INSTITUTO FORESTAL

Análisis de costos asociados a la producción de madera aserrada en pymes de Chile

Informe Técnico N°252

Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INFOR

CORFO

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.

Informe Técnico N° 252

ANÁLISIS DE COSTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA EN PYMES DE CHILE

Carlos Kahler González[1], Wilson Mejías Caballero, Janina Gysling Caselli, Juan Carlos Bañados Munita

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

ÁREA DE INFORMACIÓN Y ECONOMÍA FORESTAL
INSTITUTO FORESTAL
2022

[1] Investigador Área de Información y Economía Forestal, Instituto Forestal, Chile. ckahler@infor.cl

Instituto Forestal
Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
Chile
F.2236675
www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-244-6
Registro Propiedad Intelectual N° 2022-A-10569

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Kahler, Carlos; Mejías, Wilson; Gysling, Janina y Bañados, Juan Carlos (2022). Análisis de costos asociados a la producción de madera aserrada en pymes de Chile. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 252. P. 47.
https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32522

ÍNDICE

PRESENTACIÓN **1**

1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA EN CHILE **2**

1.1 ANTECEDENTES GENERALES **2**
1.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA A ANALIZAR **3**
1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS **4**
1.3.1 RESULTADOS GENERALES 4
1.3.2 RESULTADOS POR RANGO DE PRODUCCIÓN ANUAL 10
1.3.3 RESULTADOS POR REGIÓN 14
1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS RELATIVOS A LA ESTRUCTURA DE COSTOS **19**
1.5 COMENTARIOS **22**

2. ANTECEDENTES PARA DETERMINAR LA ADICIONALIDAD DE COSTOS PARA PRODUCIR MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL CLASIFICADA. **23**

2.1 ANTECEDENTES GENERALES **23**
2.2 ANÁLISIS DEL FLUJO PRODUCTIVO PARA PRODUCCIÓN DE MAE Y ALGUNOS COSTOS ASOCIADOS **24**
2.3 CÁLCULO DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE PIE DERECHO DE MAE. **29**

CONCLUSIONES **35**

REFERENCIAS **37**

PRESENTACIÓN

El presente estudio forma parte de un conjunto de documentos sobre información y análisis de aspectos económicos relacionados con el uso de la madera en la construcción desarrollado por el Área de Información y Economía Forestal del Instituto Forestal (INFOR). Estos estudios se han elaborado en el marco 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.

La producción de madera aserrada estructural clasificada (MAE) corresponde a una nueva opción productiva para el sector del aserrío en Chile, que le otorga a esta industria la posibilidad de potenciar su desarrollo diversificando productos, agregando valor y accediendo a un mercado que se espera será creciente, tanto por la demanda estatal como la privada. Por otra parte, una producción estable de MAE representa la oportunidad de hacer factible la creación de una gran oferta de elementos estructurales para la construcción en madera, con todas las ventajas económicas, sociales y ambientales que esta opción representa para el país.

Si bien en los últimos años se ha avanzado en crear conciencia respecto a la oportunidad que significa para un país forestal como Chile el desarrollo de la construcción en madera, subsisten legítimas dudas en cuanto a la generación de oferta de madera aserrada estructural. Una de las principales interrogantes a despejar es el costo asociado a la construcción en madera con productos de alta calidad y confiabilidad, como serían los productos estructurales clasificados y rotulados, pero también falta conocer los costos de fabricación de estos productos.

La información sobre costos de producción representa uno de los aspectos más complejos de abordar en los procesos de levantamiento de datos estadísticos debido al nivel de confidencialidad que esta información representa para las empresas. A esto se agregan los problemas asociados a la necesaria homogenización de los datos, para que sean comparables.

INFOR, por medio del presente estudio, entrega antecedentes y análisis referenciales sobre la estructura de costos de la pyme del aserrío, en base a la información proporcionada durante el período 2016-2020 por diversos aserraderos de las cuatro principales regiones productoras de madera aserrada: Maule, Ñuble, Biobío, y La Araucanía. Estos antecedentes se presentan en forma agregada a nivel de industria, con el adecuado resguardo de la confidencialidad de la información proporcionada por las empresas. Los factores considerados en el análisis corresponden a los siguientes ítems de costos directos de producción del proceso de aserrío: materia prima, mano de obra, energía, mantención, renovación de maquinaria y otros costos no especificados.

En una segunda parte del presente estudio, por medio de una revisión del flujo productivo que involucra la producción de MAE, se realiza un ejercicio de estimación de los costos adicionales que involucraría la producción de madera aserrada estructural clasificada, en base a antecedentes referenciales de costos de las diferentes fases del proceso obtenidos de la industria o de fuentes secundarias y bajo supuestos generales, algunos de los cuales fueron sensibilizados.

1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA EN CHILE

1.1 Antecedentes Generales

El Instituto Forestal realiza anualmente un muestreo a la industria forestal primaria en el que se aplican encuestas a aserraderos y plantas de tableros y chapas, postes y polines y astilladoras. En el caso de los aserraderos las encuestas aplicadas abarcan toda la diversidad de unidades, incluyendo aserraderos móviles y permanentes, con producciones que van desde niveles inferiores a los 1.000 m^3 anuales, hasta grandes aserraderos con producciones de 300.000 m^3 y más.

El siguiente análisis de costos de producción en la industria del aserrío se basa en los registros de información entregada por los encuestados en las diferentes unidades productivas de esta industria. Al respecto, en la encuesta aplicada se consulta sobre cuál fue la distribución de costos de la empresa en el proceso de aserrío en la última temporada anual. Las alternativas de respuesta consideradas incluyen los siguientes ítems:

- Materia prima (trozas)
- Mano de obra
- Energía y/o combustible
- Mantención y renovación de maquinarias
- Otros ítems

Cabe señalar que entre los diferentes capítulos que constituyen el instrumento de consulta aplicado: producción, abastecimiento, mercados, ocupación, equipamiento, antecedentes económicos y otros, la consulta sobre distribución de costos del proceso, incluida en el capítulo de antecedentes económicos, es la que históricamente presenta la menor tasa de respuestas.

En efecto, durante el período 2016-2020, la tasa promedio anual de respuestas sobre estructura de costos para los aserraderos que se sitúan en un nivel de producción anual entre 5.000 m^3 y 100.000 m^3, rango objetivo del presente análisis, alcanzó al 47,7% del total de encuestas aplicadas.

El rango de producción mencionado se subdividió en tres segmentos de aserraderos: 5.000 m^3 a 20.000 m^3; 20.000 m^3 a 50.000 m^3, y 50.000 m^3 a 100.000 m^3. En la Figura N°1, se observa que el mayor nivel de respuestas se da en el segmento con mayor rango de producción, alcanzando al 61,8%. En el segmento intermedio la tasa de respuestas es de 50,2%, en tanto que los aserraderos de niveles de producción más bajos son los de menor tasa de respuesta, con un 46,2% de las encuestas realizadas.

En el año 2020 el porcentaje de respuestas para los tres segmentos cae notoriamente respecto de los años precedentes debido a las dificultades derivadas de la pandemia para la ejecución de las encuestas dado que, en muchos casos, se respondieron vía correo electrónico, teleconferencia o celular y se entregaron respuestas solo para algunos de los ítems considerados.

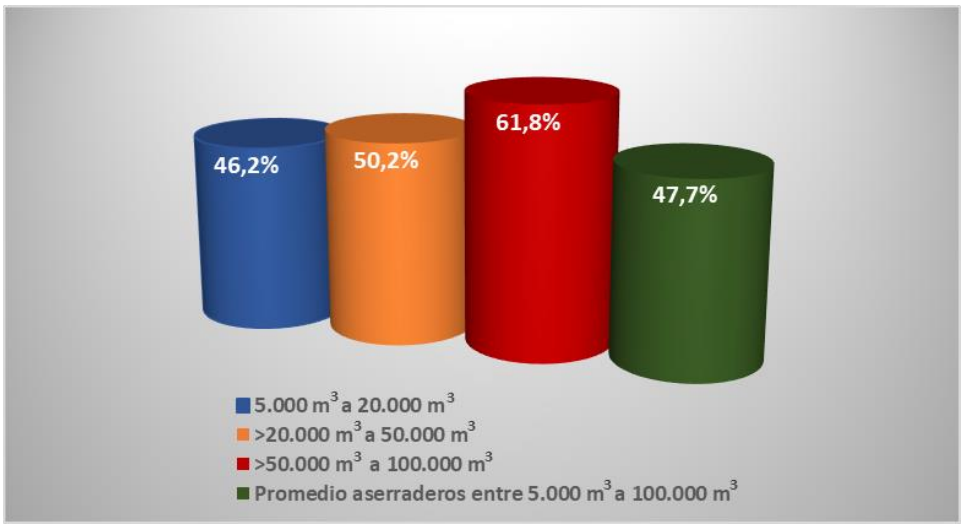


Figura N°1. Tasa de respuestas promedio sobre estructuras de costos, período 2016 a 2020, por segmentos de producción anual

1.2 Selección de la Muestra a Analizar

El sector objetivo del presente estudio es el conjunto de aserraderos permanentes que califican como pequeños y medianos, con una producción anual en un rango de 5.000 m^3 a 100.000 m^3, considerando el nivel inferior como crítico para ingresar al negocio de producción de madera aserrada estructural en el corto o mediano plazo. El análisis se concentra en la estructura de costos directos para la producción de madera aserrada de pino radiata, incluyendo las respuestas de los 5 últimos años de información disponible, lo que corresponde al período 2016-2020.

El análisis se ha desarrollado en las cuatro regiones principales en cuanto a la producción de madera aserrada de pino radiata, estas son las regiones del Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía.

El tamaño de la muestra utilizada corresponde a 255 declaraciones de estructuras de costos emitidas por productores pyme durante los 5 años analizados, lo que representa un promedio de 51 aserraderos que entregaron información anualmente.

Considerando que la materia prima es lejos el factor más importante entre los ítems de costos de producción y con el objeto de obtener resultados comparables, se optó por seleccionar a aquellos aserraderos que se abastecen bajo la modalidad “compra de trozas aserrables de pino radiata a terceros”, que es la modalidad de abastecimiento más importante en el rango de producción anual considerado (entre 5.000 m^3 y 100.000 m^3). En efecto, si se toma como ejemplo la producción de madera aserrada del año 2019 (dado lo anormal del año 2020), para los aserraderos del rango de producción seleccionado, el 61% de la madera provenía de compras de trozas a terceros, 20% se obtenía de bosques propios o de empresas coligadas, 16% procedía de compra y cosecha de bosques en pie (compra de vuelo) y un 4% correspondía a trozas de propiedad de empresas mandantes que contratan servicios de aserrío. Más aún, la modalidad de compra a terceros adquiere mayor importancia en el segmento de aserraderos de menor producción anual, alcanzando en este caso el 72% del abastecimiento.

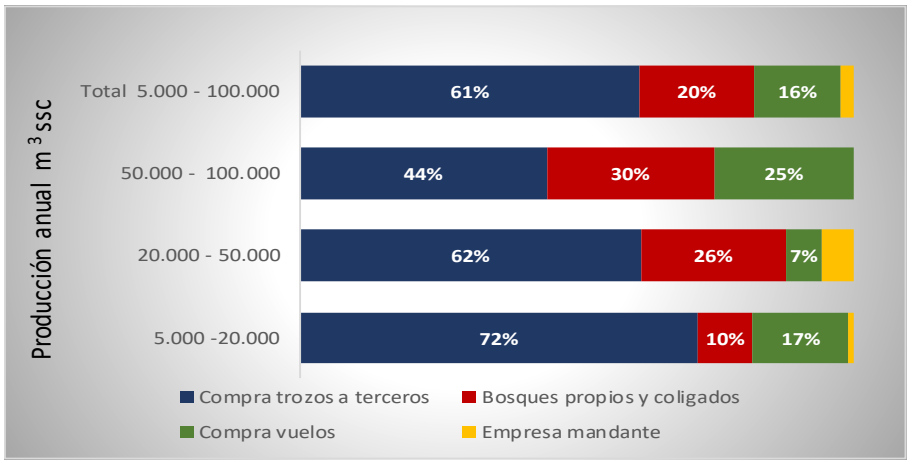


Figura N°2. Abastecimiento de trozos 2019, según modalidad y rangos de producción seleccionados

1.3 Análisis de Resultados

1.3.1 Resultados generales

Al analizar en forma conjunta los resultados obtenidos para los cinco años del período de evaluación, sin considerar las diferenciaciones por región, rangos de producción o años, se obtiene una estructura promedio de los costos directos del proceso de aserrío en la que la materia prima es lejos el factor más determinante representando el 61,2% del costo total. Los factores que siguen en participación son: mano de obra 19,2%; energía 9,1%; mantención y reposición de maquinarias 6,4% y otros factores 4,0%.

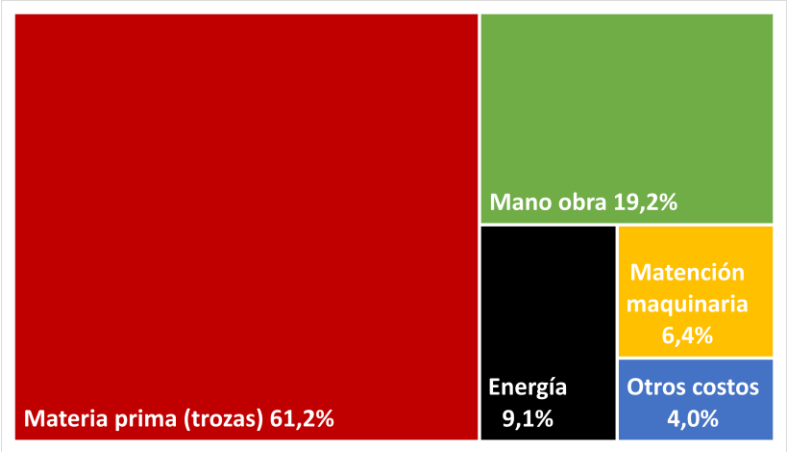


Figura N°3. Estructura promedio de costos de producción de madera aserrada, período 2016-2020, para aserraderos con producción anual de 5.000 m³ a 100.000 m³

Como se observa en la Figura N°4, la estructura de costos no varía durante el período analizado, puesto que el orden de los cinco ítems que la constituyen se mantiene. Solo se observan algunas variaciones en las participaciones de cada ítem.

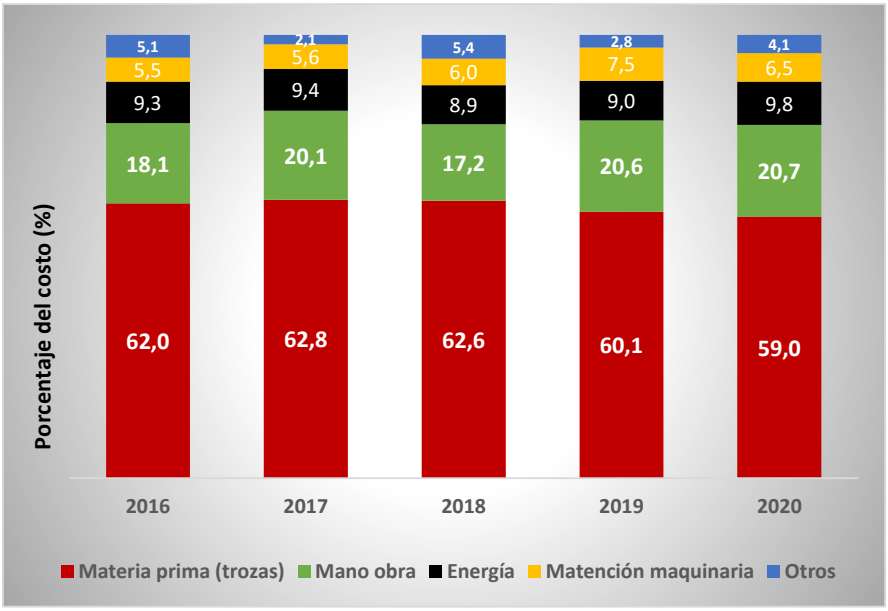


Figura N°4. Evolución de la estructura de costos en el período 2016-2020

En consideración a que la materia prima (trozas aserrables) representa más del 60% de los costos directos de producción de madera aserrada, se ha profundizado el análisis de este ítem contrastando su comportamiento con factores que expliquen su alto nivel de participación en la estructura de costos. Estos factores son los siguientes:

- Consumo de trozas aserrables de pino radiata, en m^3 ssc (sólidos sin corteza)
- Precio real promedio por región de las trozas aserrables de pino radiata, puestas en aserradero, en pesos por m^3 ssc, con un valor actualizado por IPC al 30 de noviembre del 2021.
- Valor del consumo anual de trozas, una variable que se basa en las dos anteriores y que corresponde al volumen de trozas consumido anualmente (m^3 ssc) por el precio real promedio anual de la troza ($/$m^3$ ssc). La variable valor del consumo anual, se expresa en $/año.
- Productividad física media, corresponde a la razón entre la producción anual de madera aserrada y el número de personas ocupadas, se expresa en m^3/persona ocupada.

Los valores de estos factores, para el segmento pymes definido en las cuatro regiones analizadas y considerando tanto a los aserraderos que contestaron los antecedentes de costo como a los que no lo hicieron, se obtienen de las estadísticas de INFOR (INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021).

Este análisis permite explorar el nivel de coherencia que existe entre los valores promedio de las estructuras de costos declaradas por los productores con el comportamiento teórico que se podría

esperar en relación a los registros anuales de variables, como consumo, precio y productividad física presentados en documentos estadísticos correspondientes al segmento de aserraderos seleccionado.

Un incremento en el volumen consumido de trozas, así como en el precio, implica una presión hacia una mayor participación de la materia prima en la estructura de costos variables. Un aumento en el valor monetario del total consumido en materia prima incide en un alza en la participación del ítem trozas aserrables en la estructura de costos de producción de madera aserrada. En el caso de la productividad física, al incrementarse esta variable significa que un mismo volumen de trozas es procesado con el trabajo de menos personas, por lo tanto, disminuye el ítem mano de obra incidiendo teórica e indirectamente en un incremento en la participación del ítem materia prima.

Entre los años 2016 y 2020, la participación del costo de las trozas aserrables presenta una gran estabilidad, manteniéndose en torno al 61% y registrando una brecha máxima de solo 3,8 puntos porcentuales entre los años de menor y mayor participación de la materia prima en la estructura de costos correspondiente a los años 2020 y 2017, respectivamente (Figura N°4).

La mayor participación del ítem materia prima corresponde al año 2017, año en el cual la compra de trozas aserrables representa el 62,8% en la estructura de costos directos de producción de madera aserrada. Este año coincide con el año de mayor volumen anual de consumo de trozas en el período analizado, para el segmento de las pymes del aserrío en las cuatro regiones analizadas. Este elevado nivel de consumo es explicado, en gran medida, por los efectos de los mega incendios forestales, que trajeron como consecuencia una alta oferta de trozas derivada de la corta anticipada de ejemplares antes de su edad de rotación. Al presentar la oferta una mayor concentración de trozas de diámetros pequeños y en parte dañadas por la acción del fuego, los precios experimentaron una baja.

El año 2020, en el que se registró una menor participación de las trozas aserrables en la estructura de costos del aserrío, fue también el año de menor consumo de trozas por parte de la pyme del aserrío analizada. Este menor consumo es explicado directamente por los efectos de la pandemia y la consecuencia de las medidas sanitarias de restricción en la circulación, en la disponibilidad de mano de obra en las faenas de extracción silvícola, así como en el aserrío.

Al comparar los gráficos de consumo anual de trozas de los aserraderos pyme de las regiones analizadas (Figura N°5) con el consumo nacional de trozas de pino radiata, en el período analizado (Figura N°6), la tendencia de las pymes muestra un desacoplamiento en relación a la tendencia nacional.

En efecto, en el año 2018 el consumo nacional de trozas aserrables presenta el mayor nivel histórico, sin embargo, en el caso de las pymes se produce una drástica caída en relación al 2017. Los aserraderos pyme de las regiones seleccionadas representan en el período analizado un porcentaje de participación en el consumo nacional de trozas aserrables de pino radiata que fluctúa entre el 33,1% el año 2016 y el 34,3% el año 2017.

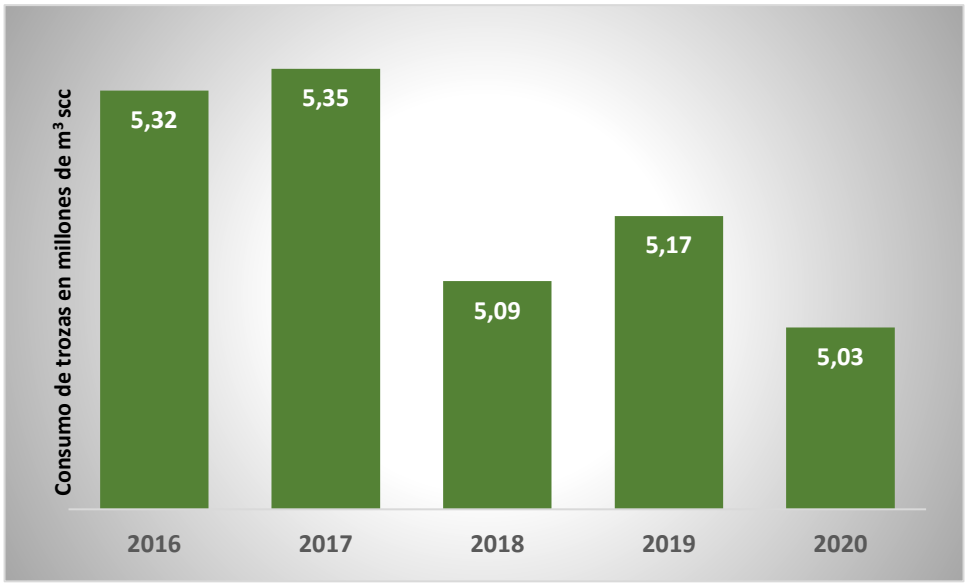


Figura N°5. Consumo anual de trozas de pino radiata en aserraderos pyme de las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía.

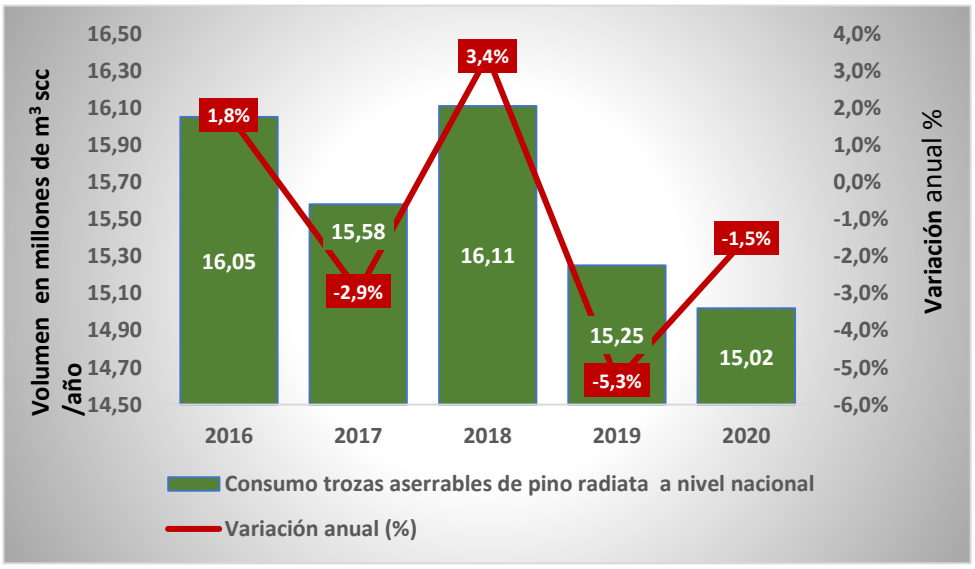


Figura N°6. Consumo de trozas aserrables de pino radiata a nivel nacional, en la industria del aserrío en Chile

El alza en el consumo de trozas aserrables del 2017 generó además un incremento en la ocupación de mano de obra, lo que repercutió en una disminución de la productividad física media, alcanzando un nivel de 421 m^3 producidos de madera aserrada por persona ocupada, el menor de los cinco años analizados.

Esta disminución de la productividad física en el 2017, puede estar parcialmente explicada por un mayor consumo de trozas de diámetros menores producto de las cortas anticipadas, lo que

repercute en una baja en el aprovechamiento de la materia prima y en mayores tiempos, por unidad producida, en el proceso de aserrío.

En el año 2020, se presenta la mayor productividad física, explicada por el fenómeno de la pandemia, que generó grandes problemas de disponibilidad de mano de obra y la necesidad de responder en el último trimestre a una explosiva demanda de madera aserrada siguiendo la tendencia de los materiales de construcción.

Este último fenómeno fue causado por la reactivación simultánea de proyectos de construcción, la disponibilidad de liquidez derivada de los retiros de fondos de pensiones y las ayudas estatales, así como las bajas tasas de créditos hipotecarios, todos factores que impulsaron una alta demanda.

Una baja en la productividad física tiende a contrarrestar los efectos de un alto consumo en la participación de la madera en la estructura de costos. Es así como en el año 2017, de alto consumo, y el año 2020, de bajo consumo, la productividad física se movió en sentido opuesto, regulando cambios más drásticos en la participación de la materia prima en la estructura de costos.

A diferencia de lo observado en el consumo anual de trozas, en la productividad física se manifiesta una tendencia similar para los cinco años analizados entre los aserraderos pyme y la tendencia nacional de la industria del aserrío (Figuras N°7 y N°8)

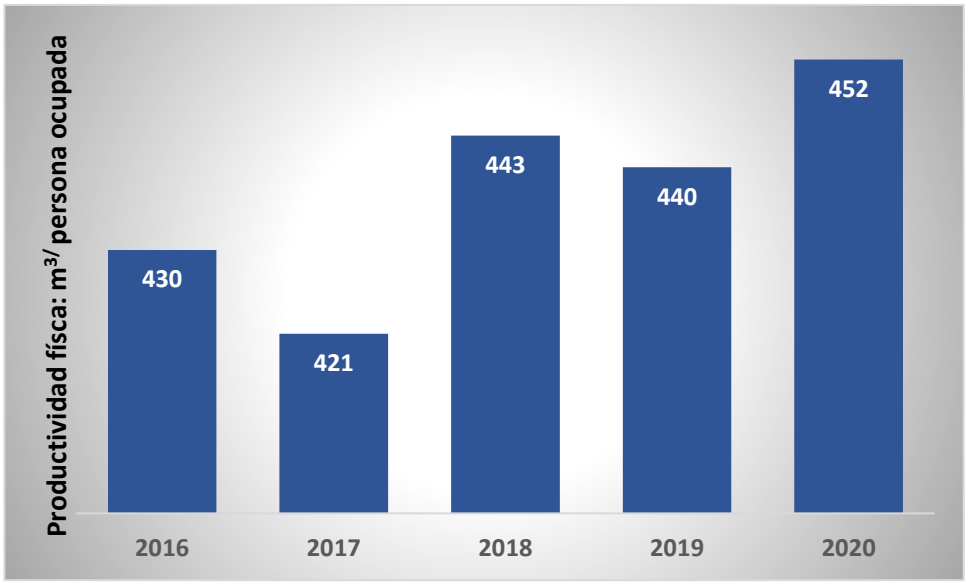
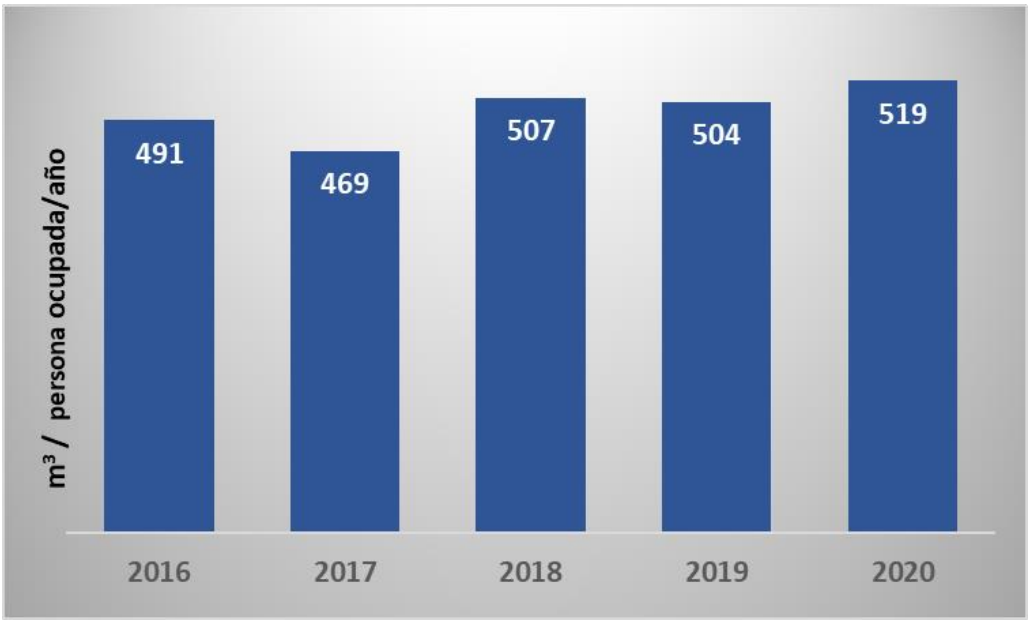


Figura N°7. Consumo anual de trozas de pino radiata en aserraderos pyme de las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía



(Fuente: Alvarez y Poblete, 2020)

Figura N°8. Productividad física media en la producción de madera aserrada de pino radiata en Chile

Al comparar el precio real promedio ponderado integrando las diferentes regiones, entre los años de mayor y menor participación de la materia prima como ítem de costo, años 2017 y 2020 respectivamente, se evidencia que el precio del año 2020 es un 2,7 % superior al del año 2017, factor que tiende a atenuar las diferencias en la participación del ítem materia prima en relación al año de mayor participación de este ítem. Sin embargo, al multiplicar los precios de cada año por el consumo de trozas, el año 2017 presenta un valor superior en 3,5% al del año 2020, factor que incide en una mayor participación de la materia prima como ítem de costo.

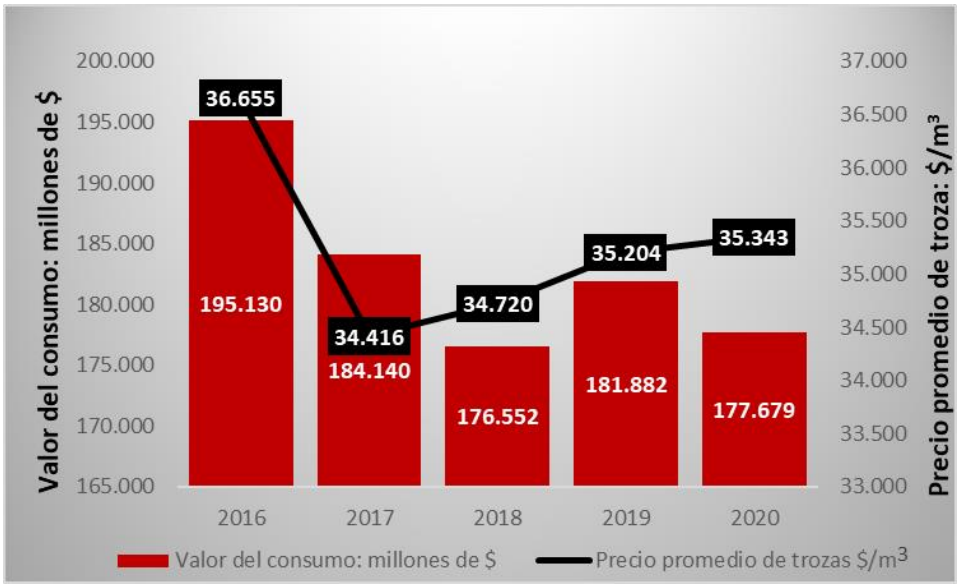


Figura N°9. Valor del consumo anual de trozas de pino radiata y precio promedio, en aserraderos pyme de las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía

1.3.2 Resultados por rango de producción anual

Como se señaló anteriormente, el sector objetivo de aserraderos a analizar corresponde a aquellas unidades permanentes productoras de madera aserrada de pino radiata, que tienen una producción anual entre los 5.000 m^3 y los 100.000 m^3, segmento que se considera representativo de la pequeña y mediana industria del aserrío.

Para un análisis pormenorizado, este rango se subdividió en los siguientes tres segmentos de producción:

- Segmento 1: 5.000 m^3 a 20.000 m^3
- Segmento 2: >20.000m^3 a 50.000 m^3
- Segmento 3: >50.000 m^3 a 100.000 m^3

En la Figura N°10 se presentan los valores promedio de participación de cada ítem de costo, considerando los cinco años del período 2016 a 2020 para los casos de los segmentos 1 y 2. En relación al segmento 3, el promedio de calculó considerando los años con información disponible: 2016, 2018 y 2019.

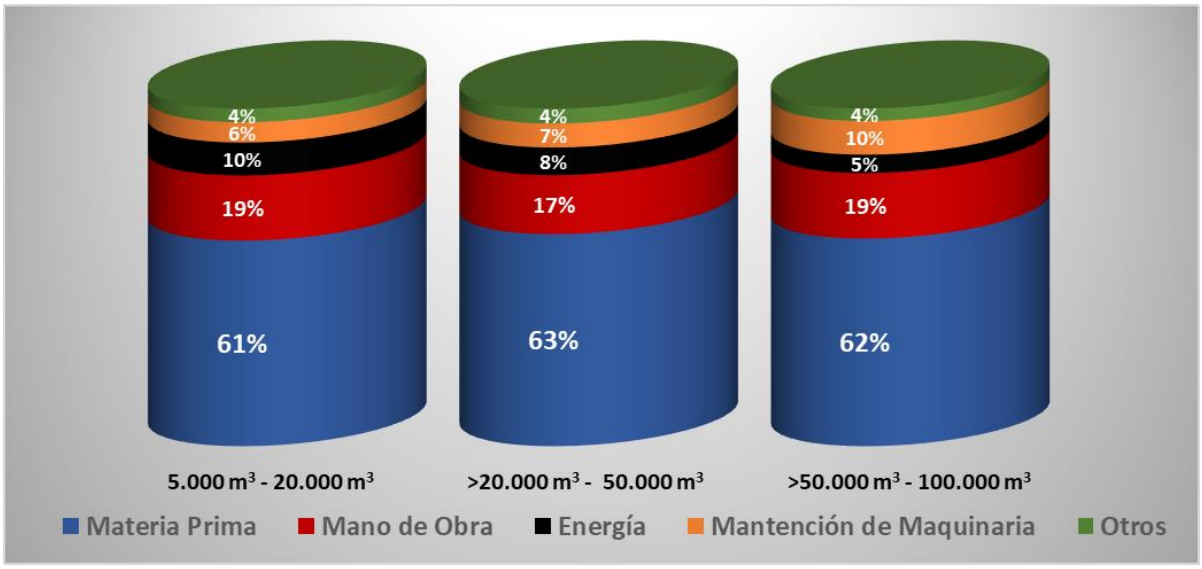


Figura N°10. Estructura de costos del aserrío por segmento de producción

De acuerdo a lo declarado por los aserraderos, las distribuciones de costos para los tres segmentos definidos y los años analizados, se presentan en la Figura N°11.

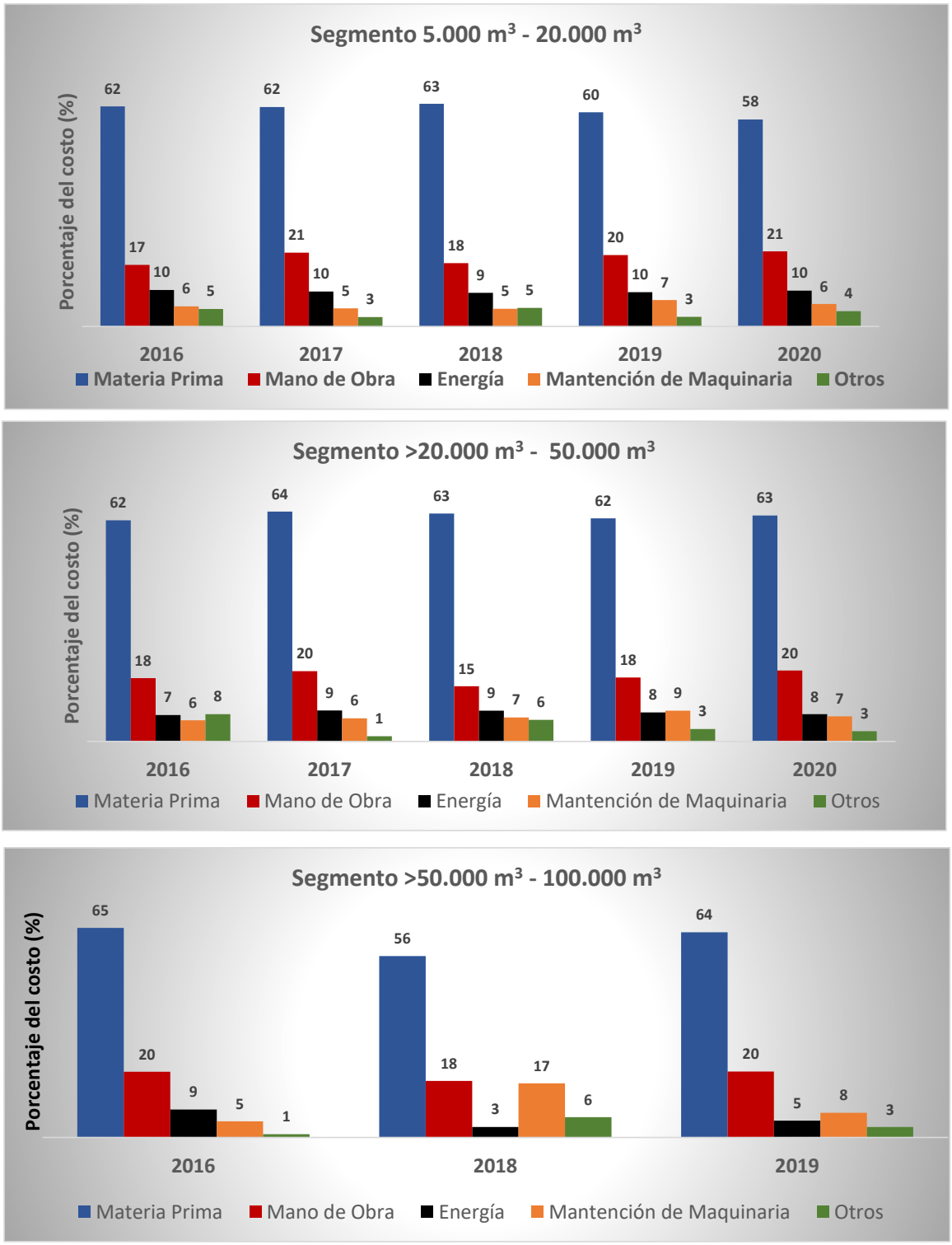


Figura N°11. Estructura de costos por segmento de producción anual de madera aserrada

La productividad física media es una variable importante de considerar para un análisis de aserraderos de diferentes niveles de producción, dada las diferencias en equipos y tecnologías que

existen entre ellos. En la Figura N°12, se aprecia que, para todos los años del período analizado, a mayor nivel de producción de los aserraderos la productividad es mayor.

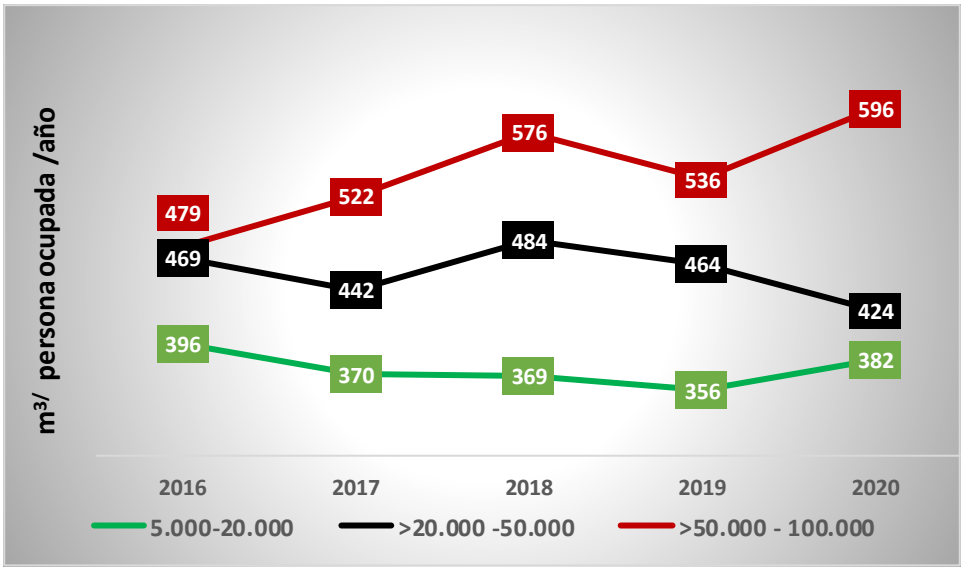


Figura N°12. Productividad física media según rango de producción de aserraderos, regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía

Como se ha señalado anteriormente, resulta esperable que una mayor productividad física contribuya a una mayor participación de la materia prima en la estructura de costos. Para los aserraderos del segmento 1 (producción entre 5.000 m^3 y 20.000 m^3), esta tendencia se manifiesta tanto en el gráfico general (Figura N°10), donde se observa la menor participación de la materia prima en relación a los otros dos segmentos, como en los resultados particulares para cada año (Figura N°12).

La menor participación de la materia prima, en la medida que el rango de producción es menor, también puede explicarse por la menor calidad de los trozos que consumen los aserraderos más pequeños, considerando el tipo de madera aserrada que estos ponen en el mercado, situación que implica un menor precio de compra (Figura N°13).

Los factores de menor precio de compra, como consecuencia de la menor exigencia en calidad, y la menor productividad física (Figura N°12), compensarían un posible menor rendimiento en el aprovechamiento de la troza al producir madera aserrada, en los aserraderos de menor nivel de producción, factor que presionaría al incremento en la participación de la materia prima, dado que para producir un volumen similar al de aserraderos de mayor tamaño se debería consumir un mayor volumen de materia prima.

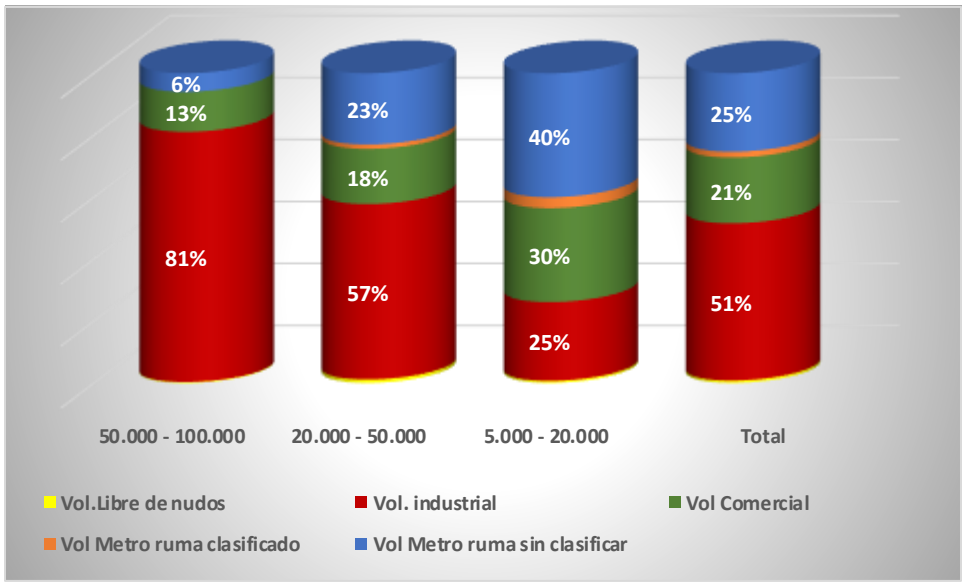


Figura N°13. Distribución del consumo de trozas por rango de producción del aserradero y tipo de troza, años 2016-2020

El segmento 2, de los aserraderos de tamaño intermedio, destaca por la estabilidad presentada durante los cinco años analizados de la participación de la materia prima, registrando una variación de solo 1,9 puntos porcentuales entre los años con mayor y menor participación correspondientes al 2017 y al año 2016, respetivamente (Figura N°11)

En el segmento 3, de los aserraderos de mayor producción, el porcentaje de participación de la materia prima en la estructura de costos variables para los años 2016 y 2019 alcanza a 65% y 64%, respectivamente, superando en ambos casos a la participación de este ítem en los aserraderos de los segmentos 1 y 2 (Figura N°11). Estos resultados se encuentran dentro de lo esperable, en consideración, entre otros factores, a que la productividad física del segmento 3 es superior en todos los años a los registros de los otros dos segmentos.

El resultado del año 2018 para el segmento 3 (Figura N°11) resulta errático en cuanto a su interpretación, debido a que se presenta una participación de la materia prima en el costo de solo 56%, nivel inferior a los otros dos segmentos, los que presentan niveles de productividad menores (Figura N°12). Se debe hacer notar que el desplazamiento de puntos porcentuales de la materia prima en la estructura de costos no implica un incremento en la mano de obra, variable que presenta un 17%, inferior al 20% registrado para los años 2016 y 2019, y consistente con un alto nivel de productividad física presentada en el año 2018 para este tamaño de aserraderos (Figura N°12). El ítem que incrementa en forma considerable el año 2018, es el de mantención y renovación de maquinaria. En consideración al alto nivel tecnológico de la maquinaria utilizada en este tipo de aserraderos y al bajo número de plantas encuestadas pertenecientes a este segmento, es esperable que fallas mayores, que puedan implicar altos costos de mantención, reparación, importación de repuestos o incorporación de nuevas tecnologías en un aserradero en un año determinado, tengan un alto impacto en el costo promedio de este ítem en el conjunto de unidades encuestadas del segmento 3.

El segmento 3 presenta una mayor participación de la madera industrial comprada en relación al segmento 2, esto implicaría un costo mayor de adquisición de materia prima, pero que puede ser parcialmente compensado por una mayor posición negociadora debido a los volúmenes comprometidos.

El segmento de los aserraderos que producen sobre 50.000 m^3 y hasta 100.000 m^3, es el que presenta el comportamiento más inestable en relación a los resultados de declaraciones de estructuras de costos. Se debe hacer notar que, al estar este segmento representado por un número muy inferior de unidades en relación a los segmentos de menores niveles de producción, es más sensible al cambio de categoría de un aserradero entre un año y otro. Es decir, cuando un aserradero calificado en este segmento pasa a un nivel de producción por sobre los 100.000 m^3, o disminuye a niveles menores a los 50.000 m^3, o en caso contrario ingresa alguna unidad al segmento de producción referido, los cambios para los totales o promedios de las diferentes variables consideradas, repercuten en forma más marcada que en los otros dos segmentos.

1.3.3 Resultados por región

El análisis de los resultados por región se realiza para las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía. En el período 2016-2020 estas regiones concentraron cerca del 90% del volumen de madera aserrada de pino radiata producido a nivel nacional por los aserraderos permanentes que se ubican en un rango de producción anual entre 5.000 m^3 y 100.000 m^3.

Las regiones de Biobío y Ñuble se analizan en forma conjunta, a objeto de poder evaluar la evolución de los aserraderos pertenecientes al rango de producción seleccionado, en un período de cinco años. Esto, debido a que la región de Ñuble se instituyó como tal a partir del año 2019 y, por lo tanto, la desagregación de la información tiene solo dos años.

Para los tres análisis regionales realizados se calculó la brecha que se generaba en la participación del costo de la materia prima, considerando los años en que esta participación presentó su nivel máximo y su nivel mínimo. Luego, el valor de este diferencial se comparó con la diferencia que se registraba para los mismos años en las variables consumo, precio promedio de la troza, valor del consumo y productividad física media.

La brecha en términos porcentuales se calculó en base a la siguiente fórmula:

Brecha de participación materia prima (%) = (MP Max - MP min) x100/(MP Max)

Donde:

MP Max: Porcentaje de participación de la materia prima en la estructura de costos para el año en que presenta la mayor participación

MP min: Porcentaje de participación de la materia prima en la estructura de costos para el año en que presenta la menor participación

Los resultados generales de este análisis para las tres regiones se presentan en la Figura N°14.

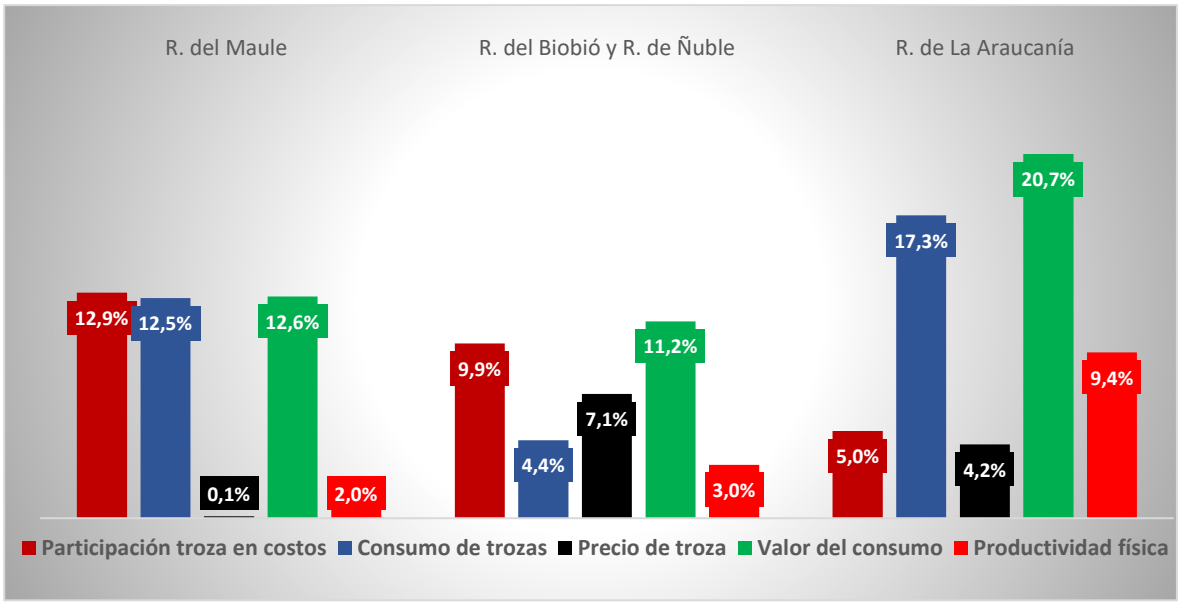


Figura N°14. Brecha en la participación de la materia prima en la estructura de costos para los años de mayor y menor participación y diferencia en consumo, precios, valor del consumo y productividad física para los mismos años

Como es posible apreciar en la Figura N°14, la brecha en participación del costo de la materia prima, para los años en que se obtiene una participación máxima y una participación mínima en los tres casos analizados, presenta siempre un diferencial de signo positivo en los factores: consumo, precio de la troza, valor del consumo y productividad física media. Es decir, en los tres casos una mayor participación de la materia prima fue acompañada de mayores niveles de consumo, precio, valor del consumo y productividad física media.

Los precios referenciales de materia prima utilizados para el análisis en las diferentes regiones corresponden a precios reales, obtenidos a partir de la actualización por IPC al 30 de noviembre del 2021, de los precios nominales capturados en los monitoreos de precios de INFOR. Corresponden a precios de la troza aserrable de pino radiata puesta en aserradero de la respectiva región, en m^3 scc.

Cuadro N°1. Evolución de los precios de trozas aserrables, período 2016-2020. Precios actualizados por IPC a noviembre 2021, $/m³ ssc, puesto en aserradero

Región	2016	2017	2018 ($/m³ssc)	2019	2020
Maule	36.824	35.478	36.188	36.533	36.147
Biobío y Ñuble	36.318	34.049	33.504	33.744	34.025
La Araucanía	36.866	32.817	33.358	34.826	36.246

(Fuente: Alvarez et al, 2021)

Cabe destacar que los precios promedio disponibles corresponden a un valor referencial, dado que el precio varía según el volumen y el tipo de troza que se compra. Un primer punto a tener en cuenta en el análisis de las regiones consideradas es que la evolución de la estructura de costos de la industria del aserrío regional en el período 2016-2020 permite verificar que esta se mantiene

inalterable. El orden de los ítems para las diferentes regiones y en cada año considerado es: materia prima, mano de obra, energía, mantención y renovación de maquinaria, y otros factores no especificados.

Por otra parte, es interesante destacar que no existe coincidencia entre las regiones, en relación a los años en que la materia prima registra la mayor y la menor participación en la estructura de costos.

a) Resultados región de Maule

En la siguiente figura se presenta la evolución durante los cinco años analizados de la estructura de costos declarada por las pymes del aserrío de la región del Maule.

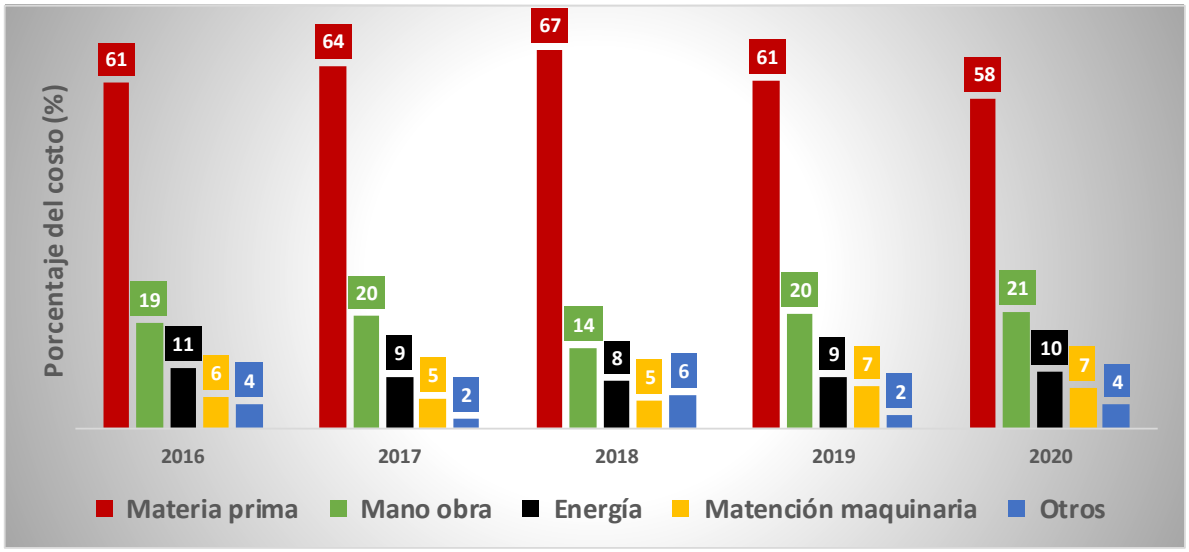


Figura N°15. Evolución de la estructura de costos en los aserraderos de la Región de Maule

Cuadro N°2. Participación de la materia prima en la estructura de costos y evolución de los factores relacionados en la región de Maule

Región del Maule	2016	2017	2018	2019	2020	Brecha 2018 y 2020
Participación troza en costos de aserrío, en %	61,0	64,1	66,9	61,4	58,3	**12,9%**
Consumo de trozas, en m^3 scc	2.415.533	2.349.215	2.352.988	2.274.746	2.058.028	**12,5%**
Precio real de troza, en $/$m^3$ scc	36.824	35.478	36.188	36.533	36.147	**0,1%**
Valor del consumo anual, en millones de $	88.950	83.345	85.150	83.103	74.392	**12,6%**
Productividad física, en m^3 de madera por persona ocupada	521	523	528	493	517	**2,0%**

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

La región de Maule presenta variaciones importantes en el período analizado en cuanto a su estructura de costos, especialmente en la participación del costo de trozas aserrables. Esta variable experimenta un diferencial de 8,6 puntos porcentuales entre el año de mayor y menor participación, años 2018 y 2020, respectivamente, esta diferencia, expresada como porcentaje del valor máximo de 66,9%, llega a 12,9%. Al comparar ambos años se verifica que esta diferencia es explicada principalmente por una alta variación en el consumo de trozas (12,5%), considerando que el precio

se mantiene prácticamente estable con una variación de 0,1%. La productividad física es también superior en el año 2018 en un 2%, factor que presiona al alza de la participación de la materia prima en la estructura de costos.

Como contrapartida, en el año 2020 la compra de trozas aserrables presentó el menor nivel de participación en la estructura de costos, alcanzando un 58%. Esta baja se explica, principalmente, por presentar el menor nivel de consumo del quinquenio, probablemente por motivos vinculados a la pandemia. La productividad se incrementa respecto al 2019, año en que presentó una fuerte caída (-4,9%), factor que no logra compensar la caída del valor del consumo de trozas.

El año 2017, como efecto de los mega incendios y de la alta disponibilidad de trozas quemadas, algunas cortadas antes del período de rotación, hubo una gran oferta de trozas, presionando los precios a la baja. Como consecuencia, el precio fue el menor del quinquenio analizado, mientras que el volumen consumido fue el tercero entre los cinco años, ocupando el segundo lugar en productividad. El resultado fue que la participación de la materia prima llegó a 64%, segundo nivel más alto de participación, después del registro correspondiente al año 2018.

b) Resultados regiones de Biobío y Ñuble

En el análisis de las estructuras de costos para las regiones de Biobío y Ñuble, no se consideró el año 2017 por no disponerse de una cantidad aceptable de respuestas. Los resultados obtenidos para los años 2016,2018, 2019 y 2020 se presentan en el siguiente gráfico.

Figura N°16. Evolución de la estructura de costos en los aserraderos de las regiones del Biobío y de Ñuble

Cuadro N°3. Participación de la materia prima en la estructura de costos y evolución de los factores relacionados en las regiones de Biobío y Ñuble

Regiones del Biobío y de Ñuble	2016	2017	2018	2019	2020	Brecha 2016 y 2019
Participación troza en costos de aserrío, en %	62,4	S/I	58,0	56,2	59,8	**9,9%**
Consumo de trozas, en m^3 scc	1.868.478	1.870.106	1.816.515	1.785.340	1.951.947	**4,4%**
Precio real de troza, en $/$m^3$ scc	36.318	34.049	33.504	33.744	34.025	**7,1%**
Valor del consumo anual, en millones de $	67.859	63.675	60.861	60.245	66.415	**11,2%**
Productividad física, en m^3 de madera por persona ocupada	372	365	363	361	402	**3,0%**

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

El mayor nivel de participación de la materia prima dentro de la estructura de costos de producción de la madera aserrada se presentó el año 2016, alcanzando al 62,4%. Este nivel de influencia de la materia prima en el costo se explica en gran medida por el precio que alcanza la troza de pino ese año, el más alto del quinquenio, con lo cual el valor del consumo también registra el nivel más alto del período.

Al comparar los años 2016 y 2019, correspondientes a los de mayor y menor participación de la materia prima en la estructura de costos, se aprecia que la brecha de 9,9% en la participación del costo de las trozas se produce en concordancia con valores superiores en el año 2016 respecto al 2019 en un 4,4% en el consumo de trozas, 7,1% en el precio, 11,2% en el valor del consumo y 3% en productividad.

La baja participación de la materia prima en la estructura de costos de producción en el 2019, se explica, en gran medida, por una fuerte caída del consumo, el nivel más bajo en el quinquenio, al igual que la productividad física media. Cabe señalar que, en la estructura de costos declarada por los productores, ese año la participación de la mano de obra llega al máximo nivel del período analizado, representando un 23% de los costos de producción.

c) Resultados región de La Araucanía

El análisis de la estructura de costos en la Región de la Araucanía se concentra en los años 2017, 2018 y 2019, para los cuales se dispone de un número suficiente de respuestas por parte de los productores.

En la región de La Araucanía, el mayor nivel de participación del ítem materia prima en la estructura de costos del segmento de aserraderos definido se alcanza en el año 2019, con un 62,8%. Este nivel se logra en un contexto en el que el consumo de trozas fue levemente más bajo que el alcanzado el año 2017, pero el precio de la materia prima fue el mayor entre los años considerados, lo que lleva a obtener un nivel superior en el valor del consumo. La productividad física media también anotó en el 2019 el mayor nivel de los tres años analizados, llegando a 498 m^3 por persona ocupada.

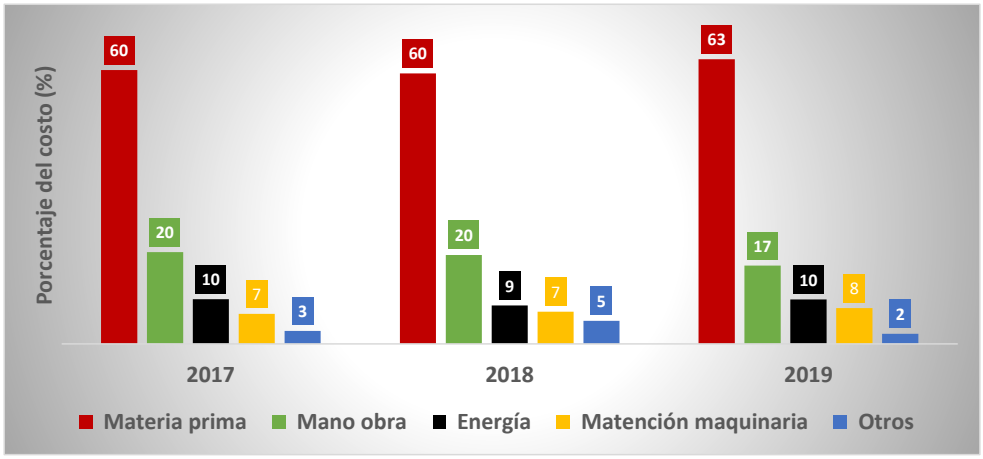


Figura N°17. Evolución de la estructura de costos en los aserraderos de la región de La Araucanía

Cuadro N°4. Participación de la materia prima en la estructura de costos y evolución de los factores relacionados en la región de La Araucanía

Región de La Araucanía	2016	2017	2018	2019	2020	Brecha 2019 y 2018
Participación troza en costos de aserrío, en %	S/I	60,4	59,6	62,8	S/I	**5,0%**
Consumo de trozas, en m^3 scc	1.039.463	1.131.108	915.567	1.106.482	1.017.282	**17,3%**
Precio real de troza, en $/$m^3$ scc	36.866	32.817	33.358	34.826	36.246	**4,2%**
Valor del consumo anual, en millones de $	38.321	37.120	30.541	38.534	36.872	**20,7%**
Productividad física, en m^3 de madera por persona ocupada	388	363	451	498	446	**9,4%**

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

Al comparar los valores de participación de la materia prima en la estructura de costos, para los años de mayor (2019) y menor participación (2018), la brecha relativa llega al 5%. En los factores consumo, precio, valor del consumo y productividad se presenta un diferencial en el cual los valores del 2019 superan a los del 2018 en 17,3%, 4,2%, 20,7% y 9,4%, respectivamente.

1.4 Análisis Estadísticos Relativos a la Estructura de Costos

Se realizaron una serie de análisis estadísticos que permiten detectar diferencias estadísticamente significativas entre los distintos segmentos de producción, regiones y años. Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (McKight y Najab, 2010) para contrastar los valores de cada uno de los segmentos y regiones de los grupos de aserraderos estudiados. En los casos que se encontraron diferencias significativas, estas fueron sometidas a la prueba *post-hoc* de ranking de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945). El supuesto de homogeneidad de varianza, necesario para aplicar el test de Kruskal Wallis, se verificó mediante la prueba de Leven (Nordstokke y Zumbo, 2010).

- **Análisis global**

A nivel general, se determinó que la materia prima es el ítem más importante en la estructura de costos de los aserraderos, ocupando en promedio un 61,23% dentro de los costos directos para la producción de madera aserrada. La mano de obra corresponde al segundo ítem en importancia, ocupando un 19,2% de los costos fijos, seguido de la energía con 9,13% y la mantención de maquinaria con 6,42%, mientras que el ítem de Otros, ocupa la última posición con un 4,01% de los costos.

Cuadro N°5. Valores promedios e intervalo de confianza (95%) de la estructura de costos

Materia prima (%)		Mano de obra (%)		Energía (%)		Mantención de Maquinaria (%)		Otros (%)	
61,23	± 1,45	19,20	± 1,02	9,13	± 0,55	6,42	± 0,68	4,01	± 0,71

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez Y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

- **Análisis por segmento**

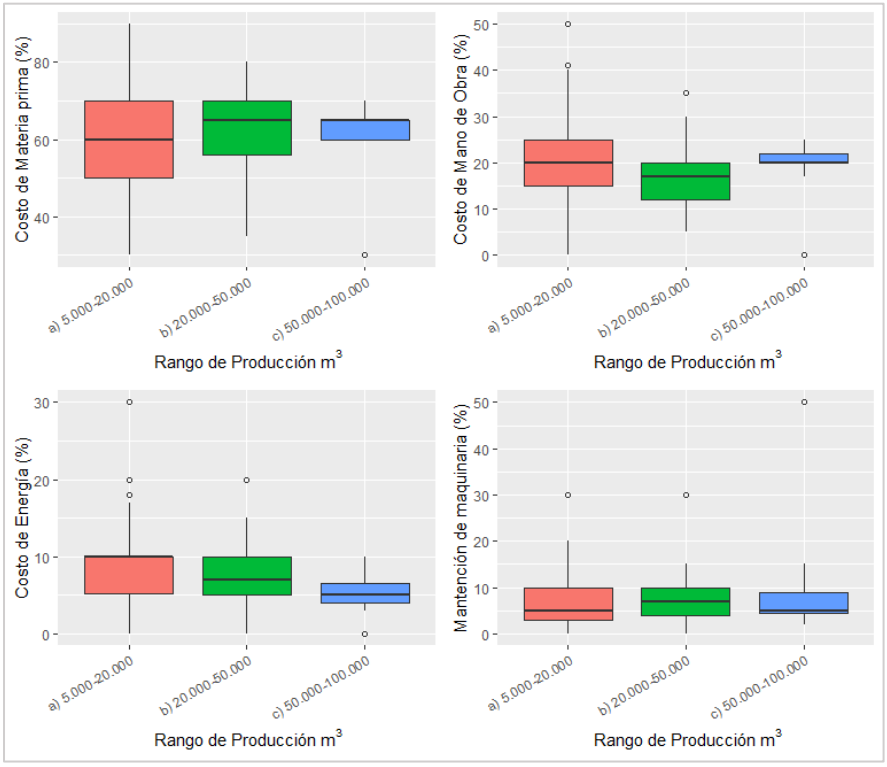
Los datos de costos según segmento de producción tuvieron diferencias significativas para el costo de energía entre los tres segmentos de producción. La variable materia prima no presentó homogeneidad de varianza entre los distintos segmentos según la prueba de Leven. Aun así, ese

resultado tuvo un valor con una baja significancia estadística, por lo que se consideró valido para realizar el análisis. En casi todos los segmentos de producción se mantiene el mismo orden se importancia de los ítems que componen la estructura de costos, con la salvedad de que en las empresas que producen entre 50.000-100.000 m³ de madera aserrada, la mantención de maquinaría tiene un mayor peso, superando al ítem de energía.

Cuadro N°6: Valores promedios, intervalo de confianza (95%) y significancia de análisis estadísticos de estructura de costos por segmento de producción

Segmento (m³)	Materia prima (%)		Mano de obra (%)		Energía (%)		Mantención de maquinaria (%)		Otros (%)	
5.000-20.000	60,88	±1,87 a	19,31	±1,31 a	9,74	±0,72 a	6,03	±0,77 a	4,04	±0,94 a
20.000-50.000	62,81	±2,58 a	17,46	±1,56 a	8,19	±0,99 b	7,11	±1,19 a	4,42	±1,32 a
50.000-100.000	61,50	±5,88 a	19,42	±3,74 a	5,42	±1,61 c	10,00	±7,53 a	3,67	±3,41 a

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)



(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

Figura N°18. *Boxplo*t Estructura de Costos por Segmento de Producción

En la Figura N°18 se aprecia, mediante *boxplot*, la distribución de las variables de la estructura de costos que tuvieron diferencias estadísticamente significativas al ser contrastadas a nivel de segmentos de producción.

- **Análisis por región**

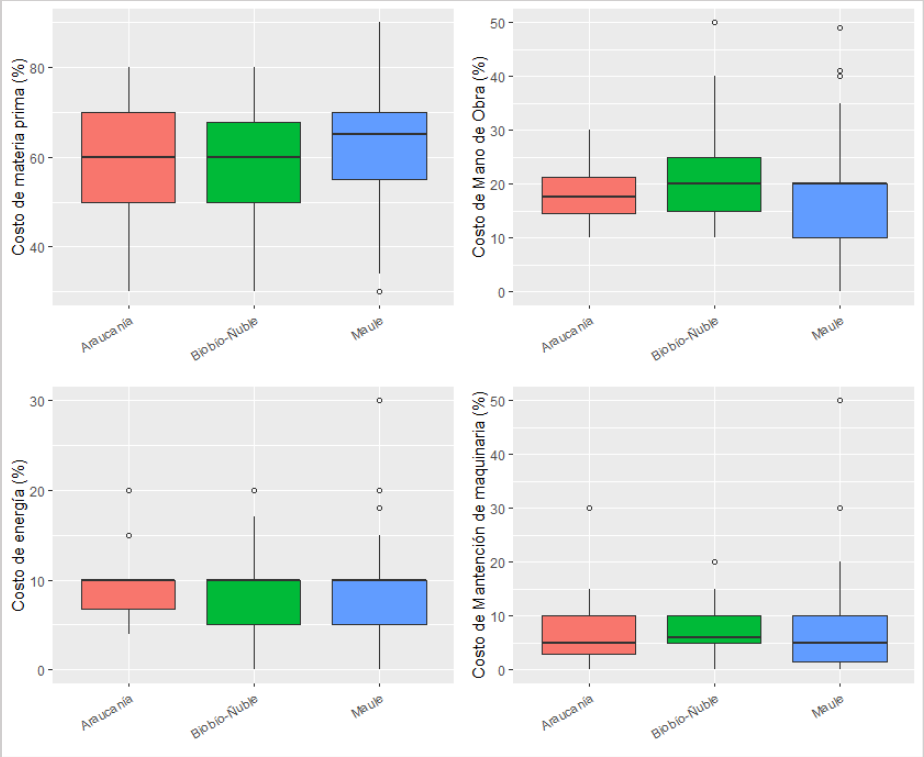
Al contrastar la estructura de costos entre las regiones, las diferencias significativas se encontraron en los ítems materia prima y mano de obra. En cuanto al costo de la materia prima, la región del Maule presentó valores significativamente más altos que las regiones de Biobío-Ñuble. En el costo de la mano de obra, la región del Maule presentó diferencias significativas con respecto a las regiones de Biobío-Ñuble, siendo estas últimas las que presentan mayores valores medios en el costo relativo de este ítem.

Cuadro N°7. Valores promedios, intervalo de confianza (95%) y significancia de análisis estadísticos de estructura de costos por región

Región	Materia prima (%)		Mano de obra (%)		Energía (%)		Mantención de maquinaria (%)		Otros (%)	
Araucanía	61,18	±4,57 a	18,79	±2,41 a	9,46	±1,41 a	7,32	±1,41 a	3,25	±1,70 a
Biobío-Ñuble	58,18	±2,30 ab	21,28	±1,83 ab	9,03	±1,83 a	6,83	±0,99 a	4,68	±1,43 a
Maule	62,64	±2,01 ac	18,32	±1,40 ac	9,18	±1,40 a	6,09	±0,77 a	3,77	±0,93 a

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

En la Figura N°19 se graficaron las variables de la estructura de costos que presentaron diferencias estadísticamente significativas al contrastarse a nivel de regiones.



(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

Figura N°19. *Boxplot* de estructura de costo por región

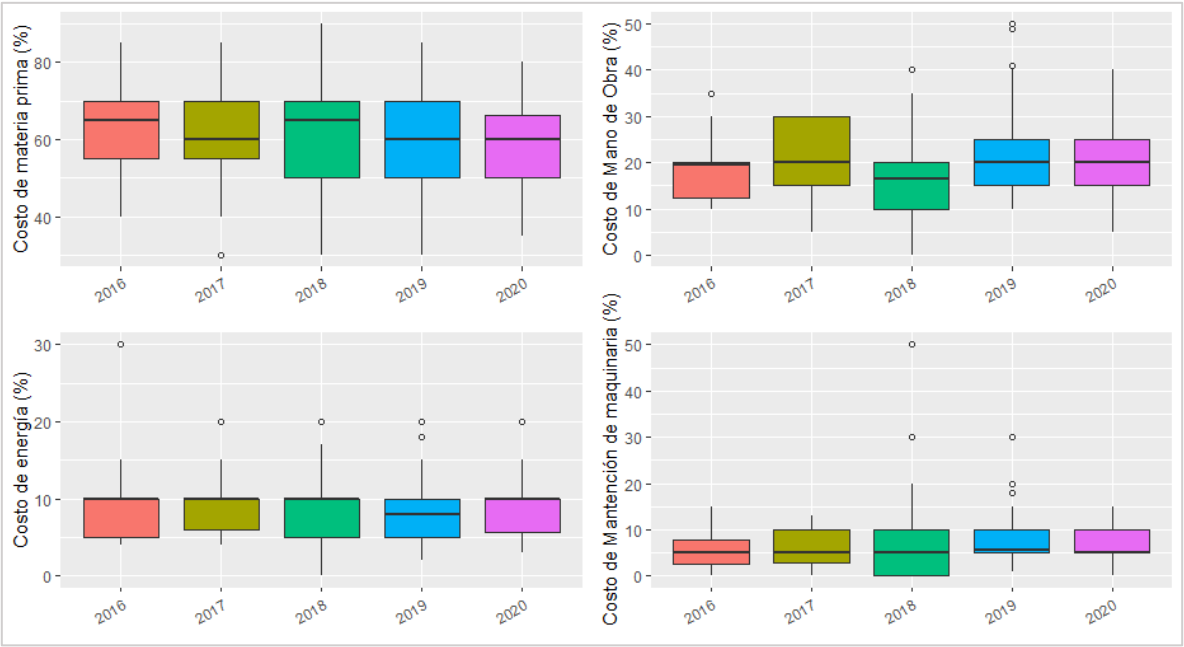
- **Análisis por año**

No fue posible aplicar la prueba de Kruskall-Wallis para comparar los datos entre años, debido a que los datos no se cumplen supuesto de independencia, esto ya que se comparan las mismas unidades entre diferentes años, lo cual implica una dependencia entre estos registros. En el Cuadro N°8 se presentan los valores promedios e intervalos de confianza de las variables que componen la estructura costos, en donde no se aprecian grandes variaciones entre ellos.

Cuadro N°8. Valores promedios, intervalo de confianza (95%) y de estructura de costos por año

Año	Materia prima (%)		Mano de obra (%)		Energía (%)		Mantención de maquinaria (%)		Otros (%)	
2016	62,00	± 4,15	18,10	± 2,44	9,33	± 1,92	5,47	± 1,52	5,10	± 3,00
2017	62,79	± 4,65	20,10	± 2,89	9,37	± 1,49	5,62	± 1,39	2,10	± 1,31
2018	62,60	± 2,67	17,22	± 1,95	8,85	± 1,03	5,96	± 1,63	5,36	± 1,33
2019	60,01	± 2,69	20,59	± 1,89	8,96	± 0,96	7,51	± 1,06	2,84	± 0,97
2020	59,00	± 3,10	20,68	± 2,34	9,75	± 1,30	6,45	± 1,26	4,13	± 1,88

(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)



(Fuente: INFOR, 2017; INFOR, 2018; Alvarez y Poblete, 2019; Alvarez et al, 2021; Soto et al, 2021 y Pardo et al, 2021)

Figura 20: Boxplot de estructura de costo por años

1.5 Comentarios

La información sobre costos de producción representa uno de los aspectos más complejos de abordar en los procesos de levantamiento de datos estadísticos, debido al nivel de confidencialidad que esta información tiene para las empresas. A esto se agregan los problemas asociados a la necesaria homogenización de los datos, para que sean comparables.

Así es como considerando el total de preguntas realizadas en los muestreos anuales a la industria primaria que realiza INFOR, las que presentan la menor tasa de respuestas son las preguntas relativas a los costos. No obstante, al analizar los datos se concluye que las empresas que responden estas preguntas, lo hacen con un alto nivel de conocimiento y disponibilidad, lo que se refleja en la consistencia entre las respuestas y el comportamiento que se debería esperar en relación a variables objetivas como la evolución de los precios de la materia prima, niveles de consumo de trozas, valor del consumo de trozas y productividad física.

Lo anterior permite llegar a la conclusión de que el orden de los ítems considerados en la estructura de costos, se mantiene casi inalterable entre los diferentes segmentos de producción y regiones, durante los cinco años analizados.

Así, la materia prima es lejos el factor más determinante en la estructura de costos con una participación de 61,2%, seguido muy de lejos por los costos de mano de obra con una participación de 19,2%, energía con un 9,1%, mantención y renovación de maquinarias 6,4% y otros factores con un 4,0%.

Al analizar estadísticamente los resultados por medio de pruebas no paramétricas, se detectaron para los tres diferentes segmentos de producción diferencias significativas en la variable porcentaje de costos de energía. Los aserraderos con niveles de producción entre 50.000-100.000 m^3 presentaron valores más bajos que el resto, mientras que el segmento de 5.000-20.000 m^3 es el que destina mayores porcentajes de recurso al ítem energía. Con esto se puede entender que a medida que aumenta la producción, disminuye el porcentaje de costo atribuible a energía.

A nivel regional el porcentaje del costo de materia prima, en costo total directo, fue significativamente menor en las regiones de Biobío y Ñuble que en la región de Maule, pero sin marcar diferencias con el de La Araucanía, la cual presenta un valor intermedio a los registrados por las otras regiones en este ítem. Lo mismo sucede en la mano de obra, factor que presenta un mayor porcentaje de participación en el costo de producción en las regiones de Biobío y Ñuble en comparación con la participación presentada en la región del Maule, pero sin tener diferencias significativas con la región de La Araucanía. Los otros ítems de la estructura de costos no marcan ninguna diferencia significativa entre las regiones, lo que indica que la variabilidad de la estructura de costos entre regiones está definida principalmente por los factores materia prima y mano de obra.

No se detectaron mayores cambios al comparar anualmente las variables de la estructura de costos de los aserraderos involucrados en este estudio.

2. ANTECEDENTES PARA DETERMINAR LA ADICIONALIDAD DE COSTOS PARA PRODUCIR MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL CLASIFICADA

2.1 Antecedentes Generales

La producción de madera aserrada estructural clasificada (MAE) corresponde a una nueva alternativa de producción para el sector del aserrío en Chile, que le otorga a esta industria la posibilidad de potenciar su desarrollo diversificando productos y agregando valor. Al mismo tiempo,

una producción estable de MAE representa la oportunidad de hacer factible la creación de una oferta de elementos estructurales para la construcción en madera, con todas las ventajas económicas, sociales y ambientales que esta opción representa para el país.

Si bien en los últimos años se ha generado conciencia respecto a la oportunidad que significa para un país forestal como Chile, el desarrollo de la construcción en madera y de los productos asociados a esta actividad, subsisten legítimas dudas en cuanto a la generación de oferta de madera aserrada estructural. Una de las principales interrogantes a despejar son los costos asociados tanto de la construcción en madera con productos de alta calidad y confiabilidad, como serían los productos estructurales clasificados y rotulados, como los costos de fabricación estos productos.

En el presente análisis, por medio de una revisión del flujo productivo que involucra la producción de MAE, se entregan algunos antecedentes generales que pueden contribuir, en el ámbito de las pequeñas y medianas empresas del aserrío, a identificar algunos ítems y referencias de costos para la estimación de los costos involucrados en la producción de MAE.

Se realiza una estimación de los costos adicionales que involucraría la producción de madera estructural clasificada, en base a antecedentes referenciales de costos de las diferentes fases del proceso obtenidos de la industria o de fuentes secundarias, y bajo supuestos generales, algunos de los cuales son sensibilizados.

2.2 Análisis del Flujo Productivo para Producción de MAE y Algunos Costos Asociados

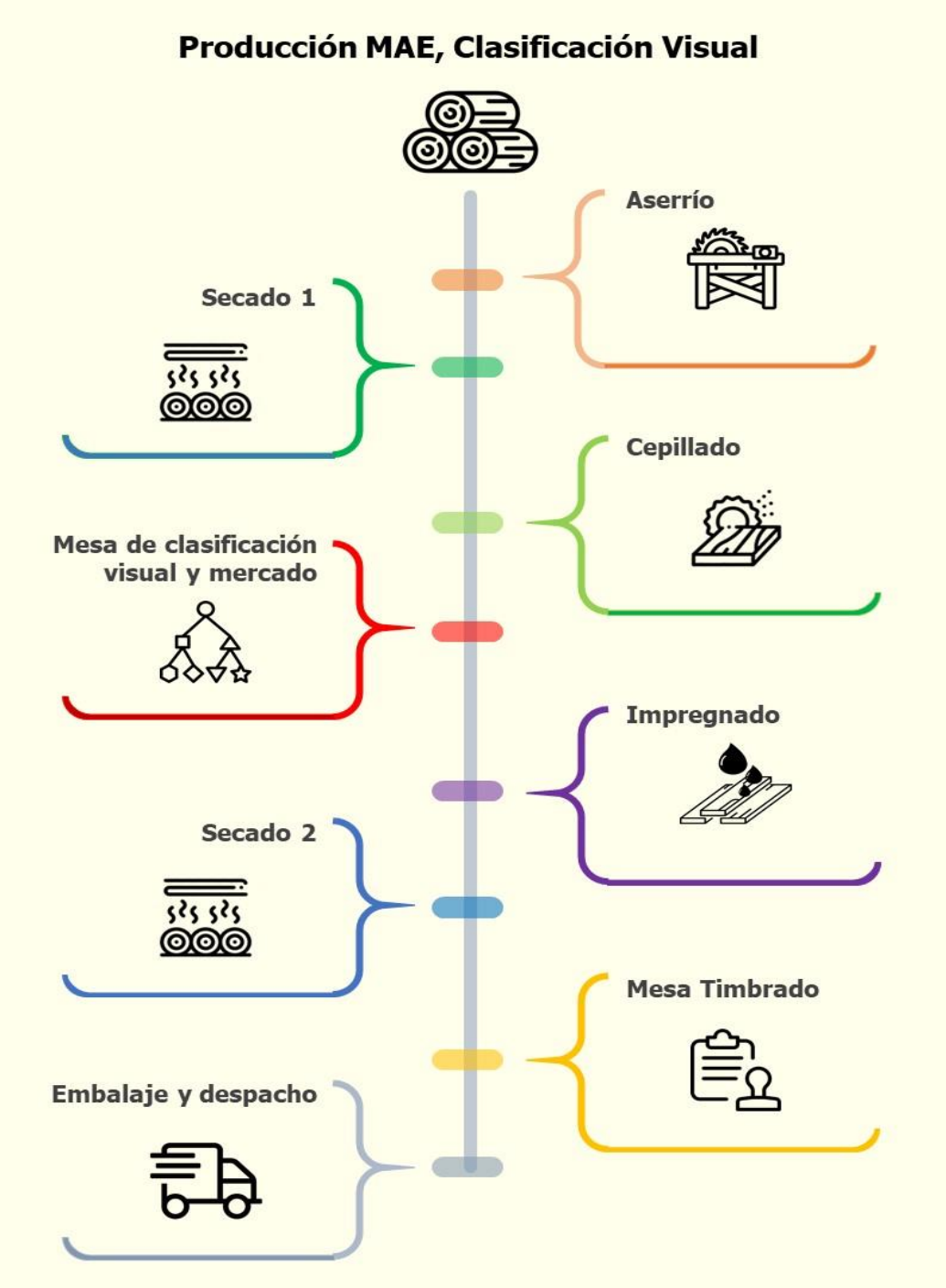
La madera aserrada estructural es aquella que, por sus características físicas y mecánicas principalmente resulta apta para ser empleada como elemento resistente de cargas en la construcción. Además, cumple con las especificaciones de las normas técnicas y la normativa legal vigente (NCh 173: 2019).

La madera aserrada estructural clasificada de pino radiata para la construcción consiste en un producto estandarizado que debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Humedad < 20%
- Preservación: Retención y penetración de preservante de acuerdo a la Norma NCh 819
- Dimensiones: La madera estructural se puede encontrar en las siguientes escuadrías: 1x2”; 1x3”; 1x5”; 1x6”, 1x8”; 1x10”; 2x2”; 2x3”; 2x4”; 2x5”; 2x6”; 2x8” y 2x10”. Los largos disponibles en el mercado son: 2,4 m; 3,2 m y 4,0 m.
- Tolerancias: Las dimensiones efectivas de la madera serrada se ajustan a la Norma NCh 2824:
  Madera aserrada seca : Espesor (0,+3mm); Ancho (0,+2mm)
  Cepillada seca : Espesor (0,+1mm); Ancho (0,+2mm)
- Grado estructural:
  Clasificación visual según NCh1207
  Clasificación mecánica

La Figura N°21 representa un flujo tipo de un proceso de producción de Madera Aserrada Estructural, sobre el cual se puede ir deduciendo los diversos costos asociados. Este flujo productivo, y el detalle de los aspectos técnicos que debe cumplir la MAE, así como recomendaciones para cada etapa de procesamiento y requisitos de rotulado del MINVU, son abordados en detalle en la

publicación del Área de Tecnología y Productos de la Madera de INFOR, titulada Aspectos técnicos a considerar por la pyme del aserrío para la producción de madera estructural, Área de Tecnología y Productos Forestales (ALVAREZ Y POBLETE, 2020).



(Fuente Arriagada et al, 2021)

Figura N°21. Diagrama del proceso de producción de madera aserrada estructural con clasificación visual

- **Aserrío**

El proceso de aserrío es un punto central que debe definir la empresa en relación a la estrategia que seguirá en la producción de madera estructural. De acuerdo, a esta decisión se deben determinar los diagramas de corte a aplicar, los productos a definir, los niveles de madera que clasifican como estructural y cuál será el destino de las piezas que no clasifican.

En general, se recomienda evitar el uso de madera central, especialmente la que se encuentra en el área de los 10 primeros anillos de crecimiento (sector amarillo en la Figura N°19). Mientras más cercano a la médula la densidad de la madera disminuye y, por lo tanto, es más susceptible a los daños por alabeo.

Se estima que, si se trabaja solo con madera lateral, a partir del paquete que entra a clasificación el porcentaje de madera que clasifica fluctúa entre 60% a 85%. Si la troza proviene de bosques manejados, este porcentaje es más cercano al 85%. En caso de que la troza provenga de un bosque no manejado, el porcentaje de clasificación es cercano al 60%.

Para producir madera estructural a partir de madera central, el rango de clasificación es bastante más amplio y más bajo, puesto que en este caso el porcentaje de madera que clasifica como estructural puede fluctuar entre un 20% hasta un 60%.

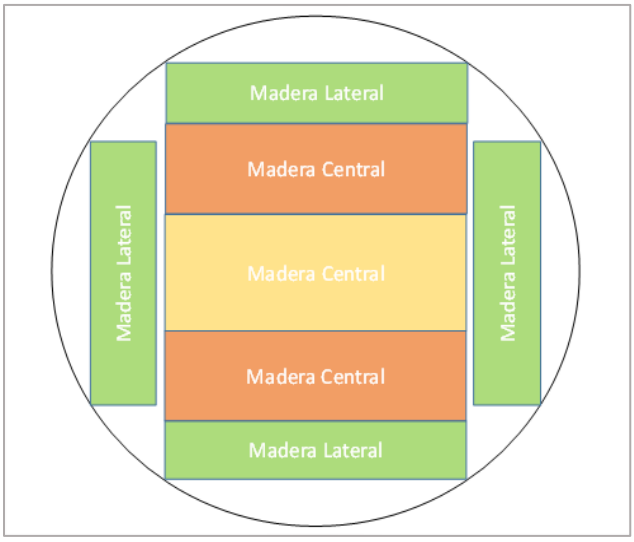
Algunas estimaciones indican que, de una troza con un diámetro entre 22 cm a 24 cm, el porcentaje de madera estructural que se produce fluctúa entre el 25% y el 30%.

Una posible estrategia a adoptar puede apuntar a que, dado que el mercado aún es esporádico y se produce madera estructural solo para atender pedidos específicos, se tome la opción de utilizar solo la madera lateral para la producción de madera estructural. De esta manera se obtienen mayores rendimientos en el proceso de clasificación y se deja la basa central libre para producir madera no estructural con las escuadrías tradicionales.

Otra opción puede apostar a maximizar la producción de madera estructural utilizando tanto madera lateral como central, con lo que se incrementarían los porcentajes de rechazo de madera que fue dimensionada con escuadrías específicas para un producto estructural y que no clasificó.

Esta opción pude ser también conveniente si es acompañada de inversiones en maquinaria como moldureras, *finger joint*, u otras, orientadas a la diversificación de productos y encontrando un destino para las piezas que no clasifiquen.

Posterior al proceso de aserrío, y previo al ingreso al primer secado, se recomienda pre clasificar visualmente la madera aserrada, a objeto de descartar aquellas piezas que no cumplan con las restricciones de los alabeos, RANT mayor o igual a 66% y defectos de procesamiento como es el caso de los cantos muertos.



(Fuente Arriagada *et al.,* 2021)
Figura N°22. Ejemplo de diagrama de corte

- **Primer secado**

En el proceso de secado se recomienda separar la madera lateral de la madera central. La madera central se seca más rápido por lo que el secado debe ser más lento.

Antecedentes proporcionados desde la industria indican que los costos estimados de secado fluctúan entre US$20/m^3 a US$25/m^3, rango que es coherente con los precios del mercado de prestadores de servicios de secado, los que se encuentran en un rango de US$35/m^3 a US$40/m^3.

- **Cepillado**

No todas las piezas deben ser cepilladas; los pie derecho no van cepillados, pero si deben ir calibrados. Se debe realizar un control dimensional durante el cepillado para asegurar la dimensión objetivo. Un costo referencial de proceso de cepillado es de US$15/m^3 a US$20/m^3

- **Mesa de clasificación visual y marcado**

En esta fase, posterior al calibrado o al cepillado, se toma la madera o se empaqueta y se traslada al sector donde se encuentra la mesa de clasificación.

En este proceso el rendimiento depende de las escuadrías. Si se trata de escuadrías bajas de 2x3 o 2x6”, se procesan 50 m^3 a 60 m^3 por turno, en caso de que se trate de tablones de mayor tamaño el rendimiento por cuadrilla y por turno se incrementa a 80 m^3. Una cuadrilla en la mesa clasificadora consta de dos operarios clasificadores, una persona que está timbrando y dos personas que se dedican a separar paquetes. Normalmente, las cuadrillas son de cinco a seis personas.

El primer timbre que se aplica en la mesa de clasificación indica que la madera está seca, acorde con las dimensiones y grado estructural. Es importante que el timbre no se borre con la impregnación. Las piezas clasificadas se deben empaquetar por grado estructural para su envío a impregnado.

- **Impregnado**

En este proceso se debe cumplir con los parámetros de retención y penetración del preservante definidos en la NCh 819.

Los costos de impregnar con boro o con CCA son similares. De acuerdo a información de la industria, el costo de impregnación realizada en aserradero es de aproximadamente US$48/$m^3$, valor que resulta coherente con los precios de servicios de impregnación, los que fluctúan entre US$72/$m^3$ a US$78/$m^3$ (Pardo et al, 2021)

- **Segundo secado**

Este segundo proceso de secado utiliza programas de secado de menor intensidad y duración, en consideración a que en este caso no se extrae agua desde el interior de la célula. De acuerdo a información de agentes claves de la industria el costo es menor que el del primer secado. Para el caso del ejercicio de estimación de costos del presente análisis se estimó un costo equivalente al 80% del costo del primer secado.

- **Mesa de timbrado**

Al ingresar a la mesa de timbrado la madera debe ser previamente desempalillada, posteriormente se descalifica la madera que no cumple con las restricciones de los alabeos, de acuerdo a la NCh 1207.

La madera aserrada que cumple con los requisitos de humedad, grado estructural, dimensiones y preservación es rotulada. El rotulado se ejecuta marcando en forma legible e indeleble en una cara de la pieza, por medio de un timbre o una etiqueta adhesiva, los antecedentes exigidos por la autoridad competente. Entre estos se consideran identificación del proveedor, país de origen, especie, terminación, dimensión nominal, grado estructural, preservación y contenido de humedad.

La madera aserrada una vez clasificada se empaqueta de acuerdo a su grado estructural y escuadría.

- **Embalaje y despacho**

La madera aserrada es empaquetada de acuerdo a los requerimientos del cliente, utilizando como materiales el zuncho, el encintado y la etiqueta. El costo depende de si la empresa tiene un embalaje automatizado o lo hace una cuadrilla. En el caso de que exista una máquina que hace el embalaje automático, el cargador sale desde el desempalillado. Una cuadrilla de embalaje tiene seis personas y cuenta con un mesón en el que se embalan los productos.

Una vez embalada, la madera aserrada se almacena en la bodega o bien se envía directamente al cliente, el envío se realiza en forma encarpada para evitar agrietamientos.

- **Control de calidad**

Contempla control de cumplimientos de parámetros de humedad, control de dimensiones y grado visual.

- **MAE con clasificación mecánica**

La diferencia se encuentra en el proceso de mesa de clasificación. La clasificación mecánica y marcado se realiza con un equipo portátil previamente configurado según escuadría de interés. El equipo MTG Brokhius, clasifica 20 a 30 piezas por minuto.

Se requiere de una máquina de ensayos de flexión para realizar el control de calidad de las piezas clasificadas con el equipo MTG Brokhuis. El rendimiento es muy similar al rendimiento de clasificación visual.

El proceso de clasificación con máquina cuenta con una persona que realiza clasificación visual de alabeo, humedad y dimensión. La máquina solo clasifica grado estructural, no aspectos visuales. La máquina tiene una exigencia más alta en cuanto a rechazos, dado que los grados estructurales son mayores que G1 y G2. La cuadrilla es similar a la de clasificación visual de 5 o 6 personas.

Se realiza eliminación visual de las piezas que de ninguna forma van a clasificar para grado estructural.

En el rotulado MAE de clasificación mecánica, una vez clasificada la pieza estructuralmente en el aserradero o centro de acopio, se debe marcar sobre una cara en forma legible, con un timbre o etiqueta adhesiva permanente, que identifique claramente todos los datos indicados por la autoridad competente.

Una vez que se tienen los paquetes codificados, el control de calidad extrae una muestra de este volumen. En el caso de Chile no existe una norma que fije la cantidad de muestras a extraer.

En cuanto a la máquina del ensayo de flexión, tampoco existe actualmente una normativa. Se toman en el turno unas cinco piezas y se chequean en la máquina si está clasificando bien.

2.3 Cálculo de Costo de Producción de Pie Derecho de MAE

Se realizó un cálculo de los costos de producción de MAE bajo un escenario conservador, considerando que solo se trabajaría con madera extraída de la zona lateral de la troza, la cual presenta mejores características mecánicas y tiene menos probabilidad de rechazo durante el proceso de clasificación.

Los costos de los procesos de secado, cepillado e impregnación fueron recopilados de informantes claves de la industria y se validaron con los precios de servicios ofrecidos para esos procesos y de madera aserrada seca e impregnada (Pardo et al, 2021).

Los supuestos considerados en el cálculo del costo de producción de MAE son:

- Troza con diámetro menor de 24 cm y diámetro mayor de 34 cm, y largo de 3,2 m.
- Rendimiento de 50% de troza a madera aserrada.
- Se destinan cuatro piezas de 2x3”x3,2 m por troza, como posible MAE, que para este efecto se denomina “MAE Candidata”.

Con estos supuestos la troza se dividiría como se indica en el Cuadro N°9.

Cuadro N°9. División de productos generados a partir de una troza

Producto	Volumen (m^3)	%
Madera Aserrada	0,0561	26,6%
MAE Candidata	0,0495	23,4%
Sub Productos y desecho	0,1057	50,0%
Total volumen troza	0,2114	100,0%

a) Escenario con un 20% de rechazo

En este primer escenario se asumirá que en la mesa de clasificación habrá un 20% de rechazo de MAE Candidata. Según los supuestos planteados con anterioridad, el volumen de la troza a utilizar es de 0,2114 m^3 mientras que cada pie derecho producido tendría un volumen aproximado de 0,012 m^3.

Según estos valores se necesitará en promedio 5,33 m^3 de trozas para producir 1,25 m^3 de MAE. En base a la información de costos de INFOR, el valor promedio del metro cúbico de la troza aserrable de pino radiata es de aproximadamente $44.000 (Tomando como referencia la región de Biobío), correspondiente al 60% del costo de producción de madera aserrada).

De los costos involucrados en el procesamiento de la troza, el 100% se le atribuye a la producción de madera aserrada, repartiendo esta cantidad en un 53,22% para madera aserrada dimensionada ($199.363) y un 46,88% para MAE ($175.971). No se atribuyen costos a la producción de subproductos, en el presente ejercicio.

Cuadro N°10: Estructura de costos producción de madera aserrada dimensionada
(procesando 5,33 m^3 de trozas)

Ítem	Porcentaje (%)	Valor Pesos ($)
Materia Prima	60	234.623
Otros	40	156.350
Total	100	390.973

Para que la madera cumpla con los criterios establecidos para ser considerada MAE esta debe pasar, inicialmente, por un proceso de secado y cepillado. Para tener un volumen de 1 m^3 en este proceso deben ingresar a la mesa de clasificación 1,25 m^3, dado que como se mencionó anteriormente, este proceso tiene un rechazo aproximado de un 20% de las piezas.

Una vez finalizado el proceso de clasificación visual, la MAE clasificada deberá pasar por el proceso de impregnación y otro de secado, para luego poder ser rotulada con un timbre que indica la calidad estructural de la pieza.

El flujo de estos procesos para el esquema planteado son los siguientes:

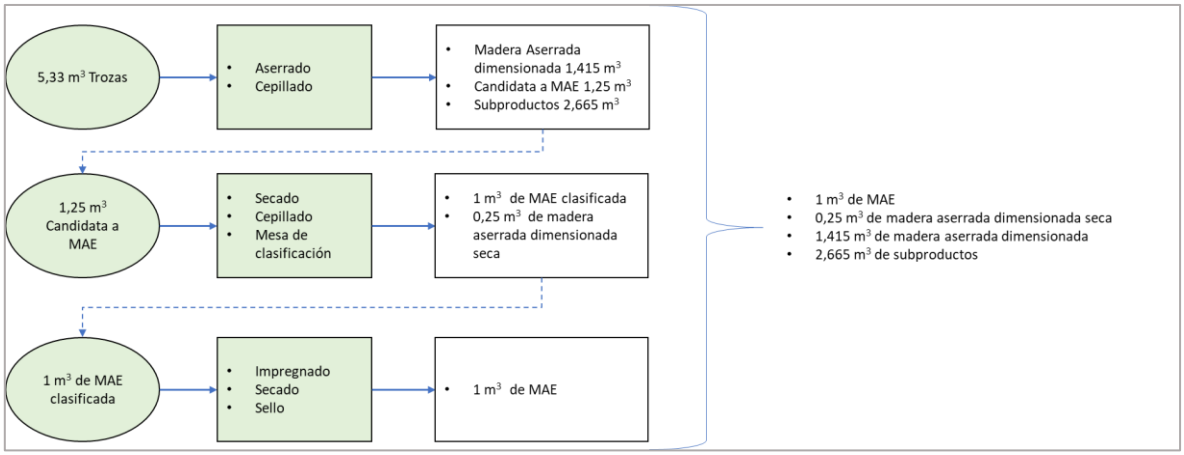


Figura N°23. Esquema de proceso para producción de 1 m³ de MAE con 20% rechazo

En este esquema de trabajo (Figura N°23) se está invirtiendo un monto total de $532.967, lo cual es un 36,31% más costoso que si solo se fabricara madera aserrada dimensionada. Adicionalmente, en este proceso se generaría madera aserrada dimensionada, madera aserrada dimensionada seca (Rechazo de la mesa de clasificación) y MAE, además de los subproductos.

El valor costo final atribuible a la producción del metro cubico de MAE es de $325.257, lo cual al llevarlo a cada pie derecho producido es de $3.684 por unidad. Este valor es coherente con precio de venta de este tipo de producto en el *retail*, donde se encuentra hasta en $5.390 (Construmart, 2021).

Cuadro N°11. Costos de proceso para producción de 1 m³ de MAE con 20% rechazo

Proceso	Ítem*	Costo ($)
Proceso Troza	Proceso de la Troza Madera Aserrada (1)	207.670
	Proceso de la Troza MAE (2)	183.303
Primer Proceso MAE (3)	Secado (22,5 US$/ m³) + Empalillado ($8.889/m³)	33.600
(1,25 m³)	Cepillado (17,5 US$/m³)	17.500
	Mesa de clasificación ($1.899/m³)	2.374
Segundo Proceso MAE (4)	Impregnado (48 US$/m³)	38.400
(1 m³)	Secado (14 US$/m³) + Empalillado ($8.889/m³)	23.289
	Sello (10%)	26.792
Total esquema	(1) + (2) + (3) + (4)	532.967

*Dólar considerado a $800

Cuadro N°12. Costos, precios y márgenes de ganancia para producción de 1 m³ de MAE con 20% rechazo

Esquema	Productos	Costo Proceso ($)	Precio de venta por Producto ($)	Margen ($)	Ganancia/m³ troza ($)
Sin MAE	Madera aserrada dimensionada (2,665 m³)*	390.973	452.384	$61.411	$11.517
Con MAE	MAE (1m³)	294.707	338.913	44.206	
15% de	Madera aserrada dimensionada seca (0,25 m³)**	30.550	47.692	17.141	17.605
utilidad	Madera aserrada dimensionada (1,415 m³)*	207.670	240.196	32.526	
	Total	**532.967**	**626.801**	**93.874**	
Con MAE	MAE (1m³)	294.707	353.648	58.941	
20% de	Madera aserrada dimensionada seca (0,25 m³)**	30.550	47.692	17.141	20.368
utilidad	Madera aserrada dimensionada (1,415 m³)*	207.670	240.196	32.526	
	Total	**532.967**	**641.536**	**108.609**	

* Precio de venta Madera aserrada dimensionada $169.750/m³
**Precio de venta Madera aserrada dimensionada seca $190.767/m³

Asumiendo un precio de venta de los pies derechos de MAE con un margen de ganancia del 15% con respecto a su costo, el precio de venta del m³ sería de $338.913. Considerando esto, el esquema planteado con producción de MAE tendría un margen de ganancia de $17.605 por m³ de troza que ingresa al proceso, lo cual es un 52,86% más rentable que si solo se produce madera aserrada dimensionada.

En un escenario más optimista, considerando un margen de ganancia del 20% con respecto al precio de venta, se genera una ganancia de $20.368 por m³ de troza que ingresa al proceso, lo cual equivale a un 76,86% más que la ganancia producida en el esquema sin producción de MAE.

b) Escenario de 30% de Rechazo

Bajo un segundo escenario que considera un rechazo de un 30% de las piezas que se clasifican como MAE, en el cual se mantiene todo el resto de los supuestos del escenario de un 20% de rechazo, se tendrían que clasificar 1,43 m³ para obtener 1 m³ de MAE al final del proceso.

Para alcanzar este volumen se deberían procesar 6,10 m³ de trozas.

El esquema para producir MAE en esta modalidad sería el siguiente:

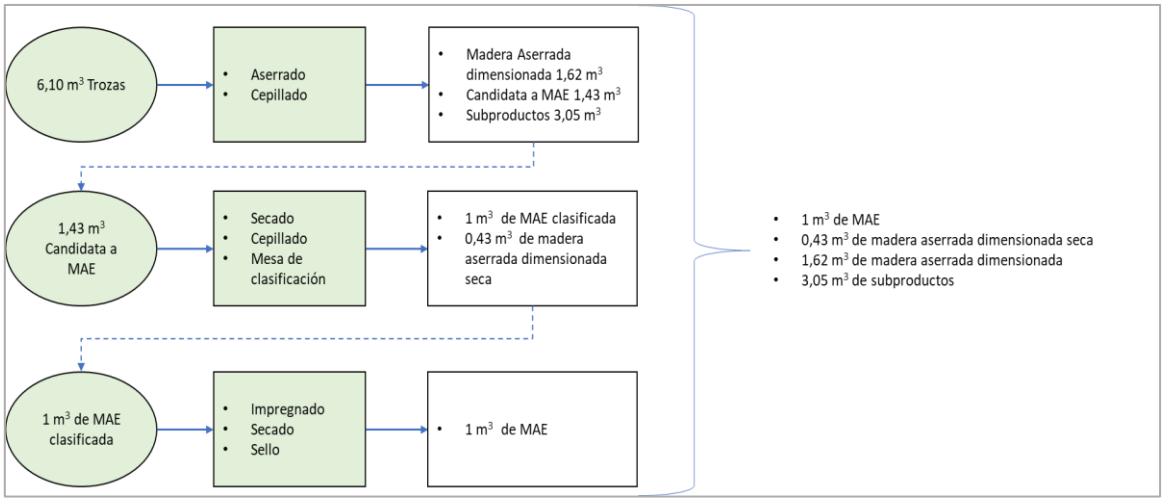


Figura N°24. Esquema de proceso para producción de 1 m³ de MAE con 30% rechazo

En el esquema con un rechazo del 30% de las piezas candidatas a MAE, los costos totales del proceso serían de $604.786, lo que es un 35,2% más costosos que si solo se produjese madera aserrada ($447.333).

Cuadro N°13. Costos de proceso para producción de 1 m³ de mae con 30% rechazo

Proceso	Ítem	Costo ($)
Proceso Troza	Proceso de la Troza Madera Aserrada (1)	237.757
	Proceso de la Troza MAE (2)	209.575
Primer Proceso MAE (3) (1,3 m³)	Secado (22,5 US$/ m³) + Empalillado ($8.889/ m³)	38.451
	Cepillado (17,5 US$/ m³)	20.020
	Mesa de clasificación ($1.899/m³)	2.716
Segundo Proceso MAE (4) (1 m³)	Impregnado (48 US$/ m³)	38.400
	Secado (14 US$/ m3) + Empalillado ($8.889/ m³)	20.089
	Sello (10%)	34.578
Total Esquema	(1) + (2) + (3) + (4)	604.786

*Dólar considerado a $800

Considerando los precios de venta con margen de ganancia del 15% del caso anterior, en el cual el precio de venta de la MAE sería de $324.464/ m³, se tendría una ganancia por m³ de trozas de troza procesada de $16.424, lo que proporcionalmente sería un 42,60% más rentable que el esquema donde solo se produce madera aserrada dimensionada.

Considerando el precio de venta con una ganancia del 20% del caso anterior las ganancias por m³ troza ingresada es de $19.079 lo cual implica un aumento de las ganancias de 65,66%. El costo por pieza producida de 2x3”x3,2 m es de $3.983, un 8,1% más costoso que con un 20% de rechazo.

Cuadro N°14. Costos, precios y márgenes de ganancia para producción de 1 m³ de MAE con 30% rechazo

Esquema	Productos	Costo Proceso ($)	Precio de venta por Producto ($)	Margen ($)	Ganancia/m³ troza ($)
Sin MAE	Madera aserrada dimensionada (3,05 m³)*	447.333	517.738	70.405	11.517
Con MAE 15%	MAE (1m³)	318.665	338.913	20.247	16.424
	Madera aserrada dimensionada seca (0,43 m³)**	48.363	82.030	33.666	
	Madera aserrada dimensionada (1,62 m³)*	237.757	274.995	37.238	
	Total	**604.786**	**695.937**	**91.151**	
Con MAE 20%	MAE (1 m³)	318.665	353.648	34.983	19.079
	Madera aserrada dimensionada seca (0,43 m³)**	48.364	82.030	33.666	
	Madera aserrada dimensionada (1,62 m³)*	237.757	274.995	37.238	
	Total	**604.786**	**710.673**	**105.886**	

*Precio de venta Madera aserrada dimensionada $169.750/m³
**Precio de venta Madera aserrada dimensionada seca $190.767/m³

En el Cuadro N°15 se resumen los aumentos porcentuales de las ganancias por m³ de troza procesada bajo los distintos esquemas de producción de MAE analizados en este estudio.

Cuadro N°15. Aumento porcentual de ganancia según margen de ganancia y porcentaje de rechazo de MAE

Porcentaje de Rechazo (%)	Margen de Ganancia 15%	Margen de Ganancia 20%
20	52,86%	76,85%
30	42,60%	65,66%

CONCLUSIONES

La materia prima es lejos el factor de mayor incidencia en la estructura de costos directos de la producción de madera aserrada. Esta es la principal conclusión del análisis realizado en las páginas precedentes, que reúne la información entregada durante cinco años por los aserraderos pequeños y medianos (pymes), agrupados en tres niveles de producción, en cuatro regiones del país. En efecto, las trozas aserrables representan el 61,23% del costo total directo de producir madera aserrada, con un coeficiente de variación de ±1,45 en un intervalo de confianza del 95%, mientras que la mano de obra participa con el 19,20% (±1,02), energía 9,13% (±0,55), mantención de maquinaria 6,42% (±0,68) y otros factores 3,67% (±3,41)

El orden de importancia de los cinco factores de costos, en cuanto a sus niveles de participación, se mantiene prácticamente inalterable al realizar el análisis por año, niveles de producción y regiones.

El análisis estadístico por medio de pruebas no paramétricas, entrega diferencias significativas entre las regiones para la participación de la materia prima, principal factor incidente en la estructura de costos. El factor mano de obra, presentó también diferencias significativas entre las regiones. Para el caso del análisis por niveles de producción de los aserraderos, se encontraron diferencias significativas para el factor costos de energía

Al analizar por región las brechas que se producen en la participación de la materia prima entre los años de mayor y menor participación, se observa que, en el mismo período, hay una coincidencia en la tendencia expresada en esta brecha con las tendencias en el consumo de trozas, el precio promedio de la troza, el valor del consumo y la productividad física media en la pyme. Con esto se concluye que un comportamiento al alza de cada una de las cuatro variables mencionadas, presiona hacia una mayor participación de la materia prima en la estructura de costos del aserrío.

La tendencia de las brechas que se manifestó en todas las regiones analizadas refleja una coherencia entre los resultados de los costos de materia prima informados por los aserraderos y el comportamiento de las variables consumo, precios, valor del consumo y productividad física media, a nivel regional para los años considerados en el análisis.

En el presente estudio también se realiza un ejercicio de análisis de los costos y márgenes de utilidad que involucra la producción de madera aserrada estructural (MAE) clasificada como tal. Este ejercicio se realiza bajo un escenario conservador en que se utiliza solo madera lateral de las trozas para la producción de MAE, destinando el resto del volumen de la troza a la producción tradicional de madera aserrada dimensionada y subproductos del aserrío. Los resultados indican que el costo del proceso se incrementa en 36,3% en relación a un esquema de producción sin MAE. Sin embargo, el margen de utilidad generado bajo un esquema de producción con MAE se incrementa entre 52,9% y 76,9%, en relación a una producción de similar volumen de trozas que no contemple la producción de MAE.

Al sensibilizar el porcentaje de rechazo de la madera lateral desde el 20% al 30% de la madera lateral, los resultados indican que se requeriría procesar 6,10 m^3 de trozas, con un diferencial de costos de 35,2% en el escenario que contempla la producción de MAE en relación a la opción de producir solo madera aserrada sin clasificar y subproductos. En este caso, el margen de utilidad en el sistema

productivo con MAE se incrementa entre 42,6% y 65,7%, con estimaciones de precios con márgenes de 15% y 20% por sobre el costo de producción, respectivamente.

De acuerdo al último estudio de disponibilidad de madera de INFOR, realizado después de los mega incendios forestales del año 2017 (Büchner et al, 2018), la disponibilidad de trozas aserrables presentaría mermas en los próximos años, retomando los niveles disponibles en el 2017, no antes del año 2042. Si a las limitaciones en la oferta de trozas para los próximos años se agrega la demanda creciente de madera aserrada para diferentes destinos, es esperable una continuidad en el alza de precios de las trozas aserrables en el corto y mediano plazo.

En un escenario de precios al alza para las trozas aserrables, como el que ha tenido lugar en los últimos años, y en consideración a que estas representan lejos el mayor ítem del costo directo en la producción de madera aserrada, los aserraderos pymes se ven enfrentado a la necesidad de rentabilizar el negocio por la vía de un mejor aprovechamiento de las trozas que ingresan al proceso.

La utilización masiva de madera aserrada estructural en la construcción, además de los beneficios sociales y ambientales que ofrece al país, se presenta como una atractiva oportunidad para la pyme del aserrío en cuanto a optimizar el aprovechamiento de trozas, por medio de la producción de productos de mayor valor, con un mercado estable y creciente.

Actualmente, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en conjunto con una amplia red de agentes de los sectores público, privado y la academia, impulsa un Programa de Emergencia Habitacional (PEH), que propone la entrega de 260.000 viviendas adicionales en el período 2022-2025, de las cuales 135.590 unidades corresponden a nuevas construcciones y el resto a obras en ejecución (MINVU, 2022). Bajo este programa se espera que la madera estructural sea un elemento relevante, especialmente en las regiones que cuentan con plantaciones forestales, escenario que representa una importante oportunidad para la incorporación de la pyme del aserrío a la producción y comercialización de madera aserrada estructural clasificada.

REFERENCIAS

Alvarez, Verónica y Poblete, Pamela. (2019). La Industria del Aserrío 2019: Instituto Forestal. Boletín Estadístico N°171. P.128 https://doi.org/10.52904/20.500.12220/29201

Alvarez, Verónica y Poblete, Pamela. (2020). La Industria del Aserrío 2020. Instituto Forestal. Boletín Estadístico N°177. P. 128. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30364

Alvarez, Verónica; Poblete, Pamela; Soto, Daniel; et al (2021). La Industria del Aserrío 2021. Instituto Forestal. Boletín Estadístico N°183. P. 134. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31363

Arriagada, Irma; Troncoso, Leonardo., Hernández, Gonzalo, et al (2021). Aspectos técnicos a considerar por la pyme del aserrío para la producción de madera estructural. Santiago, Chile: INFOR. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31345

Büchner, C., Martin, M., Sagardía, R., Avila, Alberto; Molina, Eduardo et al. (2018). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2017-2047). Santiago, Chile: INFOR. https://doi.org/10.52904/20.500.12

Construmart (2021). Catálogo de productos [En línea] disponible en https://www.construmart.cl/ [Consulta 15 de octubre 2021]

INFOR (2018). La Industria del Aserrío 2018. Santiago, Chile: Instituto Forestal. Boletín Estadístico N° 165. P. 158. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/28207

INFOR (2017). La Industria del Aserrío 2017. Santiago, Chile: Instituto Forestal. Boletín Estadístico N°160. P. 132 https://doi.org/10.52904/20.500.12220/21552

McKight, P. E. y Najab, J. (2010). Kruskal-wallis test. The corsini encyclopedia of psychology, 1-1.

MINVU (2022). Plan de Emergencia Habitacional 2022-2025. Ministerio de Vivienda y urbanismo. 148p.

Nordstokke, D. W. and Zumbo, B. D. (2010). A new nonparametric Levene test for equal variances. *Psicológica*, *31*(2), 401-430.

Pardo, Evaristo; Bañados., Juan Carlos y Barrales, Luis. (2021). Boletín de Precios Forestales, diciembre 2021. Instituto Forestal. Boletín Estadístico N° 179. INFOR. P. 54 https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31340

Soto, Daniel; Gysling, Janina; Kahler, Carlos., et al (2021). Anuario forestal 2021. Instituto Forestal. Boletín Estadístico N°180. P. 274. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31292

Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics* 1, 80-83.

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
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
oirs@infor.cl

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INFOR

CORFO