

Modelo MFCA-LCA para determinar el costo del producto y el impacto ambiental en la industria de la madera aserrada

RESUMEN

El presente artículo tiene el propósito de dar a conocer el diseño y aplicación de un modelo de contabilidad de costos para la industria de madera aserrada, que sirva como herramienta no sólo para determinar el costo del producto, sino también el impacto ambiental que significa la tala del bosque en pie y su transformación en partes y piezas de la madera. La relevancia de este trabajo radica en la importancia que tienen los bosques y especialmente el significativo impacto que su tala produce al medio ambiente y al cambio climático. El diseño elaborado demuestra su eficacia como herramienta para apoyar las decisiones de tala de bosque en pie, ya que permite mediciones tanto en el flujo hacia adelante, es decir desde el bosque en pie hasta el producto final, como en el flujo inverso, estos es a partir del producto final estimar la densidad de masa forestal a explotar para su concreción; permitiendo de esta forma incorporar datos relevantes en el proceso decisional para estimar el sacrificio de capacidad de captura de gases de efecto invernadero que significa la tala del bosque para la producción de partes y piezas de la madera.

Palabras clave: Contabilidad del flujo de materiales, ciclo de vida, impacto ambiental.

Área Temática: Costos como herramienta de planificación, control y apoyo a las decisiones.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y sus consiguientes riesgos hacen imperativo adoptar enfoques de gestión innovadores con miras a la optimización económica y la reducción de la contaminación ambiental. Esta necesidad ha impulsado el desarrollo de sistemas de contabilidad de costos ambientales, tales como la contabilidad de costos enfocada en la ecología y la contabilidad de costos orientada a procesos, originada principalmente en las regiones de habla alemana en la década de 1990 (Dierkes & Siepelmeyer, 2019).

La industria forestal es ampliamente reconocida como una de las actividades industriales con mayor impacto ambiental. Esto se debe a que los bosques desempeñan un papel fundamental en la mitigación de los gases de efecto invernadero, siendo esenciales para contrarrestar su acumulación en la atmósfera. La deforestación, sin embargo, tiene un efecto negativo en la capacidad de los bosques para capturar estos gases y convertirlos en oxígeno, contribuyendo a un desequilibrio en el ciclo natural (Sione et al., 2021).

Al mismo tiempo, la industria forestal es una de las principales fuentes de ingresos económicos a nivel mundial, generando anualmente una cifra considerable de \$660.000 millones (FAO, 2022). A nivel local, su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) alcanza un 3% anual.

Esta dualidad destaca la importancia de medir de manera precisa y comprensiva el impacto ambiental de la industria, tanto en términos financieros como

ecológicos. Tal evaluación se vuelve un objetivo crucial en el desarrollo de políticas y regulaciones dirigidas a mitigar los efectos del cambio climático.

Los modelos de Contabilidad de Costo del Flujo de Materiales (FMCA) y el Análisis del Ciclo de Vida (LCA) se erigen como los pilares para la creación de un modelo integral. Este modelo busca amalgamar tanto el flujo de materiales como el ciclo de vida, con el fin de determinar el costo de producción y el impacto ambiental correspondiente a cada categoría de producto en la industria de la madera aserrada.

Para su elaboración y evaluación, se recurrió a datos provenientes de la forestación de bosques de pino insigne, su cosecha y procesamiento posterior específicamente de la industria de la madera aserrada en la Región del Maule, Chile, con un énfasis particular en la provincia de Talca.

El modelo resultante se caracteriza por su fácil comprensión, aplicación simplificada y eficacia en la medición de los costos de los productos de madera en sus diferentes partes y piezas, así como en la evaluación del impacto ambiental que cada uno de ellos conlleva. Además, demuestra flexibilidad al permitir mediciones tanto en el flujo de avance (desde el bosque hasta el producto final) como en el flujo inverso (desde el producto final hasta las áreas forestales), incluyendo su capacidad de captura de gases de efecto invernadero a sacrificar.

2. TEORÍA, MATERIALES Y MÉTODOS

Según el informe del programa Bosques del Mundo del Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), todas las personas dependen en mayor o menor medida de los bosques y su biodiversidad. Estos ecosistemas sostienen más de 86 millones de empleos verdes y respaldan los medios de subsistencia de muchas otras personas. El estudio sobre la biodiversidad de los bosques destaca la trascendencia global de estas zonas, ya que las personas dependen de ellas para la recolección de frutos, la producción de madera y leña, y la prestación de otros servicios esenciales. Además, los bosques proveen agua, desempeñan un papel en la mitigación del cambio climático y brindan hábitats vitales para numerosos polinizadores, los cuales son fundamentales para garantizar la producción de alimentos de manera sostenible. Cabe destacar que aproximadamente el 75% de los cultivos alimentarios principales, que representan el 35% de la producción global de alimentos, dependen de la polinización animal, lo cual subraya la relevancia de los bosques como refugio de la biodiversidad mundial. Por ejemplo, el 80% de las especies de anfibios, el 75% de las especies de aves y el 68% de los mamíferos encuentran su hogar en los bosques (ONUAA, 2020).

2.1 La industria forestal

En Chile, las plantaciones forestales abarcan aproximadamente 3,11 millones de hectáreas, lo que equivale al 17,7% del total de bosques del país, según la actualización del catastro vegetacional realizado por CONAF en 2021. De éstas, un 93% consiste en especies forestales de rápido crecimiento, destacando el *Pinus Radiata* (pino insigne), que representa el 60%, y los *Eucalyptus Globulus* y *Eucalyptus Nitens* (33% en conjunto). No está demás recordar que el presente trabajo se realizó en base a la variedad Pino Insigne.

Según Nuñez & Aedo (2011), esta variedad se caracteriza por su adaptación exitosa al clima y suelo chilenos. Ha desempeñado un papel esencial en la prevención de la erosión en regiones como el Maule, el Biobío y la Araucanía. Además, el pino insigne ofrece cualidades deseables para la industria, como su fibra larga y facilidad

de manejo, lo que lo convierte en un recurso muy demandado en la industria de la madera y la celulosa.

Watt & Trincado (2019) describen al pino insigne como una especie de rápido crecimiento y relevancia en las plantaciones forestales, habiendo mejorado considerablemente su productividad en las últimas décadas gracias a la optimización de la silvicultura y la genética. Las características similares son resaltadas por Núñez & Aedo (2011) en su investigación sobre el manejo de esta variedad en Chile. Además, según Meneses & Guzmán (2000), las masas forestales de pino insigne en Chile constituyen el núcleo de plantaciones más significativo a nivel mundial, gracias a su estructura de edades que permite un aumento continuo en los niveles de cosecha.

2.2 Los bosques y la mitigación del impacto ambiental

Uno de los aspectos fundamentales de los bosques es su contribución sustancial a la mitigación del cambio climático, ya que poseen la capacidad de capturar gases de efecto invernadero de la atmósfera. Los árboles, al absorber el CO₂, contribuyen a su almacenamiento en la biomasa. Prado (2015) destaca que las plantaciones forestales, debido a su rápido crecimiento, funcionan como sumideros netos de CO₂. No obstante, los bosques nativos, aunque son reservorios de carbono, emiten importantes cantidades de CO₂, lo que subraya la relevancia del manejo de las plantaciones, incluyendo la preparación del suelo, la elección de especies, el control de incendios y la fertilización para maximizar la captura de CO₂, especialmente en el caso del pino radiata (ODEPA, 2010).

A partir del estudio "Estimación del carbono capturado en las plantaciones de Pino radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 de 1974", realizado por ODEPA en 2005; se estimó el inventario de carbono capturado por estas plantaciones. El estudio abarcó desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Los Lagos, excluyendo los bosques nativos, y estimó que la superficie total de pino radiata ascendía a 815.399 hectáreas. Según sus resultados, el inventario actual de carbono en las plantaciones efectivas es de alrededor de 33,27 millones de toneladas cúbicas (tC), con 28,09 millones de tC correspondientes a plantaciones de pino radiata. A nivel nacional, esto equivale a alrededor de 122 millones de toneladas de CO₂ capturadas desde la atmósfera (ODEPA, 2010). En promedio, cada hectárea de pino radiata en Chile ha capturado 34,45 tC de CO₂ desde la atmósfera. Esta cifra se basa en una hectárea promedio con 10,5 años de antigüedad y un volumen de madera sólida por hectárea de 95,7 m³ ssc (ODEPA, 2010).

De acuerdo con Cargua (2014), quien estudió la cuantificación de carbono en una plantación de 100 hectáreas de Pino Radiata y estrato de Páramo en el Parque Nacional Sangay, Ecuador, en 2013, existe una relación directa entre los bosques en crecimiento y la absorción de CO₂, con pruebas claras del impacto en la velocidad de captación. En otras palabras, mientras el bosque esté en una etapa de crecimiento, capturará más CO₂ de manera más rápida desde la atmósfera.

2.3 La contabilidad de costos del flujo de materiales

La Contabilidad de Gestión Ambiental (EMA, por sus siglas en inglés) se define como el proceso de identificación, recopilación, estimación, análisis y reporte interno de datos relacionados con el uso de materiales y flujos de energía, así como información de costos ambientales y otros costos, con el propósito de respaldar tanto las decisiones convencionales como las ambientales dentro de una organización

(Xiaomei, 2004). Su enfoque ha sido desarrollado para superar las limitaciones inherentes a la contabilidad de gestión tradicional en términos de abordar aspectos de gestión y decisiones relacionadas con asuntos ambientales, incluyendo costos e impactos asociados. Por lo tanto, se considera que la EMA es una herramienta clave que permite mejorar la relación entre el retorno económico de las actividades y su impacto ambiental, logrando así la reducción de costos y la minimización de los efectos ambientales resultantes de dichas actividades.

En este mismo contexto, la Contabilidad de Costos del Flujo de Materiales (MFCA por sus siglas en inglés) es un término que surgió del Institut für Management und Umwelt (IMU) de Alemania. Diseñada como una herramienta para organizaciones, busca evaluar los flujos de materiales y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, generando así mejoras en el desempeño ambiental y económico. Debido a su enfoque en la optimización de la producción en términos de materiales y medio ambiente, el modelo MFCA captó la atención de las autoridades gubernamentales de Japón a principios de la década del 2000. El Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) inició un plan para promover la adopción de la MFCA en el entorno empresarial japonés. Este esfuerzo culminó en la creación del "Proyecto de Promoción de Contabilidad de Gestión Ambiental" y finalmente en la publicación de la "Guía para la Contabilidad de Costos de Flujo de Materiales" en 2007. Tanto Alemania como Japón se destacaron por impulsar la producción ambientalmente sostenible a través de la implementación de la MFCA en sus empresas. Cabe resaltar que las versiones de MFCA desarrolladas por ambos países difieren en sus enfoques, ya que la versión japonesa se centra en líneas de productos o procesos, mientras que la versión alemana se orienta hacia la gestión de toda la instalación productiva (IFAC, 2005).

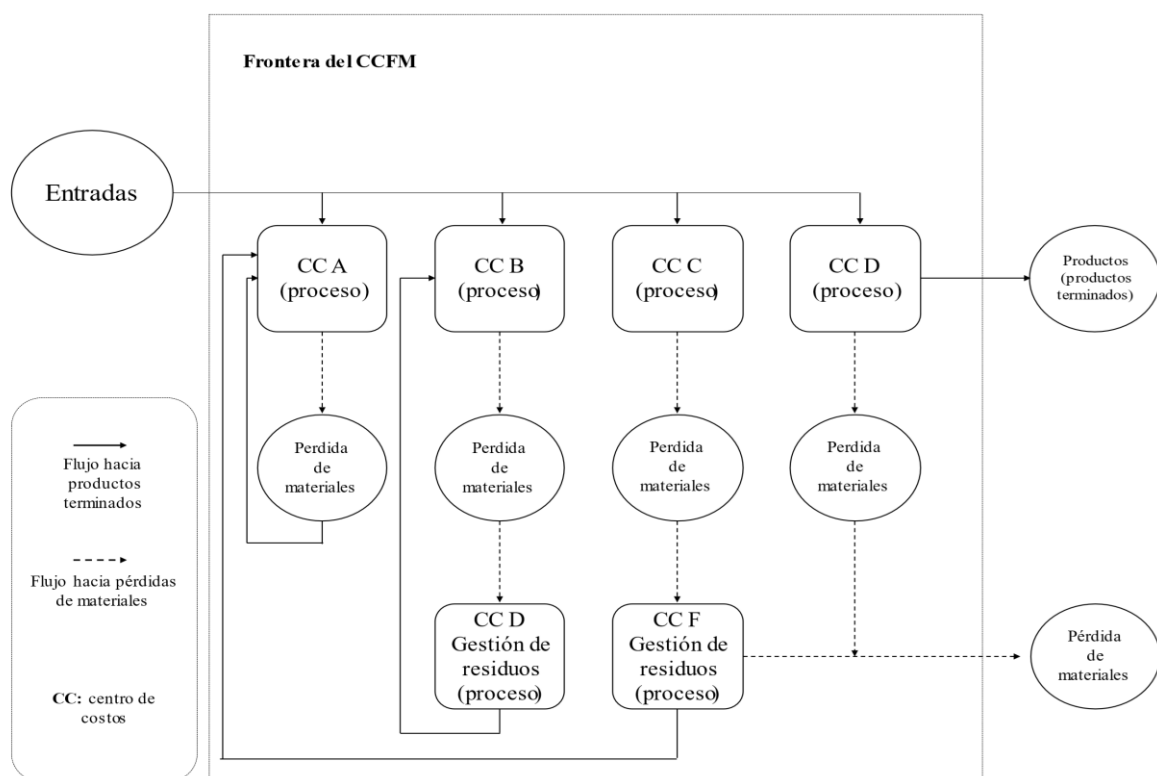


Figura 1_ Modelo MFCA

Fuente: Elaboración propia a partir del diagrama de ISO:14051, 2011

En 2011, la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la norma ISO 14.051: "Contabilidad de Costos de Flujos de Materiales", que proporciona un marco de referencia para la adopción de la MFCA. Esta norma establece la MFCA como una herramienta de gestión que ayuda a las organizaciones a comprender las consecuencias ambientales y financieras de sus prácticas de uso de materiales y energía, permitiendo mejoras en ambos aspectos a través de cambios en la gestión y cuantificación de dichas prácticas (ISO 14.051, 2011).

De acuerdo con Bieres (2015), la MFCA es un enfoque contable orientado a la identificación y valoración monetaria de las ineficiencias en los procesos de producción, modelando el entorno de producción como un sistema de flujos y centros de cantidad, o procesos. Esta perspectiva más amplia de la MFCA permite identificar los puntos críticos del sistema de producción analizado.

Por otro lado, Bierer, Sygulla y Götze (2015) indican que el objetivo principal de la MFCA es respaldar los análisis centrados en los flujos de materiales y la toma de decisiones para mejorar la eficiencia de recursos y costos. Esto permite identificar y cuantificar pérdidas materiales, convirtiéndolas en el foco de las decisiones de gestión.

El procedimiento general de la MFCA comprende tres pasos fundamentales: 1) modelado de la estructura de flujos, 2) cuantificación de los flujos y 3) valoración monetaria del sistema de flujos. El modelado implica la identificación de los límites del sistema, los centros de cantidad y los flujos de materiales para configurar el MFCA. La cuantificación de flujos aborda las cantidades de materiales y energía utilizadas en un período de tiempo determinado. Finalmente, en la valoración monetaria se evalúa el sistema de flujos para resaltar los efectos adversos de las ineficiencias en el uso de materiales y energía.

Guenther, Jasch, Schmidt, Wagner & Ilg (2015) resaltan que la MFCA se centra en la relevancia monetaria de los flujos y pérdidas de materiales físicos para las empresas. Al cuantificar los flujos de materiales físicos, no solo se proporciona una base para el análisis técnico, sino que también se realiza una evaluación ambiental que contribuye a la optimización económica, ya que todos los flujos se evalúan en términos monetarios.

Así, la MFCA posibilita la identificación de usos ineficientes de materiales y energía desde una perspectiva económica y ecológica. Señala oportunidades económicamente ventajosas para las organizaciones, permitiendo el ahorro de recursos, emisiones y residuos con impacto ecológico. La MFCA debe considerarse como una herramienta de control de gestión que se aplica regularmente y se integra con la contabilidad tradicional.

De manera similar, el enfoque de MFCA analiza los aspectos ambientales de una organización, incluyendo el seguimiento y monitoreo de residuos generados por la producción, así como el consumo eficiente de materiales y su manejo. La MFCA es un método que abarca tanto el seguimiento de los aspectos ambientales como el análisis de los costos de residuos, el consumo racional de materiales, el uso de energía y la amortización de inversiones (Kouřilová J. y Sedláček J. 2014).

De acuerdo con la ley de conservación de la masa y la energía, así como de las fuentes financieras, los residuos también poseen un valor. En este contexto, los desechos no son simplemente un resultado negativo, sino que incorporan la energía utilizada, los materiales y otros recursos que no se transforman en productos positivos y quedan sin utilizar en la empresa (Kouřilová J. y Sedláček J. 2014). En consecuencia, el enfoque MFCA permite un análisis detallado desde la materia prima utilizada en la producción de un bien, su proceso de fabricación, uso del producto y su destino final en términos de reciclaje, desecho o reutilización.

En última instancia, de acuerdo con la norma ISO 14.051 sobre Gestión Ambiental de la Contabilidad de Costos de Flujos de Materiales, la producción, el reciclaje y otros sistemas deben representarse mediante modelos visuales que ilustren múltiples centros de costos en los cuales los materiales se almacenan, usan o transforman, junto con los movimientos de materiales entre esos centros de costos. Este modelo visualiza el flujo total de materiales dentro de los límites definidos para el análisis de la MFCA.

2.4 Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (LCA) se refiere a la recopilación y evaluación de los impactos ambientales que surgen a lo largo del ciclo de vida de un producto o servicio, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. LCA es una técnica que considera los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales y, finalmente, interpretando los resultados en relación con los objetivos del estudio (ISO 14.040, 2006).

Un proceso típico de LCA consta de cuatro fases clave: 1) definición de los objetivos y alcance del análisis, 2) análisis del inventario, 3) evaluación de impacto y 4) interpretación de los resultados. Estas fases están interrelacionadas y se sustentan mutuamente para lograr una evaluación coherente de los aspectos ambientales y su impacto en el entorno, en consonancia con los objetivos de la organización.

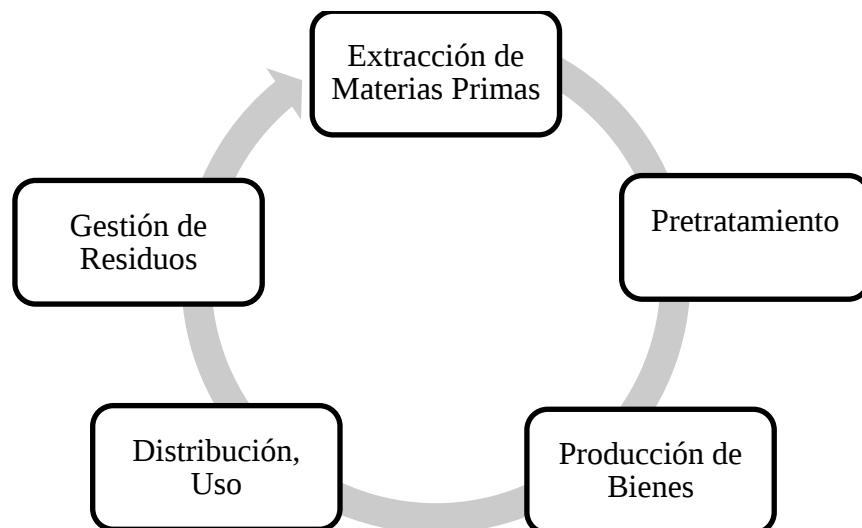


Figura 2_Etapas del ciclo de vida de un producto

Fuente: Elaboración propia

En resumen, la EMA y la MFCA son enfoques contables que permiten evaluar y mejorar la gestión ambiental de una organización, optimizando la relación entre eficiencia económica e impacto ambiental. Estos enfoques son esenciales para la toma de decisiones informadas y la identificación de oportunidades de mejora en términos ambientales y financieros. Por otro lado, el Análisis de Ciclo de Vida (LCA)

es una técnica que evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, contribuyendo a la comprensión y mitigación de los impactos ambientales asociados. Estas herramientas son fundamentales en la gestión sostenible de organizaciones y productos, promoviendo la consideración integral de los aspectos ambientales en la toma de decisiones y operaciones empresariales.

2.5 Método de medición

SEGÚN ZOU ET AL. (2019), LA MFCA ES UNA HERRAMIENTA QUE PERMITE CUANTIFICAR Y RASTREAR EL FLUJO DE MATERIALES Y EL INVENTARIO DE MATERIAS PRIMAS, ENERGÍA, Y COSTOS DEL SISTEMA EN UN PROCESO DE PRODUCCIÓN; AUNQUE TAMBIÉN PERMITIR ENCONTRAR DEFICIENCIAS EN EL PROCESO.

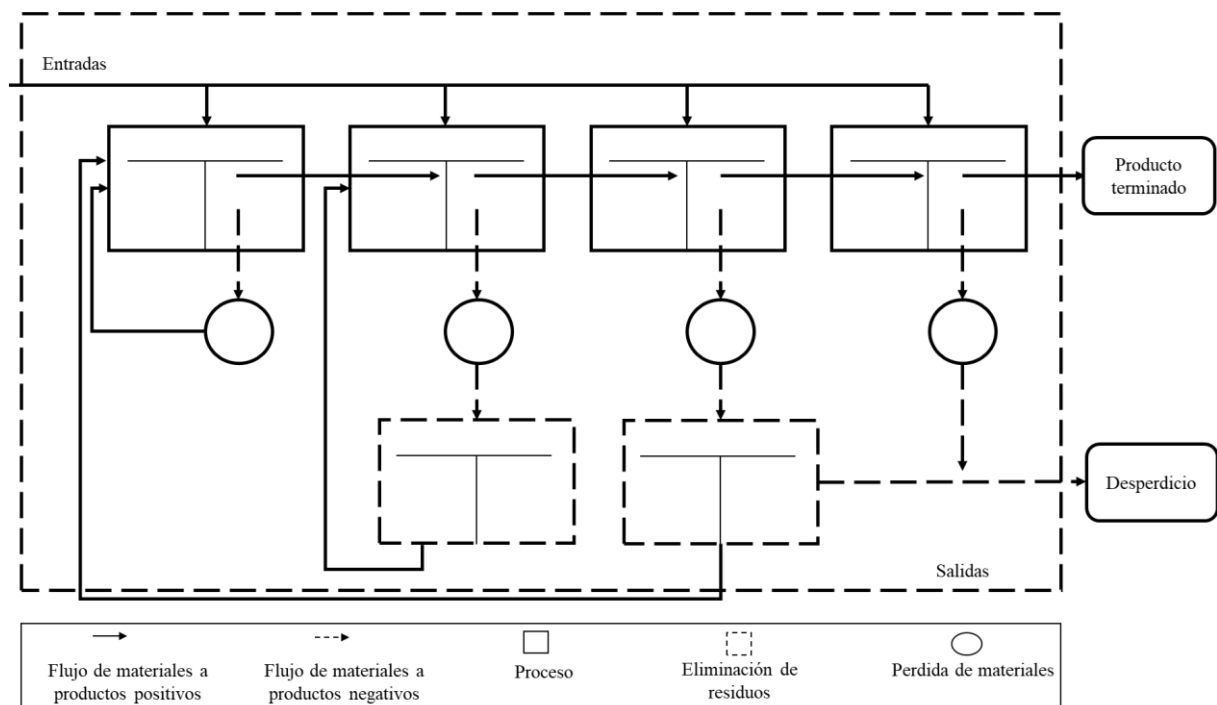


Figura 4 Método general de medición contable del modelo MFCA

Fuente: (Zou et al. 2019)

Bajo este modelo, se obtienen flujos positivos y negativos de materiales que se pueden calcular de acuerdo con el movimiento secuencial de materiales y de energía dentro de los distintos procesos. Además, se pueden identificar los costos de materiales, costos de energía, costos del sistema o proceso y los costos de desechos o desperdicios. A diferencia con la forma común de contabilizar costos, según el estudio realizado por Zou et al., 2019. El modelo MFCA se diferencia especialmente en su propósito central de identificación de desechos y desperdicios, considerando todas las pérdidas materiales como desperdicios o salidas que no son productos y que se denominan “inventarios negativos”.

Asimismo, el análisis del ciclo de vida, también conocido como el análisis “de la cuna hasta la tumba”, se considera la herramienta del modelo que permite

determinar y evaluar los efectos ambientales de productos, procesos y actividades (Roy et al., 2009a).

Así entonces, los flujos de materiales se basan en el principio del ciclo de vida completo, el que consta de una serie de actividades interrelacionadas que crean valor, incluidos los recursos, la fabricación, logística, el uso, eliminación y reciclaje (Ver figura 5). Los productos positivos son los que se pueden vender directamente o pasar al siguiente proceso. Los productos negativos se refieren a los residuos, que pueden aportar valor a la empresa, pero también tienen un impacto negativo en el medio ambiente. Los costos sistemáticos son los costos incurridos en el curso del manejo interno de los flujos de materiales. Los costos del daño ambiental de los residuos representan la contaminación y los daños causados en el ambiente externo por la descarga de desechos, y se cuantifican por su valor monetario. Y por último está el valor económico agregado que se refiere al incremento del valor un producto formado por los recursos que se mueven a través de cada eslabón.

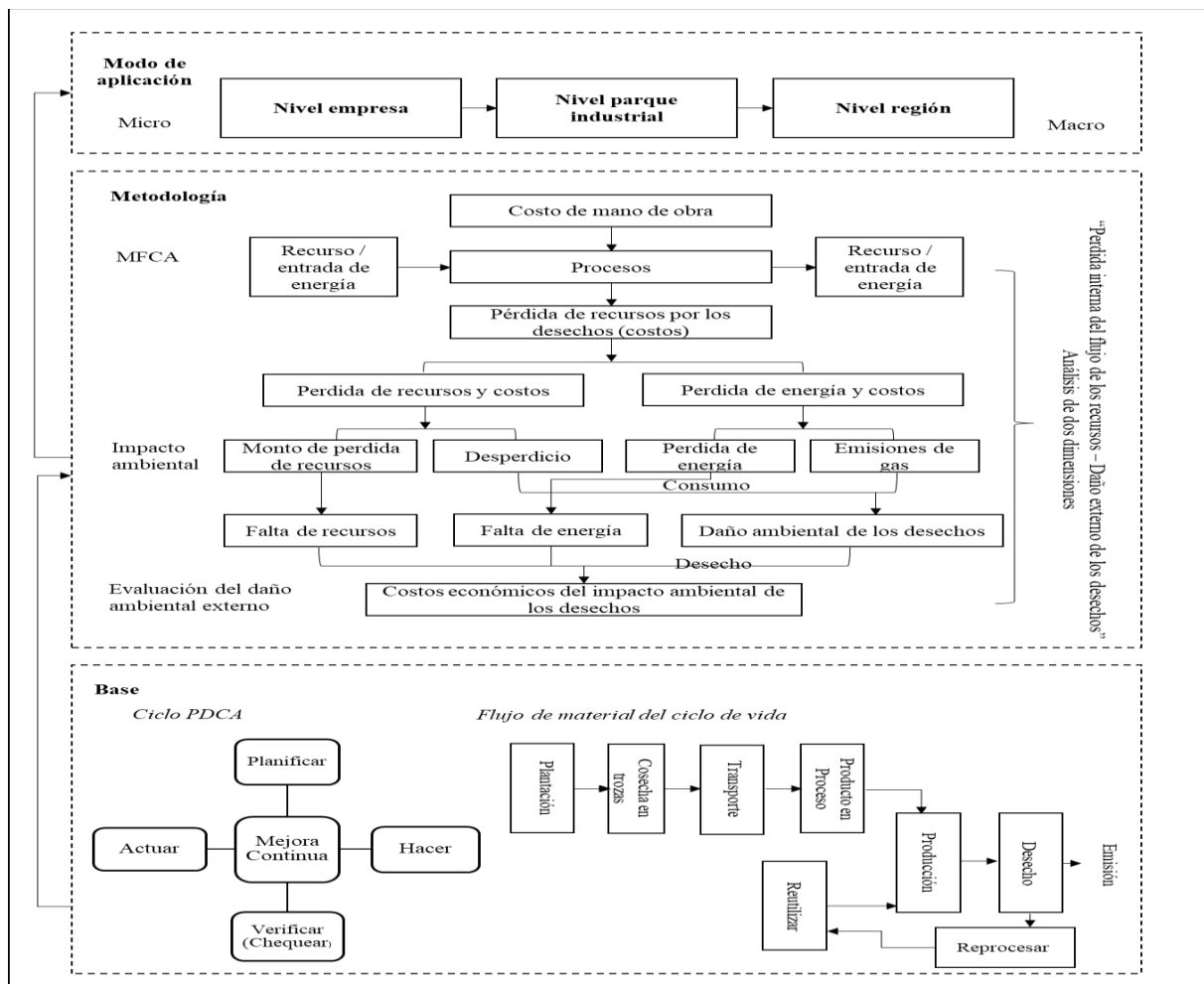


Figura 5_Marco sistemático del modelo de tres partes

Fuente: (Zou et al., 2019)

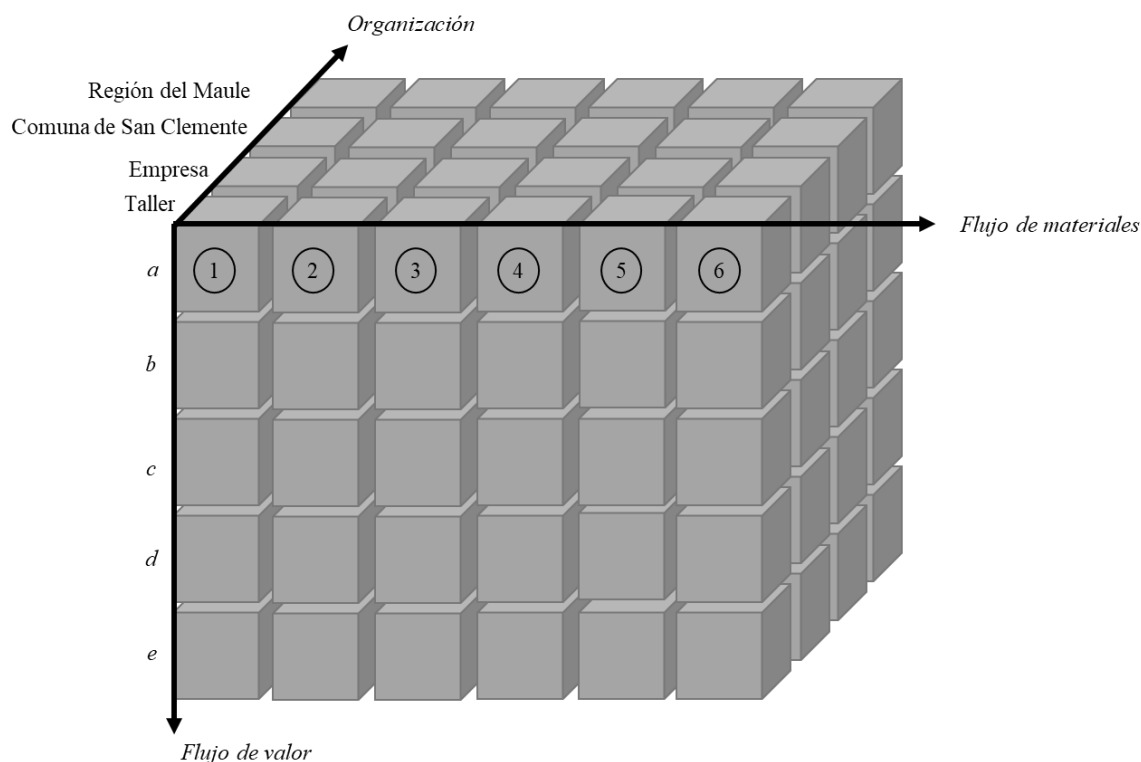
3. RESULTADOS

3.1 Ajustes al modelo MFCA-LCA a la industria de madera aserrada

Considerando el modelo MFCA y LCA bajo la lógica planteada por Zeng et al (2021), y dado que ello es coherente con lo que Zou et al (2019) diseñaron como modelo de tres dimensiones (3D) que considera la circulación de materiales desde el ciclo de vida excediendo a la organización y enmarcándolo en la teoría de economía circular; se plantea un diseño que incorpora estas tres dimensiones: 1) organización, 2) flujo de materiales, y; 3) flujo de valor. Así los flujos de materiales se basan en el principio de ciclo de vida completo.

Así, la propuesta de diseño incluye el valor económico agregado que se refiere al incremento del valor un producto formado por los recursos que se mueven a través de cada eslabón. Las dimensiones organizacionales de abajo hacia arriba se dividen en cuatro niveles, que, para el caso del aserradero utilizado en este trabajo, serían: Región del Maule, Comuna de San Clemente, empresa y taller ordenados de macro a micro.

Como se ve en la figura anterior (ver figura 6), el marco sistemático del modelo 3D considera tres partes: base común, metodología y modo de aplicación.



Flujos de valor: a. productos positivos, b. productos negativos, c. costos sistemáticos, d. costos del daño ambiental de los residuos, e. valor económico añadido.

Flujo de materiales: (1) recurso, (2) fabricación, (3) logística, (4) uso, (5) eliminación, (6) reciclar.

Figura 6_Marco sistemático del modelo 3D para la industria de madera aserrada

Fuente: Elaboración propia basado en (Zou et al., 2019)

3.2 Diseño final del modelo contable

El modelo MFCA combinado con el modelo LCA para la industria de la madera aserrada (ver figura 7), va desde el bosque en pie hasta los productos finales o productos terminados. Así, la entrada de materiales se origina en la compra de bosque en pie de pino insigne, donde los procesos para obtener las trozas son la poda, el raleo y la cosecha, donde en cada proceso se generan productos negativos. Así también puede formar parte de la entrada la compra de trozas con corteza, que no requieren procesos adicionales en esta etapa. Luego están los procesos de producción tales como: descortezado, partidora, canteado, despuntado, secado y cepillado donde se obtiene los productos finales. En dichos procesos se obtienen tanto productos positivos como negativos, éstos últimos correspondiente a los residuos o pérdidas de material.

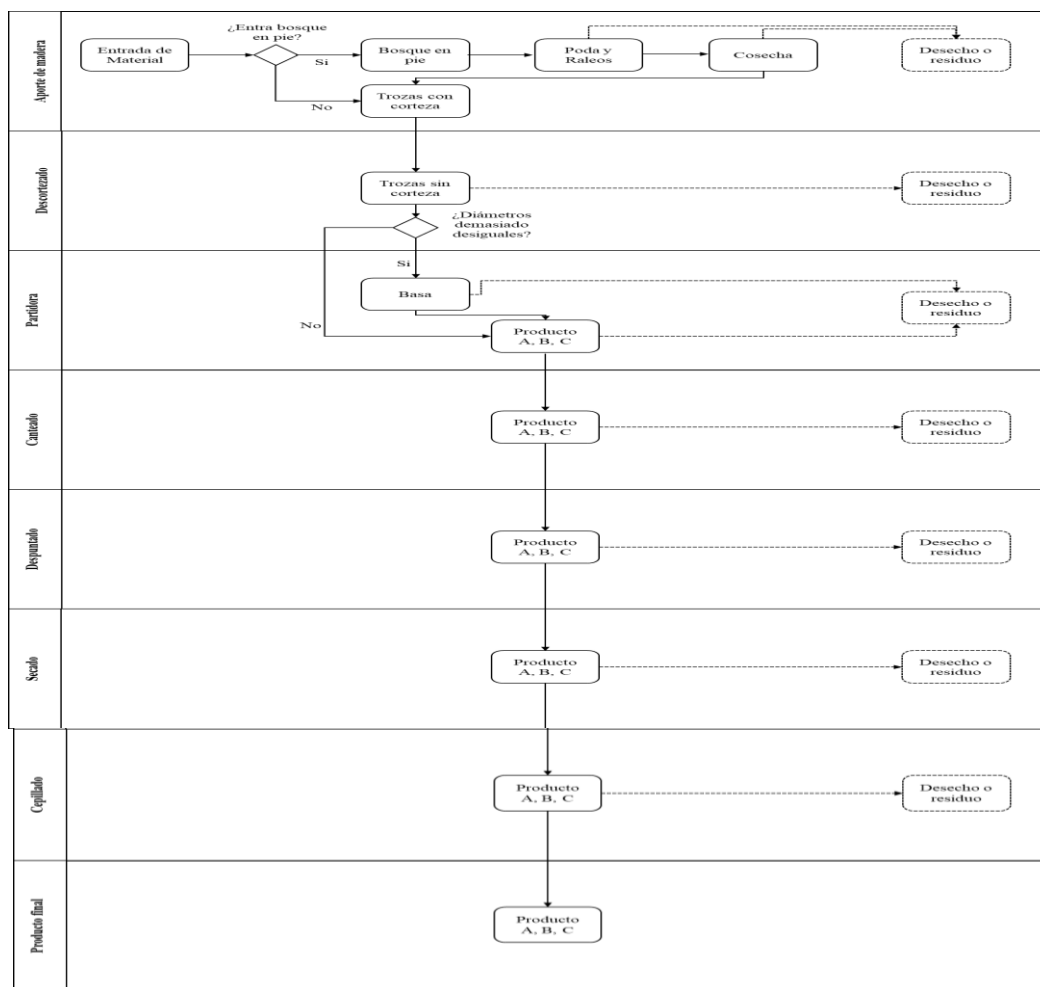


Figura 7_ Modelo MFCA-LCA para la industria de madera aserrada

Fuente: Elaboración propia

En la industria de madera aserrada se obtienen productos intermedios, tales como palos, vigas o tablas en bruto y en diferentes dimensiones; o con mayor grado de elaboración, como tablas y otras partes y piezas de la madera cepillados y en condiciones de ser usados en distintas industrias. Así también, en cada uno de los procesos se producen desechos o residuos tales como cortezas, aserrín, despuntes,

etc., los cuales pueden ser reprocesados, vendidos en su estado natural o enviados a su disposición final.

El modelo MFCA-LCA para la industria de la madera aserrada en su flujo inverso (ver figura 8) permite, a partir de la cuantificación de las pulgadas cúbicas de madera que significa cada producto intermedio o terminado, determinar la masa boscosa que se debe sacrificar para la obtención de la madera en cantidades de pulgadas cúbicas de bosque en pie suficientes para lograr un volumen de producto deseado.

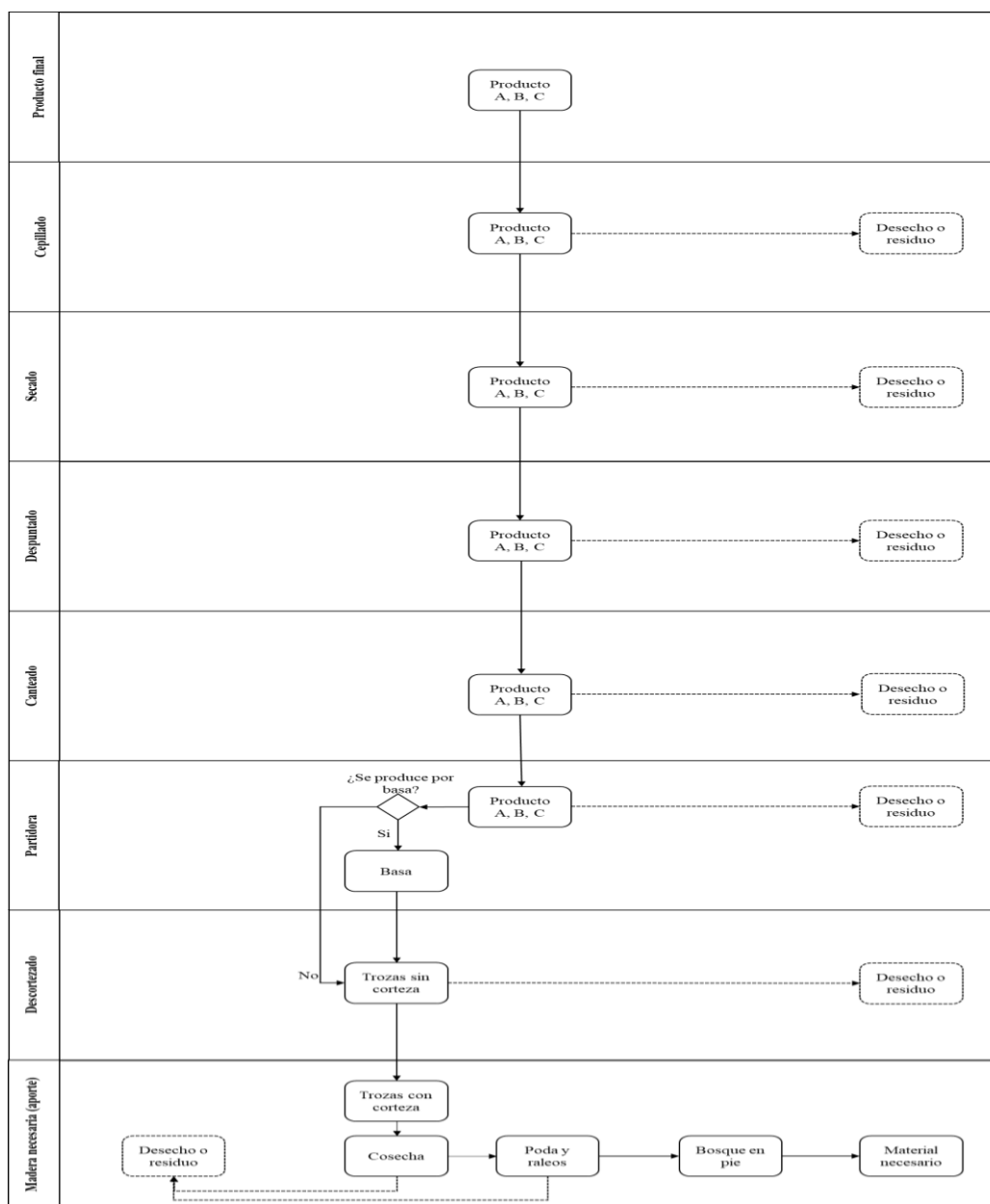


Figura 8_Modelo MFCA-LCA inverso para cuantificación del impacto ambiental.
Fuente: Elaboración propia

3.3 Conversiones para la utilización del modelo

Considerando los datos aportados por el Instituto Forestal de Chile (INFOR), se elaboraron las siguientes conversiones:

3.3.1 Densidad de árboles por hectárea plantada:

El crecimiento de los árboles en un bosque depende de la capacidad de cada uno para competir por la luz del sol, y a nivel radicular, por el agua y los nutrientes (Sotomayor et al., 2002), y para el caso del pino insignie, las plantaciones se clasifican según el crecimiento de los dominantes (D), los codominantes (C), los intermedios (I) y los suprimidos (S). Considerando lo anterior, la selección para cosecha debe favorecer siempre a los árboles dominantes (D) y codominantes (C), y sólo circunstancialmente a los intermedios (I).

La densidad estimada en plantaciones de especie Pino Radiata es de 1.600 a 2.000 árboles por hectárea, la clasificación de ellos parte de entre los 4 a 6 años de plantados, cuando comienzan a diferenciarse por su tamaño, ya sea en su tronco como en sus ramas.

El manejo de las plantaciones de la especie Pino Radiata fue establecido por INFOR en el año 2000; según el cual, la cosecha se deriva a aproximadamente cuando el árbol logra entre 28 a 32 metros de altura, con una edad estimada entre 22 a 25 años. Al transcurso entre 25 a 30 años se cosecha la totalidad de árboles.

Luego, se estima que, por cada hectárea de bosque en pie de pino insignie, se pueden obtener de 300 a 500 metro cúbicos (m³) de madera (Sistema de Gestión Forestal, s.f.) Obteniendo la media de dicha estimación, para efectos de las conversiones del modelo se establece que, en una tala normal, se obtendrán 400 m³ de madera en forma de trozas como producto positivo; y los desechos, residuos y desperdicios como productos negativos.

3.3.2 Método de medición de volumen Huber

El método es utilizado para medir el tronco de un árbol, o denominado árbol trozado, se basa en la hipótesis de asimilarlo a un cilindro cuya base y altura corresponden respectivamente a la selección media y a la longitud de dicho tronco (Juárez Félix, 2014). Esta fórmula mide el diámetro a la mitad de total longitudinal con se explica en la siguiente fórmula (ver figura 9):

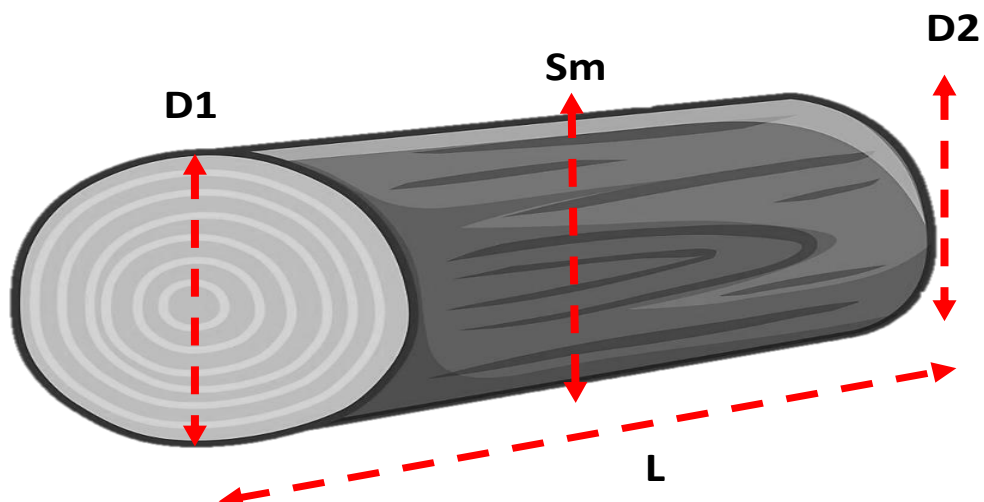


Figura 9_ Dimensionado de la troza
Fuente: Elaboración propia

$$v = \frac{\pi}{4} * Dm^2 * L \quad ; \quad v = 0,7854 * Dm^2 * L \quad o \quad v = Sm * L$$

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2 \quad \frac{\pi}{4} = 0,7854 \quad Sm = 0,7854 * Dm^2$$

$$Dm = \frac{(D1 + D2)}{2}$$

Donde;

A = Área de forestal de circunferencia

v = Volumen del tronco

π = Número constante igual a 3,1416

Dm = Diámetro medio de longitud entre dos caras

D = Diámetro del tronco

L = Longitud del tronco

Sm = Sección a la mitad de la longitud

1 metro cubico (m^3) = 61023.74 pulgada cubica (in^3)

Luego, y considerando una productividad de 400 m^3 de madera por hectárea, y la conversión Huber, por cada hectárea cosechada se obtienen 24,4 millones de pulgadas cúbicas.

Por tanto, considerando una troza estándar con largo (L) 3,20 metros, diámetro 1 (D1) de 0,55 metros, diámetro 2 (D2) 0,45 metros; se obtiene un Dm de 0,50 metros y un Dm2 de 0,25 m^2 . Y luego, considerando la longitud (L) y la sección media (Sm) se obtiene un volumen (V) de 0,62832 m^3 de madera. Finalmente, convirtiendo ello a pulgadas cúbicas (in^3) se obtiene que una troza estándar de pino insigne tiene un volumen de 38.342,44 in^3 .

3.3.3 Estimación de la distribución de la troza en un proceso normal de aserrado

Para las estimaciones de madera aserrada, residuos, desechos y desperdicios, se consideran los datos reportados por el INFOR en su informe “Elaboración de una Industria de Aserrío en Chile” del año 2020. Con ello, se considera que cada troza estándar de madera de pino insigne se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 1
Distribución de la troza por tipo de producto

Productos positivos y negativos	in^3	% de madera por Troza estándar
Madera aserrada	18.181,99	47,42%
Astillas	9.259,70	24,15%
Tapas	325,91	0,85%
Lampazos	1.311,31	3,42%
Aserrín	6.433,86	16,78%
Corteza	2.829,67	7,38%

Fuente: Elaboración propia en base INFOR (2020)

3.3.4 Conversión a pulgadas cúbicas por producto

Los productos intermedios y finales de la industria de la madera aserrada se convierten a pulgadas cúbicas en función de sus dimensiones. Así, multiplicando el espesor por el ancho y el largo del producto, se obtienen las pulgadas cúbicas por cada uno de los productos.

Tabla 2

Distribución de la troza por tipo de producto

Productos	Ancho (in)	Ancho (cm)	Espesor (in)	Espesor (cm)	Alto (cm)	ln3 de madera
Palos 2x3x320	2	5,08	3	7,62	320	755,91
Tablas 1x4x320	1	2,54	4	10,16	320	503,94
Vigas 2x6x320	2	5,08	6	15,24	320	1.511,81

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Conversión de la capacidad de captura de CO₂ por pulgada de madera de bosque de pino en pie.

Como ya se mencionó, y de acuerdo con datos del Instituto Forestal (INFOR), las plantaciones de pino insigne capturan más de 30 millones de toneladas de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂ y ozono; lo que, según las estimaciones de este instituto, equivalen a un total de 8.662.369 toneladas cúbicas para la macrozona central de Chile. Considerando la información relacionada reportada por INFOR (ver Tabla 2), las plantaciones de pino en la Región del Maule representan el 84,85% del total de las plantaciones de esta variedad en el país, lo que equivale a una capacidad de captura de 25.707,09 toneladas cúbicas (tC) de CO₂ de la atmósfera.

Tabla 2

Captura de CO₂ de las plantaciones de pino insigne

Región	Ha plantadas de pino insigne	% de participación	tC de captura según participación	Captura en tC por participación
R. Metropolitana	5.969	1,405%	121.730	425,75
R. Valparaíso	17	0,004%	347	1,21
R. O'higgins	58.363	13,740%	1.190.241	4.162,91
R. Maule	360.407	84,850%	7.350.051	25.707,09
Totales	424.756	100%	8.662.369	30.296,97

Fuente: INFOR

Considerando que cada hectárea de pino plantada equivale a 30.511.870 pulgadas cúbicas de madera de bosque en pie, y que cada hectárea tiene una capacidad de captura de 84 toneladas cúbicas de CO₂, entonces una pulgada de bosque en pie tiene una capacidad de captura de 1 tC de CO₂.

3.4 Resultados de la aplicación del modelo MFCA-LCA

Considerando el modelo hacia adelante, es decir, desde el bosque en pie hasta los productos terminados, se puede apreciar que el costo de los productos positivos asciende a \$81.450.415, equivalente al 51,16% del costo de los materiales, mientras que el costo de los productos negativos ascendió a \$78.148.765, equivalente al 48,84% del costo de los materiales.

Material	Material (in3)	Salida (producto positivo)	Salida (producto negativo)	Costo de la Entrada	Costo de la Salida (producto positivo)	Costo de la Salida (producto negativo)
Aporte de madera						
Bosque	Aporte	12.204.000 in3		50.000.000		
Poda y raleo		9.763.200 in3			40.000.000	
Perdida de in3			2.440.800			10.000.000
Cosecha		9.763.000 in3			39.999.181	
Perdida de in3			200			819
Trozos	Aporte	38.400.000 in3		120.000.000		
Subtotal madera en trozos		48.163.000 in3		159.999.181		
Descortezado						
Madera en trozos	Producto positivo	43.596.019 in3			144.827.510	
Residuo: Aserrín	Producto negativo		1.010.183 in3			3.355.864
Residuo: Corteza	Producto negativo		3.556.797 in3			11.815.806
Subtotal proceso descortezado		43.596.019 in3	4.566.981 in3		144.827.510	15.171.671
Partidora						
Madera sin corteza	Aporte	43.596.019		144.827.510		
Palos	Producto positivo	11.275.206 in3			37.456.632	
Tablas	Producto positivo	11.086.000 in3			36.828.082	
Vigas	Producto positivo	15.119.050 in3			50.226.016	
Lampazos	Producto positivo	1.645.336 in3			5.465.864	
Tapas	Producto positivo	409.313 in3			1.359.752	
Residuo: Astillas	Producto negativo		1.938.352 in3			6.439.273
Residuo: Aserrín	Producto negativo		2.122.762 in3			7.051.890
Subtotal proceso de partidora		39.534.905 in3	4.061.114 in3		131.336.346	13.491.163
Canteado						
Palos	Producto positivo	13.182.293 in3			43.792.041	
Tablas	Producto positivo	12.588.021 in3			41.817.849	
Vigas	Producto positivo	6.703.744 in3			22.270.075	
Residuo: Astillas	Producto negativo		3.876.704 in3			12.878.547
Residuo: Aserrín	Producto negativo		3.184.143 in3			10.577.835
Subtotal proceso canteado		32.474.058 in3	7.060.847 in3		107.879.964	23.456.382
Despuntado						
Palos	Producto positivo	10.032.833 in3			33.329.424	
Tablas	Producto positivo	9.281.281 in3			30.832.742	
Vigas	Producto positivo	6.334.705 in3			21.044.113	
Residuo: Astillas	Producto negativo		5.815.056 in3			19.317.820
Residuo: Aserrín	Producto negativo		1.010.183 in3			3.355.864
Subtotal proceso despuntado		25.648.819 in3	6.825.239 in3		85.206.280	22.673.685
Secado						
Palos	Producto positivo	10.032.833 in3			33.329.424	
Tablas	Producto positivo	9.281.281 in3			30.832.742	
Vigas	Producto positivo	6.334.705 in3			21.044.113	
Subtotal proceso secado		25.648.819 in3			85.206.280	
Cepillado						
Palos	Producto positivo	8.082.142 in3			26.849.160	
Tablas	Producto positivo	9.018.282 in3			29.959.050	
Vigas	Producto positivo	7.538.212 in3			25.042.205	
Residuo: Aserrín	Producto negativo		1.010.183 in3			3.355.864
Subtotal proceso cepillado		24.638.636 in3	1.010.183 in3		81.850.415	3.355.864
Productos finales						
Palos	Producto positivo	8.082.142 in3			26.849.160	
Tablas	Producto positivo	9.018.282 in3			29.959.050	
Vigas	Producto positivo	7.538.212 in3			25.042.205	
Subtotal productos finales		24.638.636 in3			81.850.415	
in3 que entraron	48.163.000					
in3 perdidas	23.524.364					
in3 productos terminados	24.638.636					
costos de materiales de in3 que entraron	159.999.181	100%				
perdidas por desechos	78.148.765	48,84%				
Costo del producto positivo	81.850.415	51,16%				

XVIII Congreso Internacional de Costos – XXX Congreso Brasileño de Costos
Natal, RN, Brasil, del 15 al 17 de noviembre de 2023

Por otro lado, y considerando el modelo inverso, es decir, estimando desde el volumen de productos terminados positivos esperados hasta el bosque en pie, se puede observar que para lograr dicho volumen, se deben sacrificar 29.223.136 pulgadas cúbicas de madera de bosque en pie, lo que equivale a 0,96 hectáreas de bosque; lo que equivale a sacrificar 80,64 toneladas cúbicas de captura de gases de efecto invernadero; o dicho de otra forma, 10,5 años de captura de CO₂, lo que en pesos equivale a \$67.732.690.-

Material	Material (in3)	Salida (producto positivo)	Salida (producto negativo)	Costo de la Entrada	Costo de la Salida (producto positivo)	Costo de la Salida (producto negativo)
Productos finales						
Palos	Producto positivo	3.779.527 in3			6.380.732	
Tablas	Producto positivo	2.519.685 in3			4.253.821	
Vigas	Producto positivo	7.559.055 in3			12.761.463	
Subtotal productos finales		13.858.267 in3			23.396.016	
Cepillado						
Palos	Producto positivo	3.779.527 in3			6.380.732	
Tablas	Producto positivo	2.519.685 in3			4.253.821	
Vigas	Producto positivo	7.559.055 in3			12.761.463	
Residuo: Aserrín	Producto negativo		612.934 in3			1.034.776
Subtotal proceso de cepillado		13.858.267	612.934		23.396.016	1.034.776
Secado						
Palos	Producto positivo	3.930.583 in3			6.635.749	
Tablas	Producto positivo	2.725.152 in3			4.600.698	
Vigas	Producto positivo	7.815.465 in3			13.194.344	
Subtotal proceso de secado		14.471.200 in3			24.430.792	
Despuntado						
Palos	Producto positivo	3.930.583 in3			9.110.212	
Tablas	Producto positivo	2.725.152 in3			6.316.293	
Vigas	Producto positivo	7.815.465 in3			18.114.499	
Residuo: Astillas	Producto negativo		3.528.314 in3			8.177.841
Residuo: Aserrín	Producto negativo		612.934 in3			1.420.643
Subtotal proceso de despuntado		14.471.200	4.141.247		24.430.792	9.598.484
Canteado						
Palos	Producto positivo	6.761.054 in3			15.670.610	
Tablas	Producto positivo	3.845.412 in3			8.912.805	
Vigas	Producto positivo	8.005.981 in3			18.556.073	
Residuo: Astillas	Producto negativo		2.352.209 in3			5.451.894
Residuo: Aserrín	Producto negativo		1.225.867 in3			2.841.286
Subtotal proceso de canteado		18.612.447	3.578.076		43.139.488	8.293.180
Partidora						
Palos	Producto positivo	7.151.555 in3			16.575.704	
Tablas	Producto positivo	4.151.548 in3			9.622.359	
Vigas	Producto positivo	9.640.752 in3			22.345.106	
Lampazos	Producto positivo	998.316 in3			2.313.872	
Tapas	Producto positivo	248.353 in3			575.626	
Residuo: Astillas	Producto negativo		1.176.105 in3			2.725.947
Residuo: Aserrín	Producto negativo		612.934 in3			1.420.643
Subtotal proceso partidora		22.190.523	1.789.038		51.432.668	4.146.590
Descortezado						
Madera en trozas	Producto positivo	23.979.561 in3			55.579.257	
Residuo: Aserrín	Producto negativo		1.838.801 in3			4.261.929
Residuo: Corteza	Producto negativo		2.158.104 in3			5.002.003
Subtotal descortezado		23.979.561 in3	3.996.905 in3		55.579.257	9.263.932
Aporte de madera						
Bosque	Aporte	14.551.541 in3		50.000.000		
Poda y raleo			11.641.233 in3		40.000.000	
Perdida de in3				2.910.308 in3		10.000.000
Cosecha			2.250.451 in3		7.732.690	
Perdida de in3				9.390.782 in3		32.267.310
Trozas	Aporte	14.671.595 in3		60.000.000		
Subtotal aporte de madera		29.223.136 in3		67.732.690		

Los supuestos de costos agregados y la definición de productos positivos deseados se pueden encontrar en el Anexo 1: Notas.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, podemos concluir que el modelo diseñado permite la valorización financiera de los costos y el impacto ambiental de la industria de la madera aserrada; con el mayor valor informativo de conocer, ya sea de manera posterior a la cosecha y procesamiento de la madera (modelo hacia adelante), o antes de decidir explotar el bosque (modelos inverso), el costo de los productos y el valor monetario del impacto ambiental en pérdida de captura de gases de efecto invernadero.

Las consideraciones prácticas de este hallazgo se relacionan con la necesidad y urgencia de invertir en métodos y tecnologías que maximicen la proporción de inventarios positivos de esta industria, toda vez que cada pulgada de madera de inventario negativo significa una pérdida en vano de 1 tonelada de capacidad de captura de CO₂; sin perjuicio que cada pulgada de inventario negativo significa también desechos y desperdicios que, en su disposición final (quema), implica devolver al ambiente 1 tonelada de CO₂ capturado en 10,5 años de crecimiento de un bosque.

5. REFERENCIAS

- Bierer, A., Götze, U., Meynerts, L., & Sygulla, R. (2015). Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1289-1301. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.036>
- Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinueza, L. (2014). *Cuantificación del Contenido de arbono en una Plantación de Pino Insigne (Pinus radiata) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador*. 25(3), 83-92. <https://doi.org/doi: 10.4067/S0718-07642014000300011>
- Christ, K. L., & Burritt, R. L. (2015). Material flow cost accounting: A review and agenda for future research. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1378-1389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.005>
- CORMA. (2003). *Centro de Transferencia Tecnológica, Pino Radiata*.
- Guenther, E., Jasch, C., Schmidt, M., Wagner, B., & Ilg, P. (2015). Material Flow Cost Accounting – looking back and ahead. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1249-1254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.018>
- Huang, S. Y., Chiu, A. A., Chao, P. C., & Wang, N. (2019). The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction. *Sustainability*, 11(5), 1270. <https://doi.org/10.3390/su11051270>
- IFAC. (2005). *Building an Investment Climate of Trust*. International Federation of Accountants.
- INNOVA BIO BIO. (2016). *Manejo de Plantaciones Forestales en Pequeñas y Medianas Propiedades*. <http://asisma.cl/adeft/wp-content/uploads/2016/01/Manual-de-manejo.pdf>
- ISO. (2006). *ISO: 14.040. Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida Principios y marco de referencia*. Norma Internacional de Normativa.
- ISO 14051. (2011). *ISO: 14.051. Gestión ambiental. Contabilidad de costos del flujo de materiales. Marco de referencia general*. Organización Internacional de Normalización.

- ISO-14040-2006.pdf*. (s. f.). Recuperado 15 de agosto de 2022, de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/37456/0e3ee22afc7540488f66804b504580a4/ISO-14040-2006.pdf>
- Juárez Félix, Y. (2014). *Dasometría*.
- Meneses, M., & Guzmán, S. (2000). Productividad y eficiencia en la producción forestal basadas en las plantaciones de pino radiata. *Bosque*, 21(2), 3-11.
- Núñez, L., & Aedo, B. (2011). *Reconfiguración del mercado de Pinus Radiata en Chile*.
- ODEPA. (2010). *Estimación del carbono capturado en las plantaciones de Pino radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 del 1974*. Ministerio de Agricultura.
- ONUAA. (2020). *El estado de los bosques del mundo; Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Prado, D. (2015). *Plantaciones Forestales. Más allá de los árboles*.
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2009a). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 90(1-10). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016>
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2009b). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016>
- Sione, S. M. J., Andrade, H. J., Wilson, M. G., Rosenberger, L. J., Sasal, M. C., Ledesma, S. G., & Gabioud, E. A. (2021). Reducción de emisiones de carbono por deforestación evitada en bosques del Espinal (Entre Ríos, Argentina). *Colombia Forestal*, 24(2), 39-51.
- Sistema de Gestión Forestal. (s. f.). *Paquete tecnológico Pinus radiata*. Recuperado 3 de noviembre de 2022, de http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/fichap_radiata.htm
- Sotomayor, A., Helmke, E., & García, E. (2002). *Manejo y mantención de plantaciones forestales, Pinus Radiata y Eucalyptus Sp.* INFOR.
- Watt, M. S., & Trincado, G. (2019). Modelling the influence of environment on basic density of the juvenile wood for Pinus radiata grown in Chile. *Forest Ecology and Management*, 448, 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.001>
- Xiaomei, L. (2004). Theory and practice of environmental management accounting. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 3(1), 47-57. <https://doi.org/10.1386/ijtm.3.1.47/0>
- Zeng, H., Zhou, Z., & Xiao, X. (2021). MFCA extension from a life cycle perspective: Methodical refinements and use case. *Resources Policy*, 74, 101507. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101507>
- Zou, T., Zeng, H., Zhou, Z., & Xiao, X. (2019a). A three-dimensional model featuring material flow, value flow and organization for environmental management accounting. *Journal of Cleaner Production*, 228.

Anexo 1: Notas

1. Supuestos para la aplicación del modelo:

Se compra un bosque de media hectárea con aproximadamente 12.204.000 pulgadas cubicas a \$50 millones. Los costos por cosechar el bosque son de \$10 millones y el transporte al aserradero de \$5 millones.

Además, se compran 38.400.000 pulgadas cubicas de trozas con corteza a \$120 millones, el traslado al aserradero vale \$7,5 millones.

Con las pulgadas cubicas de trozas que se compraron se producen 12.700 palos, 17.896 tablas y 4.986 vigas.

El precio de venta de los productos son los siguientes:

Palos	2.790
Tablas	2.990
Vigas	5.460

Se venden 12 mil palos, 16 mil tablas y 4.800 vigas.

En el caso del método de VNR los lampazos y las tapas se reprocesan y se convierten en tablas.

2. Determinación del valor neto realizable.

	Trozas	Lampazos	Tapas	Palos	Tablas	Vigas
Costos conjuntos	110.000.000					
Bosque	32.500.000					
Poda y raleo	5.000.000					
Costo	20.000.000					
Transporte	2.500.000					
Costos de cosecha	5.000.000					
Trozas	75.000.000					
Costo	70.000.000					
Transporte	5.000.000					
Descortezado	2.500.000					
Costos separables de trozas a lampazos		500.000				
Costos separables de trozas a tapas			200.000			
Costos separables de trozas a palos				1.200.000		
Costos separables de trozas a tablas					3.500.000	
Costos separables de trozas a vigas						3.400.000
Costos separables de lampazos a tablas		-500.000			1.500.000	
Costos separables de tapas a tablas			-200.000		700.000	

	Trozas		Lampazos		Tapas		Palos		Tablas		Vigas	
	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3
Inventario inicial												
Entrada de material		50.604.000					11.275.206		11.086.000		15.119.050	
Producción	1.137	43.596.019	-	1.645.336	-	409.313	10.692	8.082.142	17.896	9.018.282	4.986	7.538.212
Transferencia a procesamiento adicional	1.137	43.596.019		1.645.336		409.313						
Ventas							12.000	9.070.866	16.000	8.062.992	4.800	7.256.692
Inventario final							-1.308	-988.724	1.896	955.290	186	281.520
Precio de venta							\$ 2.790		\$ 2.990		\$ 5.460	

Aplicación costos conjuntos por valor neto de realización	Palos	Tablas	Vigas	Total
Valor de ventas final de la producción total durante el periodo contable	29.830.683	53.508.007	27.224.726	110.563.415
Menos costos separables	1.200.000	5.700.000	3.400.000	10.300.000
Valor neto de realización en el punto de separación	28.630.683	47.808.007	23.824.726	100.263.415
Ponderación	0,29	0,48	0,24	1,00
Costos conjuntos aplicados	31.411.009	52.450.645	26.138.346	110.000.000
Costo de producción por unidad	3.050	3.249	5.924	

3. Determinación del costo en función de las unidades físicas.

XVIII Congreso Internacional de Costos – XXX Congreso Brasileño de Costos
Natal, RN, Brasil, del 15 al 17 de noviembre de 2023

	Trozos
Costos conjuntos	110.000.000
Bosque	32.500.000
Poda y raleo	5.000.000
Costo	20.000.000
Transporte	2.500.000
Costos de cosecha	5.000.000
Trozos	75.000.000
Costo	70.000.000
Transporte	5.000.000
Descortezado	2.500.000

	Palos		Tablas		Vigas	
	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3
Produccion	10.692	8.082.142	17.896	9.018.282	4.986	7.538.212
Ventas	12.000	9.070.866	16.000	8.062.992	4.800	7.256.692
Inventario final in3	-1.308	-988.724	1.896	955.290	186	281.520
Precio por in3	\$ 2.790		\$ 2.990		\$ 5.460	

Aplicación costos conjuntos por valor ventas por unidades físicas	Palos	Tablas	Vigas	Total
Medida física total de la producción	10.692	17.896	4.986	33.574
Ponderacion	0,32	0,53	0,15	1,00
Costos conjuntos aplicados	35.030.818	58.632.563	16.336.618	110.000.000
Costos conjuntos de produccion	3.276	3.276	3.276	

4. Determinación de los costos en el punto de separación.

	Trozos
Costos conjuntos	110.000.000
Bosque	32.500.000
Poda y raleo	5.000.000
Costo	20.000.000
Transporte	2.500.000
Costos de cosecha	5.000.000
Trozos	75.000.000
Costo	70.000.000
Transporte	5.000.000
Descortezado	2.500.000

	Palos		Tablas		Vigas	
	Unidades	in3	Unidades	in3	Unidades	in3
Produccion	10.692	8.082.142	17.896	9.018.282	4.986	7.538.212
Ventas	12.000	9.070.866	16.000	8.062.992	4.800	7.256.692
Inventario final in3	-1.308	-988.724	1.896	955.290	186	281.520
Precio por in3	\$ 2.790		\$ 2.990		\$ 5.460	

Aplicación costos conjuntos por valor ventas por punto de separación	Palos	Tablas	Vigas	Total
Valor de ventas de la producción total en el punto de separación	29.830.683	53.508.007	27.224.726	110.563.415
Ponderacion	0,27	0,48	0,25	1,00
Costos conjuntos aplicados	29.678.670	53.235.338	27.085.992	110.000.000
Costos conjuntos de produccion	2.776	2.975	5.432	