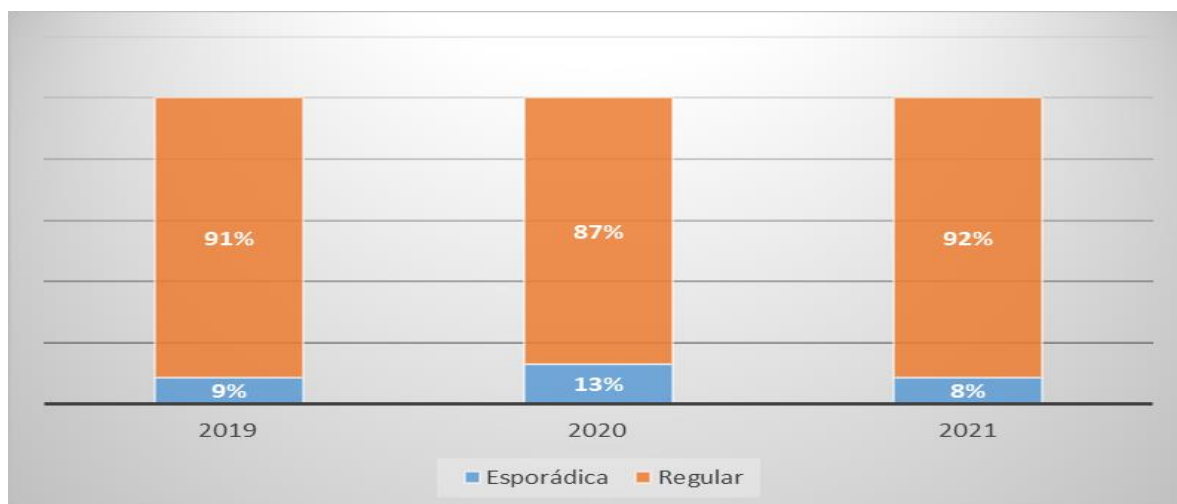


Figura N°3. Periodicidad de la producción de MLE

En Chile, la madera laminada encolada se fabrica en vigas y pilares. En los años 2019 y 2020 el principal producto fueron las vigas simplemente laminadas, mientras que los pilares se ubicaban en segundo lugar y también se fabricaba una proporción pequeña de vigas laminadas impregnadas.

Según la última medición realizada, durante el año 2021 se incrementó la oferta de MLE impregnada, aumentando la cantidad de vigas impregnadas y pilares impregnados. Así mismo, los productos de mayor fabricación fueron las vigas impregnadas de MLE con un 38% de la producción, seguidos de las vigas sin impregnación con un 37% y los pilares sin impregnación con un 15%.

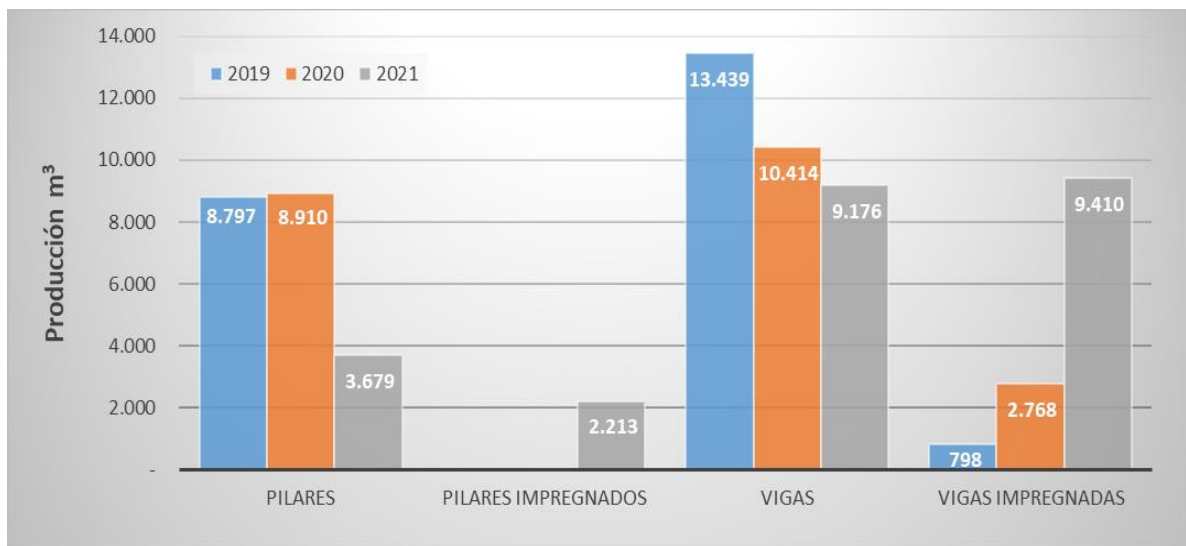


Figura N°4. Distribución de la producción de MLE según tipo de producto

El negocio de productos laminados en Chile funciona principalmente sobre la base de los pedidos que realizan los agentes demandantes a los fabricantes de MLE, para sus proyectos constructivos.

Según la información del año 2021 dada por las empresas, aproximadamente el 83% de la producción se realiza en base a pedidos, es decir, es una producción que se realiza respondiendo a una demanda conocida, a través de proyectos constructivos de diversa índole en los que participa la industria de MLE como proveedora de elementos estructurales.

Tan solo un 9% de la producción corresponde a una generación de oferta por parte de las empresas y un 8% se determinó en base a la producción del año 2020.

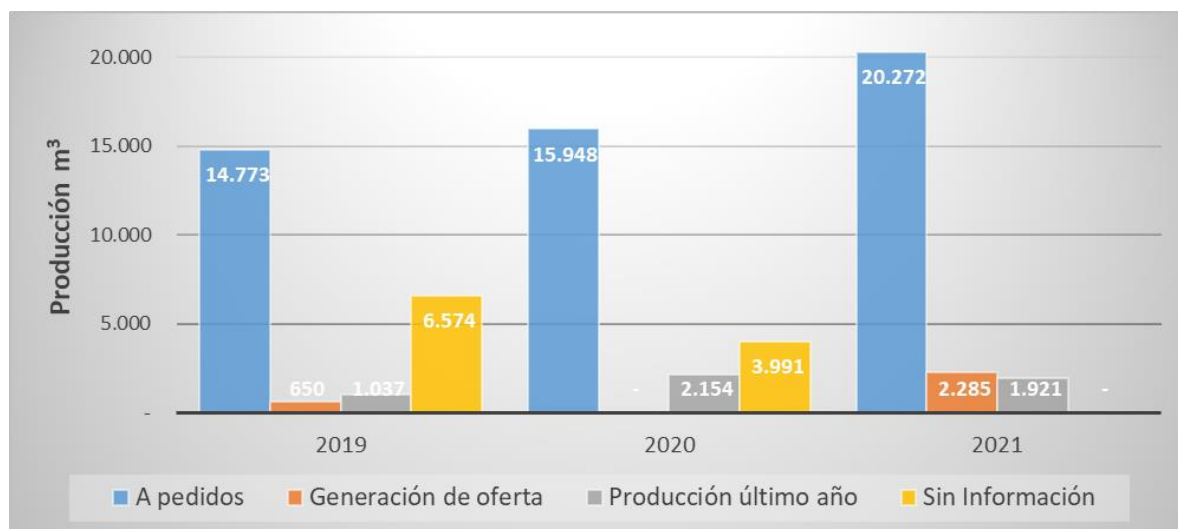


Figura N°5. Modalidades para determinar la producción de MLE en la industria

Las coníferas son las maderas protagonistas en la producción industrial de este producto en el mundo. En el caso de Chile, el pino radiata representa la mayor parte de la producción de madera laminada encolada, en tanto que el volumen restante utiliza pino oregon y una pequeña fracción se fabrica con otras especies.



Figura N°6. Evolución de la producción de MLE, según especie

3.1.2 Abastecimiento

La madera aserrada es la materia prima fundamental para la industria de MLE. En el año 2021, el abastecimiento de esta materia prima alcanzó a 34.011 m³, de los cuales el 64,4%

correspondió a empresas con producciones mayores a 3.000 m³/año, 26,5% a las que producen entre 1.000 m³/año y 3.000 m³/año y el restante 9,1% a las que producen menos de 1.000 m³/año.

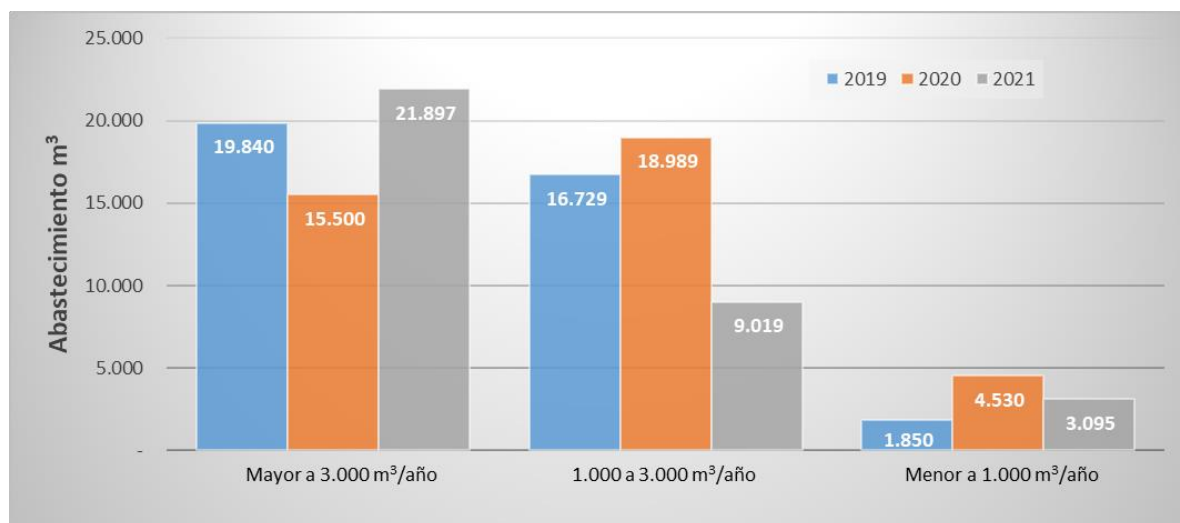


Figura N°7. Abastecimiento de madera aserrada en la industria de MLE, según rango de producción

El abastecimiento de la industria está constituido mayoritariamente por madera aserrada seca, la cual en el año 2021 participó con el 87% del consumo total de madera.

Cuadro N°1. Abastecimiento de la industria de MLE, según estado de la madera

Año	Abastecimiento (m³)						
	MAE	Madera aserrada impregnada	Madera aserrada impregnada seca en cámara	Madera aserrada seca	Madera aserrada verde	Madera cepillada seca	Sin Información
2019	-	313	1.116	33.479	42	-	3.469
2020	3.682	-	1.519	30.909	42	-	2.867
2021	-	104	509	27.072	5.828	497	-

La distribución del abastecimiento de madera aserrada según el tipo de aserradero de origen, refleja que en el 2021 la industria de MLE se abasteció en más del 50% de sus propios aserraderos, en tanto que los aserraderos grandes participaron con el 32% y los aserraderos medianos con el 12%.

Esta composición fue relativamente diferente en el año 2020, donde la participación de los aserraderos medianos fue bastante mayor.

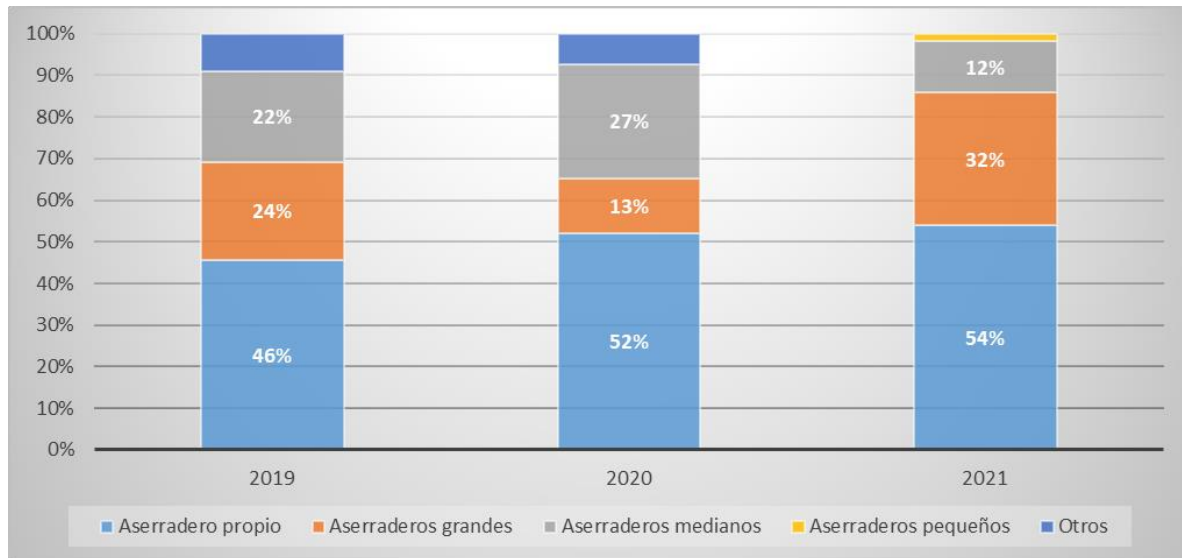


Figura N°8. Abastecimiento de la industria de MLE, según tipo de aserradero de procedencia

3.1.3 Ocupación

La industria de madera laminada encolada empleó a 640 personas durante el 2021, de las cuales el 92% correspondió a empleos de tipo permanente y son principalmente operarios de las fábricas.

En comparación con el año 2020, se aprecia un aumento importante en la cantidad de administrativos permanentes presentes en la industria.



Figura N°19. Ocupación en la industria de MLE, según actividad y temporalidad de los empleados

3.1.4 Estructura de costos

En Chile, el mayor costo de producción de MLE corresponde a la materia prima (53%), seguida de la mano de obra (20%), los adhesivos (8%) y la energía (7%). Este orden de ítems es coherente con los que se registran en otros países, pero varían los porcentajes. El mayor porcentaje del costo ocupado por la mano de obra en Chile, se puede deber a que los procesos son menos automatizados que en los países con mayor desarrollo tecnológico.

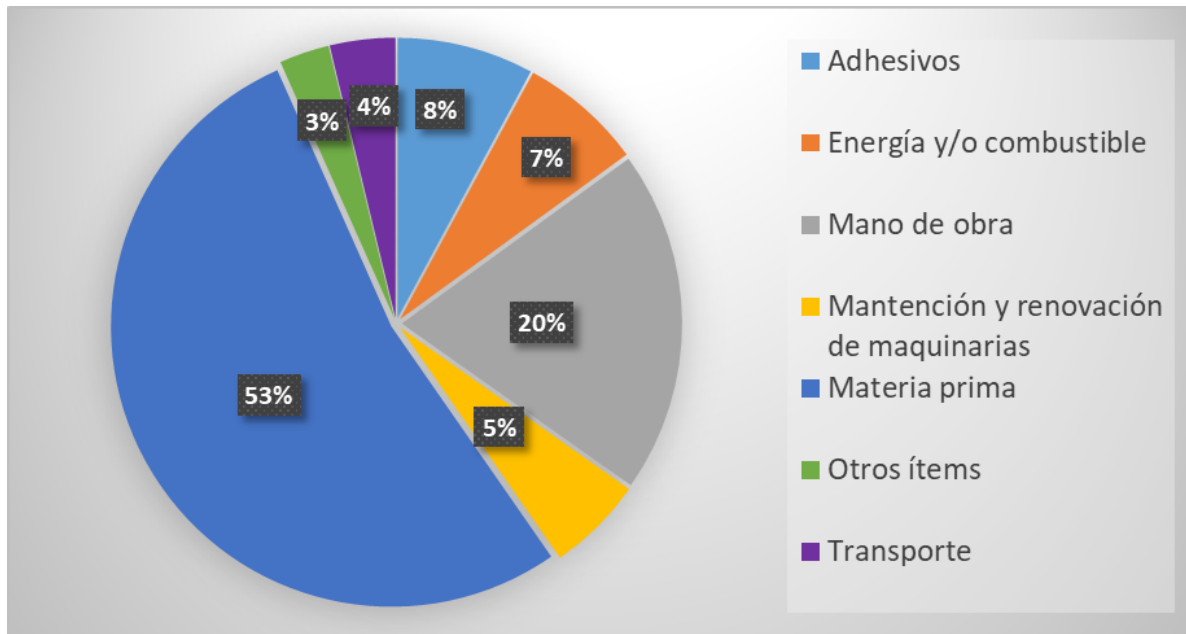


Figura N°10. Estructura de costos de producción de MLE en Chile, 2021

3.1.4 Problemas y perspectivas

Se consultó a los productores de madera laminada encolada acerca de los problemas que enfrentan habitualmente en su actividad industrial, solicitándole que a partir de 10 opciones seleccionara las tres más importantes; las respuestas se valorizaron en función de la priorización entregada por la industria.

Los resultados indican que el principal problema que enfrentan los fabricantes de MLE es la baja demanda que tienen sus productos, situación que probablemente se deriva del desconocimiento de las bondades de estos en la construcción tanto habitacional como no habitacional, lo que también es un reflejo de la escasa vocación de la industria de la construcción por la madera.

Bastante más atrás se situaron la escasez de mano de obra capacitada, la baja disponibilidad de madera aserrada y el alto costo de la energía.

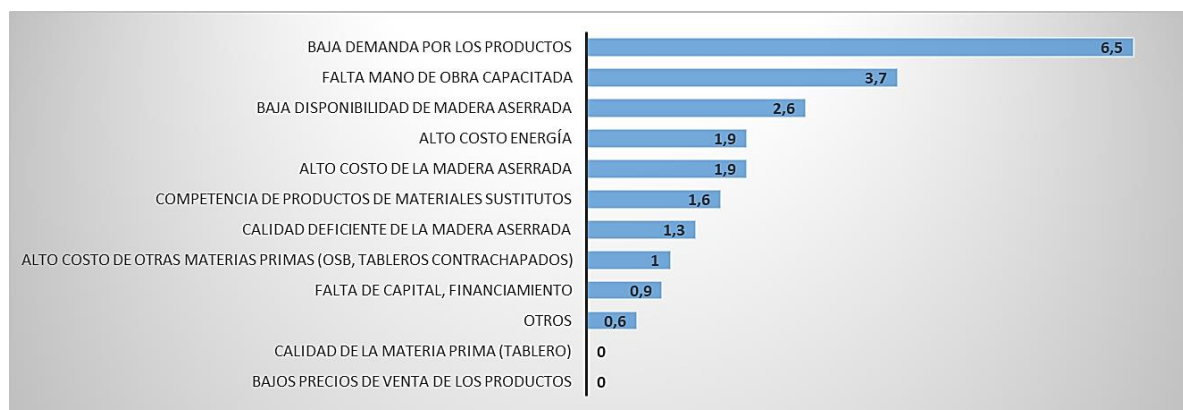


Figura N°11. Índice de valorización de problemas en la industria de MLE, 2021.

Un ejercicio análogo se realizó con 10 opciones de perspectivas de la industria. Al respecto, los resultados de la valorización muestran que las empresas productoras de madera laminada encolada tienen un gran interés por aumentar la producción, puesto que consideran que el mercado muestra signos muy claros de crecimiento.

En segundo lugar, se situó la perspectiva de mejorar la productividad del proceso. El resto de las metas planteadas tuvo un interés bastante menor que las ya mencionadas, destacando levemente el interés en aumentar los volúmenes exportados.

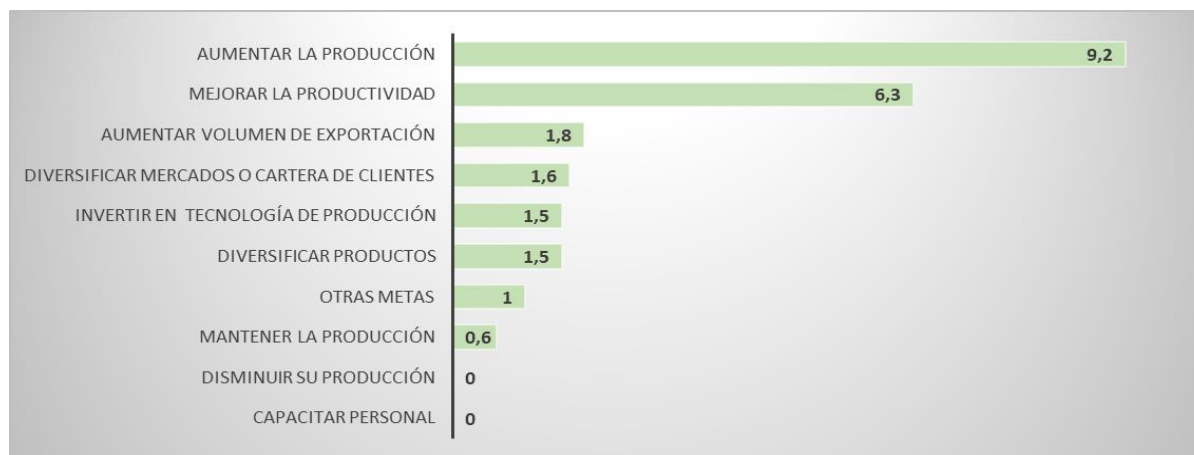


Figura N°12. Índice de valorización de las perspectivas de la industria de MLE, 2021.

Se reafirma el interés por aumentar la producción por el hecho de que el 67% de las empresas productoras de madera laminada encolada contestó que cree que en los próximos 5 años el mercado de este producto crecerá, mientras que el 6% cree que se mantendrá y otro 27% no entregó su visión al respecto.

Cabe señalar que ninguna empresa optó por la disminución del mercado en los próximos 5 años.

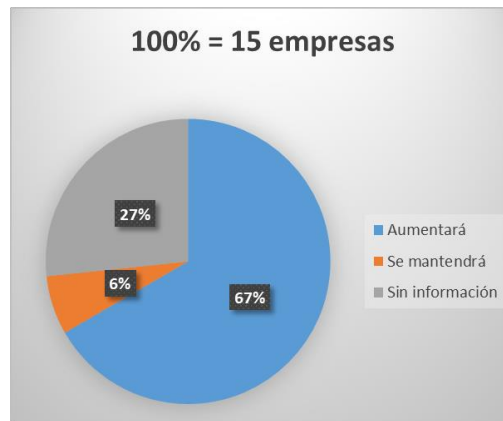


Figura N°17. Perspectivas del mercado chileno de MLE en los próximos 5 años

3.2 Demanda de Madera Laminada Encolada en Chile

La demanda de MLE en Chile está configurada por empresas constructoras, inmobiliarias y empresas de arquitectura que tienen alguna experiencia en el uso de productos de ingeniería en madera o algún nivel de conocimiento respecto de estos productos. Un estudio del Instituto Forestal (Gysling *et al.*, 2021) enfocado en determinar los factores claves en la demanda de productos de ingeniería de madera, estableció que la madera laminada encolada es el producto más utilizado, tanto en proyectos habitacionales como no habitacionales. La aplicación mayoritaria de la MLE ha sido como vigas, seguidas por los pilares, pero también las empresas la han usado como tirantes, exteriores, techumbre y otros usos.

Los factores de decisión más relevantes que han llevado a las empresas a demandar productos de ingeniería en madera están centrados en la estética y el diseño. Esto ya que el principal producto es la MLE y esta ofrece mayores posibilidades en ese ámbito por estar en muchos proyectos como elemento a la vista. Los factores dimensionales destacan por permitir a los diseñadores y constructores abarcar grandes luces, con soluciones de alto estándar estructural. No obstante, se menciona que una de las principales limitantes para el uso es su transporte, debiendo contar con condiciones especiales para ello.

Una manera de canalizar el flujo de productos de ingeniería de madera desde productores a demandantes es a través de las licitaciones (públicas o privadas). Existe coincidencia entre constructoras e inmobiliarias que determinados proyectos sometidos a licitación por lo general tienen especificaciones técnicas de uso de productos de ingeniería de madera como, por ejemplo, gimnasios, centros deportivos bajo techo y piscinas temperadas. En ciertos proyectos en las zonas centro sur o sur de Chile, se sugiere que el uso de materiales de madera esté de acuerdo al entorno, factor que favorece la aplicación de productos de ingeniería en esas regiones.

Cuadro N°2. Demanda potencial de Madera Laminada Encolada en la edificación no habitacional de Chile

Clases de destino	Superficie edificación No Habitacional 2019 m² (1)	Superficies remanentes (m²), por aplicación de supuestos				Factor de uso de MLE m³/m²	Demanda potencial de MLE m³
		Solo obras mayores a 200 m²	Excluyendo Proyectos mixtos	Excluyendo grandes obras Estab. Industriales y Almacenamiento	Excluyendo el 5% de la superficie remanente, por PE no ejecutados		
Aduanas, correos, cárceles y otras edificaciones de servicios públicos	60.950	57.503	55.079	55.079	52.325	0,0646	3,4
Asistencia social y organizaciones religiosas	74.015	56.730	54.171	54.171	51.462	0,0646	3,3
Edificios públicos (oficinas)	12.509	9.719	8.546	8.546	8.119	0,0646	0,5
Educación básica, media, universidad, institutos	174.581	168.613	155.772	155.772	147.983	0,0646	9,6
Electricidad, gas y establecimientos financieros	42.521	36.806	36.538	36.538	34.711	0,0646	2,2
Esparcimiento, diversión y cultura	203.827	145.247	134.167	134.167	127.459	0,0646	8,2
Galpones agrícolas, aviarios, viveros	166.828	161.395	151.920	151.920	144.324	0,0646	9,3
Establecimientos industriales	731.945	715.326	695.891	181.544	172.467	0,0646	11,1
Jardines infantiles y salas cuna	41.191	38.084	37.424	37.424	35.553	0,0646	2,3
Locales comerciales y supermercados	1.009.925	857.608	719.016	719.016	683.065	0,0646	44,1
Oficinas (privadas)	275.796	244.125	176.027	176.027	167.226	0,0646	10,8
Restaurantes, hoteles, cabañas	352.443	314.679	291.748	291.748	277.161	0,0646	17,9
Salud	306.500	300.430	278.317	278.317	264.401	0,0646	17,1
Técnicos	15.939	15.806	14.091	14.091	13.386	0,0646	0,9
Almacenamiento industrial y transporte	592.800	579.543	556.348	156.730	148.894	0,0646	9,6
Otros	535.174	501.088	429.335	429.335	407.868	0,0646	26,3
TOTAL	4.596.944	4.202.702	3.365.055	2.880.425	2.328.536		176,8

(1) INE, 2021

4. COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA

Los productos de ingeniería en madera toman cada día mayor importancia debido al crecimiento muy dinámico del comercio mundial en las últimas décadas. Algunos productos poseen larga trayectoria exportadora como, por ejemplo, las vigas laminadas para uso estructural en países de Europa. Los avances tecnológicos han permitido el surgimiento de estos y otros productos que son lanzados al mercado, de los cuales se hace necesario tener registro estadístico de su comercio internacional

La Organización Mundial de Aduanas (OMA) tiene entre sus funciones proveer una estructura de clasificación de productos para el comercio internacional, para que los países que hayan adherido a utilizarlo puedan registrar estadísticas de exportaciones e importaciones. Esta estructura se denomina Sistema Armonizado de Codificación y Designación de Mercancías (SA), el cual se actualiza cada 5 años para incorporar aquellos productos de reciente creación o eliminar mercancías que han caído en desuso.

Cuadro N°3. Cambios en la clasificación arancelaria de la Partida 44.18 "Productos de madera para carpintería y construcción", entre las dos últimas versiones del SA, 2017 y 2022.

SA 2017		SA 2022*	
Código del SA 2017	Descripción	Código del SA 2022	Descripción
44.18	<i>Builders' joinery and carpentry of wood, including cellular wood panels, assembled flooring panels, shingles and shakes.</i>	44.18	<i>Builders' joinery and carpentry of wood, including cellular wood panels, assembled flooring panels, shingles and shakes.</i>
4418.10	- Windows, French-windows and their frames	4418.11	- Windows, French-windows and their frames:
4418.20		4418.19	-- Of tropical wood
4418.40	- Doors and their frames and thresholds		-- Other
4418.50	- Shuttering for concrete constructional work	4418.21	- Doors and their frames and thresholds:
4418.60	- Shingles and shakes	4418.29	-- Of tropical wood
	- Posts and beams	4418.30	-- Other
4418.73	- Assembled flooring panels:		- Posts and beams other than products of subheadings 4418.81 to 4418.89
	-- Of bamboo or with at least the top layer (wear layer) of bamboo	4418.40	- Shuttering for concrete constructional work
4418.74		4418.50	- Shingles and shakes
4418.75	-- Other, for mosaic floors	4418.73	- Assembled flooring panels:
4418.79	-- Other, multilayer		-- Of bamboo or with at least the top layer (wear layer) of bamboo
	-- Other	4418.74	(wear layer) of bamboo
4418.91	- Other:	4418.75	-- Other, for mosaic floors
4418.99	-- Of bamboo	4418.79	-- Other, multilayer
	-- Other-		-- Other
		4418.81	- Engineered structural timber products:
		4418.82	-- Glue-laminated timber (glulam)
		4418.83	-- Cross-laminated timber (CLT or X-lam)
		4418.89	-- I beams
			-- Other
		4418.91	- Other:
		4418.92	-- Of bamboo
		4418.99	-- Cellular wood panels
			-- Other

(Fuente: Organización Mundial de Aduanas, 2022)

* versión vigente desde el 01 de enero de 2022.

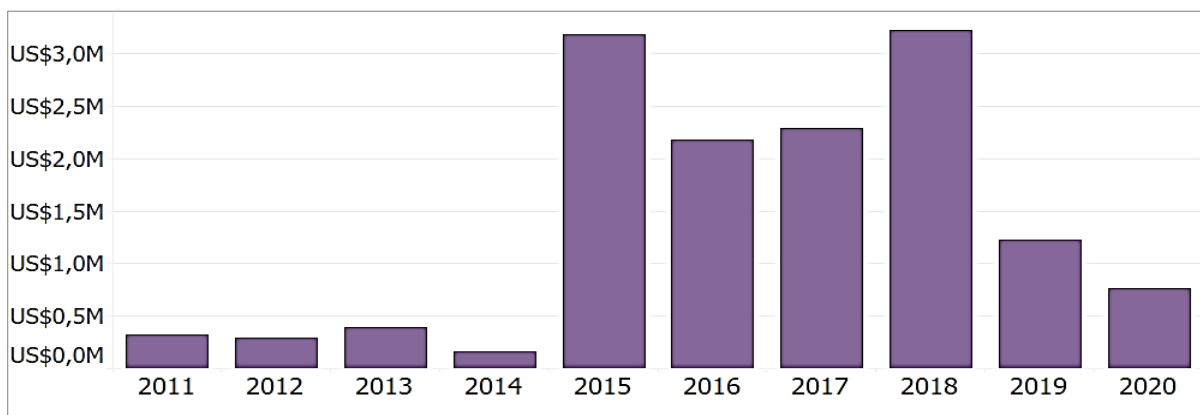
La última versión del SA corresponde al año 2022, la cual contiene las modificaciones de la VII enmienda del Sistema. El Capítulo 44 del SA "Madera, artículos de madera y carbón vegetal" Partida 44.18 "Productos de madera para carpintería y construcción", presentó aperturas de códigos arancelarios para identificar a un conjunto de productos de madera, reconocidos como productos estructurales de ingeniería de madera.

En Chile, el comercio internacional de productos de ingeniería en madera es bastante reducido comparado con otros productos de madera tradicionales, como la madera aserrada o los tableros. A través de una reclasificación de la codificación arancelaria que realiza INFOR a los datos de comercio proporcionados por el Servicio Nacional de Aduana, se obtuvo información correspondiente a productos de ingeniería en madera comercializados por Chile para un periodo de diez años. El resultado señala que han existido exportaciones e importaciones de: madera laminada encolada (en vigas, pilares o cerchas), vigas *I-Joist* y, en menor medida, vigas LSL (*Laminated Strand Lumber*).

4.1 Exportaciones

En los primeros cuatro años del período 2011-2020, las exportaciones chilenas de productos de ingeniería en madera presentaron niveles cercanos a US\$ 0,5 millones; desde el 2015 hasta el 2018, estos productos experimentaron un importante salto respecto de los años anteriores, con exportaciones anuales superiores a US\$ 2 millones, lo que se debió principalmente a los envíos de vigas de MLE a Australia. Los dos últimos años del período, el monto exportado volvió a bajar significativamente, pero no a niveles tan inferiores como en la primera etapa.

En cuanto a los mercados de destino, en este mismo período de diez años los productos de ingeniería en madera fueron enviados a trece mercados, con un promedio de cuatro destinos por año. A partir del año 2014, Australia concentra más del 80% del monto exportado por Chile, con participación de algunas ventas menores al mercado español.

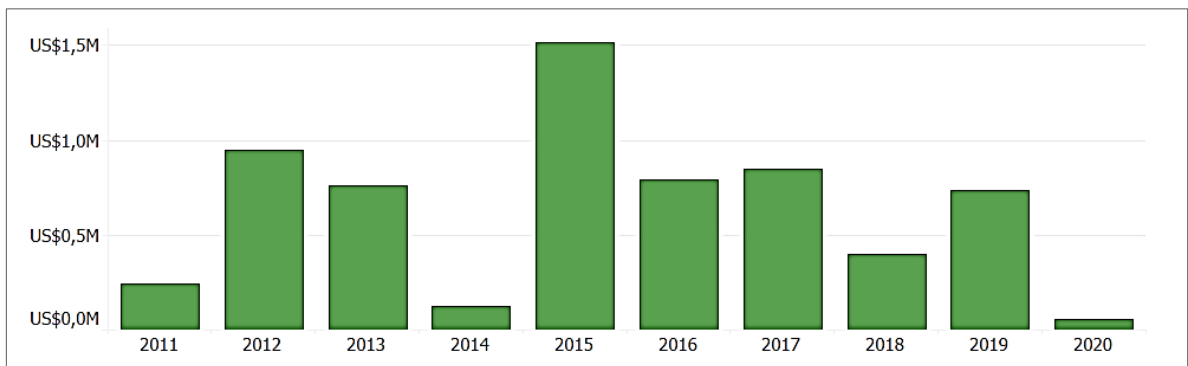


(Fuente: Gysling *et al.*, 2021)

Figura N°18. Evolución del monto exportado de productos de ingeniería en madera, período 2011-2020

4.2 Importaciones

Las compras al exterior de productos de ingeniería de madera distan bastante de las exportaciones, con montos menores y muy fluctuantes entre un año y otro. En el periodo 2011 y 2020, los registros de comercio dan cuenta que las importaciones estuvieron conformadas por vigas laminadas, vigas LSL y vigas I-Joist. En el año 2014, las importaciones de estos productos alcanzaron a US\$123.072 (98 t). Al año siguiente, lograron un *peak* con US\$1,51 millones y 1.320 t. y al final del período, en el 2020, se produce la más baja importación, con solo US\$57.693 (77 t). Los productos de ingeniería en madera importados provienen principalmente de Estados Unidos y, en menor medida, de Canadá.



(Fuente: Gysling et al, 2021)

Figura N°19. Evolución del monto importado de productos de ingeniería en madera, periodo 2011-2020

4.2.1 Vigas I-Joist

Este tipo de vigas representa la mayor participación en las importaciones de productos de ingeniería en madera, alcanzando en algunos años el 100% de las compras. Las dos empresas que registran importaciones son Louisiana Pacific Chile y Canada House, las que adquieren las vigas en Canadá y Estados Unidos.

4.2.2 Vigas LSL

La importación de las vigas LSL no ha sido constante, en el período analizado hay registros en cinco años, con un promedio anual de 189 t, siendo el 2016 el año más bajo con 24 t y el 2019 el más alto con 389 t. Esta viga no se encuentra disponible en el mercado chileno, ha sido importada en pequeñas cantidades únicamente por Louisiana Pacific Chile desde Estados Unidos, probablemente para usos específicos y pedidos de particulares.

4.2.3 Madera laminada encolada

Presente en pequeñas transacciones en el periodo, la MLE alcanza su máximo valor de importación en el año 2020 con US\$57.700 (77 t).

5. COMENTARIOS FINALES

Los productos de ingeniería en madera (PIM) son fundamentales para el diseño y construcción de proyectos habitacionales y no habitacionales, principalmente por las características estructurales de los productos y las grandes dimensiones en que se pueden fabricar.

Existe una gran variedad de PIM. En el presente documento se describen más de 10 productos, de los cuales en Chile se fabrican cuatro: MLE, vigas *I-joist*, vigas reticuladas y CLT, pero solo la MLE y las vigas *I-joists* se fabrican en volúmenes importantes, mientras que se espera que la producción de CLT irrumpa en el mercado a partir del año 2023, con la puesta en marcha de dos proyectos importantes.

El Instituto Forestal cuenta con series de información estadística de MLE generadas en cuatro años consecutivos de mediciones. De ellas se desprende que la producción de madera laminada encolada (MLE) en Chile llegó a 24.478 m³ en el año 2021, muy lejos de lo que registran países de larga trayectoria como Alemania y Austria, cuyas producciones se acercan a los 2 millones de m³ (Holzkurier, 2020).

Las coníferas son las maderas protagonistas en la producción industrial de MLE. En el caso de Chile, el pino radiata es la especie más utilizada para la producción de madera laminada encolada, seguido de lejos por el pino oregón y, en menor medida aún por otras especies. Cabe señalar que el pino oregón es la segunda conífera más importante en el abastecimiento de madera en trozas a los aserraderos de Chile (unos 204.000 m³), aunque en términos de volumen se encuentra posicionada muy por debajo del abastecimiento de pino radiata (más de 16 millones de m³).

La venta de productos laminados en Chile funciona principalmente sobre la base de los pedidos que realizan los agentes demandantes a los fabricantes de MLE, para sus proyectos constructivos. Debido a lo específico que significa disponer de piezas encoladas de escuadrías y largos particulares, según las bases de licitación o simplemente porque los clientes requieren determinadas medidas, es que solo el 10% de los productores de MLE señala que fabrican sus productos manteniendo un *stock* de ellos.

No hay duda de que un aumento sostenido de la construcción en madera en Chile, requiere de una industria de PIM mucho más desarrollada que la actual, con mayor diversidad de productos y mayores volúmenes de producción.

6. REFERENCIAS

APA (2021). Cross-Laminated Timber (CLT). The Engineered Wood Association – APA. [En Línea] Disponible en <https://www.apawood.org/cross-laminated-timber>. [Consulta 10 de diciembre 2022].

AITIM (2015). Cerchas ligeras prefabricadas. Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera [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 2022].

Brandt Karen; Gold, Kerry; Harty, Matthew; Taggart, Jim; *et al.* (2019). Naturally Wood: British Columbia. Forest Innovation Investment, Vancouver BC, Canada. P. 157.

Statistics Canada (2022). Base de datos. [En línea]. Disponible en <https://www150.statcan.gc.ca/> [Consulta: 20 de diciembre de 2022]

CTEmadera, (2011). Manual de Diseño y Fabricación de Vigas Compuestas en Madera. Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera. P. 137.

CORMA (2011). Madera Laminada: Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Corporación Chilena de la Madera. Editorial Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. 239p.

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 diciembre 2022].

Gysling, Janina; Kahler, Carlos, Soto, Daniel; Mejías, Wilson *et al.* (2021). El mercado de productos de ingeniería en madera en Chile. Madera laminada encolada y cerchas industrializadas. Instituto Forestal. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31356>

Holzkurier (2020). Die größten BSH-Hersteller 2019. [En línea] Disponible en <https://www.holzkurier.com/holzprodukte/2020/09/brettschichtholz-produktion-2019.html>. [Consulta 12 de diciembre 2022]

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.

Louisiana Pacific Chile (s/f). I-Joist [En Línea] Disponible en <https://lpchile.cl/producto/lp-i-joist/>. [Consulta 21 de diciembre 2022].

Madera21 (2016). 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 noviembre de 2022]

Organización Mundial de Aduanas (2022). Sistema Armonizado. [En línea] <https://www.wcotradetools.org/es/harmonized-system> [Consulta: 27 de noviembre de 2022]

Sharp, Donald (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].

Think Wood (2022). Timber products [En Línea] Disponible en <https://www.thinkwood.com/mass-timber>. [Consulta 10 de diciembre 2022].

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-pslbeams/>. [Consulta 02 de febrero 2022].



I N S T I T U T O F O R E S T A L

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

Calle Nueva Uno 3570 Lote 4, San Pedro de la Paz. Casilla 109 C, Concepción.
Fono (56-41) 2853260

SEDE LOS RÍOS

Fundo Teja Norte s/n, Valdivia. Casilla 385, Valdivia. Fono (56-63) 335200

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
oirse@infor.cl