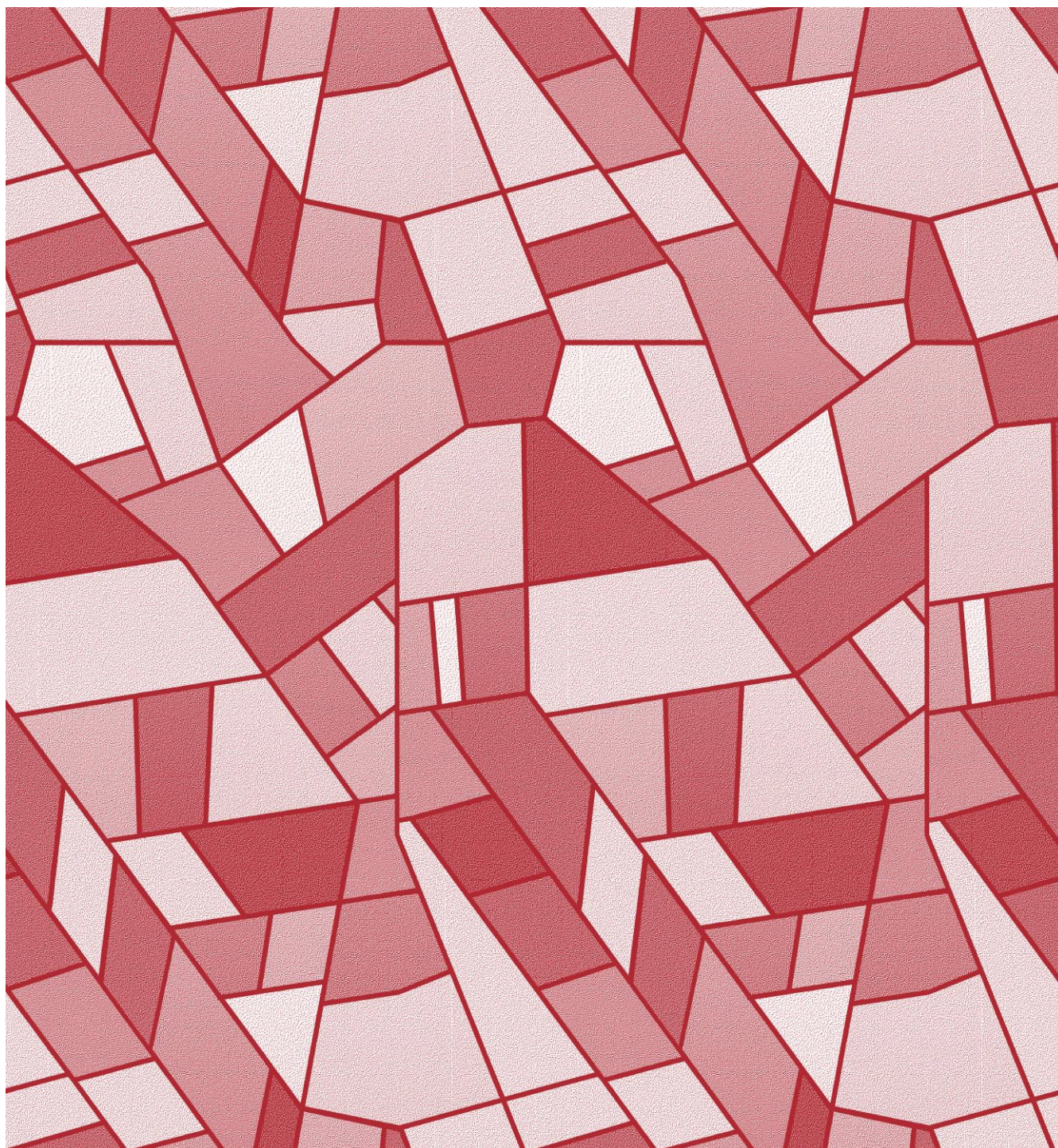


APL Pellets

Informe Final. Diagnóstico y Propuesta APL Proyecto L1-18-2020

Sector y subsector

Período de ejecución: diciembre de 2020– Mayo de 2021



Equipo de proyecto

Antonio Minte
Sergio Sáez
Rodrigo O´Ryan

Marcelo Silva

Pablo Honeyman
Vincent Haller

EBP Chile SpA AG
La Concepción 191
Piso 12, Of. 1201
Comuna Providencia
Santiago de Chile
Chile
Teléfono +56 2 2573 8505
info.chile@ebp.ch
www.ebpchile.cl

Impresión: 21. mayo.2021
2020 05 17 Informe Final estructura nueva v2

1 Contenido

2	Introducción	5
3	Alcance del estudio	6
4	Objetivos	6
5	Metodología de análisis	7
6	Diagnóstico sectorial	9
6.1	Aspectos Generales	9
6.1.1	Antecedentes del consorcio de empresas	10
6.1.2	Caracterización económica del sector	10
6.2	Aspectos productivos y de producción limpia	24
6.2.1	Descripción de los procesos productivos	24
6.2.2	Cadena de valor	25
6.2.3	Insumos y materia prima	41
6.2.4	Caracterización del producto	41
6.2.5	Análisis de casos: empresas socias APL	42
6.3	Indicadores	49
6.3.1	Producción física	49
6.3.2	Impactos ambientales de la producción	55
6.3.3	Impactos ambientales del consumo	61
6.4	Reglamentación pertinente a la actividad	75
6.4.1	Descripción mercado de certificación y estatus normativo de los biocombustibles sólidos de madera en el mundo	75
6.4.2	Organismos internacionales de desarrollo de estándares.	76
6.4.3	Organismos nacionales de desarrollo de estándares.	78
6.5	Normas de calidad del producto pellet	78
6.5.1	Normas Generales para Biocombustibles Sólidos-Pellets de Madera	78
6.5.2	Normas Aseguramiento de Calidad de Biocombustibles Sólidos	86
6.5.3	Norma Trazabilidad de Biocombustibles Sólidos	95
6.5.4	Estándar de seguridad en cadena logística biocombustibles sólidos	97
6.5.5	Eficiencia energética	106
6.6	Requisitos de los mercados	108
6.6.1	Sistemas y sellos de certificación forestal sustentable	108
6.6.2	Principales estándares asociados a producción y comercialización de pellets de madera en el mundo	113

6.6.3	Estimación de la demanda	120
6.7	Identificación de las mejores técnicas disponibles	120
6.7.1	Introducción	120
6.7.2	Alcance	121
6.7.3	Estructura General y Partes Involucradas	121
6.7.4	Requisitos de Calidad del Producto	129
6.7.5	Requisito de diseño de los envases	131
6.7.6	Requisitos de sostenibilidad de la madera como materia prima	132
6.7.7	Estructura de la Certificación	133
6.7.8	Plan Implementación y Puesta en Marcha	139
6.8	Innovación	143
6.9	Factores y variables que determinan la competitividad	143
6.9.1	Evaluación económica del estándar	143
6.9.2	Brechas y oportunidades del sector	145
6.9.3	Vulnerabilidad al cambio climático	147
7	Propuesta de Acuerdo de Producción Limpia	149
7.1	Objetivo General	149
7.2	Objetivos específicos	149
7.3	Metas y acciones	149
7.3.1	Meta 1: Establecer un sistema de implementación del Acuerdo.	149
7.3.2	Meta 2: Implementar un mecanismo de seguimiento y acreditación de buenas prácticas en las empresas socias	150
7.3.3	Meta 3: Ampliar el alcance de los adherentes al APL	150
7.3.4	Meta 4: Difusión del APL	151
7.3.5	Meta 5: Capacitación a las empresas	151
8	Análisis de las principales dificultades detectadas en la construcción del diagnóstico y propuesta de APL	152

2 Introducción

En noviembre del año 2020, por medio de la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM), un grupo de empresas productoras de pellets de madera, para calefacción en Chile, presentan a la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC) la postulación y manifestación de interés de alcanzar un Acuerdo de Producción Limpia (APL) para el sector.

El presente informe, corresponde a la información recabada y desarrollada en la primera etapa de los APL, la que corresponde a la etapa de diagnóstico. La etapa fue desarrollada desde diciembre 2020 a mayo 2021, y contó con la participación de un equipo técnico dirigido por la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM) y la consultora EBP Chile Spa., las empresas productoras interesadas, otras entidades relacionadas del sector público y privado, entre los que destaca el interés del Ministerio de Energía y el Ministerio de Medio Ambiente, por parte del sector público, como las empresas proveedoras de tecnología desde el sector privado, entre otros.

La industria de producción de pellets para generación de energía en Chile, es una industria relativamente reciente en el país, con inicio entre los años 2005-2006, por medio de la empresa Ecomas, la cual hoy se mantiene siendo la principal empresa del mercado, sin embargo, se cuenta con un catastro de 25 empresas participantes en el mercado al año 2021 (considera en construcción), y con un número de proyectos prontos a ingresar al mercado.

En términos de volúmenes de producción, la industria viene creciendo de forma sostenida los últimos 10 años, terminando el año 2020 con una producción de 176 mil toneladas, y teniendo ventas de 166 mil toneladas, con un quiebre de stock en los meses de julio-agosto. Esto en términos de hogares significaría alrededor de 103 mil hogares (Considerando un consumo promedio de 1.6 ton/año). Existe un catastro de equipos en curso, por parte del Ministerio de Energía, que se acerca a los 107 mil equipos para el año 2020, según datos del programa de recambio de calefactores del Ministerio de Medio Ambiente y encuestas realizadas por el Ministerio de Energía a proveedores de equipos desde el sector privado. Este número aún requiere afinación según recomendación del mismo Ministerio de Energía, como de la Asociación Chilena de Biomasa, al momento de cierre del presente informe.

El crecimiento esperado para la industria en los próximos 10 años, en cuanto a capacidad instalada, se estima por cerca de las 900 mil ton., esto considera producción no sólo de pellets domiciliario, si no también de pellets de uso industrial, lo cuales se diferencian en términos de calidad, dado a la materia prima utilizada, normativa, y a los equipos de consumo final.

Este crecimiento, y la falta de legislación vigente para los biocombustibles sólidos en Chile, ha llevado a los empresarios productores de pellets, socios del presente APL, a preocuparse de fomentar y asegurar la calidad del producto final, de manera tal de mantener la fidelidad del consumidor final, como así también alcanzar nuevos mercados, tanto a nivel nacional como internacional. Dado esto, se tiene como uno de los puntos principales del presente diagnóstico, la evaluación de un sello de calidad de producto.

Por otra parte, se busca mediante el presente informe, tener una línea base de la industria en términos ambientales, energéticos, productivos, entre otros, con la finalidad de poder evaluar la existencia o no de brechas, que puedan ser subsanadas gracias a un Acuerdo de Producción Limpia y un trabajo en conjunto entre sector público y privado.

3 Alcance del estudio

El presente estudio releva la información relacionada a la industria del pellet a nivel nacional, de acuerdo a los lineamientos de la Guía número 1 de elaboración de diagnósticos sectoriales de CPL. Se describen los procesos productivos, modelos de negocios y sus oportunidades y brechas bajo el actual contexto local y global. Asimismo, se identifican y caracterizan los impactos que la industria genera, tanto en su operación como en su rol en la matriz energética residencial.

4 Objetivos

El objetivo general de este trabajo consiste en:

Elaborar una propuesta de Acuerdo de Producción Limpia a ser suscrito con empresas interesadas del sector productivo nacional, regional, del subsector o del grupo de empresas productivas o de servicios, a partir de la elaboración de un diagnóstico base que contenga, a lo menos, una caracterización general del sector, subsector o grupo de empresas, utilizando las metodologías y formatos señalados en Guía N°1 del CPL.

Los objetivos específicos son:

- a) Caracterizar la industria del pellet, la tecnología actual y oportunidades de mejora del sector, tanto en procesos como tecnologías.
- b) Identificar una oferta relevante de mercado que implemente los sistemas de calidad y cumpla con las necesidades del mercado.
- c) Definir parámetros y procedimientos para la certificación de una producción sustentable de calidad a nivel nacional, adecuada a la realidad de los productores locales y que satisfaga las necesidades de los consumidores.
- d) Establecer una metodología que permita determinar las reducciones de GEI y Material Particulado por la producción sustentable de pellet, y evaluar el aporte potencial del sector a los compromisos nacionales e internacionales.
- e) Establecer medidas de gestión de la energía y prevención de riesgos en el proceso productivo.
- f) Difundir los avances y beneficios de un uso de pellet como aporte a los desafíos ambientales del país.

5 Metodología de análisis

Objetivo 1

Se realizará un análisis descriptivo de los procesos productivos tanto generales como particulares de la industria productora de pellets a nivel nacional. Se contemplan los siguientes aspectos:

- a) Sector energético en Chile, penetración de diferentes energéticos (sección 6.1.2.1).
- b) Biomasa en el contexto de ERNC (sección 6.1.2.2)
- c) Estado de la tecnología de producción de pellets (sección 6.1.2.3).
- d) Tendencias globales y locales para el desarrollo de la industria de los pellets a nivel nacional (sección 6.1.2.3)

El avance de reporte elaborado será presentado y validado con los socios participantes del proyecto.

Objetivo 2

Se analiza la capacidad productiva de la industria local en su capacidad de abordar los desafíos que una producción sustentable requiere. Basada en la revisión de antecedentes públicos e información consultada a expertos y empresas locales. Se contempla:

- a) Definición de modelos de negocios mediante análisis de CANVAS. Validación con productores (sección 6.2.2.1).
- b) Definición de modelos productivos mediante análisis de Porter. Validación con productores (sección 6.2.2.2).
- c) Verificación del potencial local: estimación de la materia prima potencial (sección 6.3.1.1).
- d) Estimación de la oferta: capacidad productiva actual y proyectada (sección 6.3.1.2).
- e) Estimación de la demanda: análisis desglosado por fracciones (residencial, comercial, industrial, etc.), con foco a territorios donde se localizan los participantes del APL (sección 6.6.1).

Objetivo 3

En base a experiencias similares y su validación con socios, se definen parámetros de cumplimiento para un modelo de certificación de calidad (sección 6.7). Se contempla:

- a) Caracterización del producto: fracción certificada actual de pellets.
- b) Análisis de los estándares existentes.
- c) Identificación de brechas y oportunidades de la implementación en el sector.
- d) Revisión de experiencias de implementación similares.
- e) Definición de propuesta de parámetros y costos de certificación (estándar perfecto versus estándar barato)

- f) Consulta a socios para validación
- g) Evaluación económica de la implementación del APL

Objetivo 4

En base al resultado de la propuesta de modelo de certificación se generan escenarios productivos bajo los cuales se evalúa el diferencial de emisiones de GEI y MP2.5 (sección 6.3.3). Se considera

- a) Elaboración de herramienta de cálculo para estimación de datos de actividad y factores de emisión de GEI y MP2.5
- b) Aplicación de la herramienta a escenarios proyectados de producción bajo certificación.

Objetivo 5

Se realiza una revisión de estándares productivos con sus respectivas indicaciones para optimización de la gestión energética y la prevención de riesgos. Se toma como referencia inicial el estándar ISO 20024:2020 (sección 6.5.5).

Objetivo 6

Se realizarán talleres de validación del diagnóstico entre socios del proyecto y partes interesadas.

Objetivo 7

Se compila la información del trabajo elaborado durante el diagnóstico según las directrices de la Guía 1 de la ASCC. Esta propuesta es validada con los socios y presentada a la contraparte de ASCC para una futura firma de Acuerdo y posterior implementación.

6 Diagnóstico sectorial

6.1 Aspectos Generales

La industria de los pellets de madera para generación de energía en Chile es una industria relativamente reciente, donde las primeras instalaciones tuvieron cabida entre los años 2005-2006. En el transcurso de estos 15 años, se han creado nuevas industrias y en el mismo período también han ido cerrando otras, dado a temas de diferente índole, como comerciales y/o técnicos, comunes de una industria incipiente.

Los pellets de madera son considerados un bicomcombustible de segunda generación, ya que es una recuperación y valorización de residuos, principalmente de la industria secundaria de la madera, pero que también se expande a otros sectores de generación de residuos orgánicos, como lo es el sector agrícola, alimentario o incluso las podas urbanas. Estos últimos ya desarrollado internacionalmente y en etapas de evaluaciones técnicas en Chile.

Durante los últimos 15 años, la producción de pellets de madera a nivel mundial, aumentó de manera constante, impulsada por una correspondiente demanda. Para 2006, la producción se estimó entre 6 y 7 Mt (millones de toneladas), excluyendo la producción insignificante en Asia, América Latina y Australia, para esos años, expandiéndose globalmente a 14,3 Mt en 2010 (IEA Bioenergy, 2011), 26 Mt en 2015 (IEA Bioenergy 2017), y llegando a cerca de 49 millones de toneladas el 2019 (Statistical report, bioenergy Europe 2020).

La expansión en Chile, ha seguido la tendencia mundial, dado los primeros reportes de producción a nivel nacional para el año 2011 se tiene registro de cerca de 20 mil toneladas (información contacto personal con Felipe Salazar, gerente Ecomas), la cual para el año 2020 se ha incrementado a una producción cercana a las 176 mil ton. (Observatorio pellets AChBIOM, 2020). El número de empresas productoras que participan del mercado interno es alrededor de 25, según los registros de la Asociación Chilena de Biomasa.

A través de este período se han identificado por parte de los productores, diferentes brechas y desafíos, que el sector debe enfrentar y reducir, como lo son:

Brechas:

- Aseguramiento de la oferta
- Dependencias de las fuentes de materia prima
- Aspectos tecnológicos

Desafíos:

- Aseguramiento de calidad
- Incorporación de tecnologías complementarias
- Normativa y fomento

Si bien todas estas brechas y desafíos serán explicadas y fundamentadas más adelante en el presente documento, es importante indicar en el marco general, que el aspecto normativo es de alta relevancia, dado que los pellets de madera en Chile, al igual que otros formatos de biomasa, corresponden a la segunda fuente de energía del país, pero que aún no han sido reconocidos como combustibles, con una problemática de incertidumbre que ello conlleva tanto a inversionistas, productores y consumidores finales.

Cabe mencionar, que, en el transcurso del desarrollo del presente informe, se ha presentado un Proyecto de Ley (PDL) a la comisión de Minería y Energía de la Cámara de Diputados, el cual al momento de cierre de este informe ha sido aprobada la idea de legislar, llevando la discusión a la cámara. Se tiene conocimiento que, al PDL original, serán presentadas indicaciones desde el Ministerio de Energía, indicaciones que consideran la certificación del producto, al menos en los formatos leña y pellets. Por lo tanto, dicho PDL, tendrá estrecha relación con la propuesta o acuerdo al que se pretende llegar en esta instancia público-privada.

6.1.1 Antecedentes del consorcio de empresas

Las empresas participantes del proyecto corresponden a 6 empresas socias de la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM). Ellas tienen una distribución geográfica que corresponde a la región del Maule (Río Claro y Ligna pellets), Bio Bio (Andes Biopellets, EcoIndef y Ecomas) y Araucanía (Traiguen Energy), las cuales son las principales regiones de producción de pellets de madera en Chile.

La suma de los volúmenes de producción de las 6 empresas del proyecto, corresponde a cerca del 82% del volumen producido el año 2020, según estadísticas recogidas por AChBIOM, lo que es muy relevante al momento de evaluar el alcance en el mercado que podría tener el acuerdo que se busca en el presente proyecto, y que según proyecciones para el 2021, estas empresas podrían representar el 87% de la producción para el año en curso. Sin embargo, es de interés que el acuerdo abarque el mayor número de empresas posible.

En cuanto a la clasificación según ventas por el servicio de impuestos internos, dos de las empresas son gran empresa y las otras cuatro son pymes, es decir con ventas superiores a las 100 millones de UF al año para las grandes y menor a ese monto para las pymes.

6.1.2 Caracterización económica del sector

6.1.2.1 Sector energético en Chile

Los cambios que ha experimentado el sector energético en los últimos años han sido significativos. A nivel global, la integración de energías renovables de muy bajo costo, como la solar y la eólica, ha contribuido a transformar matrices energéticas en numerosos países. Especialmente en Chile, las energías solar y eólica tomaron rápidamente su lugar como las fuentes más relevantes entre los proyectos nuevos, dados sus bajos costos, las condiciones naturales del país y un marco regulatorio y licitatorio favorable.

Aspectos clave en los cambios energéticos que vienen son el control digital de la red eléctrica, una participación creciente de la generación distribuida, tarificación flexible y redes y sistemas energéticos dinámicos, por mencionar sólo algunos. Con estos y otros elementos se desdibujarán las fronteras de lo que se ha entendido como “sector energético” y “otros ámbitos”, generándose cruces de materias que resultarán novedosas, de interés y de indudable importancia para nuevos y renovados actores del futuro de la energía en Chile.

Situación actual

La oferta energética nacional se abastece principalmente de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón y gas natural), los que representan cerca del 75% del total país si se consideran las importaciones de derivados de petróleo.

En este contexto destacan el petróleo y sus derivados con un 43% del total. Como fuentes renovables destacan la biomasa, y los recursos hídricos, con un 20% y 4,5% de participación respectivamente (Figura 1).

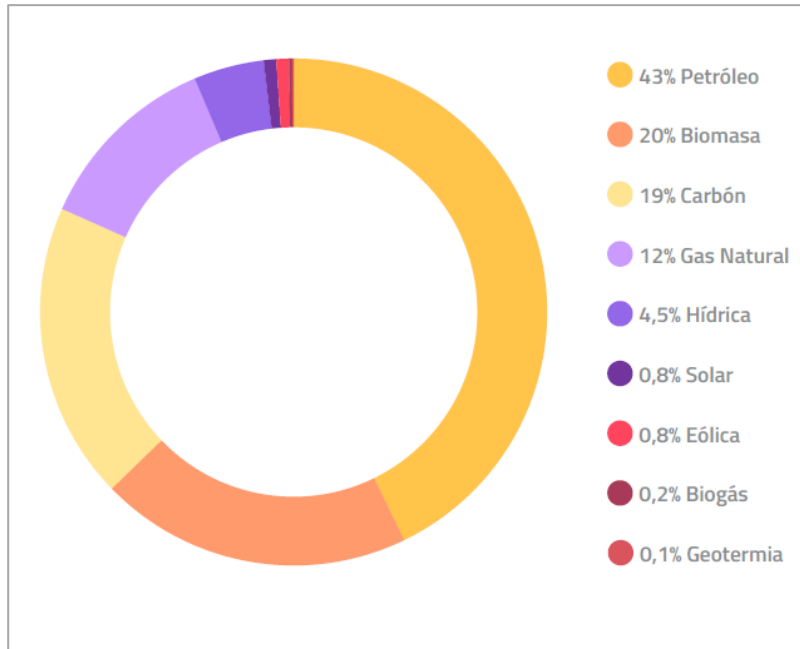


Figura 1 Consumo primario energético nacional, incluyendo importaciones de derivado del petróleo. Fuente: BNE (2017)

Desde la perspectiva del consumo final, los derivados de petróleo ocupan el primer lugar con una participación del 57%. Le siguen el consumo eléctrico, la biomasa y el gas natural con un 22%, 13% y 6% respectivamente. (Figura 2)

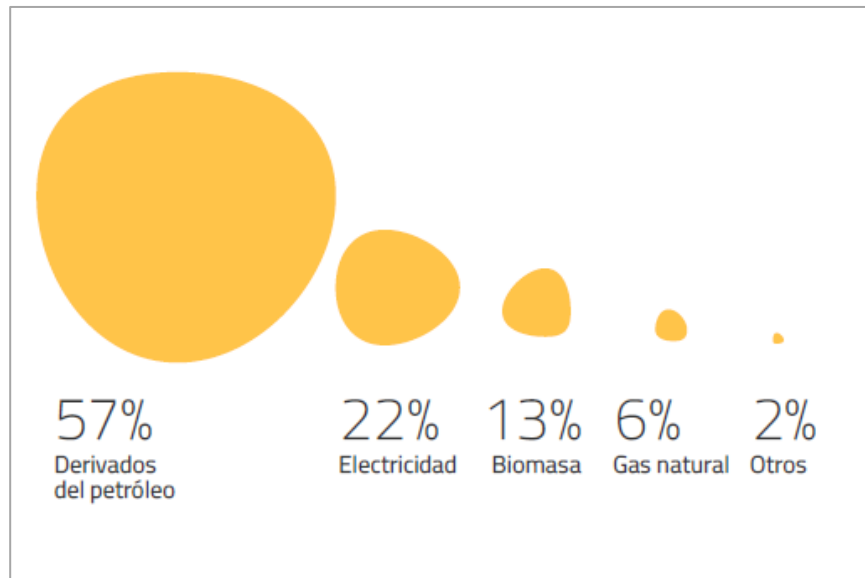


Figura 2 Consumo final energético. Fuente: BNE, 2017

Por otro lado, el balance nacional de energía (BNE) ilustra el consumo de energéticos según sector (Figura 3). El mayor consumo de combustibles derivados del petróleo se genera en el sector “Transporte” con un 62%, “Industrial y Minero” con un 26% y “Comercial, Público y Residencial” con un 11%.

En términos de energía eléctrica, los principales consumidores son los sectores “Industrial y Minero” y “Comercial, Público y Residencial” con un 60% y 34% respectivamente.

Por otra parte la biomasa se utiliza principalmente en los sectores “Industrial y Minero” y “Comercial, Público y Residencial” con un 53% y 47% respectivamente. Respecto al gas natural, el sector “Industrial y Minero”, es el principal consumidor con un 46% del total, seguido por el sector “Comercial, Público y Residencial” con un 39,4%. Los otros energéticos se consumen principalmente en el sector “Industrial y Minero” con un 76% y en consumo propio del sector energético con 21%.

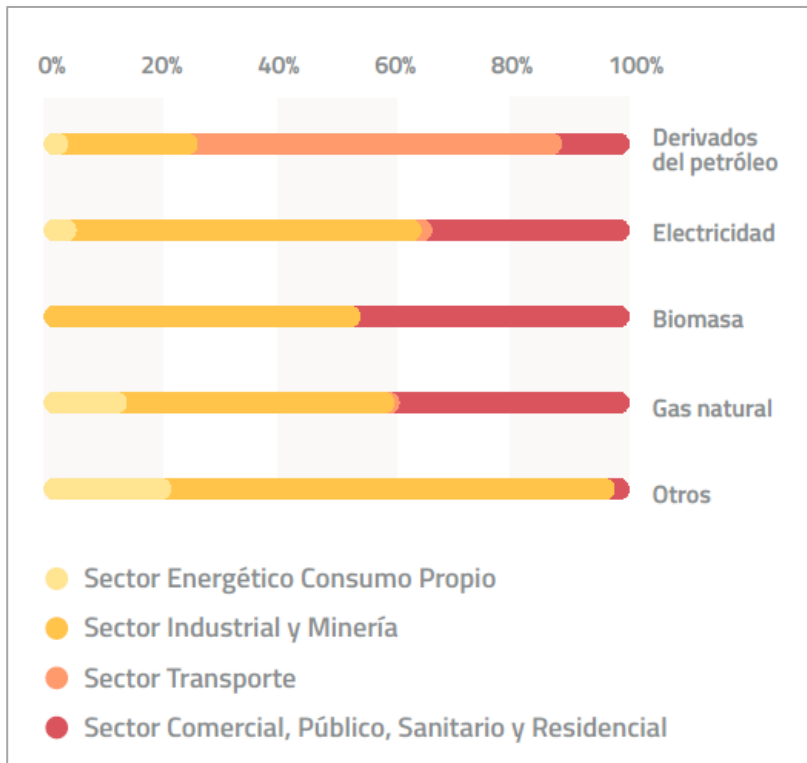


Figura 3 Energéticos por sector. Fuente: BNE, 2017

Del análisis sectorial se desprende que para el sector “Comercial, Público y Residencial” se presenta una distribución de energéticos balanceada, donde destacan la electricidad, derivados del petróleo y la biomasa con 32,4%, 29,2% y 27,2% de participación respectivamente (Figura 4).

Para el sector “Transporte”, se utilizan casi en su totalidad combustibles derivados del petróleo con una participación del 99%. Le sigue la electricidad con un 1%.

Respecto al sector “Industrial y Minero” se utilizan principalmente energéticos derivados del petróleo, electricidad y biomasa con un 38%, 34% y 18% respectivamente.

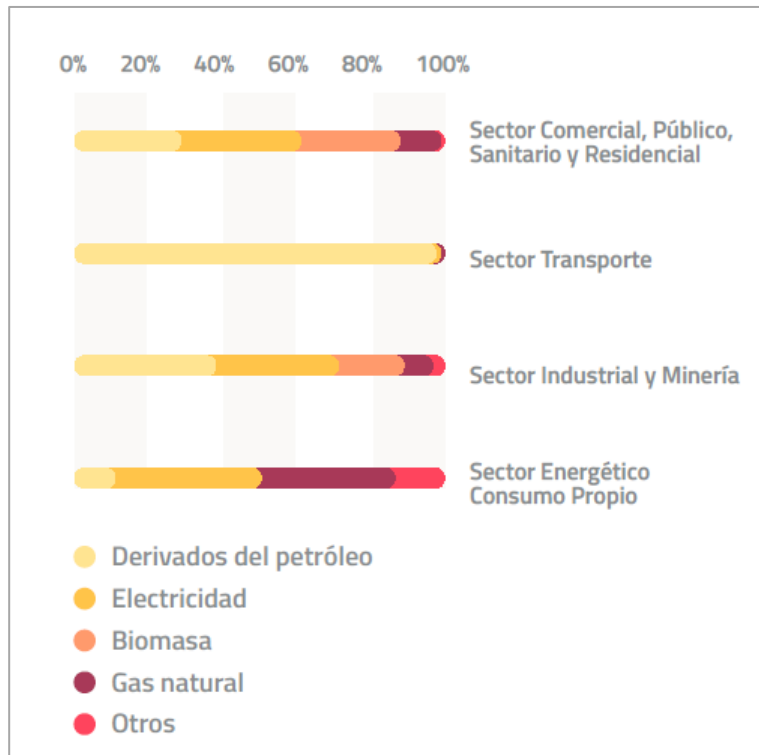


Figura 4 Consumo energéticos por sector. Fuente: BNE, 2017

Finalmente, para el consumo propio del sector, el energético más utilizado es la electricidad y el gas natural con un 39% y 37% respectivamente. Le siguen otros combustibles con 13% y los derivados del petróleo con 11%.

El principal energético utilizado para generación eléctrica el año 2017 fue el carbón con una participación del 39%, seguido por fuentes hidráulicas y gas natural con 30% y 17% respectivamente. (Figura 5).

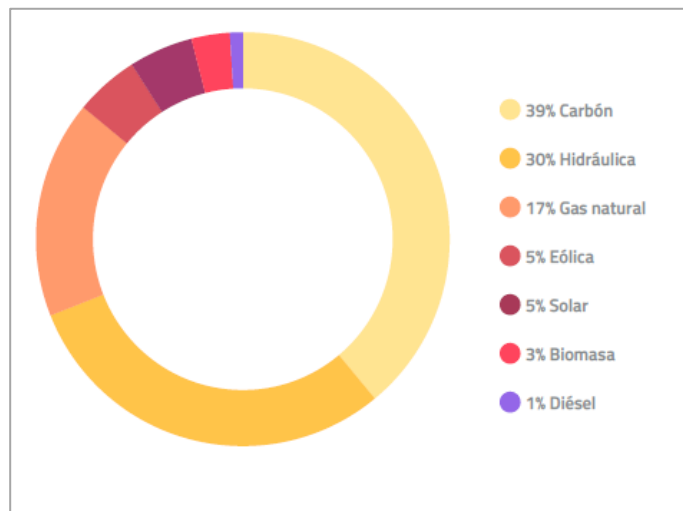


Figura 5 Generación eléctrica por tipo de fuente al 2018. Fuente: Tercer informe bienal de actualización de Chile (MMA, 2018)

Tendencias relevantes

El trabajo realizado para la iniciativa “Escenarios Energéticos” ¹ entrega una excelente base para poner en contexto los desafíos futuros del rubro, y en esta sección se presentan los principales hallazgos de dicha iniciativa.

A nivel internacional se habla del aterrizaje de tres tendencias clave o megatendencias para el futuro del sector energético: descarbonización, digitalización y energía distribuida, aludiendo a esta última como descentralización. En el caso de Chile, dado el contexto local, se considera pertinente destacar también como megatendencias otras dos relacionadas, que se presentan con rezago respecto a lo sucedido en otros países.

Por una parte, cabe resaltar la descontaminación, que se vincula con la descarbonización, tomando en cuenta el gran desafío que significa para Chile aminorar en sus ciudades las emisiones de contaminantes locales, al punto que la descontaminación ha sido identificada por la población chilena como el principal problema medioambiental que la afecta.

Por otra parte, en el país es crucial la descentralización propiamente tal, en cuanto redistribución de poder y de recursos hacia unidades subnacionales. Siendo Chile altamente centralizado, se están viendo ciertas señales de ajuste cuya profundización resulta relevante, entre otras cosas porque la descentralización es un habilitador para la energía distribuida.

Se tienen así, para el caso de Chile, cinco megatendencias (las “cinco Ds”) que son clave para el Futuro de la Energía:

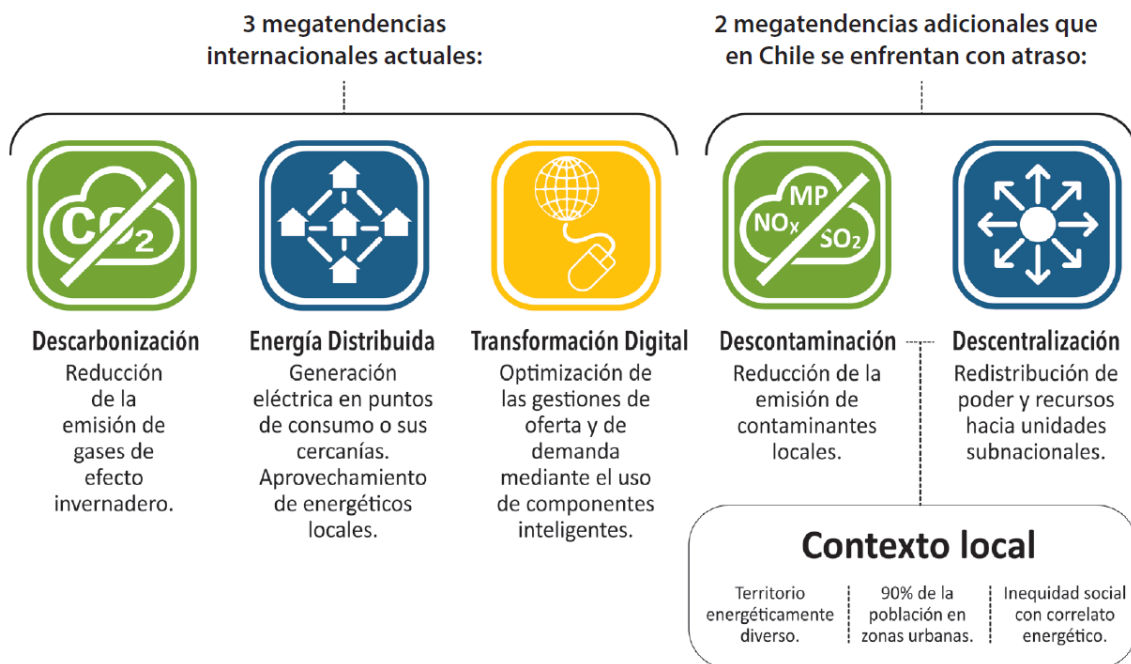


Figura 6 Tendencias del rubro energético. Fuente: <http://escenariosenergeticos.cl/>

¹ Escenarios energéticos.

Por estar relacionadas, las megatendencias pueden ser agrupadas del siguiente modo. Así se hizo en el marco de este trabajo, para la detección y el análisis de factores de cambio y de tendencias específicas.



Figura 7 Agrupación de tendencias.

6.1.2.2 Biomasa en el contexto de ERNC

La ley en Chile señala que las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) corresponderán a centrales hidroeléctricas pequeñas (menos de 20 MW de potencia máxima), y a proyectos que aprovechen la energía de la **biomasa**, la hidráulica, la geotérmica, la solar, la eólica, de los mares, entre otras. Esto corresponde a la Ley 20698: *propicia la ampliación de la matriz **energética**, mediante fuentes renovables no convencionales*.

Sin embargo, dado el contexto de la discusión de dicha ley, centrado en la generación eléctrica, se subentiende en el colectivo general de las personas, que las ERNC sólo se refieren a la generación eléctrica, lo cual no es tal, dado que la electricidad es sólo un tipo de energía, no una fuente. De esta manera, las fuentes de energías mencionadas pueden ser utilizadas de manera “No Convencional”, para usos *no eléctricos*.

Dada esta aclaración, se entrega entonces un contexto de la biomasa en dos aspectos:

- i. Contexto de la biomasa en las ERNC para electricidad
- ii. Contexto de la Biomasa en las ERNC para otros usos.

I. Contexto de la biomasa en las ERNC para electricidad

Las plantas de generación eléctrica en Chile en base a biomasa están muy ligadas a las grandes compañías forestales madereras del país, como Celulosa Arauco y empresas CMPC. Otro proyecto de envergadura es COMASA, en la región de La Araucanía, con combinación de biomasa forestales y agrícolas. Todos los proyectos de generación eléctrica en base a biomasa tienen como formato principal, el chip de madera (astillas) y/o biomasa triturada, y las ligadas a la industria de celulosa hacen un gran recuperación también del licor negro, residuo orgánico del proceso de celulosa, que también es considerado un biocombustible derivado de la biomasa.

A pesar de que la biomasa tiene una baja capacidad instalada comparada con la solar y la eólica, se destaca su generación bruta final, que correspondió para el año 2019 al 33% de la generación en base a ERNC, según el anuario estadístico de energía 2019, de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Esto releva a la

biomasa frente a las otras ERNC, ya que las otras son consideradas ERNC variables, dado que dependen de la presencia o no de sol (día/noche) o de la presencia o no de viento, sin embargo, también hay un desarrollo tecnológico a dicha brecha, que corresponde a los acumuladores de energía. La biomasa tiene la facultad de ser una ERNC de potencia firme, es decir, que puede ser de generación continua.

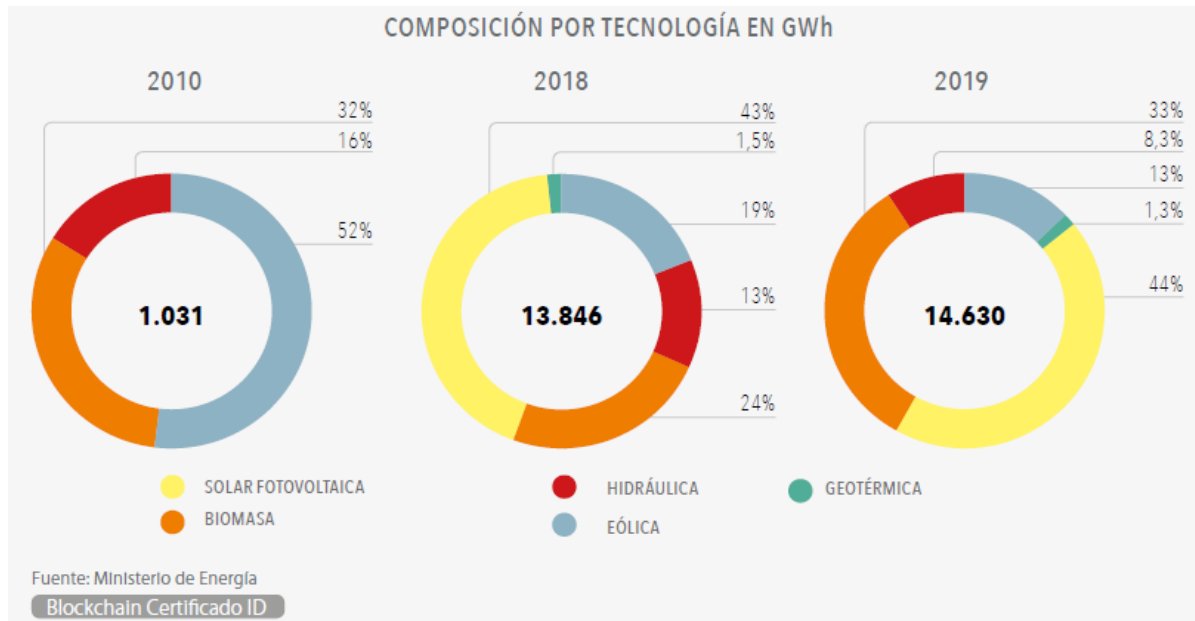


Figura 8 Producción bruta final de electricidad por fuentes ERNC en Chile, anuario estadístico de energía 2019 (CNE)

II. Contexto de la Biomasa en las ERNC para otros usos

El principal uso energético de la biomasa a nivel mundial, es el uso térmico. Aquí se distinguen 3 principales sectores de uso: Domiciliario, Institucional e industrial. En Chile, el principal biocombustible sólido de uso domiciliario es la leña, pero su uso es clasificado como un uso convencional, ya que no ha habido cambios significativos a nivel de incorporación de tecnologías, aún cuando ellas ya existen. En este sector, es donde el pellet se ha transformado en el “factor de cambio”, tanto de la mano de programas de gobierno que buscan reducir la contaminación ambiental por material particulado, como por el desarrollo e inversión del sector privado, ya sea en incorporación y oferta de tecnologías, como en la oferta del biocombustible. La calefacción corresponde al principal uso energético residencial en Chile, correspondiendo a un 53%, seguido por agua caliente sanitaria (20%), refrigeración (5%) cocción (5%), aseo de ropa (3%), iluminación (4%), televisión (4%), otros (6%) (*informe final de usos de la energía de los Hogares Chile 2018, CDT In-Data*). Esto toma especial relevancia cuando la evaluación considera las regiones del centro sur de Chile (O’Higgins a Aysén), donde la leña es el combustible de mayor uso para calefacción, representando un 81% de la energía para calefacción (*Política de uso de la leña y sus derivados para calefacción, Ministerio de Energía, 2016*). Es en este segmento donde se ha incorporado el pellet, con las estimaciones cercanas a 107 mil hogares, lo que correspondería a cerca del 6% de dicho mercado (1,7 MM de hogares según *Política de la Leña y sus derivados, 2015*).

En el sector institucional, sólo se tiene información de uso de pellets, dado el observatorio de pellets de AChBIOM. Este segmento correspondió los años 2018 y 2019 a 12% (13.203 ton/año) y 9% (11.791 ton/año) respectivamente.

En cuanto al sector industrial, el principal formato de la biomasa corresponde a los chips de madera, sin embargo, al igual que en el caso institucional, se tiene registro de ventas de pellets, los que correspondieron a un 13% el año 2018 (14.325 ton) y a un 11% el año 2019 (14.412 ton), del total de ventas de pellets para los años respectivos.

Dada la incorporación de tecnologías, la aceptación por parte de los usuarios, y un mundo requiriendo energías limpias y renovables, se espera que el mercado del pellet tenga un crecimiento en los 3 destinatarios finales mencionados, incluso pudiéndose incorporar en la cogeneración (Electricidad y calor), como ha sucedido en otras partes del mundo.

6.1.2.3 Estado de la tecnología de producción y combustión de pellets

Contexto internacional

La densificación de la biomasa se convirtió por primera vez en un proceso comercial a gran escala en la segunda mitad del siglo pasado, y se utilizó para aumentar las propiedades de manipulación de la biomasa tanto para la producción de energía como para la alimentación animal. En Norteamérica, los pellets de madera surgieron en la década de 1970 con el objetivo principal de resolver la crisis energética. Fueron utilizados principalmente por los sectores industrial, comercial e institucional para la calefacción. Los consumidores residenciales les siguieron en 1983, cuando se introdujeron en el mercado las primeras estufas de pellets. Los mercados europeos comenzaron más tarde, con Suecia a la cabeza a partir de 1980 aproximadamente; después, el mercado se expandió por toda Europa. Este desarrollo fue impulsado inicialmente por el aumento de los precios de los combustibles fósiles y la buena disponibilidad de los residuos de los aserraderos y de la industria de la pasta y el papel. Las normativas medioambientales destinadas a reducir las emisiones de dióxido de carbono y una mayor conciencia medioambiental se convirtieron en factores importantes que desencadenaron la utilización de la biomasa para la producción de energía. Los responsables políticos han establecido objetivos claros para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Unión Europea en un 55% al año 2030, con respecto al año 1990, además de una cuota de participación de 32% de uso de fuentes renovables de energía. La utilización de la biomasa se considera uno de los principales contribuyentes para alcanzar este objetivo a tiempo y la razón del fuerte crecimiento del mercado europeo de pellets.

Proceso de peletización

La compactación de la biomasa en briquetas y pellets es un proceso antiguo que se conoce desde hace más de 130 años. William H. Smith registró la primera patente de densificación de biomasa en 1880 en Chicago, Illinois. Describe un proceso en el que el aserrín se calentaba hasta 150°C, se ponía en un molde resistente y se comprimía con un martillo de vapor.

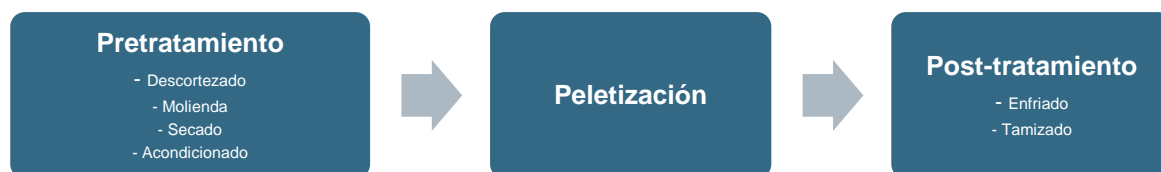
Los diferentes tipos de densificación de la biomasa son el bailing, el briqueteado, la extrusión y la peletización. Con respecto a la producción de energéticos de alta densidad a partir de la biomasa, el

briqueteado y la peletización son los dos métodos estándar. Ambos procesos tienen lugar a altas presiones y son dos técnicas muy relacionadas. La diferencia básica de procesamiento es el uso de una prensa de pistón o de tornillo para el briqueteado, mientras que los pellets de biomasa se producen en una peletizadora. El tamaño de los productos finales también es diferente; los pellets tienen forma cilíndrica y miden entre 6 y 25 mm de diámetro y entre 3 y 50 mm de longitud. Existen normas europeas relevantes para los pellets de biomasa y la clasificación de la materia prima (UNE-EN ISO 17225-1, UNE-EN ISO 17225-2 y UNE-EN ISO 17225-6)². Estas normas establecen valores claros para las dimensiones, la calidad y la composición de los pellets (es decir, las materias primas, el contenido de cenizas y los metales pesados).

Las briquetas pueden tener diferentes formas y son mayores en sus dimensiones. Los términos briquetas y pellets se confunden a menudo en la literatura, ya que sólo recientemente se han definido con mayor exactitud con la introducción de normas internacionales para los biocombustibles sólidos. Las especificaciones de las briquetas de biomasa se definen en la norma internacional UNE-EN ISO 17225-3:2014.

Resumen del proceso

Los procesos de peletización constan de múltiples pasos (Fig. 1), que incluyen el pretratamiento de la materia prima, la peletización y el postratamiento. Los pasos del pretratamiento dependen mucho de las características de la materia prima y suelen consistir en la reducción de tamaño, el secado y el acondicionamiento. Después de la peletización, los pellets se transfieren a un enfriador de pellets y se tamizan para eliminar las partículas pequeñas.



La materia prima de la biomasa para los biocombustibles sólidos puede clasificarse en materiales forestales, agrícolas y de desecho. Estas categorías pueden subdividirse en fuentes primarias (materiales producidos directamente) o secundarias (derivados de otros procesos). Varios estudios se han ocupado de la optimización de los procesos de compactación de la biomasa. Algunas de las materias primas estudiadas se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1 materias primas evaluadas para peletización

Pino	Cebada	Soja
Abeto	Canola	Pasto varilla
Haya	Avena	Tallo azul grande
Eucalipto	Trigo	Bagazo de caña de azúcar

² UNE-EN ISO 17225-1:2014 – “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 1: Requisitos generales”; Reemplaza a EN 14961-1:2011, del mismo nombre.

UNE-EN ISO 17225-2:2014 – “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Pellets de madera para uso no industrial.”; Reemplaza a EN 14961-2: 2012, del mismo nombre.

UNE-EN ISO 17225-6:2014 – “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 6: Pellets no leñosos para uso no industrial.”; Reemplaza a EN 14961-6: 2012, del mismo nombre

Álamo	Arroz	Algodón
Álamo temblón	Centeno	Residuos de aceitunas
Roble	Alpiste	Cáscaras de maní
Sauce	Rastrojo de maíz	Residuos mixtos
Alfalfa	Mazorcas de maíz	

La madera es, con diferencia, la materia prima más utilizada en la actualidad para la producción de pellets, mientras que los residuos agrícolas y las praderas se utilizan más habitualmente en los procesos de briqueteado. Con respecto a las propiedades de combustión (por ejemplo, formación de cenizas, escorificación y corrosión), la madera tiene propiedades más favorables en comparación con los residuos agrícolas y las praderas. Sin embargo, debido a la limitada disponibilidad de recursos madereros y a la creciente demanda de pellets, las materias primas alternativas cobran cada vez mayor importancia.

Los pellets son típicamente fabricados en un molino que generalmente consiste en una matriz con canales y rodillos que obligan a la biomasa a fluir hacia los canales y a través de ellos. La tecnología de peletización de biomasa emergió desde los procesos de peletización de forraje, a la cual se le hicieron pequeñas modificaciones para permitir la densificación de la biomasa que tiene diferentes características.

Los elementos principales de un molino peletizador son la matriz y los rodillos, independientemente de su principio de operación. Actualmente, existen dos procedimientos (y, por lo tanto, dos maquinarias) distintivas para la producción de pellets:

- **Molino de pellets de matriz plana:** En esta máquina, los rodillos giran alrededor de un eje propio y a su vez alrededor de la matriz. La matriz está en una posición horizontal, mientras que la materia prima es introducida desde la parte superior.

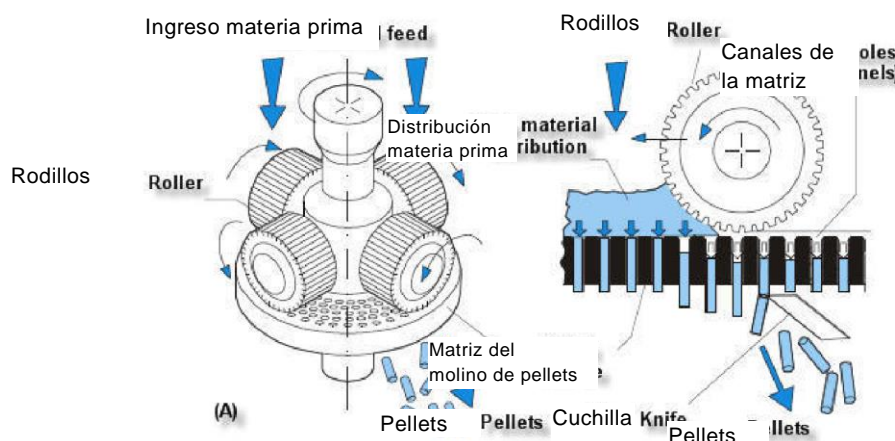


Figura 9 Vista esquemática de un molino de pellets de matriz plana. Fuente: Safety Engineering³

³ "Wood Pellets Production Technology", Protic Milan, Mitic Dragan, Stefanovic Velimir, Review article, Safety Engineering

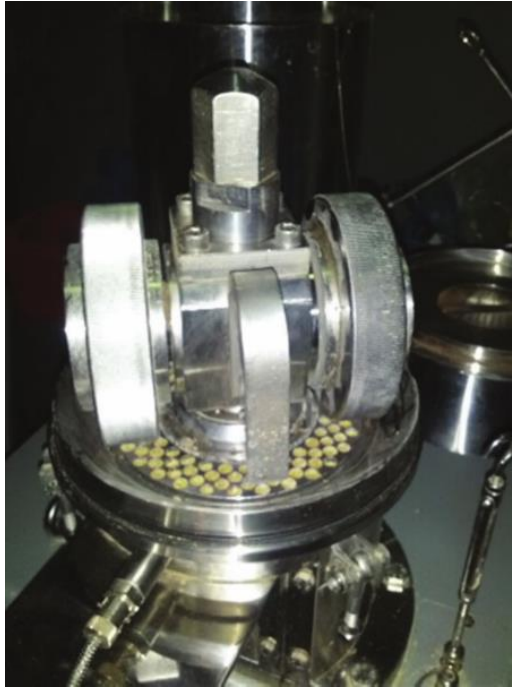


Figura 10 Máquina peletizadora de matriz plana. Fuente: Biomass Pelletization Process⁴.

- Molino de pellets de matriz anular: En este caso, la matriz gira en torno a los rodillos, que se encuentran fijos al interior de la matriz. La materia prima es ingresada en el centro de la matriz, y pasa por unos esparcidores para generar una distribución uniforme dentro de esta.

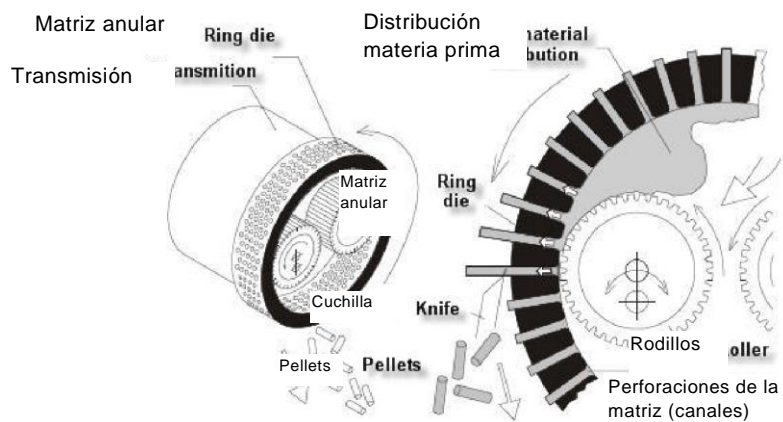


Figura 11 Vista esquemática de un molino de pellets de matriz cilíndrica. Fuente: Safety Engineering

Las ventajas y desventajas de las matriz plana y anular se muestran en la tabla siguiente:

⁴ Biomass Pelletization Process, Angela Garcia-Maraver, Manuel Carpio, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, vol 85, 2015 WIT Press

Tabla 2 Ventajas y desventajas de las distintas configuraciones de molinos peletizadores. Fuente: Biomass Pelletization Process y Gemco Energy⁵

	Matriz plana	Matriz anular
Ventajas	Facilidad de limpieza	Menores costos de consumibles de la matriz y de rodillos.
	Acceso rápido a la cámara	
	Diseño compacto	
	Visibilidad de los pellets producidos	Mayor fricción, lo que resulta en más calor y mejor calidad de los pellets
	Tolerancia amplia de materia prima	
Desventajas	Potencial desgaste irregular de la matriz y los rodillos	Mayor fricción, lo que resulta en mayor consumo de energía.
		Mayores tamaños y pesos
		Difícil acceso a rodillos y matrices
	Desplazamiento de los rodillos (se puede resolver con rodillos cónicos)	Altos costos
		No hay visibilidad del proceso

Típicamente, los molinos de matriz plana tienen bajas capacidades de producción, por lo que no son utilizados a gran escala.

Para ambos procedimientos, la fricción entre la superficie de acero y la biomasa en los canales crea una alta contrapresión y genera calor. Las fuerzas físicas que se acumulan en el canal de prensado del molino son cruciales para entender y optimizar el proceso de peletización. Se ha demostrado que la relación de aspecto (largo/diámetro) del canal de uno de los parámetros más influyentes para determinar la magnitud de la presión que se genera en el canal.

La presión ejercida por los cilindros es opuesta a la presión formada en el canal. Cuando la presión es mayor que la presión ejercida por los rodillos, los canales se bloquearán dado que los rodillos no podrán entregar la presión necesaria para empujar el material a través de los canales. Como la presión que ejerce los rodillos está dada por la potencia del motor, existe un trade-off entre la presión necesaria para producir pellets de manera estable y la energía requerida por el molino. Cuando la presión en el canal es muy alta, aumentan los riesgos de incendio debido al calor producido por la fricción.

Enfriamiento y tamizado:

La resistencia a la humedad es una propiedad importante de los pellets. El proceso de peletización genera altas temperaturas, y hay que prestar atención a un enfriamiento y una eliminación del calor adecuados antes de que los pellets salgan de una planta de producción, especialmente en lo que respecta a la etapa de almacenamiento. Si el contenido de humedad supera el 20% de la base seca, podría producirse un crecimiento bacteriano, lo que provocaría la degradación del material y el autocalentamiento, que en el peor de los casos podría dar lugar a la autoignición. En resumen, el proceso de enfriamiento es crítico para la resistencia y la durabilidad del pellet. Cuando los pellets salen de la extrusora, están calientes (90 a 95°C) y blandos; después, se enfrían gradualmente con aire, lo que permite que la lignina se solidifique y fortalezca

⁵ <http://www.biofuelmachines.com/flat-die-and-ring-die-pellet-mills-comparison.html>

los pellets. A diferencia del proceso de secado, el enfriamiento no implica la adición de energía. Existen tres tipos de enfriadores: vertical, horizontal y de flujo continuo.

Una vez que los pellets se han enfriado, pasan por una criba o tamiz vibratoria para eliminar cualquier material fino. Estos "finos" se devuelven al proceso de peletización para garantizar que no se desperdicie materia prima. El tamizado garantiza que la fuente de combustible esté limpia y lo más cerca posible del polvo. Una vez cribados, los pellets están listos para ser envasados para el uso final deseado.

Torrefaccion

Algunas propiedades de la biomasa son inconvenientes para su utilización como combustible en los procesos de combustión y gasificación, es decir, su alto contenido de oxígeno, su bajo poder calorífico, su naturaleza hidrofílica y su alto contenido de humedad. Además, su estructura fibrosa y su tenacidad, así como su composición no homogénea, hacen que el procesamiento de la biomasa sea aún más difícil e intensivo en energía. Numerosos estudios han demostrado que la torrefacción convierte la biomasa en un combustible con propiedades mucho más favorables. La Torrefacción es un proceso de pretratamiento térmico en el que la biomasa se calienta hasta 200 o 300°C en ausencia de oxígeno (normalmente en una atmósfera de nitrógeno). El producto resultante tiene un menor contenido de oxígeno, un mayor poder calorífico, un bajo contenido de humedad y es menos hidrófilo en comparación con la biomasa no tratada. Además, se reduce la naturaleza fibrosa y la tenacidad de la biomasa, lo que da lugar a un material frágil que puede triturarse fácilmente en partículas más pequeñas.

Durante la torrefacción, la biomasa se descompone parcialmente, y en el proceso se evaporan los compuestos orgánicos volátiles de bajo peso molecular de la biomasa. Esto da lugar a una disminución de la masa, mientras que el contenido energético inicial sólo se reduce ligeramente. Sin embargo, como consecuencia, la densidad energética de la biomasa aumenta, haciéndola más atractiva como combustible.

La torrefacción se utiliza para convertir varios tipos de biomasa lignocelulósica en un sólido homogéneo de alta densidad energética. Los volátiles pueden subdividirse en compuestos condensables y no condensables. Los compuestos condensables son principalmente agua y ácidos orgánicos, mientras que los no condensables consisten principalmente en monóxido y dióxido de carbono.

La torrefacción mejora las propiedades de la combustión, ya que se pueden alcanzar mayores tasas de combustión y reducir al mismo tiempo las emisiones de humo. Se han realizado diferentes estudios para investigar la molienda de madera torrefactada. Tanto la energía de molienda como el tamaño de partícula del producto disminuyeron con la torrefacción. La biomasa se seca completamente durante la torrefacción. Debido a la degradación de los polímeros de carbohidratos (reacciones de deshidratación), la mayoría de los grupos hidroxilos que pueden actuar como sitios de unión para el agua se eliminan de la biomasa. Por lo tanto, la naturaleza higroscópica de la biomasa se pierde en parte. Por ejemplo, se investigó la absorción de agua del abeto torrefactado exponiéndolo a aire a 250, 275 y 300 °C con una humedad relativa del 65, 75 y 90%. Los resultados resumidos en la Figura 12 muestran que la madera torrefactada absorbe menos agua que la madera no tratada.

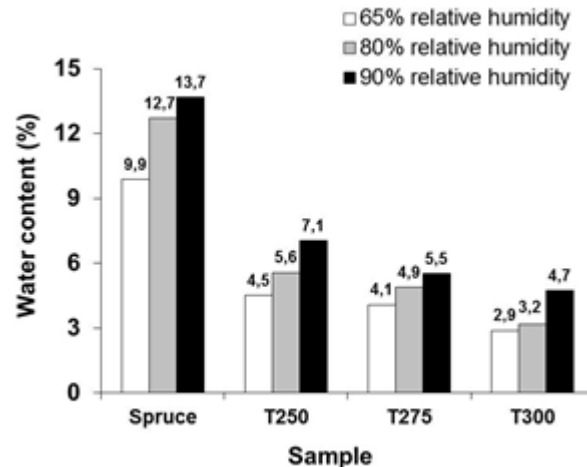


Figura 12 Contenido de humedad para abeto y torrefactado. Fuente: Stelte⁶

6.2 Aspectos productivos y de producción limpia

6.2.1 Descripción de los procesos productivos

La estructura productiva de la industria del pellets, se puede dividir en 4 grandes áreas:

- Proveedores de materia prima
- Proceso productivo
- Distribución del producto
- Venta a consumidor final

En Chile, a la fecha, el mercado de los pellets de madera para combustión, está fuertemente ligado a la industria secundaria de la maderera (Aserraderos), por lo cual, la especie principal es el Pino insignie o también conocido como Pino radiata, el cual representa cerca del 99% de la producción de dicha industria, y por ende, un valor muy similar en la industria del pellet (98,4%), contando hoy sólo con 3 industrias que pelletizan residuos de otras especies como Lenga (Empresas: Ignisterra y Maderas Sn Vicente) y Pino Oregón (Empresa: Maderas Flor del Lago), y este volumen representó el 1,6% de la producción total para el año 2020.

La materia prima corresponde principalmente a aserrines y virutas. Sin embargo, los últimos años, dado al crecimiento de la industria, y por ende, crecimiento de la demanda por este tipo de materia prima, ya se ha agregado en algunas empresas la “producción de materia prima”, es decir, un proceso que permite la generación de aserrín o viruta, desde otros subproductos como despuntes y/o trozas de madera, las cuales son astilladas y trituradas, de manera tal de conseguir las dimensiones adecuadas para el proceso. Hoy aún representan un bajo porcentaje del volumen total de producción.

De esta forma, se tiene que los proveedores de materia prima pueden ser terceros (mercado) o propia, en el caso que las plantas de pellets se encuentran asociadas a los aserraderos.

⁶ Stelte, W., Clemons, C., Holm, J. K., Ahrenfeldt, J., Henriksen, U. B., and Sanadi, A. R. (2011c). “Thermal transitions of the amorphous polymers in wheat straw,” *Ind. Crop. Prod.* 34(1), 1053-1056.

El proceso productivo, será detallado en extenso en la sección de normas y certificación del presente informe, por lo que sólo se presenta en esta sección una breve identificación gráfica de sus etapas respectivas.



Figura 13 Identificación de etapas del proceso de pelletizado

Posterior al proceso productivo, se tiene la cadena de logística, donde existen dos modelos principales entre las empresas nacionales. El primero de ellos es el que privilegia la venta directa, lo que lleva consigo tener oficinas de venta en distintas regiones del país, y por otra parte, la venta a terceros, identificándose como distribuidores y/o retail. Si bien la mayoría de las empresas proceden más en el modelo de venta a distribuidores o retail, la empresa de mayor producción nacional (Ecomas), tiene un gran porcentaje de su volumen de producción al modelo de venta directa.

6.2.2 Cadena de valor

Para lograr una descripción adecuada de las cadenas productivas involucradas, se integran los análisis de modelos de negocios CANVAS y cadena de valor de Porter. Dado que la descripción de los procesos productivos se detalla en profundidad para cada empresa en la sección 6.2.1, se presentará la modelación CANVAS para cada empresa (cualitativa y relacionada con la visión y misión de las empresas) y una generalización de la cadena de valor (cuantitativa y fuertemente relacionada a la oferta de mercado de la industria) para el sector indicando los aspectos comunes y aquellos que presentan variación. De esta manera se pretende simplificar el análisis general y vincular de este modo la propuesta de APL a un modelo medianamente estándar de sistema productivo, sin perder de vista la diversidad de condiciones que el sector tiene.

6.2.2.1 Modelos de negocios CANVAS

Se realizaron entrevistas con todas las empresas socias del APL, levantándose aspectos clave de la construcción de la propuesta de valor de mercado, en base al modelo CANVAS de modelación de negocios. La estructura de análisis se presenta en la Figura 14:



Figura 14 Modelo conceptual de negocios según el método CANVAS

A continuación, se presentan los resultados del análisis para cada empresa:

Traiguen Energy

Entrevistados: Thiago Fornaro (Gerente General)

Socios Clave Aserradero propio (40%) Aserraderos terceros (60%)	Actividades Clave Planificación de abastecimiento (en base a capacidad máxima de planta). Compra de MP estacional (se concentra en verano). Mantención infraestructura Prevención y capacitación de incendios (amagos mensuales en verano) Ventas Recursos Clave Materia prima (aserrín) Ramales de agua (incendios). Por sistema de secado. Prensas (maquinaria en general) Cargadores, yale.	Propuesta de Valor <i>Abastecimiento de pellets en base a biomasa local y de alta eficiencia energética para el mercado local</i>	Relaciones con clientes Venta directa, al por mayor (mínimo 1 camion). Clientes mayoristas. Acuerdos de abastecimiento (se hace plan de compra anual, de palabra). Se va ajustando en función de retroalimentación. Canales Entrega en planta (100%) Despacho a distribuidor (solo se les consigue transporte)	Segmentos de clientes Distribuidores (compradores al por mayor). Serían 15 clientes. (bolsas) Clientes industriales, hospital (maxisaco), Lebu, Lautaro, Santa Juana, Puerto Montt son/han sido clientes.
Estructuras de costos Aserrín Viruta Energía Sacos de plástico y maxisacos RRHH (mantenciones y operaciones)		Fuentes de Ingresos Venta a granel industrial Venta sacos a distribuidores nacionales		

Ecomas

Entrevistado: Felipe Salazar (Gerente Comercial)

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmentos de clientes
<p>Terceros proveedores 30%. Imposible lograr contratos a LP. Idea sería incrementar su participación incluyéndolos en la línea productiva (trituradores). Caso Davidson: partieron con silos y terminaron poniéndoles peletizadora. Ellos fabrican para Ecomas. Crecimiento vendrá por el lado de aserrín seco. Los contratos son con exclusividad, pero con la flexibilidad caso a caso.</p> <p>Promasa 70%</p> <p>Ecomas es promasa + family offceis</p> <p>Certificación EN Plus</p> <p>Transporte via externos. Tanto para MP como producto terminado.</p>	<p>Planificación de abastecimiento: proyectado según capacidad instalada. La variación va por el lado de la cantidad de turnos (2 o 3). Este año van a 120k, por ejemplo. También depende de la capacidad de acopio (balance entre disponibilidad de MP y venta)</p> <p>Planificación mantención: preventiva. Semanalmente se hace por procedimiento.</p> <p>Prevención y capacitación de incendios: 2 incendios han tenido. Sensores en toda la planta. Sensible a proporción de MP de terceros (no controlado al nivel propio).</p> <p>Control de calidad: ver JOS.</p> <p>Control de producción: no hay ERP, se controla al ingreso y salida. Se monitorean los flujos de MP, insumos, parámetros productivos en línea. Está planificado centralizar y automatizar.</p> <p>Certificación (cuenta con encargado?). Gerente comercial es el responsable (es herramienta de MKT).</p> <p>Logística salida de PF: lo más complejo. 13k ton fue peak el año pasado. Diferentes bodegas, múltiples fletes, principalmente con externos. Ahora quieren ver tener camión propio para transporte entre bodegas propias.</p>	<p><i>Liderazgo en el abastecimiento de pellets en base a biomasa, sustentable, adecuado para el cliente final, profesional y de alta eficiencia energética para el mercado nacional.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Innovación. Sustentabilidad ambiental en desarrollo (plásticos, etc.) Contaminación se da como "sentado" Nivelación hacia arriba (al hablar de certificar) 	<p>Visión: llegar al cliente final (el que más dejar margen). Last mile approach. B2C.</p> <p><i>Venta web. RRSS. Post-venta muy activa. Imagen social (ubicado en todos lugares)</i></p> <p><i>Venta a consignación es una solución para tener mayor presencia. Al distribuidor le venden solo el reparto.</i></p> <p>Negocios directos B2B (retail, distribuidores.)</p> <p>MKT: innovación permanente. Calidad es el elemento esencial (certificación).</p> <p>Distribución exportación/ domestico. Hoy es todo nacional. Con un mercado internacional de buffer (nivelación de inventario). Menor margen que nacional.</p>	<p>Saco/bolsa 15 y 18 kg. Es el foco. 90%</p> <p>10 % mix de maxisacos pesado</p> <p>Granel (no genera tanto margen, lo que se ahorra en plástico se va en transporte). Aporta en temas medioambientales (menos plástica). Amarras al cliente con el sistema de acopio en destino. Se deriva de maxisacos.</p> <p>Contratos abastecimiento? (ver 10% de canales)</p>
			<p>Canales</p> <p>Puntos de venta (pequeñas bodegas que abarcan desde 3 a 30 camiones). Son 8 en todo el territorio. En los mismos venden equipos. Son el enfoque. 30%. De esto el 50% va directo a consumidor final. Otro 50% va a puntos "verdes" (redistribuidor chico, tipo minimarket, llevan 300)</p> <p>Entrega en planta.</p> <p>Despacho a distribuidor (30%). No se ha potenciado, es competencia directa. Aquellos que además venden equipos,</p>	

	<div>Innovacion permanente (equipo dedicado)</div> <div>Ensacado</div> <div>Ventas</div> <div>Recursos Clave</div> <div>Planta (ver JOS)</div> <div>RRHH (propio principalmente, subcontrato en la parte de producción, por ej operadores de maquiannria, mantenciones, se están tratando de reducir)</div> <div>Materia prima</div> <div>Cuentan con red de incendios OK</div> <div>Laboratorio OK</div> <div>Camion soplador (inyecta pellet a granel) propio y otro externo que entrega a grandes consumidores. Granel.</div> <div>Bodegas (no solo centrales, grandes y chicas). Protegido de agua y SOL.</div> <div>Stock de repuestos. Modelo de consignaciones.</div> <div>Cargadores, yale.</div>		<div>son más interesantes (se hace un cambo de negocio).</div> <div>Retail (30%): diferente a distribuidor por modelos de venta, contratos, etc. Este año estarán en prácticamente todos. Crossdocking, negociación a nivel central (esto lo ha tomado Ecomas, porque les sale más barato al retail).</div> <div>10% es variable. Institucional.</div>	
<div>Estructuras de costos</div> <div>MP: virutas, aserrín secado y astilla seca.</div> <div>Energía</div> <div>Transporte (ver act. Clave)</div> <div>Maquinarias propias</div> <div>Mantenición y repuestos.</div> <div>Sacos de plástico y maxisacos.</div> <div>RRHH (mantenciones y operaciones). Propio principalmente.</div>		<div>Fuentes de Ingresos</div> <div>Venta [formato] a distribuidores nacionales.</div>		

ECO INDEF

Entrevistados: Alejandro Pacheco (Gerente Biomasa)

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmentos de clientes
<p>Terceros proveedores 100% son los más importantes.</p> <p>Secador externo (contrato). Según distancia, este servicio (en Coronel) se mantendría incluso con secador propio.</p> <p>Materia primas podrían ser de otra empresas INDEF. Impacta en planificación (raleos y cosechas por ej)</p> <p>Certificación FSC y SBP. En marzo comienzan proceso EN Plus.</p>	<p>Planificación de abastecimiento (100k ton/año, con planes de llegar a 375k enfocado al granel). Secadores podrían ser cuello de botella. Capacidad instalada genera límite superior. 1 barco mensual sería con la capacidad instalada produciendo a full y enfocada en exportación. El mix de abastecimiento y la temporada de secado con factores que están en definición para su inclusión en el plan.</p> <p>Planificación mantención: subgerente de mantenimiento. Se planifica. Equipos Kahl requieren de planificación (fallas caras). Se ha ido adaptando en función de los nuevos equipos. Considerar doble turno y 24/7</p> <p>Prevención y capacitación de incendios: sensores y red agua, estanques implementados. Detección de chispas. No hay encargado. Subgerente de operaciones es el encargado. No hay un staff dedicado.</p> <p>Control de calidad: ver JOS.</p> <p>Secado: nuevo equipo (antes se enviaba a secar a terceros).</p> <p>Control de producción, en proceso de implementación. Al incluirse nuevos productos, se ha hecho necesario. Enlazable con ERP.</p> <p>Certificación (cuenta con encargado).</p> <p>Transporte MP. Compran en origen, en planta. Camiones propios y de terceros. Queda por optimizarse.</p>	<p><i>Abastecimiento de pellets en base a biomasa, sustentable, adecuado para el mercado y de alta eficiencia energética para el mercado nacional e internacional.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Nació con enfoque industrial exportación. La coyuntura llevó a incluirse en mercado residencial doméstico (mayo 2020).</i> <i>Alta calidad asociado a viruta y será limitada. Por mix de productos.</i> 	<p>Negocios directos B2B.</p> <p>MKT: van a comenzar ahora con campaña gráfica, imagen corporativa. Videos. RRSS.</p> <p>Distribución exportación/ doméstico es variable. Determinado por precio.</p> <p>Posible producción para terceros (incluye logo del tercero, modelo de "marca propia").</p>	<p>Saco/bolsa</p> <p>Maxisacos pesado</p> <p>Granel (solo puerto). 8 mm</p> <p>Puntos de venta propio NO. No está en el plan.</p> <p>Saco:</p> <ul style="list-style-type: none"> Distribuidores 99%.Se está armando el red de distribuidores. Ellos buscan certeza. Cosa que INDEF puede cumplir. Industrial/institucional 1% (excepcional) <p>Maxi saco</p> <ul style="list-style-type: none"> Industriales Productores de pellets (1) <p>Exportación (2020 no hubo). La producción fue 33% para nacional. 2021 sería parecido. Al ampliarse la planta, estas proporciones variarán.</p> <p>Contratos abastecimiento?</p>

	<p>Plan de producción por campañas según producto.</p> <p>Ensacado</p> <p>Ventas</p> <hr/> <p>Recursos Clave</p> <p>1 Planta (crecimiento se planifica dentro de planta actual), 3 prensas, 1 línea de ensacado (línea que podría ampliarse sin crecimiento a 375k pudiera llegar a destinarse a mercado doméstico, plan es exportación).</p> <p>RRHH (propio principalmente/subcontrato solo guardias y aseo, etc.)</p> <p>Materia prima .</p> <p>Cuentan con red de incendios OK</p> <p>Laboratorio OK</p> <p>Stock de repuestos (son caros y todavía hay harta “reacción”)</p> <p>Cargadores, yale.</p>			
<p>Estructuras de costos</p> <p>MP: Aserrín húmedo (75%), seco (25%) y viruta seca. En régimen full a mediados de año. Con secador se podrían incluir chips y biomasa de bosque triturada clasificada (harnereo).</p> <p>Energía</p> <p>Maquinarias propias</p> <p>Mantenición y repuestos.</p> <p>Sacos de plástico y maxisacos.</p> <p>RRHH (mantenciones y operaciones). Propio principalmente.</p>	<p>Fuentes de Ingresos</p> <p>Venta [formato] a distribuidores nacionales.</p>			

Andes Biopellets

Entrevistados: Cesar Sepulveda (Jefe Planta) y Alvaro Riquelme (Gerente Operaciones)

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmentos de clientes
<p>Canal interno: remanufactura JCE (40-50%). Viruta, seco.</p> <p>Terceros proveedores (viruta seca, complementa el abastecimiento propio): son 3 (Chillan, Coronel y X).</p> <p>UDT: caracterización productos. Es lo que va en la bolsa.</p> <p>Certificación FSC en planta JCE, no aplica a AB (standby).</p> <p>Transportista subcontrato. (prácticamente 95% puesto en destino)</p>	<p>Planificación de abastecimiento: en base a MP disponible. JCE esta máximo.</p> <p>Planificación mantención infraestructura preventiva (60-70%). Hay un depto de mantenciones, similar a depto de calidad.</p> <p>Prevención y capacitación de incendios: hay 2 equipos (chispas, humos), detectores de incendios. Red de aspersores OK.</p> <p>Control de calidad: ver JOS.</p> <p>Control de producción automatizado, se cruza con información de producto final.</p> <p>Certificación.</p> <p>Transporte MP, directo de JCE. Terceros camion piso caminante.</p> <p>Ensacado</p> <p>Ventas</p>	<p><i>Abastecimiento de pellets en base a biomasa local, de <u>alta calidad</u>, sustentable y de alta eficiencia energética para el mercado nacional e internacional.</i></p> <p><i>(Nace con vocación exportadora, que ha ido cambiando en el tiempo).</i></p>	<p>Negocios directos. Poco MKT</p>	<p>Saco 18 kg (prácticamente 95%)</p> <p>Maxisacos (2,5%), industrial</p> <p>Granel: industrial, institucional.</p> <p>Puntos de venta propio NO. Sin proyecciones..</p> <p>Distribuidores</p> <p>Industrial/institucional</p>
	<p>Recursos Clave</p> <p>1 planta, 2 prensas (3ª en montaje) 1 linea de ensacado.</p> <p>Materia prima (viruta seca).</p> <p>Cuentan con red de incendios</p> <p>Laboratorio OK</p> <p>Stock de repuestos</p> <p>RRHH (100% contratado propio)</p>		<p>Canales</p> <p>Entrega en planta.</p> <p>Despacho a distribuidor:</p> <p>Estrategia de venta: B2B principalmente</p>	<p>4-5 clientes grandes principalmente. 12-15 medianos. Con ellos se acuerdan volúmenes. El desafío no es venta, sino la asignación. Se maneja a través de acuerdos, que normalmente se cumple.</p> <p>Idea de formalizar la venta ha surgido por distribuidores chicos. Esto no es crítico en el volumen total de ventas.</p>

	Cargadores, yale.			
Estructuras de costos MP: viruta seca. Energía Arriendo de maquinarias Mantenición y repuestos. Sacos de plástico y maxisacos. RHH (mantenciones y operaciones). Propio principalmente.			Fuentes de Ingresos Venta sacos a distribuidores nacionales. No hay planificado exportar, aunque lo han hecho. Se exportó volumen excedente (2019).	

Ligno Pellet

Entrevistados: Humberto Camelio (Socio Propietario) y Rodrigo Camelio (Socio propietario)

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmentos de clientes
<p>Aserradero Santa Blanca (dos plantas diferentes). No se proyecta abastecimiento de terceros, por capacidad de oferta de MP y capacidad instalada. Se proyecta aumentar capacidad que aumentaría requerimiento de MP (en 3 años).</p> <p>Terceros proveedores: esporádicamente. En Constitución habría sobreoferta de viruta.</p> <p>Comercializadora: 50/50</p> <p>Productora: ASB tiene parte de propiedad en Longavi. En Constitución no es socio. Es socio estratégico.</p> <p>AChBiom AG (sinergias, calidad, redes)</p>	<p>Planificación de abastecimiento: ASB proyecta producción del año. Ligno planifica en función de eso. Alta dependencia.</p> <p>Planificación mantenimiento infraestructura preventiva. Han ido mejorando procedimientos. Hoy con 2 turnos: se trabaja lunes a viernes, controles preventivos.</p> <p>Control de calidad: toma de muestras de humedad, se cruza con parámetros de peso. (ver JOS). Por definirse procedimiento final.</p> <p>Certificación FSC (de los aserraderos SB)</p> <p>Prevención y capacitación de incendios. Red húmeda (Constitución) y sensores de humo (solo Longavi).</p> <p>Transporte MP: camión y ducto.</p> <p>Ensacado en una sola planta (se transporta en maxisaco): Longavi.</p> <p>Ventas</p>	<p><i>Abastecimiento de pellets en base a biomasa local, sustentable y de alta eficiencia energética para el mercado <u>nacional</u>.</i></p>	<p>Puntos de venta.</p> <p>Distribución en centros de venta de terceros.</p>	<p>Saco principalmente.</p> <p>Maxibags solo para industrial, SIN re-empaque (15%)</p> <p>Puntos de venta propio: uno solo en RM (meta de venta: 40%, 2020 fue 30%).</p> <p>Distribuidores</p>
	<p>Recursos Clave</p> <p>Materia prima (viruta).</p> <p>Cuentan con red de incendios (cuentan con seguros que lo exigen leasing) y sensores instalados.</p> <p>Sin laboratorio (proyectado a corto plazo)</p> <p>Prensas (maquinaria en general). Flujo de procesos.</p> <p>Stock de repuestos.</p> <p>Cargadores, yale.</p>		<p>Canales</p> <p>Entrega en planta OK.</p> <p>Despacho a distribuidor: 2 por zona (comuna). Fomentar relaciones a largo plazo. Aunque nunca se les ha pedido exclusividad. Controlan la relación de negocios, pese al alto interés de distribuidores nuevos. Con camiones de terceros, se traspasa costo preciso..</p> <p>Puntos de venta: 1 en Stgo.</p> <p>Estrategia de MKT: via página web, inversión en digital, despacho expedito a cliente final. Foco en la distribución express. Esto es más identificable en RM.</p> <p>Cambio de marca: Ligno cambiará por registro por parte de UDT.</p>	

Estructuras de costos	Fuentes de Ingresos
<p>Residuo cepillado Santa Blanca (viruta pino virgen) Constitucion, transportado por camion 2 km). Caso Longavi via ducto</p> <p>Energía</p> <p>Sacos de plástico y maxisacos. Se han evaluado opciones mas sustentables y no han encontrado alternativas que se paguen.</p> <p>RHH (mantenciones y operaciones). Todo propio.</p>	<p>Venta sacos a distribuidores nacionales y puntos propios.</p>

Forestal Rio Claro

Entrevistados: Michel Farías (Socio propietario), Rodrigo Lara (Gerente Producción).

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmentos de clientes
<p>Subproducto propio (minoritario 30%)</p> <p>Aserraderos terceros (medianos a grandes). Para garantizar una calidad más homogénea.</p> <p>Rio Claro, como socio (no solamente como proveedor de MP).</p> <p>APISA (proveedor tecnología, asesoría). Ortizco (maquinaria Kahl)</p> <p>AChBiom AG (sinergias, calidad, redes)</p>	<p>Planificación estratégica: objetivos claros y transversales. Parámetros clave: volumen y calidad.</p> <p>Planificación de abastecimiento (, compran material fresco, en función de capacidad de acopio. 48 a 72 horas de antigüedad) en base a capacidad máxima de planta). Compra de MP estacional. 5000 vs 3000 HH de abastecimiento diferenciado por CH%</p> <p>Planificación mantención infraestructura preventiva (considera stocks).</p> <p>Prevención y capacitación de incendios. Brigada incendios OK.</p> <p>Ventas</p> <p>Recursos Clave</p> <p>Materia prima (aserrín, pin chip).</p> <p>Cuentan con red de incendios (cuentan con seguros que lo exigen) y sensores instalados.</p> <p>Prensas (maquinaria en general). Flujo de procesos.</p> <p>Stock de repuestos.</p> <p>Cargadores, yale.</p> <p>Transporte: 70 puesto en planta y 30 en destino. Puede ser de terceros.</p> <p>Staff 24/7 ha sido desafiante. Mantención de calidad de trabajo. 3 turnos.</p>	<p><i>Abastecimiento de pellets en base a biomasa local y de alta eficiencia energética para el mercado nacional.</i></p> <p><i>Calidad como aporte a los desafíos medioambientales.</i></p>	<p>Puntos de venta.</p> <p>Distribución en centros de venta de terceros.</p> <p>Canales</p> <p>Entrega en planta (70%)</p> <p>Despacho a distribuidor (30%)</p> <p>Puntos de venta: hoy solo pellet.</p> <p>Estrategia de MKT: principalmente digital, manteniendo tradicional-</p>	<p>100% en saco hoy.</p> <p>Puntos de venta propio (2 en Stgo y 1 en Talca). 15-20 %.</p> <p>Resto son terceros distribuidores.</p>

Estructuras de costos	Fuentes de Ingresos
<p>Aserrín y chip.</p> <p>Energía</p> <p>Sacos de plástico y maxisacos</p> <p>RRHH (mantenciones y operaciones)</p>	<p>Venta sacos a distribuidores nacionales y puntos propios.</p>

Conclusiones

Se detectan numerosos puntos comunes en las propuestas de valor, tales como, la oferta de energía en base a recursos locales y el enfoque al mercado nacional. Se identifican dos aspectos de los modelos de negocio que difieren y que tienen impacto en el potencial APL:

- a) Socios clave, proveedores: principalmente vinculados a industrias relacionadas y/o convenios de abastecimiento. Es destacable que, para el último caso, no es la norma contar con contratos de largo plazo para asegurar el abastecimiento, sino que se opta por acuerdos comerciales anuales en general.
- b) Relaciones con clientes: vale la pena mencionar que el aspecto comercial varía notablemente, desde empresas dedicadas principalmente al abastecimiento de distribuidores (Indef, Andes Biopellets) hasta aquellas con una línea de comercialización concentrada en el abastecimiento directo del consumidor final, integrando incluso servicios complementarios (Ecomás). Las restantes empresas consultadas presentan un enfoque mixto, con puntos de venta propios (físicos o digitales) y abastecimiento de terceros. Esta diferencia en la relación con actores intermedios aparece como un punto a abordarse en la definición del alcance del mecanismo de acreditación y/o sistemas de cadena de custodia, que permitan establecer de manera clara la calidad del producto final y la responsabilidad del productor.

6.2.2.2 Cadena de valor Porter

Tomando como base el modelo de Porter de Cadenas de Valor, se identifican los siguientes aspectos conceptuales:

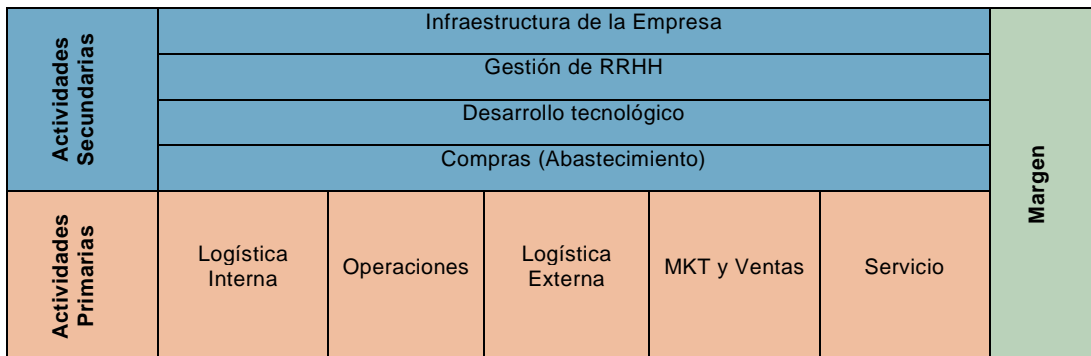


Figura 15 Diagrama de cadena de valor de Porter.

El sector incluido en este análisis incluye las plantas productoras de pellets, desde el abastecimiento de biomasa en cancha, hasta la puesta en punto de venta (planta o comercializadora). Se presenta una caracterización general de las cadenas de valor en su estado actual, así como su potencial desarrollo (mejores prácticas) en base a la oportunidad de la implementación de un modelo de certificación de calidad del producto.

Las plantas productoras de pellets están normalmente asociadas a aserraderos, cuyo aserrín como subproducto del proceso de aserrío, es utilizado como insumo para el proceso de refinado, prensando y empaquetado de pellets. No todas las empresas basan su abastecimiento de materia prima en una sola fuente, sin embargo, se presentan de manera genérica las actividades que están bajo la gestión de una planta productora de pellet.

Terreno, galpones, maquinaria.				
Personal propio, personal externo, seguridad ocupacional.				
Automatización de funciones, sistemas de control de gestión, laboratorio de calidad.				
Materia prima, insumos (bolsas), productos para la mantención				
Control en cancha Abastecimiento de líneas Acopio final	Control de calidad Monitoreo productividad Mantención Seguridad (Prevención incendios) Eficiencia Energética	Gestión de abastecimiento materia prima (propio y externos) Gestión entregas producto terminado (planta y destino)	Puntos de venta propios Venta a distribuidores Marketing digital y tradicional Acuerdos comerciales	Post-venta Certificaciones

Figura 16 Elementos generales de la cadena de valor para pellets.

Se detallan las características de cada componente, en términos de las condiciones subóptimas hoy observadas y el potencial de mejora mediante mejores prácticas:

Tabla 3 Detalle de la cadena de valor de un productor de bosque bajo condiciones actuales y mejoras posibles

Actividades		Condiciones actuales (BAU)	Mejores prácticas (MTD)
Actividades primarias	Logística interna	Control en cancha: según normas internas no homologadas.	Control de recepción compatible con certificación APL.
		Abastecimiento de líneas: registros de abastecimiento de líneas (carguío, secado, ensacado, etc.), según normas internas no homologadas.	Registros de abastecimiento de líneas (carguío, secado, ensacado, etc.), según estándar APL Pellets.
		Acopio final: según normas internas no homologadas	Acopio de producto final, según estándar APL.
	Operaciones	Control de calidad: según norma interna no homologada. <i>EN Plus en algunas empresas.</i>	Control de calidad: según estándar APL.
		Monitoreo productividad: no existen o según norma interna. <i>Sistemas integrado tipo ERP en planificación.</i>	Monitoreo productividad: registros de productividad según norma interna (<i>estándar podría dejar esto fuera, pero como requisito de control interno</i>).
		Mantención: principalmente planes de mantención preventivos.	Mantención: igual.
		Seguridad (Prevención incendios): según norma interna no homologada.	Seguridad (Prevención incendios): se implementa en el sistema de gestión, puntos de control y plan de prevención de riesgos de incendios.
		Eficiencia Energética: control estadístico de consumos como parte de gestión de costos.	Eficiencia Energética: se implementa Gestor Energético ASE (<i>verificar con ASE</i>)
	Logística externa	Gestión de abastecimiento materia prima (biomasa): planificación de fuentes propias y externas. No hay requisitos de certificación con proveedores.	Se integra registro de certificaciones de proveedores según APL.
		Gestión entregas producto terminado: puesto en planta o coordinación de despachos a destino. No hay cadena de custodia hasta cliente final.	Gestión de cadena de custodia resguarda hasta cliente final según APL.
	Marketing y ventas	Puntos de venta propios: proporción principalmente menor de la venta total.	Puntos de venta propios: igual.
		Venta a distribuidores: proporción principalmente mayor de la venta total.	Venta a distribuidores
		Marketing digital y tradicional: no incorpora como idea fuerza la calidad certificada (excepto EN Plus)	Marketing digital y tradicional: incorpora la certificación APL como elemento diferenciador.
		Acuerdos comerciales: no vinculantes, determinan el plan de ventas y entregas a terceros.	Acuerdos comerciales: incorporan consideraciones para la mantención de cadena de custodia.
	Servicio	Post-venta: algunas empresas incorporan servicio de post-venta	Post-venta: igual.
		Sin certificaciones de producto.	Con certificaciones (APL)

Actividades secundarias	Infraestructura de la empresa.	Terrenos, galpones, maquinaria.	Igual
	Gestión de RRHH	Personal propio conforma la mayoría del staff.	Igual
		Personal externo, conforma algunas actividades secundarias (aseo, seguridad, etc.)	Igual
		Seguridad ocupacional: incorporado en normas internas.	Igual
	Desarrollo tecnológico	Automatización de funciones: dentro de planes de mejoras de mediano plazo.	Automatización de funciones: implementado, opcional.
		Sistemas de control de gestión: implementado (desde control Excel a ERP básicos)	Igual.
		Laboratorio de calidad: implementando. Diferentes estándares y parámetros de seguimiento. Procedimientos propios.	Según norma APL
	Compras	Materia prima: biomasa de terceros y propia (aserraderos, remanufacturas relacionadas)	Igual.
		Insumos: bolsas, pallets, etc. Mayoría no consideran impacto del empaque en desempeño ambiental.	Insumos: se incorporan criterios de sustentabilidad en la selección de insumos (por ejemplo, bolsas biodegradables o no plásticas).
		Productos para la mantención	Igual.

De la aplicación de mejores prácticas se esperan los siguientes impactos en el negocio:

- Diferenciación de producto en consumidor final: la validación de una certificación genera confianza en el consumidor final, motivando su selección por sobre alternativas no certificadas.
- Posicionamiento del pellet: el pellet como subsector dentro de la biomasa es seleccionado como alternativa de sustitución de alternativas fósiles en los programas de gobierno, tanto por estrategias de descontaminación como acción climática.
- Gestión energética: temática de importancia a nivel de costos, pero con escaso desarrollo formal dentro de la gestión productiva de las empresas diagnosticadas.
- Aporte a los compromisos ambientales: la tecnología de combustión en base a pellets está transversalmente reconocida como una mejora en la eficiencia de generación térmica en comparación a la alternativa dominante en el mercado, es decir, leña no regulada. Los impactos de reconocer y fomentar este aporte se proyectan como un elemento de generación de mercados.

Indicadores asociados

- Volumen de producto certificado (ton)
- Participación de mercado (%).
- Costo producción (CLP/ton)

6.2.3 Insumos y materia prima

Esta información, requerida por la Guía de Diagnóstico APL, fue recabada en entrevistas directas con los socios patrocinantes del APL. Los resultados se presentan en la sección 6.2.5.

6.2.4 Caracterización del producto

El pellet de madera es un biocombustible sólido estandarizado producido en base a residuos de madera. Son cilindros que se obtienen mediante la compactación de estos residuos en prensas peletizadoras. Deben cumplir con características establecidas por normas de calidad, para ser usados como un combustible domiciliario, comercial e industrial.

La caracterización del producto se puede dividir en 2 aspectos generales, según las principales normativas que regulan el mercado internacional, como lo son hoy en día las normas ISO.

Características físicas: ligadas al tipo de materia prima a utilizar, pudiendo ser materia prima procedente directamente de bosques, plantaciones u otras fuentes de madera virgen, como subproductos o residuos de la industria procesadora de madera (Aserraderos u otros), y madera usada que no haya sido tratada químicamente (impregnantes u otros). También pueden encontrarse pellets no leñosos, pero no serán objeto del presente diagnóstico, dado que la industria nacional, a la fecha, sólo produce y comercializa pellets de madera.

Características de calidad: Ligadas tanto a las características propias de la materia prima, como por ejemplo su composición química, como a las características donde puede incidir el proceso productivo y el tipo de materia prima, como lo es en sus características mecánicas.

El Instituto Nacional de Normalización (INN), es el organismo en Chile, que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional para la Normalización (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). En el ámbito de normas de calidad de biocombustibles sólidos, a nivel nacional el INN ha creado el Comité Espejo ISO/TC 238, el cual, esta conformado por distintas entidades, tanto públicas como privadas, donde se destaca la participación del Ministerio de Energía, la SEC, el Ministerio de Agricultura, universidades, empresarios y la Asociación Chilena de Biomasa. Las normas serán revisadas en detalle en la sección 6.5 del presente documento, dado su estrecha relación con la propuesta de certificación que busca el sector pellets a través de la propuesta de Acuerdo de Producción Limpia.

Entre los parámetros descritos en las respectivas normas, aquellos que resultan claves en los pellets de madera son la humedad, cenizas, durabilidad y finos.

La humedad corresponde al agua, medida como porcentaje del peso total. Esta variable resulta fundamental, en primer lugar, para la fabricación del pellet. Existe un estrecho rango, en torno al 10%, en el cual la madera se aglomera exclusivamente con presión y sin requerir adhesivos, dadas las características de la materia prima (P. radiata). En

segundo lugar, una vez envasados los pellets, deben mantenerse en condiciones secas, para así evitar la hidratación, hinchamiento, cambios de forma y de poder calorífico.

El volumen de cenizas tiene relación con el tipo de material utilizado para la fabricación del pellet. En la medida en que se incorpora corteza a la mezcla, aumenta el porcentaje de este residuo. Lo anterior resulta desfavorable para los calefactores domiciliarios, debido a la necesidad de extraer este material con demasiada frecuencia.

Es por lo anterior que los pellets de la mayor calidad son elaborados con madera que excluya corteza.

Respecto a los finos, es aquel porcentaje del total del producto envasado, que tiene un tamaño similar al aserrín. Por lo tanto, no es utilizable en los calefactores. Para cumplir con los máximos permitidos en este parámetro y de la durabilidad, resultan fundamentales la humedad del material y también la calidad de la prensa, sometiendo a la materia prima a la presión exacta durante toda la jornada de trabajo.

6.2.5 Análisis de casos: empresas socias APL

Se realizó un levantamiento del estado del arte de los sistemas productivos y de control a 6 productores de pellets. A continuación, se presentan las preguntas realizadas a cada uno de los productores y algunas conclusiones de cada una de ellas.

6.2.5.1 Materia Prima

Origen de su materia prima

El 52% de la materia prima proviene de compras al mercado (ver Figura 17).

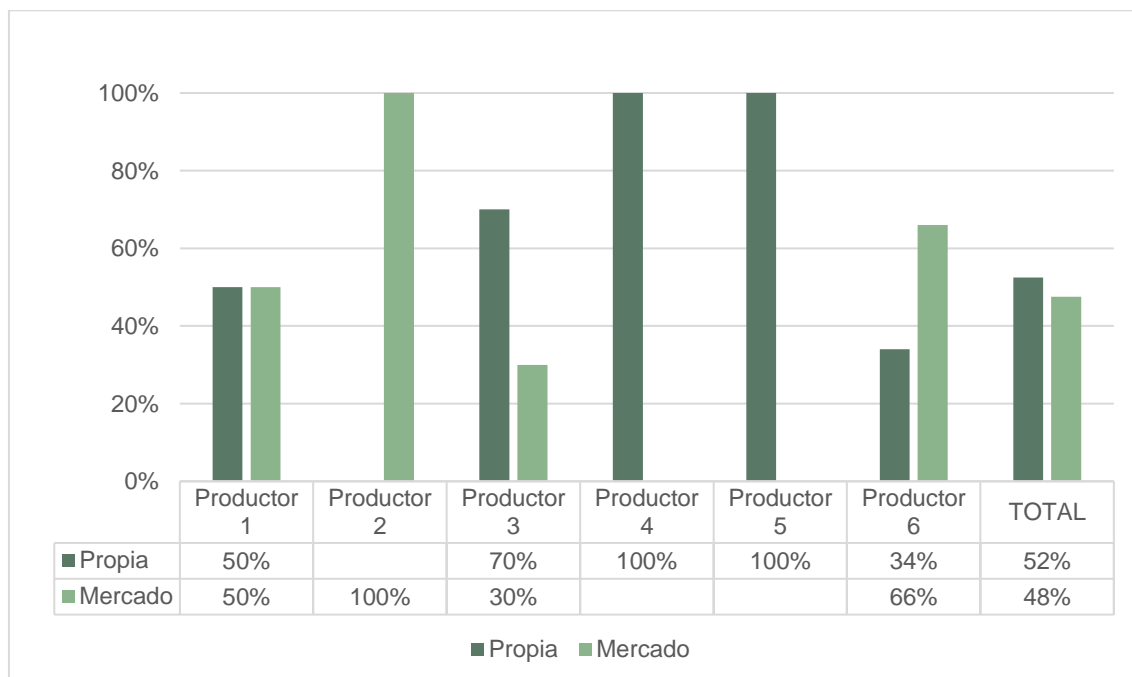


Figura 17 Origen de la Materia Prima

Tipo de Materia Prima

Casi la totalidad de los productores utilizan subproductos de la remanufactura o del aserrío, como son Viruta (49,5%), aserrín (46,0%) y en algunos casos astillas (4,5%). Todos consideran que lo mejor es que las materias primas lleguen secas, pero solo 4 de ellos así lo hacen. El resto (2) adquieren solo aserrín húmedo (ver Figura 18).

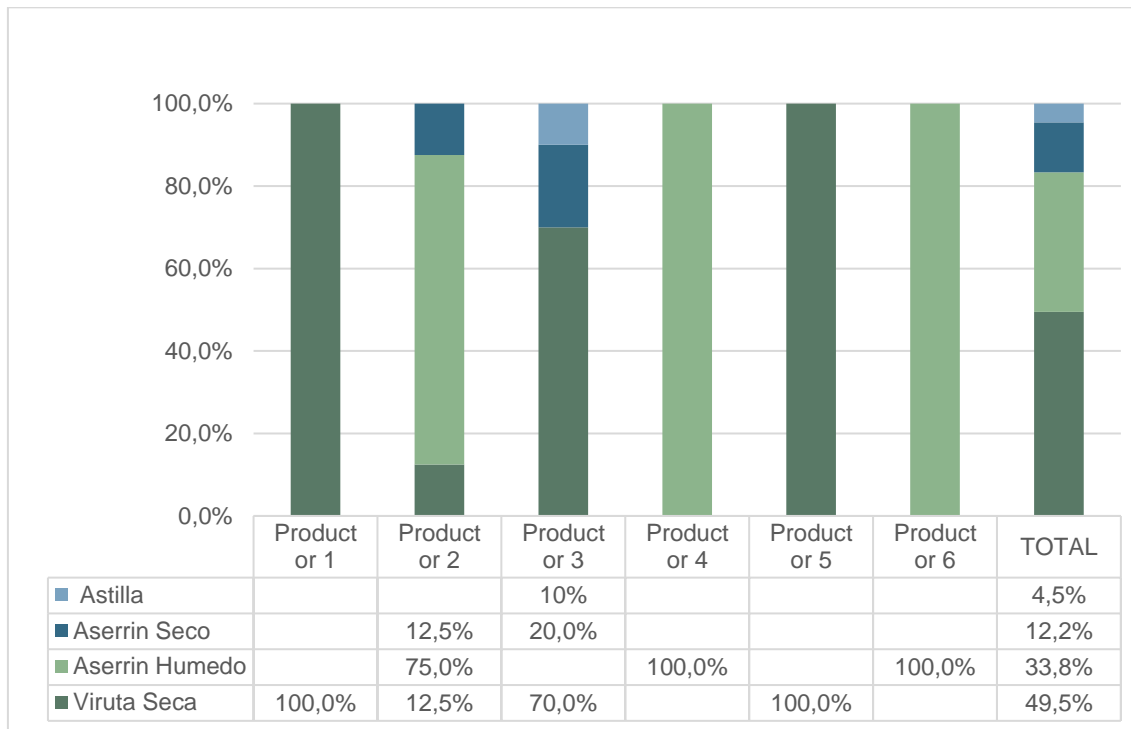


Figura 18 Tipos de Materia Prima

Control de Recepción y Consumo

Cuatro de ellos controlan la recepción mediante pesaje en romana o de camiones que llegan pesados. Luego se les calcula la humedad, lo cual les permite hacer el balance en BDMT. Además, controlan los m³ aparentes recibidos midiéndolo manualmente, o a través de factor de conversión utilizando las toneladas recibidas. Solo uno de ellos declara realizar además una inspección de contaminantes no naturales.

De esta forma es posible concluir, que solo 2 de los productores debería incorporar un sistema de control de recepción en BDMT similar al restante de los productores.

6.2.5.2 Características Productivas

Número de Plantas

Cuatro de ellos solo posee una planta. Todos poseen una sola línea de ensacado por planta (ver Figura 19).

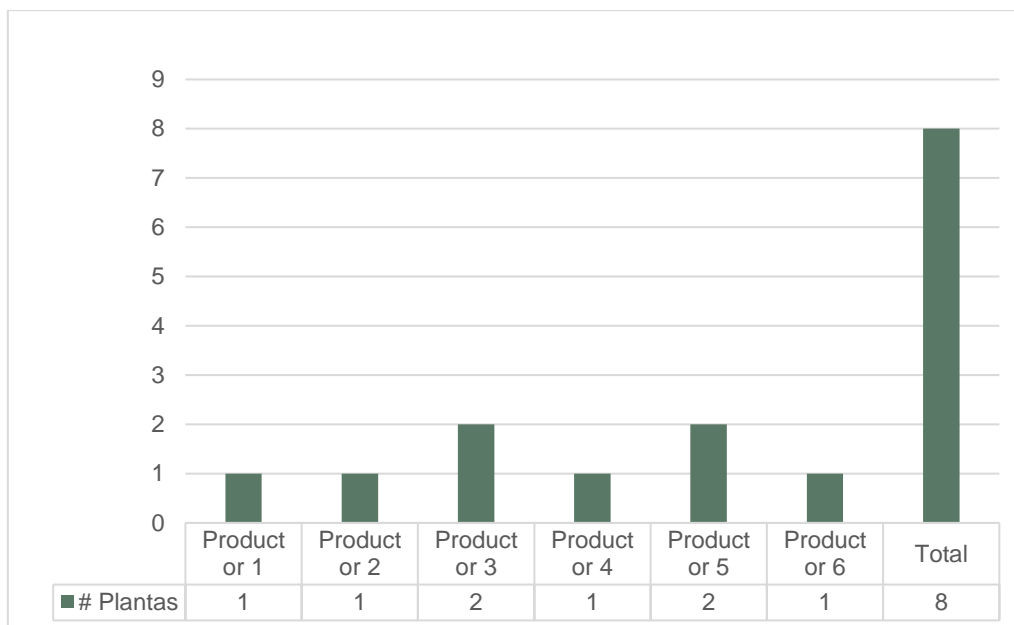


Figura 19 Numero de Plantas por productor

Dos de los productores deberá ampliar sus controles internos en la cadena para evitar incumplimientos debido a acciones generadas entre el punto de producción y el punto final de comercialización.

Capacidad de Producción

El 70,2% de la capacidad instalada actual, el 70,1% de la producción estimada para el 2021 y el 67,8% de la producción proyectada corresponden a solo 2 productores (ver Tabla 4).

Tabla 4 Capacidad de Producción por productor

Producción (ton/año)	Capacidad Instalada actual	Producción Estimada 2021	Producción Proyectada
Productor 1	49.000 (11,4%)	26.000	30.000 (8,8%)
Productor 2	132.000 (30,7%)	60.000	60.000 (17,7%)
Productor 3	170.000 (39,5%)	110.000	170.000 (50,1%)
Productor 4	42.000 (9,8%)	23.000	42.000 (12,4%)
Productor 5	12.000 (2,8%)	9.600	12.000 (3,5%)
Productor 6	25.000 (5,8%)	14.000	25.000 (7,4%)

Total	430.000	242.600	339.000
--------------	----------------	----------------	----------------

Control de Producción

Cuatro de las empresas controlan la recepción mediante pesaje en romana o de camiones que llegan pesados.

Todos utilizan sistema de pesaje en la producción, llevando los kilos o toneladas producidas, y cuatro de ellos además determina la humedad del producto, pudiendo llevar el control en BDMT.

Solo uno de ellos no ha implementado un sistema de control, utilizando a la fecha tablas de conversión entre materia prima y producto terminado.

Dos de los productores deberá ampliar sus controles internos en la cadena para evitar incumplimientos debido a acciones generadas entre el punto de producción y el punto final de comercialización.

Líneas de Producción

Cinco de las empresas posee solo una línea de ensacado semi o totalmente automática. Solo una de ellas posee además línea de ensacado manual y una línea para camión granelero.

6.2.5.3 Almacenamiento

Ensacado

El 100% ensaca directamente a la salida de la línea de producción y poseen zonas de acopio para las bolsas, sacos y maxi-bags (los dos primeros se paletizan). Además, todos poseen silos pequeños que funcionan de buffers.

Cadena de Distribución

- El 100% solo tiene ensacado dentro de su misma planta.
- Solo uno de ellos comercializa pellet de otro productor. Para este caso se debe considerar la producción de este proveedor externo como si fuera una planta aparte.

6.2.5.4 Certificaciones Y Controles Internos

Certificaciones

Tabla 5 Certificaciones que posee cada productor

Productor	Manejo Forestal	Calidad EN Plus	Gestión de Calidad	Seguridad Ocupacional
1	FSC (planta)	Trabajan en base a estándar que requiere En Plus, pero no están certificados	NO	NO
2	FSC y SBP	Comenzaran el proceso EN Plus en poco tiempo más.	NO	NO
3	NO	Certificados EN Plus en una de sus plantas.	NO	NO
4	En proceso de certificación EN Plus; FSC e ISO para la planta de pellets			
5	FSC (aserraderos)	NO	NO	NO
6	FSC	NO	NO	NO

Controles Internos

Laboratorio Interno

A continuación, tabla donde se indican los análisis que efectúa cada productor (Tabla 6):

Tabla 6 Análisis de calidad realizados por cada productor

ID	Análisis	Productor						%
		1	2	3	4	5	6	
1	Contenido de Humedad	X	X	X	X	X	X	100,0%
2	Densidad Aparente	X	X	X	X	X		83,3%
3	Largo y Diámetro	X	X	X	X			66,7%
4	Durabilidad Mecánica	X	X	X	X			66,7%
5	Finos		X	X				33,3%
6	Cenizas		X	X				33,3%
7	Contaminantes		X					16,7%
8	Distribución Granulométrica		X					16,7%

Cuatro de ellos, adicionalmente una vez al año envían a laboratorio externo (nacionales e internacionales) muestras para set completo de análisis.

Se evidencia que los productores están en un 75% preparados para el proceso de certificación propuesto en lo que se refiere a la realización de los análisis físicos indicados en las normas (del 1 al 5 indicados en la tabla más arriba).

Personal

Cuatro de ellos, posee personal dedicado a estas tareas, sea un gerente o jefe de calidad o jefe de planta o de producción.

En los otros dos, los controles los hace el personal que trabaja en cada turno.

6.2.5.5 Diagrama De Proceso

El siguiente diagrama de procesos (Figura 20) ejemplifica de buena forma los procesos productivos y de distribución de los productores de pellets encuestados:

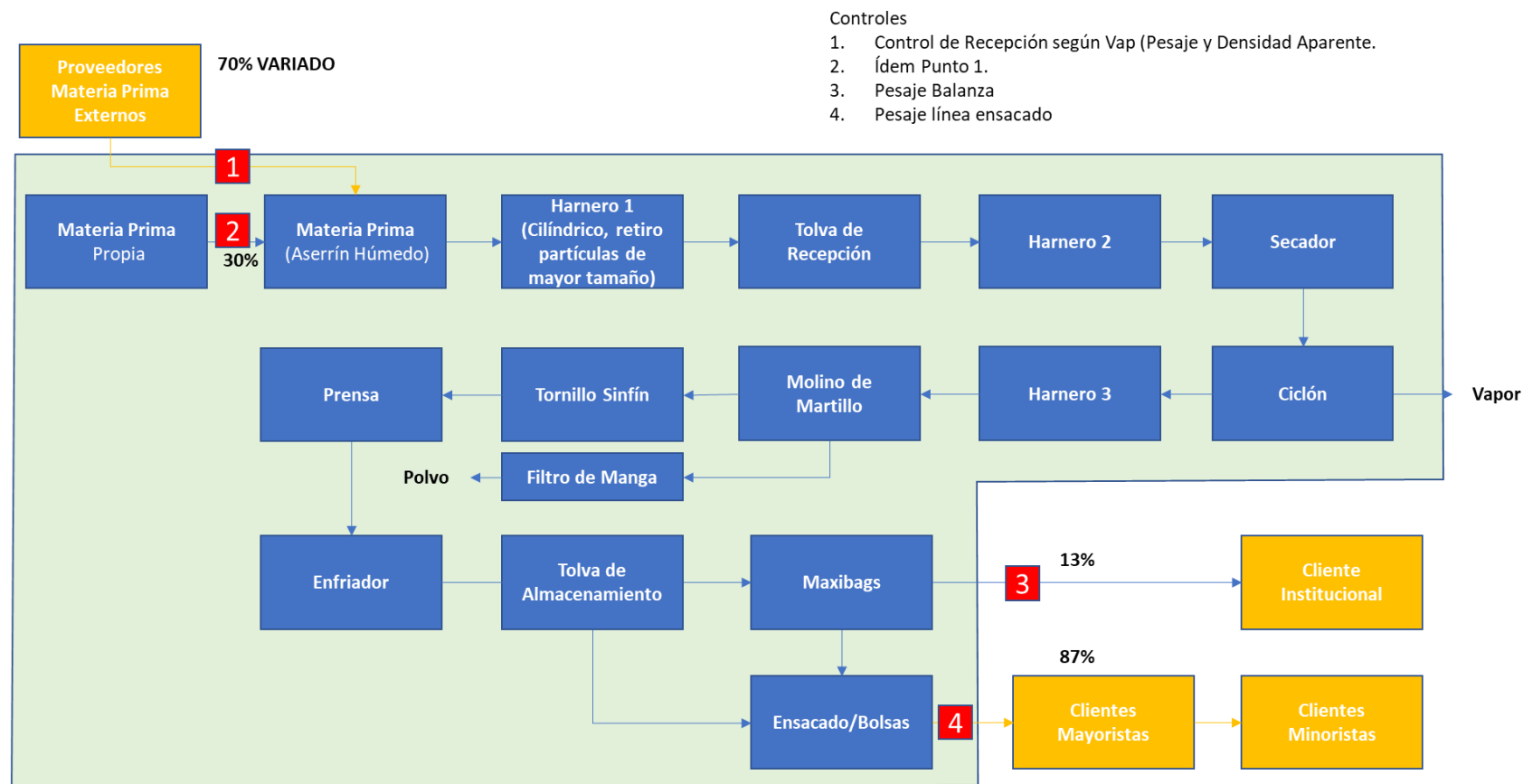


Figura 20 Diagrama de procesos productivo de ejemplo

6.3 Indicadores

A continuación, se presentan indicadores propios de la industria de la producción de pellets.

6.3.1 Producción física

6.3.1.1 Potencial local, materia prima

La industria del pellet, como se ha señalado, está directamente vinculada a la utilización de residuos de industria forestales, tales como los aserraderos. Es por ello, que el potencial de abastecimiento de materias primas depende principalmente de la capacidad de aseguramiento de uso y procesamiento de la oferta de estos residuos. Con esta consideración, se hace presente el volumen de este material disponible a nivel nacional.

En la Tabla 7 se identifican los tipos de producto que la industria del aserrío. Considerando el volumen de aserrín y viruta comercial, el volumen potencial disponible para peletización llega a un total de 1.970.896 m³/año. De manera genérica, este volumen equivale⁷ a 748.940 toneladas anuales de materia pelletizable anual⁸, lo cual equivale a 4 veces la producción actual nacional, ratificando el potencial remanente por ser aprovechado por el sector.

Tabla 7 Subproducto del aserrío, según destino, año 2019. Fuente: INFOR, 2019⁹

Subproducto	Comercializa	Autoconsume	Regala	Acumula	Total
Corteza	795.328	436.216	4.586	14.421	1.250.554
Lampazo	464.785	70.464	10.897	32.346	578.492
Aserrín primario	1.753.851	1.024.898	31.219	31.437	2.841.407
Aserrín secundario	94.777	70.740	2.117	1.170	168.804
Viruta	122.268	142.425	2.638	798	268.129
Despunte	11.900	119.586	3.067	228	134.781
Total Subproducto	3.242.909	1.864.329	54.524	80.400	5.242.167

A nivel regional, en la Tabla 8 se observa claramente que las regiones VI, VIII, VII, IX y XIV son las principales generadoras de residuos útiles para la producción de pellets.

⁷ <http://woodenergy.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/ht21.pdf>

⁸ Supuesto conservador, ya que considera la materia seca equivalente, excluyendo la humedad propia del producto final.

⁹ INFOR 2020. Subproductos madereros de la industria del aserrío 2020. Boletín Estadístico N° 175. 98p.

Tabla 8 Volumen de Subproductos Madereros según región y destino, 2019. Fuente: INFOR, 2019¹⁰

Región	Volumen de Subproductos Madereros (m3)				TOTAL
	Comercializa	Autoconsumo	Regala	Acumula	
TOTAL	3.242.912	1.864.330	54.526	80.400	5.242.168
Región de Valparaíso	26.487	0	1.135	482	28.104
Región Metropolitana	246	0	0	168	414
Región de O'Higgins	148.118	2.989	1.352	12.523	164.982
Región de Maule	1.002.039	158.968	4.627	29.101	1.194.735
Región de Ñuble	395.655	265.643	2.379	1.493	665.170
Región del Biobío	969.798	972.280	7.424	5.145	1.954.646
Región de La Araucanía	356.328	228.550	14.156	16.606	615.640
Región de Los Ríos	242.161	161.036	14.083	2.799	420.078
Región de Los Lagos	88.488	42.612	4.467	6.269	141.836
Región de Aysén	5.184	1.160	3.843	2.438	12.625
Región de Magallanes	8.408	31.092	1.060	3.377	43.937

Nota: el nombre oficial de las regiones administrativas se ha acortado, por razones de diagramación

6.3.1.2 Estimación de la oferta: capacidad productiva actual y proyectada

Como ha sido mencionado en la sección de los aspectos generales del presente documento, la industria del pellet es una industria relativamente nueva en Chile, por tanto, el nivel de información también es escaso, al menos hasta antes de la formación de AChBIOM, la cual, ha desarrollado una evaluación constante del mercado desde el año 2018, dada la información base de sus asociados.

Por lo tanto, para los datos históricos de la presente sección, se ha combinado la información registrada por AChBIOM, con la información recabada en los años anteriores por la empresa Ecomás, principal actor en el mercado durante todos esos años.

Como hitos relevantes del mercado, que pueden ser visualizados en las siguientes gráficas, están los quiebres de stock ocurridos los años 2014 y el reciente 2020. El primer quiebre muy influenciado por una demanda creciente no acorde al crecimiento de la oferta, y el segundo quiebre se explica por 3 variables principales: a) cambio en el consumo originado por las restricciones sanitarias por la pandemia covid19, b) problemáticas en ciertas empresas productoras (Influencia en materia prima y/o producción directa), más c) el propio crecimiento del mercado.

En la siguiente gráfica (Figura 21), el quiebre de stock no se visualiza para el año 2020, como si lo hace para el año 2014 dado que la producción sobrepasa la ventas a final de año, pero esto oculta el quiebre ocurrido en los meses de julio-agosto, peak de ventas anuales.

¹⁰ INFOR 2021. Antecedentes de abastecimiento de biomasa con fines energéticos. Documento de trabajo proyecto INFOR-CORFO Mejoramiento del Entorno y Reducción de Brechas Tecnológicas para la Producción y Desarrollo del Mercado del Pellet en Chile

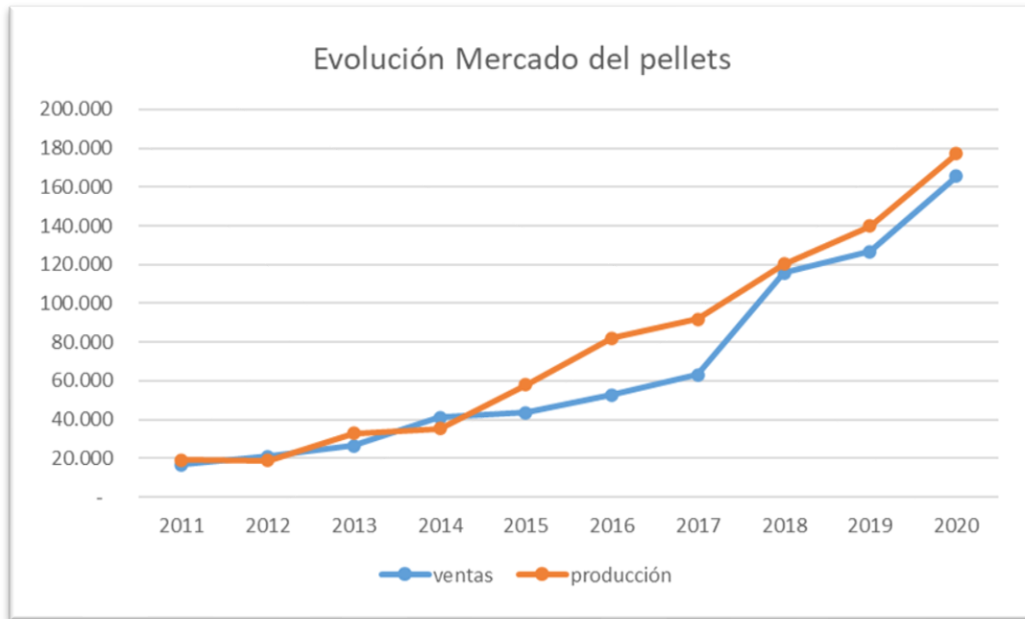


Figura 21 Evolución mercado del pellets, últimos 10 años. Información AChBIOM y empresa Ecomas

Para el análisis de producción y ventas, se considera pertinente evaluar sólo los últimos 3 años, dado la información recabada por la Asociación Chilena de Biomasa, la cual es considerada como la información oficial del sector, tanto para el sector público como privado.

En la Figura 22, podemos visualizar la caída en producción ocurrida en los meses de abril y mayo del año 2020, influenciado fuertemente por una huelga laboral en el principal abastecedor de materia prima de la empresa Ecomás, a lo cual se suma la quiebra de la empresa Maderas Venturelli, aserradero proveedor de materia prima para la empresa Incontro, quienes producen bajo las marcas Fuoco y Palazetti. Otro incidente de importancia, fue el incendio ocurrido en la planta de Traiguen Energy, el cual significó alrededor de 2 meses sin producción, los mismos dos meses de los incidentes descritos en las empresas anteriores.

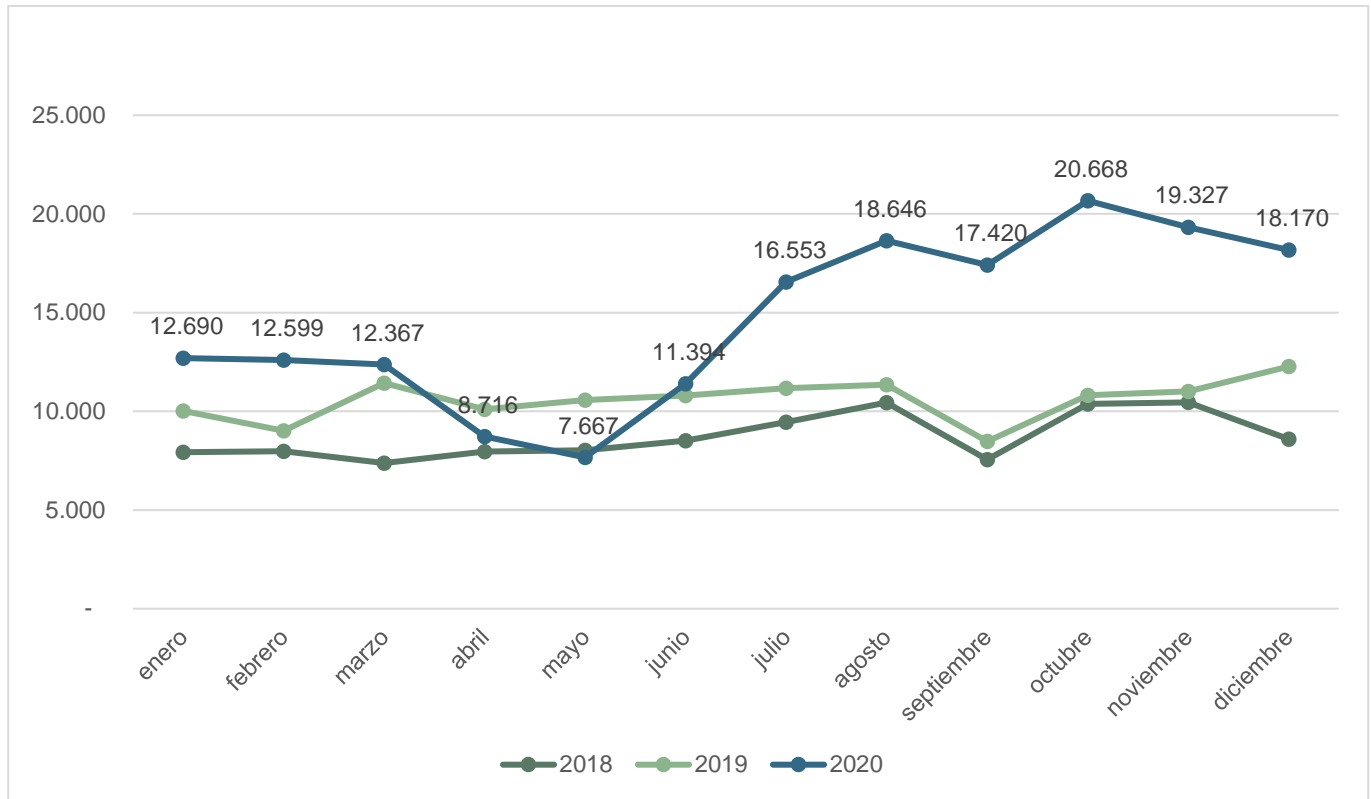


Figura 22 Producción mensual nacional (toneladas), para los últimos 3 años. Fuente: Observatorio AChBiom

A pesar de la caída en la producción mencionada en el párrafo anterior, se visualiza como fue la respuesta de la industria antes un escenario de alta demanda dado la situación de pandemia, llegando a valores *record* de producción (20.668 ton/mes), ya que se aceleraron inversiones y se logró la incorporación de nuevas empresas, logrando responder al menos a un 40% por sobre la demanda del año anterior (2019), lo que no fue suficiente para evitar el quiebre de stock, pero demostró una enorme respuesta de la industria.

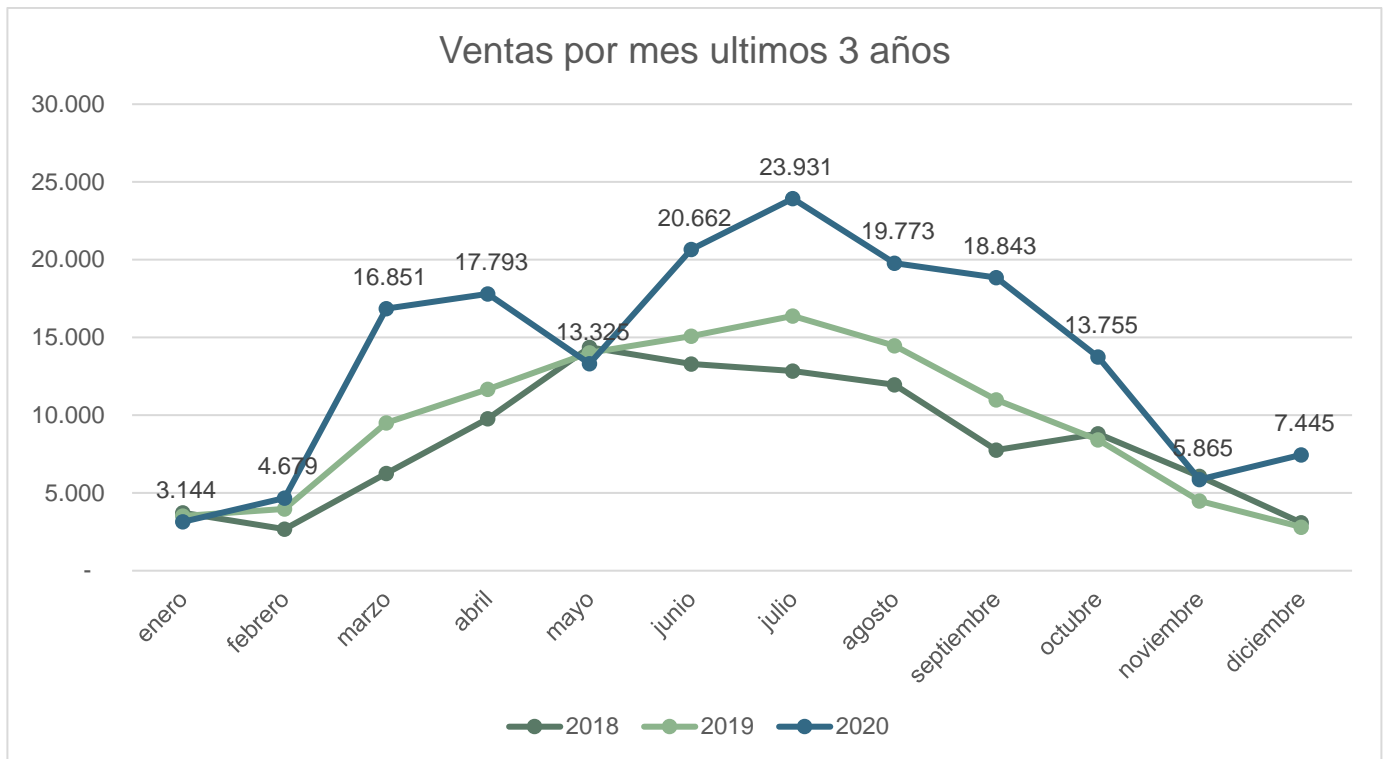


Figura 23 Ventas de pellets para los ultimos 3 años (toneladas). Fuente: Observatorio AChBIOM

En la Figura 23, permite ver el gran incremento en las ventas del año 2020 comparado con sus años predecesores, esto tiene 2 grandes explicaciones. La primera de ellas es el incremento de equipos en el mercado, información que lamentablemente no está segregada por año para el sector de venta privada, y sólo se tiene un valor segregado para la incorporación de equipos del programa de recambio del Ministerio de Medio Ambiente. La segunda variable de incremento ha sido las restricciones de confinamiento, por situación de pandemia mundial COVID 19, que ha significado que las familias permanecieron mucho más tiempo en sus hogares.

Dada la dificultad mencionada, sobre no tener información segregada de ventas, dificulta la proyección de la demanda, esto está en desarrollo en equipo técnico de trabajo en conjunto entre el ministerio de energía, la asociación chilena de biomasa y el Instituto forestal. En el presente informe se tendrán dos estimaciones de crecimiento del mercado, una en esta sección se presenta encuesta a empresarios sobre futuros proyectos, con lo que se tiene la Figura 24.

Se aprecia que habría proyectos que para el año 2025, existirían proyectos para una capacidad instalada cercana a las 700 mil/ton/año.

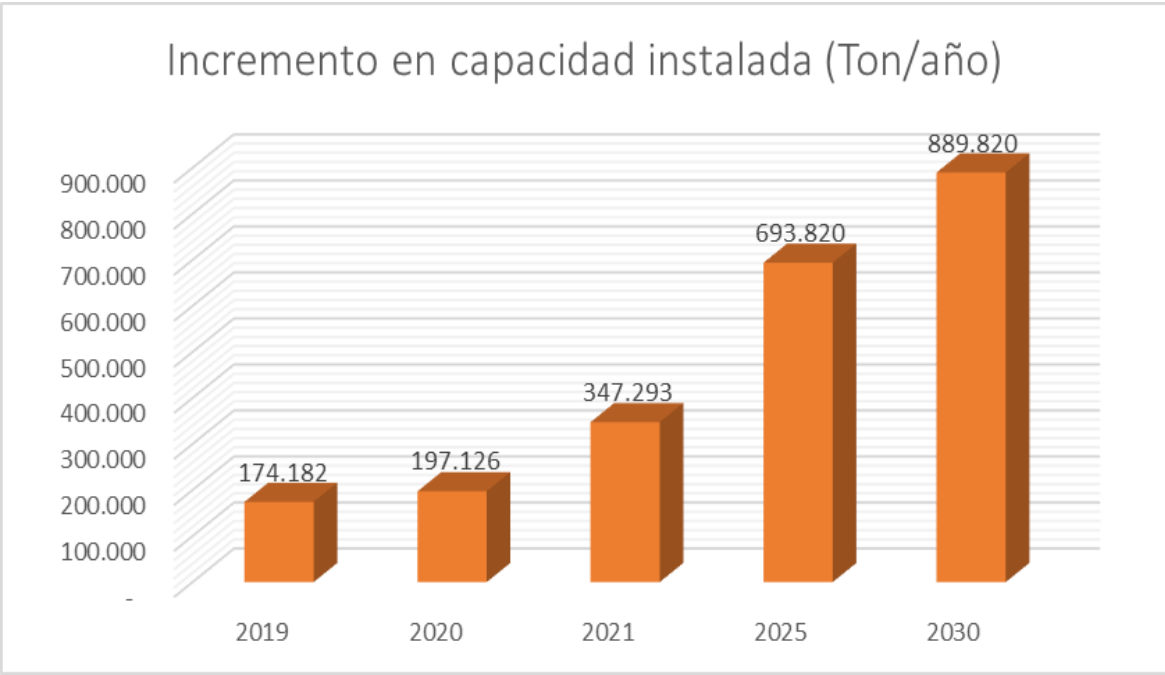


Figura 24 Proyección de capacidad instalada según proyectos catastrados desde el sector privado. Fuente: Observatorio AChBiom

6.3.2 Impactos ambientales de la producción

La temática ambiental, para el caso de este diagnóstico, fue abordado de acuerdo a las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) que las empresas productoras de pellets, han presentado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), para los respectivos proyectos, complementado con entrevistas telefónicas con algunos de los productores asociados al presente diagnóstico, y también las respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), otorgados por la autoridad ambiental.

A saber, en DIAs se comunican las implicancias ambientales en tres etapas del proyecto: Construcción, Operación y Cierre o Abandono general del proyecto. El presente informe, se concentrará sólo en la etapa de operación, ya que la construcción no tiene diferencias significativas o particulares con otros tipos de proyecto de construcción o ingeniería. Y obviamente no consideraremos la etapa de cierre, ya que como también se pudo visualizar en los documentos revisados, las plantas de pellets pueden considerarse de vida útil indefinida, si se cumple con la mantención adecuada de los equipos.

Según lo establecido en el Artículo 10 de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y la letra c) del Artículo 3 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (S.E.I.A.), “los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

Identificación de casos relacionados a proyectos de producción de pellets de madera

g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes evaluados estratégicamente de conformidad a lo establecido en el párrafo 1º bis del Título II de la Ley. Se entenderá por planes a los instrumentos de planificación territorial.

g.1.3. Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a treinta mil metros cuadrados (30.000 m²).

h) Proyectos industriales o inmobiliarios que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas;

h.2. Se entenderá por proyectos industriales aquellas urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a veinte hectáreas (20 ha); o aquellas instalaciones industriales que generen una emisión diaria esperada de algún contaminante causante de la saturación o latencia de la zona, producido o generado por alguna(s)

k) Instalaciones fabriles, tales como metalúrgicas, químicas, textiles, productoras de materiales para la construcción, de equipos y productos metálicos y curtiembres, de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

k.1. Instalaciones fabriles cuya potencia instalada sea igual o superior a dos mil kilovoltios-ampere (2.000 KVA), determinada por la suma de las capacidades de los transformadores de un establecimiento industrial. Tratándose de instalaciones fabriles en que se utilice más de un tipo de energía y/o combustibles, el límite de 2.000 KVA considerará la suma equivalente de los distintos tipos de energía y/o combustibles utilizados.

m) Proyectos de desarrollo o explotación forestal en suelos frágiles, en terrenos cubiertos de bosque nativo, industrias de celulosa, pasta de papel y papel, plantas astilladoras, elaboradoras de madera y aserraderos, todos de dimensiones industriales;

m.3. Aserraderos y plantas elaboradoras de madera, entendiéndose por éstas últimas las plantas elaboradoras de paneles o de otros productos, cuyo consumo de madera, como materia prima, sea igual o superior a diez metros cúbicos sólidos sin corteza por hora (10 m³ssc/h); o los aserraderos y plantas que reúnan los requisitos señalados en los literales h.2 o k.1., según corresponda, ambos del presente artículo.”

Por lo anterior, podemos identificar que los proyectos de producción de pellets, pueden considerar la pertinencia de una DIA, dado a 3 variables principales:

- Ubicación del proyecto
- Tamaño de los proyectos (según superficie y/o Cantidad de energía a utilizar)
- Volumen de madera a utilizar

A continuación, se presentará un resumen de las principales variables ambientales identificadas en las declaraciones de impacto ambiental, de los proyectos que han debido presentarlas.

6.3.2.1 Emisiones atmosféricas de planta

La Figura 25, identifica las etapas del proceso productivo en los cuales existen emisiones atmosféricas. Cabe recordar que existe una diferencia en el flujo de las plantas que depende de la condición de la materia prima a la que se accede, de esta forma un primer factor de emisión se tiene en las plantas que poseen secadores de materia prima, condición que hoy sólo existe en las plantas de mayor tamaño (> 10 mil toneladas año), sin embargo, también podrían existir plantas de este tamaño, que toda su MP sea seca, por lo tanto no requerir de secado y no tener emisiones. Hoy en Chile existen 9 de las 25 empresas identificadas, con producciones superiores a 10 mil/ton/año, de las cuales sólo tres empresas poseen secado. Estas tres empresas representan el 31% de la producción esperada para el 2021. Dos de dichas empresas cuentan con DIA, una de ellas con RCA aprobando el proyecto, y la otra con carta de pertinencia por parte de la autoridad ambiental, indicando que no cumplen con las condiciones necesarias para presentar una declaración de impacto ambiental. La tercera empresa, no ha presentado DIA, indicando que sólo cuenta con las autorizaciones del Ministerio de Salud, como ente regulador de los equipos de combustión (calderas). A continuación se presenta el cuadro de emisiones de la empresa de mayor capacidad de secado de las 3 mencionadas, que ha sido la única enfrentada a la necesidad de presentar DIA, y en cuya RCA se aceptan los parámetros indicados en la siguientes figuras, las cuales realizan comparación entre dichas emisiones, y las que permite tanto la normativa local (Tabla 9), como la Organización Mundial de la Salud (Tabla 12), demostrando la baja proporción a la que corresponden estas emisiones, en cuando a las normativas indicadas, permitiendo concluir que el estado actual de la industria del pellets hoy en cuanto a emisiones atmosféricas es bajo.

Tabla 9 Resumen de máximos aportes de emisiones atmosféricas en relación a las normas vigentes a nivel Nacional, en planta con mayor capacidad de secado de materia prima en Chile, para la producción de pellets, abril 2021.

Resumen de máximo aportes en relación a las normas vigentes en Chile					
Compuesto normado	Limite	Operación Etapa 1 más Construcción Etapa 2		Operación Etapa 1 más Operación Etapa 2	
	µg/m³	µg/m³	% norm	µg/m³	% norm
PM10	150 - 24 horas	6,88	4,59%	12,04	8,03%
	50- anual	0,94	1,88%	1,46	2,92%
PM2.5	50- 24 horas	1,97	3,94%	3,26	6,52%
	20-anual	0,43	2,15%	0,76	8,8%
NO2	400- 1 hora	8,62	2,16%	9,91	2,49%
	100-anual	0,13	0,13%	0,12	0,12%
CO	30.000- 1 hora	48,05	0,16%	56,64	0,19%
	10.000- 8 horas	15,9	0,16%	16,05	0,16%
SO2	250- 24 horas	0,13	0,052%	0,31	0,12%
	80-anual	0,027	0,034%	0,059	0,074%

Tabla 10 Resumen de máximos aportes de emisiones atmosféricas en relación a normas internacionales de la OMS, en planta con mayor capacidad de secado de materia prima en Chile, para la producción de pellets, abril 2021

Resumen de máximo aportes en relación a las referencias de la OMS						
Límites de exposición OMS			Operación Etapa 1 más Construcción Etapa 2		Operación Etapa 1 más Operación Etapa 2	
Compuesto	promedio	µg/m³	µg/m³	% OMS	µg/m³	% OMS
PM10	24 horas	50	6,88	13,76%	12,04	24,08%
	anual	20	0,94	4,70%	1,46	7,86%
PM2.5	24 horas	25	1,97	2,88%	3,26	13,04%
	anual	10	0,43	4,50%	0,76	1,60%
NO2	1 hora	200	8,62	4,51%	9,91	4,96%
	anual	40	0,13	0,33%	0,12	0,30%
CO	1 hora	30.000	48,05	0,16%	56,64	0,18%
	8 horas	10.000	15,9	0,16%	16,05	0,36%
SO2	24 horas	20	0,13	0,66%	0,31	1,55%
	anual	s/d	0,027	--	0,059	--

La siguiente figura también nos permite visualizar que las emisiones atmosféricas no solo se deben a un proceso de combustión de algún combustible, sino que también por características propias del proceso como lo es la etapa de molienda y el enfriamiento, donde las emisiones son material particulado de la propia biomasa (finos).

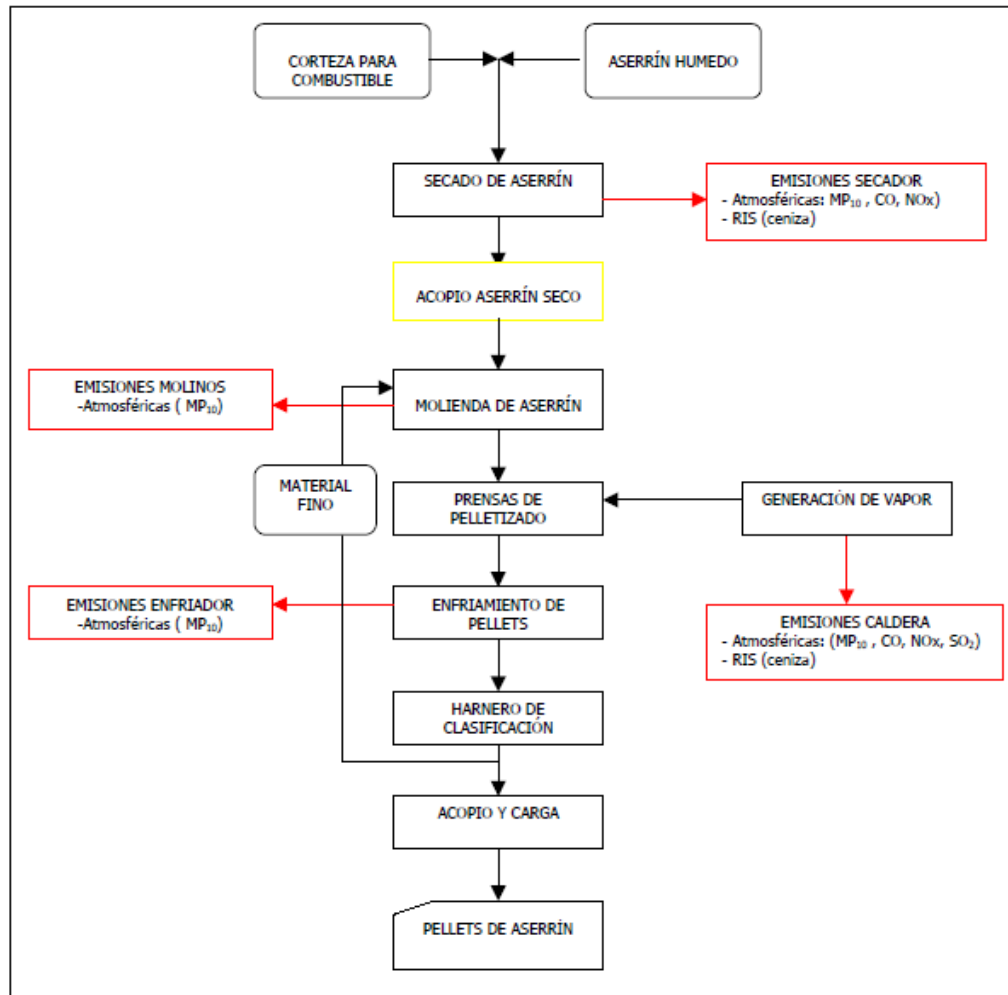


Figura 25 Etapas del proceso de pelletizado en la que existen emisiones atmosféricas (ejemplo proyecto Andes Biopellets, proyecto que consideraba caldera).

6.3.2.2 Huella carbono industria pellets

Para el caso particular de Chile, la mayoría de los biocombustibles comercializados, particularmente, pellet y astillas combustibles, provienen de biomasa residual derivada de la industria forestal, por lo que su huella de carbono está asociada principalmente al *procesamiento* de la biomasa para producir el biocombustible sólido y al *transporte* hasta el usuario final¹¹. Sin embargo, es relevante indicar las diferencias en huella de carbono entre los combustibles fósiles y la biomasa, lo que se presenta en la Tabla 11, en específico para los casos de calefacción domiciliar, principal destino de los pellets de madera en Chile.

¹¹ La Asociación Chilena de Biomasa está apoyando una tesis de la Universidad de Concepción, la cual está analizando la huella de carbono específica para la industria de los pellets nacional. Lamentablemente por temas de pandemia, los resultados de dicha tesis no lograron ser presentados previo al término del presente informe, pero se deja constancia que será un indicador a revisar en las siguientes etapas del presente APL.

Tabla 11 Emisiones de gases de efecto invernadero para sistema de calefacción según combustible

SISTEMA DE CALEFACCIÓN	CO₂ Kg/MWh	CO_{2eq} Kg/MWh	CER %
Leña (10 kW)	9.76	19.27	3.69
Astillas (50 kW)	21.12	26.04	7.81
Astillas (1000 kW)	21.13	23.95	8.61
Pellet (10 kW)	26.70	29.38	10.20
Pellet (50 kW)	28.95	31.91	11.08
GLP (10 kW)	272.51	276.49	15.03
Diésel (1000 kW)	322.0	327.0	98.91
Gas Natural (10 kW)	226.81	251.15	14.63
Gas Natural (1000 kW)	233.96	257.72	17.72
Sistema eléctrico	591.0	622.0	85.3

En términos industriales, dada la información del párrafo anterior, la huella de carbono por el consumo energético de la industria, es relativamente bajo, ya que aquellos que requieren mayor consumo energético para los procesos de secado, utilizan biomasa y no combustibles fósiles, quedando el uso de estos sólo para los consumos eléctricos donde la huella de Carbono se irá reduciendo, al tiempo que Chile siga avanzando en la incorporación de ERNC a la matriz eléctrica, y el retiro de las centrales a carbón, más la disminución de combustibles fósiles en el transporte.

Existen industrias que poseen equipos de combustión de gas, que son apoyos a las calderas de biomasa, pero solamente para su encendido, por lo que su incidencia en las emisiones es menor. Sí se detecta un caso específico, donde por capacidad de la red eléctrica, la empresa ha tenido que optar por generador eléctrico complementario, el cual hoy es en base a fósiles, pero se está evaluando su reemplazo, por cogeneración en base a biomasa, permitiendo así una independencia energética y bajar huella de carbono.

6.3.2.3 Residuos Industriales Líquido (RILES)

La generación de residuos líquidos en una planta de pellets, sólo puede estar dado por 2 motivos:

- Como proceso propiamente tal del uso de una caldera, cuyos residuos líquidos sólo requieren pasar por un proceso de enfriamiento y pueden ser evacuados al alcantarillado, siendo en orden de magnitud, cercanos a 2 m³/día para una planta superior a 10 ton/año.
- Residuos de aguas servidas correspondiente a los baños del personal.

Cabe desatacar que hoy ninguna de las empresas que utilizan secado de biomasa lo hacen por medio del uso de calderas, sino que, por medio de quemadores, los cuales no tienen utilización de agua o generación de vapor. El valor presentado de agua para una caldera se tiene gracias a la DIA de la empresa Andes Biopellets, cuyo proyecto consideraba una caldera, por lo que se tenía dicha información evaluada, sin embargo, el proyecto hoy sólo considera producción en base a materia prima seca.

6.3.2.4 Consumo de agua

El consumo de agua para la producción de pellets es un consumo muy reducido, que tiene relación principalmente con la homogenización de la materia prima. Dado que en verano se tiene más materia seca, su consumo aumenta, produciéndose lo contrario en invierno. Además, algunos productores indican que incluso en gran parte del tiempo no se requiere de consumo de agua, ya que la materia prima está en condiciones idóneas para el proceso, por venir de industrias como el aserrío, donde el secado ya deja la materia prima en condiciones de 10 a 12% de humedad. El consumo de agua para el proceso es mucho menor que el consumo de agua para el personal de la planta, el cual está estimado en 100 lts por trabajador al día. El consumo de agua para el proceso es variable entre las empresas, según lo consultado con los distintos ejecutivos, pero se indica que para plantas que compran la materia prima seca, el consumo estaría alrededor de 0,03 lts/kg, y para aquellos que utilizan secado, disminuye, ya que con el secado tiene mayor control de la humedad de la materia prima, bajando a 0,01 lt/kg.

En conclusión, tanto el consumo de agua para el proceso de producción (mínimo), como para el consumo del personal, no afecta la disponibilidad del recurso ni calidad del recurso, según lo expresado en la documentación ambiental revisada, y la comunicación personal con los ejecutivos.

6.3.2.5 Consumo energético

Como se ha mencionado, se tienen 2 tipos de consumo energético en el procesamiento de los pellets de madera (sin considerar el transporte), lo que se traduce en energía térmica, necesaria para el secado de materia prima en las empresas que trabajan con dicho material húmedo, y electricidad para la maquinaria respectiva.

Para la generación térmica, en las plantas que cuentan con secado, el combustible utilizado es biomasa residual, principalmente provenientes de aserraderos. Se vuelve a dar hincapié, en que sólo 3 plantas de las 25 catastradas utilizan secado de materia prima, a la fecha del presente diagnóstico, y que incluso una de ellas, lleva sólo semanas en operación. Las 3 empresas consultadas, llevan la relación del costo de energía térmica, en cuanto al volumen de biomasa que se utiliza, de acuerdo al volumen de biomasa que se compra para la producción, esta relación es cercana a un 20%, lo que quiere decir, que el secado tendría una incidencia de un 20% en relación al precio de la materia prima, que hoy es cercana al 35% del costo promedio de la industria, lo que nos lleva a un costo de secado cercano al 7% del costo de producción.

En cuanto al consumo eléctrico se realizó encuesta que fue respondida por 8 empresas, que dado a sus diferentes tamaños de producción pueden ser consideradas una muestra significativa de la industria, ya que se tiene presencia de pequeñas empresas (<10 mil ton/año), medianas empresas (10 a 20 mil/ton/año) y grandes productores (> 20 mil ton año).

En promedio, el consumo eléctrico es del orden del 14,1%, sin embargo, se tiene un rango entre un 10% a un 20%, lo que hace suponer que podría haber espacios de gestión energética con objetivo de reducir costos de producción en algunas empresas, sin embargo, las diferencias, también podrían estar explicadas por las diferencias geográficas, donde se cuentan con distintas tarifas eléctricas.

En grandes empresas, donde las economías de escala suelen ser parte de la eficiencia, el consumo eléctrico está alrededor del 10%. En estos casos, sería factible evaluar la cogeneración con biomasa para la

reducción de este costo, sin embargo, para escalas pequeñas, el costo de inversión de la cogeneración es muy alto, por lo que se sugiere una evaluación caso a caso.

A continuación, se presenta gráfica promedio para la incidencia en costos de producción del consumo eléctrico y otras variables (Figura 26). Se reserva el nombre de las empresas, ya que corresponde a información confidencial.

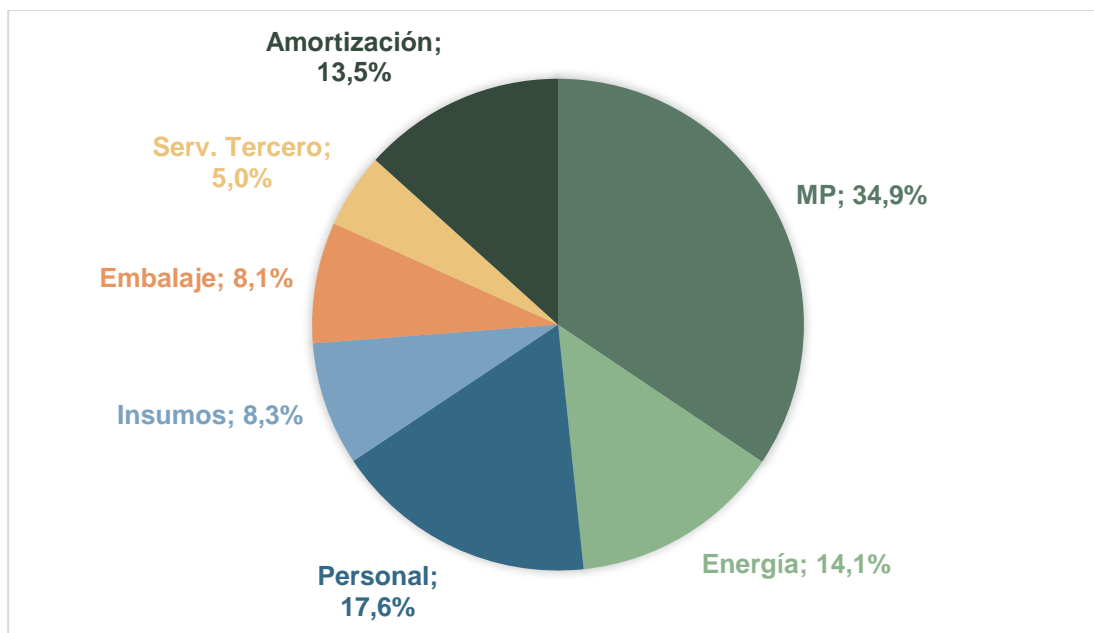


Figura 26 Incidencia Por Ítem En Costos De Producción Promedios

6.3.3 Impactos ambientales del consumo

Se identifican dos indicadores principales asociados al impacto de la participación del pellet en la demanda energética de las ciudades chilenas: emisiones de material particulado y de gases de efecto invernadero. Dada la ya documentada mejora en eficiencia energética del combustible de madera en formato pellet, versus leña no certificada¹² (formato más extendido en el Centro-Sur de Chile), una modificación de la matriz de generación energética residencial se proyecta con una menor carga de ambos tipos de emisiones al generar la misma cantidad de energía reduciendo el consumo de biomasa leñosa no certificada, la cual tiene un nivel de emisiones neto menor.

En particular, para el caso de emisiones de MP2.5, la reducción de emisiones neta es directa consecuencia de factores de emisión menores para la generación térmica derivada del uso de combustibles de mayor

¹² <https://calefaccionsustentable.mma.gob.cl/calculadora/>

densidad energética, mayores eficiencias de los equipos y la integración de sistemas de abatimiento (pellet) versus la alternativa de leña no certificada¹³.

El caso de las emisiones de GEI es similar, considerando que cada unidad de energía adicional generada en base al combustible pellets reemplaza a la generación actual en base a leña no certificada¹⁴. De este modo, toda la biomasa equivalente de bosque no consumida es adicional a la línea base actual, dando un balance positivo de reducción de emisiones. Esta lógica de estimación de reducción de emisiones es la misma utilizada por la ENCCRV para estimar el impacto de las políticas de sustitución de leña insustentable por alternativas certificadas¹⁵. Para este caso, la adaptación principal corresponde a la utilización de contenidos energéticos y eficiencia energética de equipos específicos para el caso de sistemas basados en pellet.

6.3.3.1 Emisiones MP 2.5 y GEI

Las emisiones de MP2.5 y GEI fueron estimadas usando distintos escenarios de recambio de leña por pellets como combustible energético, aplicados a la ciudad de Valdivia a modo de ejemplo. Para la determinación de estos escenarios, se utilizó como base la información de venta de pellets a nivel nacional entre los años 2011 y 2020. Estas ventas fueron proyectadas al año 2025 bajo tres escenarios (Figura 27):

- Pesimista: La certificación que se logre mediante este APL no tiene efecto sobre la venta de pellets a nivel nacional, por lo que este escenario corresponde a la proyección de las ventas del periodo 2011-2020 al 2025 mediante una línea de tendencia exponencial.
- Esperado: La certificación lograda por medio del APL aumenta un 5% anual las ventas de pellets a nivel nacional respecto al escenario pesimista.
- Optimista: La certificación lograda por medio del APL aumenta un 10% anual las ventas de pellets a nivel nacional respecto al escenario pesimista.

¹³ <https://www.iea.org/articles/does-household-use-of-solid-biomass-based-heating-affect-air-quality>

¹⁴ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_FD_SPM_final-1.pdf

¹⁵ <https://www.enccrv.cl/nota-informativa-23>

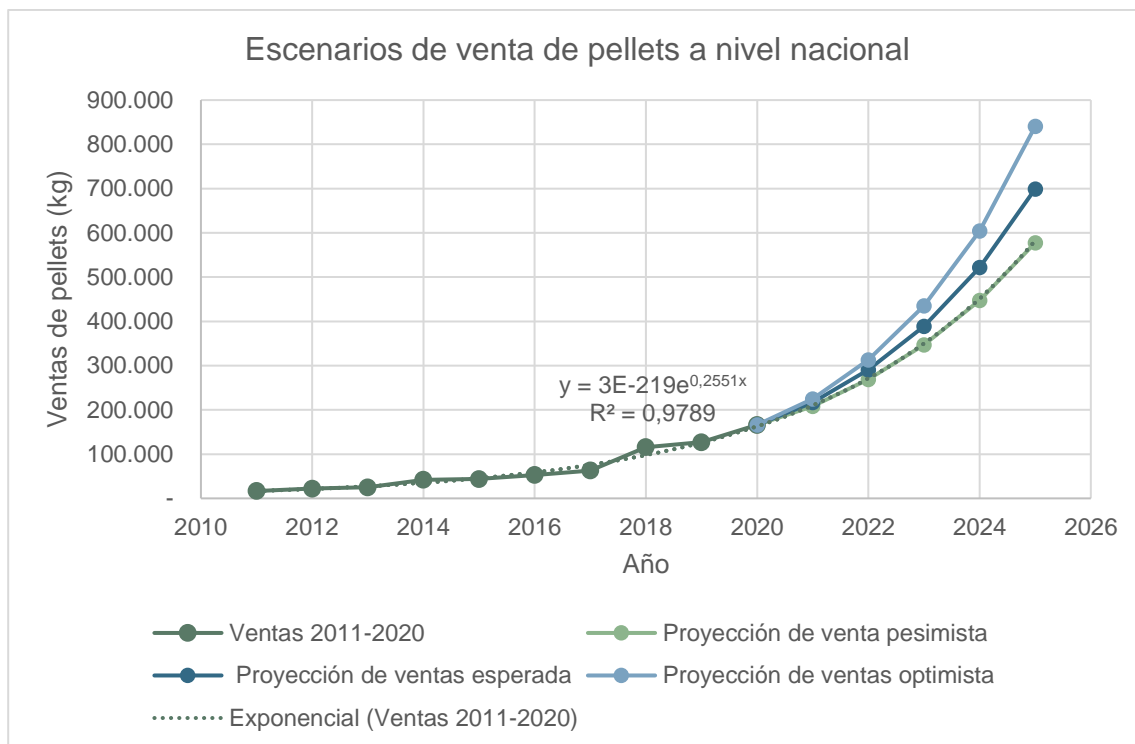


Figura 27. Escenarios considerados de venta de pellets a nivel nacional.

Para estimar el efecto de este crecimiento de ventas en el uso del pellet en la ciudad de Valdivia, se tomó como supuesto que la proporción de estufas a pellets en dicha ciudad es proporcional a las ventas nacionales. De esta manera, los escenarios de reemplazo de estufas de leña por pellets considerados corresponden a los presentados en la Tabla 12.

Tabla 12. Porcentaje de estufas a pellets en la ciudad de Valdivia (respecto al total de estufas).

Año	Porcentaje de estufas a pellets en la ciudad de Valdivia			Referencia
	Escenario pesimista	Escenario esperado	Escenario optimista	
2015	0,1%	0,1%	0,1%	PDA Valdivia 2015
2025	1,32%	1,60%	1,92%	Estimación propia.

Para medir el efecto de este aumento en la proporción de estufas a pellets sobre las emisiones de MP2,5 e GEI en la ciudad de Valdivia, se tomó los siguientes supuestos:

- La población de Valdivia no crece sustancialmente durante el periodo 2015-2025.
- Sólo un 5% de la leña es certificada y se maneja sustentablemente, es decir, de forma carbono neutral. El resto de la leña produce emisiones por degradación y deforestación de bosques nativos.
- El pellet sustituye el uso de leña no certificada húmeda, semihúmeda y seca en proporciones similares al uso actual de cada energético.

- La proporción de estufas a pellets del total de estufas es equivalente a proporción de kWh de calor suministrados por estufas a pellets respecto al total de kWh de calor producidos por todas las estufas en Valdivia. Este es un supuesto conservador para medir las reducciones de emisiones por reemplazo de leña a pellet, debido a la mayor eficiencia térmica de las estufas a pellets.

Esta metodología se basa en aquella utilizada por la ENCCRV¹⁶ para evaluar el impacto de los cambios en las matrices térmicas de ciudades contaminadas por el uso de biomasa (proporción leña certificada, no certificada, pellets, entre otros). En caso de querer aumentar la precisión de la estimación, habría que evaluar la nueva metodología para mantener la compatibilidad con este análisis.

Estimación de reducciones de emisiones de GEI

En primer lugar, es importante destacar que las reducciones de emisiones de GEI calculadas provienen únicamente de la degradación y deforestación evitada de bosques nativos, producto de un menor requerimiento de leña para calefacción residencial. No están incluidas las posibles reducciones de emisiones por otras razones, tales como la optimización en el manejo de materias primas, proceso productivo de leña y pellets, u otros.

Para la estimación de emisiones de GEI en el escenario base (año 2015), se calculó el consumo total de leña (kg sólidos al año) de la ciudad de Valdivia, a partir del volumen, densidad y contenido de humedad de la leña consumida, obtenido del inventario de emisiones elaborado por SICAM (2015)¹⁷. A partir de este consumo se estimó la energía térmica residencial total consumida (kWh de calor anuales), considerando distintos valores de eficiencia térmica dependiendo del tipo de combustible (Tabla 13). Cabe mencionar que, tal como lo estima el inventario de emisiones, la proporción de estufas a pellet es tan baja (0,1%), que su aporte energético se asume como irrelevante para el escenario base.

Tabla 13. Eficiencia térmica para leña y pellets utilizados.

Parámetros	Valor	Referencia
Eficiencia equipo leña (kWh calor/kWh combustible) ¹⁸	59%	CDT (2010) ¹⁹ y CNE (1985). ²⁰
Eficiencia equipo pellet (kWh calor/kWh combustible) ²¹	86%	SEC (2021) ²²

Luego, para los escenarios proyectados al año 2025, se reemplazó una parte del total de energía térmica proveniente de la leña por energía generada con pellets, en una proporción equivalente a la cantidad de estufas proyectadas para dicho año. Finalmente se convirtieron los consumos energéticos para cada escenario a emisiones de CO₂ equivalente por medio de los respectivos factores de conversión y se

¹⁶ <https://www.enccrv.cl/nota-informativa-23>

¹⁷ SICAM (2015). Desarrollo del Inventario de Emisiones para la comuna de Valdivia.

¹⁸ Se usó el promedio de la eficiencia de cada tipo de estufa a leña, ponderado por el consumo existente para cada una en la ciudad de Valdivia.

¹⁹ CDT (2010). Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial preparado por la Corporación de Desarrollo tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.

²⁰ CNE (1985). Eficiencia de Artefactos Domésticos para Cocinar, Calentar Agua y Calefaccionar.

²¹ Se usó el promedio de lista de calefactores certificados.

²² SEC (2021) Lista de calefactores a leña certificados. Febrero 2021.

estimaron las reducciones de emisiones de GEI resultantes de la disminución en el consumo de leña. Los resultados para cada escenario se observan a continuación.

Tabla 14. Reducciones de emisiones de GEI para cada escenario proyectado.

Aumento consumo de pellets por APL	Escenario pesimista 0%	Escenario esperado 5%	Escenario optimista 10%
Proporción de energía suministrada por pellets año 2025 (kWh)	1,32%	1,60%	1,92%
Emisiones GEI escenario base 2015 (ton CO2 eq)	301.298		
Emisiones GEI escenario proyectado 2025 (ton CO2 eq)	297.153	296.274	295.269
Reducciones de emisiones GEI 2015-2025 (ton CO2eq)	4.145	5.024	6.029
Porcentaje de reducción de emisiones GEI 2015-2025 (%)	1,4%	1,7%	2,0%

Estimación de reducciones de emisiones de MP2.5

Para el escenario base del año 2015, se estimó el consumo de leña para cada tipo de equipo (cocina a leña, combustión lenta C/T y S/T, salamandra y chimenea), condición de operación (buena operación o mala operación) y humedad del combustible (seco, semihúmedo o húmedo) por medio de una matriz, con información proveniente del inventario de emisiones de SICAM (2015)²³. Este consumo por tipo de equipo y condición fue multiplicado por su respectivo factor de emisión de MP2,5, presentado a continuación en la Tabla 15. De esta manera, se obtuvieron las emisiones de escenario base para la ciudad de Valdivia.

Tabla 15. Factores de emisión de MP 2.5 por equipo (g MP2,5/kg biomasa), humedad de leña y operación. Fuente. SICAM (2015).

Equipo	Buena operación		Mala operación
	Leña seca	Leña húmeda	Leña seca y húmeda
Cocina a leña	7,0	13,0	31,5
Combustión lenta S/T	5,8	11,0	42,6
Combustión lenta C/T	4,9	10,2	27,5
Salamandra	11,8	34,1	42,6
Chimenea	9,2	26,6	42,6
Calefactor certificado	2,3	10,2	10,2
Nueva tecnología	2,0	5,1	8,2
Calefactor a pellet	1,8		

Para la estimación de emisiones del año 2025, se calcularon los consumos energéticos (kWh/año) para cada situación, considerando los distintos tipos de equipo, condiciones de operación y condiciones de humedad de la leña existentes en el escenario base. A cada consumo energético se le asignó el factor de

²³ SICAM (2015). Desarrollo del Inventario de Emisiones para la comuna de Valdivia.

emisión correspondiente (Tabla 15) y se ordenaron los distintos consumos de mayor a menor factor de emisión, como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16. Situaciones de consumo energético por tipo de equipo, condición de operación y condición de humedad, ordenadas de menor a mayor factor de emisión (FE) de MP2.5

Tipo de equipo	Condición de operación	Condición de humedad	FE (gr/Kg)	Consumo energético escenario base (kWh/año)
Salamandra	Mala	Húmeda	42,6	1.104.319
Salamandra	Mala	Semihúmeda	42,6	1.040.277
Salamandra	Mala	Seca	42,6	617.050
Chimenea	Mala	Húmeda	42,6	5.101.242
Chimenea	Mala	Semihúmeda	42,6	4.805.409
Chimenea	Mala	Seca	42,6	2.850.375
Combustión lenta S/T	Mala	Húmeda	42,6	11.509.374
Combustión lenta S/T	Mala	Semihúmeda	42,6	10.841.918
Combustión lenta S/T	Mala	Seca	42,6	6.430.990
Salamandra	Buena	Húmeda	34,1	700.535
Salamandra	Buena	Semihúmeda	34,1	659.909
Cocina leña	Mala	Húmeda	31,5	26.017.602
Cocina leña	Mala	Semihúmeda	31,5	24.508.780
Cocina leña	Mala	Seca	31,5	14.537.623
Combustión Lenta C/T	Mala	Húmeda	27,5	36.206.357

A continuación, se reemplazó el consumo energético de las situaciones más contaminantes por el consumo energético de pellets proyectado para el 2025, en línea con el criterio de recambiar los equipos más contaminantes utilizado en los programas de recambio de calefactores²⁴.

De esta manera, se recalcularon las emisiones en base a la nueva situación de consumo energético y se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 17.

Tabla 17. Reducciones de emisiones de MP2.5 para cada escenario proyectado.

Aumento consumo de pellets por APL	Escenario pesimista 0%	Escenario esperado 5%	Escenario optimista 10%
Proporción de energía (kWh) suministrada por pellets año 2025	1,32%	1,60%	1,92%
Emisiones MP 2.5 escenario base 2015 (ton)	4.393		
Emisiones MP 2.5 escenario proyectado 2025 (ton)	4.285	4.259	4.230
Reducciones de emisiones MP2.5 2015-2025 (ton)	109	134	163
Porcentaje de reducción de emisiones MP2.5 2015-2025 (%)	2,5%	3,0%	3,7%

6.3.3.2 Emisiones Black Carbon (BC)

²⁴ <https://calefactores.mma.gob.cl/>

Consideraciones generales

El hollín es una mezcla de partículas microscópicas amorfas que contienen carbono negro, carbono orgánico y cantidades más pequeñas de azufre y otras sustancias químicas. El denso hollín de la combustión de diesel generalmente aparece negro porque contiene una alta fracción del llamado carbón negro (*black carbon o BC*), que absorbe todos los colores de la luz (ver Figura 28). Las columnas de humo de la quema de biomasa abierta pueden aparecer de color marrón, azul o gris porque su combustión menos eficiente produce una fracción mucho mayor de partículas de carbono orgánico en relación con el carbono negro. Las partículas de carbono orgánico de la combustión incompleta de la biomasa no solo dispersan la luz, sino que también pueden absorber parcialmente longitudes de onda, lo que da como resultado una coloración marrón del material de las partículas de humo²⁵.

Las partículas de hollín calientan el aire al absorber la luz solar, calentando la atmósfera al emitir esa energía a través de la radiación de calor (infrarroja) y la conducción al aire que las rodea. Esto difiere de los gases de efecto invernadero como el CO₂, que permiten el paso de la luz solar, pero absorben la radiación térmica de la Tierra y la reenvían al aire (ver Figura 28). Por tanto, el hollín es mucho más eficaz para absorber energía que el CO₂. Cuando las partículas de hollín envejecen en la atmósfera, se recubren de sustancias químicas relativamente transparentes o translúcidas, lo que aumenta su tamaño y la probabilidad de que la luz solar las golpee y sea absorbida por las partículas. Estas partículas de hollín recubiertas "envejecidas" calientan el aire más que las partículas de hollín sin recubrimiento recién emitidas.

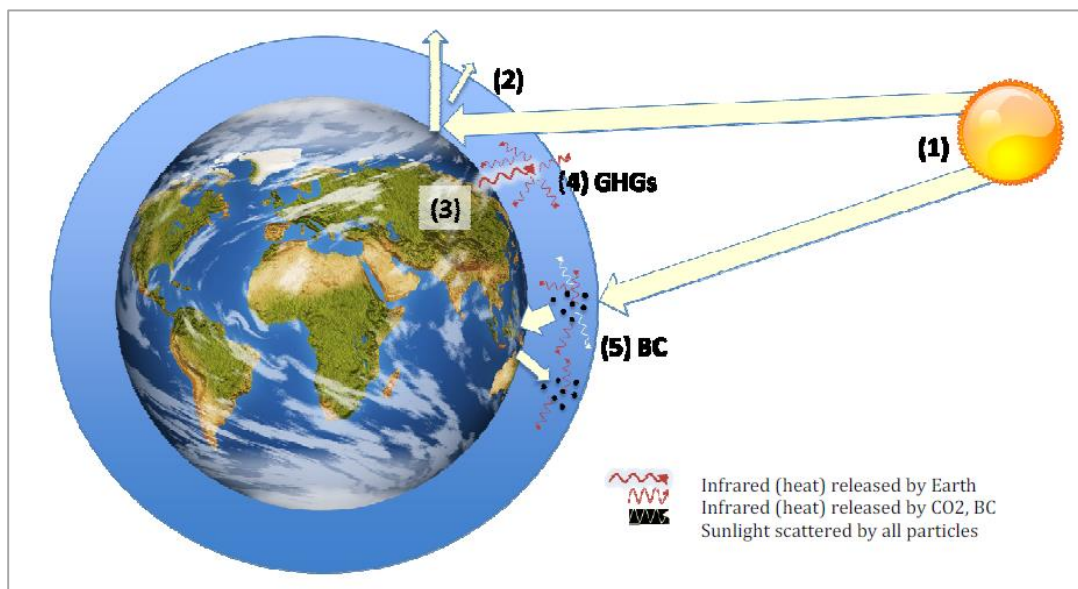


Figura 28 Mecanismo de alteración del balance energético por gases de efecto invernadero y partículas de carbon negro.

El calentamiento causado por los gases de efecto invernadero y el carbono negro se compensa parcialmente con la dispersión de la luz de otras partículas producidas por la combustión, como las sustancias orgánicas, los sulfatos (de dióxido de azufre) y los nitratos (de óxidos de nitrógeno). La luz solar entrante dispersada por estas partículas en todas las direcciones reduce la cantidad de luz solar que llega a la superficie de la Tierra, lo que resulta en un enfriamiento. La cantidad de carbono negro en relación con otras partículas es un factor crítico para evaluar el impacto de las fuentes de combustión en el clima. En general, es más probable que las fuentes con mayores proporciones de carbono negro (calentamiento) y

²⁵ Pew Center on Global Climate Change. 2009. Black Carbon: A science/policy primer

carbono orgánico (enfriamiento) provoquen un calentamiento neto. Las principales contribuciones de fuentes de carbono negro incluyen el 40 por ciento del carbón y el petróleo quemados en fuentes industriales y móviles, el 18 por ciento de los biocombustibles residenciales para calefacción y cocina (madera, desechos agrícolas y animales) y el 42 por ciento de la quema de biomasa abierta, incluida la quema intencional en agricultura y silvicultura, así como en incendios. El calentamiento y enfriamiento provocados por la absorción y dispersión de la luz solar por las partículas en el aire descritos anteriormente se consideran efectos "directos"²⁶.

La Figura 29 muestra que, en los últimos años, la quema de biomasa abierta y los biocombustibles sólidos son las fuentes más importantes de las considerables emisiones de carbono negro en África, Asia y América del Sur, mientras que los combustibles fósiles dominan en China, Europa y América del Norte.

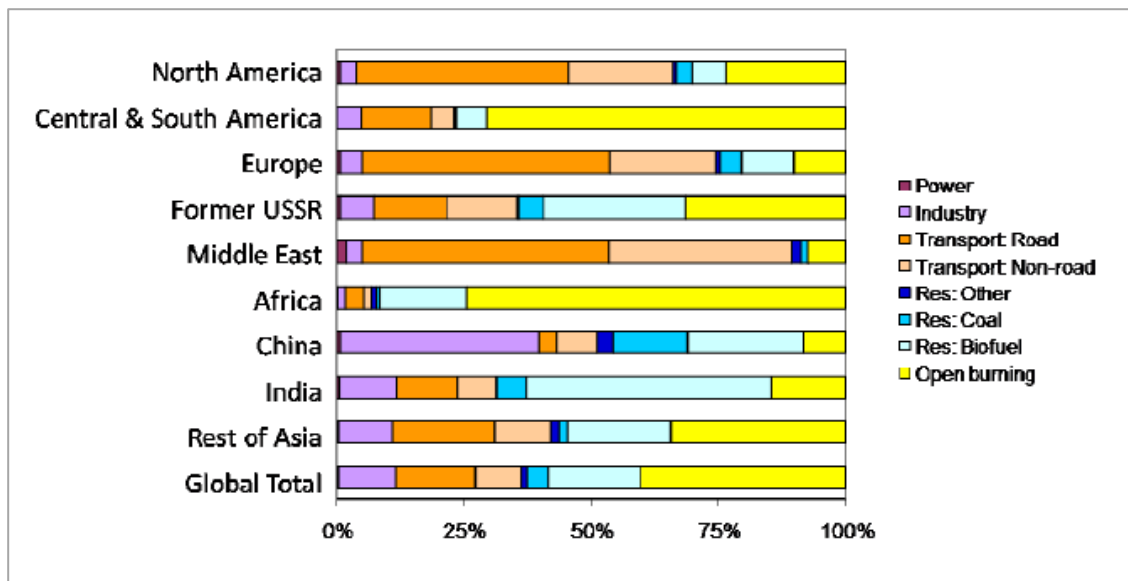


Figura 29 Importancia relativa del carbono negro según fuentes y regiones

Medidas para reducir las emisiones de black carbon: rol de la biomasa.

A diferencia del CO₂ de larga duración y bien mezclado, las concentraciones de BC en la atmósfera son muy variables entre las regiones, al igual que sus impactos en las poblaciones locales, el clima y los ecosistemas. Las oportunidades de mitigación también varían; En algunas partes del mundo ya se encuentran disponibles y en uso varias medidas de reducción de emisiones dirigidas a los precursores del carbón negro y del ozono. Si se implementan a nivel mundial, estas medidas por sí solas podrían reducir el calentamiento en aproximadamente 0,2 ° C para 2050; evitar millones de muertes prematuras al año por exposición a la contaminación del aire en interiores y exteriores; reducir millones de días laborales perdidos por enfermedad; y reducir las pérdidas de rendimiento de los cultivos (la Tabla destaca ejemplos de medidas de reducción en cuatro sectores principales, señalando de manera específica la opción de reemplazo a estufas a pellets)²⁷.

²⁶ Pew Center on Global Climate Change. 2009. Black Carbon: A science/policy primer

²⁷ GEF-UNEP. 2015. Black Carbon Mitigation and the Role of the Global Environment Facility: A STAP Advisory Document

Tabla 18 Medidas seleccionadas para el abatimiento de emisiones de carbono negro. Fuente: UNEP, 2011; UNEP/WMO 2011; World Bank y ICCI, 2013.

Measures	Sector
1. Standards for the reduction of pollutants from diesel vehicles (including adding particle filters to exhausts), equivalent to those included in Euro-6/VI standards, for on- and off-road vehicles.	Transport
2. Elimination of high-emitting vehicles in on- and off-road applications.	
3. Replacing lump coal with coal briquettes in cooking and heating stoves.	Residential
4. Replacing traditional fuelwood combustion technologies in the residential sector in industrialized countries with wood pellet stoves that use dry fuel produced from recycled wood waste or sawdust.	
5. Substitution of traditional biomass cook-stoves with stoves using clean-burning fuels such as bio-ethanol gel, liquefied petroleum gas (LPG) or biogas. ^{1, 2}	
6. Replacing traditional brick kilns with vertical shaft brick kilns. ³	Industry
7. Replacing traditional coke ovens with modern recovery designs.	
8. Banning open burning of agricultural and forest wastes in the fields. ¹	Agriculture
^{1.} Motivated in part by the effect on health and regional climate, including impacts on areas of ice and snow, but noting the potential CO ₂ impacts depending on the source of biomass and biogas. ^{2.} For cook-stoves, given their importance for BC emissions, two alternative measures are included. ^{3.} Zig-zag brick kilns would achieve comparable emission reductions to vertical-shaft brick kilns.	

De manera cuantitativa, el impacto del reemplazo de los sistemas residenciales térmicos actuales por alternativas basadas en pellets puede llegar a generar reducciones en las emisiones globales de black carbon de un 3%, para los casos estudiados en el hemisferio norte²⁸. Se debe prestar atención a que el escenario base es más exigente, dadas las regulaciones existentes para los sistemas utilizados en estas regiones. Si se toma en consideración que la sola *mejora* de los equipos para el caso de Africa y Asia puede reportar hasta una reducción del 9% de las emisiones globales de black carbon, el potencial de reemplazo de sistemas ineficientes en Chile por equipos a pellet podría tener un impacto con un piso equivalente (ver Tabla).

²⁸ UNEP and WMO 2011 – Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

Tabla 19 Reducciones de las emisiones globales antropogénicas en 2030 para diferentes medidas. Fuente: UNEP and WMO 2011 – Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone.

Measures	Sector	Main regions of reduction	Emitted substance	Per cent reduction in global emissions (all sectors) due to measure
Improved stoves	Residential	Asia and Africa	BC	9
			OC	51
			Total PM _{2.5}	26
			CO	21
			CH ₄	2
Pellet stoves	Residential	North America and Europe	BC	3
			OC	2
			Total PM _{2.5}	1.4
			CO	0.3

Por lo tanto y en general, el enfoque de reemplazo a las tecnologías basadas en leña (y más aún cuando se cuenta con un mercado predominantemente irregular, dominado por leña no certificada) es una medida transversalmente aceptada para mitigar las emisiones de carbono negro. De manera más específica, la mejora en eficiencia de los combustibles en sistemas térmicos residenciales se identifica como la alternativa más costo eficiente (Tabla 20).

Tabla 20 Evaluación de la costo efectividad de eliminación de carbono negro para diversas tecnologías. Fuente: Pew Center on Global Climate Change. 2009. Black Carbon: A science/policy primer

Source	Control Technology	Capital Cost	Cost Effectiveness (\$ per ton CO2e)	
			100-year GWP	20-year GWP
Diesel Engines				
Light vehicle	Particle filter	\$250-500	25-50	8-16
"Superemitting" light vehicle	Repair, or Vehicle turnover	\$500-1000 \$thousands	30-130	10-40
Pre-regulation truck	Particle filter	\$500-10,000	30-130	10-40
Residential Solid Fuel				
Wood cookstove	Cleaner stoves, fuel switch	\$3-100	1-34	0.3-11
Coal cookstove	Cleaner stoves, fuel switch	\$3-100	0.2-6	0.1-2
Industry and Power				
Coal: low-tech brick kiln	Switch kiln type (50 percent reduction)		18-35	5.5-11

^a Illustrative comparison based on numerous assumptions detailed in Bond and Sun (2005) regarding costs, operational lifetime, emissions, and efficiencies. CO₂e based on 100-year and 20-year GWP (see Table 2). Current estimated costs for retrofitting diesels are higher than shown (see below).

Indicadores de emisión de BC para una matriz residencial en base a pellets

Como se mencionara anteriormente, la estimación de emisiones de la fracción BC para la tecnología de calefacción residencial en base a pellet es compleja, dada la dispersión geográfica de fuentes, condiciones climáticas y geográficas, así como la variedad de sistemas de combustión basada en este combustible²⁹. Además, el efecto de calentamiento adicional equivalente que genere cada emisión puntual, estará condicionado por las condiciones climáticas y topográficas de las zonas de estudio. En conclusión, un análisis que pretenda estimar un valor de emisiones de BC asociado a su efecto de GEI no puede basarse solamente en la tecnología de transformación energética y/o contenido energético del combustible de reemplazo.

Pese a esto, se estima conveniente presentar un análisis comprehensivo del impacto que las medidas de reemplazo hacia sistemas basados en pellet realizado por UNEP y WHO³⁰, el cual modela todos estos elementos³¹.

Las medidas de biocombustible examinadas por separado son (ver Tabla 21):

- c) Las de las estufas de pellets, la introducción de estufas de biomasa de combustión limpia en los países en desarrollo (BC1) y,
- d) las estufas de combustión limpia que utilizan combustibles modernos en sustitución de las estufas de biomasa en los países en desarrollo (BC2).

En el análisis, las medidas de CH₄ conducen a una reducción de aproximadamente 0,31 °C en 2070, mientras que las medidas del Grupo BC1, incluidas las estufas de pellets adicionales y las medidas de briquetas residenciales, agregan otros 0,16 °C, mientras que las medidas del Grupo BC2³² agregan 0,10 °C. La contribución total de las medidas de BC es, por tanto, de aproximadamente 0,26 °C, de los cuales ~ 0,12 °C proviene de medidas sobre la combustión de biocombustibles y 0,14°C de todas las demás medidas de BC (principalmente combustión de combustibles fósiles). La mayor influencia de calentamiento de las emisiones de combustibles fósiles sobre las emisiones de biocombustibles está en consonancia con otros estudios que examinan el efecto de todas las emisiones de BC / OC en lugar de medidas específicas.

²⁹ GEF-UNEP. 2015. Black Carbon Mitigation and the Role of the Global Environment Facility: A STAP Advisory Document

³⁰ <https://www.ccacoalition.org/en/resources/integrated-assessment-black-carbon-and-tropospheric-ozone>

³¹ UNEP and WMO 2011 – Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

³² Sustitución de cocinas de combustión limpia que utilizan combustibles modernos por cocinas tradicionales de biomasa en los países en desarrollo

Tabla 21 Medidas identificadas para reducir el forzamiento radiativo de sustancias de corta vida. Fuente: UNEP and WMO 2011 – Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

Measure ¹	Sector
CH ₄ measures	
Extended pre-mine degasification and recovery and oxidation of CH ₄ from ventilation air from coal mines	Extraction and transport of fossil fuel
Extended recovery and utilization, rather than venting, of associated gas and improved control of unintended fugitive emissions from the production of oil and natural gas	
Reduced gas leakage from long-distance transmission pipelines	
Separation and treatment of biodegradable municipal waste through recycling, composting and anaerobic digestion as well as landfill gas collection with combustion/utilization	Waste management
Upgrading primary wastewater treatment to secondary/tertiary treatment with gas recovery and overflow control	
Control of CH ₄ emissions from livestock, mainly through farm-scale anaerobic digestion of manure from cattle and pigs	Agriculture
Intermittent aeration of continuously flooded rice paddies	
BC Group 1 measures, affecting BC and other co-emitted compounds	
Diesel particle filters as part of a Euro 6/VI package for road and off-road diesel vehicles	Transport
Replacing coal by coal briquettes in cooking and heating stoves	Residential
Pellet stoves and boilers, using fuel made from recycled wood waste or sawdust, to replace current wood-burning technologies in the residential sector in industrialized countries	
Introduction of clean-burning biomass stoves for cooking and heating in developing countries ^{1,2} .	
Replacing traditional brick kilns with vertical shaft kilns and with Hoffman kilns.	Industry
Replacing traditional coke ovens with modern recovery ovens, including the improvement of end-of-pipe abatement measures in developing countries.	
BC Group 2 measures affecting BC and other co-emitted compounds	
Elimination of high-emitting vehicles for road and off-road transport.	Transport
Ban of open field burning of agricultural waste ¹	Agriculture
Substitution of clean-burning cook stoves using modern fuels for traditional biomass cook stoves in developing countries ^{1,2}	Residential

¹ Motivated in part by its effect on health and regional climate, including areas of ice and snow.

² For cookstoves, given their importance for BC emissions, two alternative measures are included.

³ There are other measures than those identified that could be implemented. For example, electric cars would have a similar impact on diesel particulate filters but these are not yet widely available; forest fire controls could also be important but are not included due to the difficulty in establishing the proportion of fires that are anthropogenic.

Las medidas de combustión de biocombustibles también tienen beneficios sustanciales para la salud, ya que contribuyen con alrededor del 61% de las muertes evitadas a nivel mundial debido a todas las medidas juntas, principalmente debido a las reducciones de PM_{2.5}. Como porcentaje de la respuesta sanitaria a todas las medidas en conjunto, la contribución de las medidas de combustión de biocombustibles a las muertes evitadas es mayor en África (83%) y Asia meridional, occidental y central (65%), más que la contribución de todas las demás medidas en Asia oriental, Asia sudoriental y el Pacífico (56 %) y América Latina y el Caribe (53%), y las más pequeñas en América del Norte y Europa (37 %). Los cambios estimados en la mortalidad debido a estas medidas son solo para exposiciones al aire libre y no tienen en cuenta las mejoras significativas esperadas en la calidad del aire interior³³.

En el caso particular chileno, las estimaciones generales del impacto de la reducción de las emisiones de BC se enfocan en el reemplazo de leña húmeda por seca como combustible principal³⁴. Esta medida, por si sola se estima que impactaría en una reducción de emisiones del orden de un 11,8%. Esta estimación no

³³ UNEP and WMO 2011 – Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

³⁴ https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_de_transicion_energetica_residencial13082020.pdf

contempla el reemplazo por un combustible aún más eficiente energéticamente y más eficiente en los sistemas de abatimiento, como es el caso del pellet.

6.3.3.3 Aporte a los compromisos nacionales

Como se ha señalado en los capítulos anteriores, medidas de incremento de la participación de pellet como solución térmica residencial, tendrían impacto en los siguiente compromisos nacionales y políticas públicas:

Contribución Nacional Determinada (NDC 2020)

Se identifican dos contribuciones determinada, donde las acciones del APL aportan:

- Contribución en mitigación M1: Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO₂eq, entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO₂eq al 2030
- Contribución en mitigación M2: Una reducción de al menos un 25% de las emisiones totales de carbono negro al 2030, con respecto al 2016. Este compromiso se implementará principalmente a través de las políticas nacionales asociadas a calidad del aire.

Aporte identificado: modificación de la matriz energética por alternativas reconocidamente menos emisoras.

Política forestal 2015-2035 (MINAGRI/CONAF)

Esta Política planteó los principales desafíos del sector forestal al 2035, incluyendo un eje estratégico de Productividad y Crecimiento Económico, el que busca impulsar la silvicultura, la industrialización y el aprovechamiento integral de los recursos forestales, para que contribuyan al incremento de la productividad y la producción de bienes y servicios, como aporte significativo al desarrollo económico y social del país.

Aporte identificado:

- Consolidar la significativa contribución del sector forestal a la seguridad e independencia energética y descarbonización de la matriz de energía primaria del país, incrementando la producción y utilización de biomasa certificada en origen y calidad.

Ruta Energética 2018-2022 (MINENER)

La Ruta Energética 2018-2022 define 7 ejes que determinan las actuales prioridades de MINENER en materia energética.

Aporte identificado:

El desarrollo de una industria certificada de producción de pellets, impacta en la aceleración de la implementación de los siguiente ejes,

- Eje 4. Energía baja en Emisiones: define la modernización del mercado de biocombustibles sólidos, mediante regulación y apoyo a iniciativas de inversión asociadas. Especifica la coordinación entre MINENER y el sector privado para la promoción de inversión en la producción y consumo de pellets.
- Eje 6. Eficiencia Energética: evaluación de alternativas de energéticos para calefacción, incluyendo la detección de disponibilidad local de combustibles limpios para la calefacción alternativos a la leña y evaluando la factibilidad de su penetración en la población.

Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) comunales (MMA)

Una relevante cantidad de los PDA vigentes consideran el recambio de calefactores a leña por otra tecnologías más eficientes y menos contaminantes. Hasta el 2017, de un total de 12.826 recambios, el 52,2% de los recambios realizados considero la calefacción en base a pellet por sobre otras opciones como la leña, gas y parafina

Aporte identificado:

- Una industria de pellets certificado y creciente, da seguridad en a los PDA para considerarlos como alternativas de menor emisión respecto a la leña.
- Las emisiones de MP2.5 se reducen por el reemplazo de equipos en base a leña.

Estrategia de Transición Energética Residencial (2020)

Con el objetivo de acelerar la transición y contribuir a disminuir los niveles de contaminación en las principales ciudades del centro sur del país, el Ministerio de Energía en conjunto con otros Ministerios ha diseñado un paquete de 14 medidas a implementar en el corto y mediano plazo. Se destacan:

- Medida 1. Ley de Biocombustibles Sólidos: aunque en una primera etapa estará concentrada en regular la leña en el sector comercial público y residencial, también se facultará al Ministerio de Energía para regular aspectos de calidad de otros biocombustibles como el pellet.
- Medida 8. Centros Integrales de Biomasa (CIB), para aumentar la oferta de leña seca, pellet, astillas y/o briquetas de alta calidad.

Aporte identificado: en la discusión reciente de la ley de biocombustibles sólidos, se integra la certificación de pellets como parte de la legislación. En la misma discusión con actores relacionados, se reconoce el aporte que este APL podría entregar

6.4 Reglamentación pertinente a la actividad

En el mundo existen diversos organismos nacionales e internacionales que desarrollar normativas de calidad de productos, gestión de calidad en procesos productivos y/o seguridad ocupacional y/o ambiental, entre otros. Ejemplo de estos son las normas de sistemas de gestión de calidad como la NCh-ISO9001:2015 “Sistema de Gestión de Calidad” así como las que son específicas de la calidad de productos terminados tales como la norma “Biocombustibles sólidos - Especificaciones y clases de combustibles - Parte 2: Clases de pellets de madera”.

Resulta esencial distinguir entre lo que es un estándar y una certificación. Un estándar define un conjunto específico de requisitos, especificaciones o características de un producto, proceso o servicio. Los estándares son administrados por organismos internacionales como ISO o CEN, y se basan en la experiencia y las contribuciones de diversos interesados. Si bien ciertos textos legislativos pueden referirse a él, las normas sirven como directrices y no como un marco jurídicamente vinculante.

Una certificación es la prueba de que un producto, proceso o servicio cumple con los requisitos específicos. Estos requisitos generalmente se presentan en un estándar internacional, pero también pueden variar y ser definidos en estándares locales o incluso entre un comprador y vendedor como un acuerdo privado.

En esencia, los esquemas de certificación ahorran a los consumidores la tediosa tarea de verificar las características del producto contra el estándar ISO mediante la realización de un proceso de verificación sistemático y simplificado. Es por eso por lo que es esencial que un esquema de certificación sea transparente e independiente, que proteja su marca comercial y que combata el fraude en todas partes para garantizar que siempre se pueda confiar en el sello

6.4.1 Descripción mercado de certificación y estatus normativo de los biocombustibles sólidos de madera en el mundo

Existen diversas organizaciones que establecen los estándares a nivel internacional o regional. En general los países pueden elegir usar estándares internacionales o desarrollar sus propios estándares.

En la actualidad, hay principalmente dos organizaciones responsables del desarrollo de estándares internacionales o regionales (Europeo) en el campo de BS y éstas son ISO y CEN, quienes aprobaron en 1990 un acuerdo de cooperación técnica conjunta, llamado el Acuerdo de Viena, que entró en vigencia a mediados de la década 2000. Su objetivo primario es evitar la duplicación de esfuerzos y reducir el tiempo necesario para la creación de estándares. Como resultado, nuevos proyectos de estándares están siendo planeados entre CEN e ISO. En cualquier caso, la prioridad es dada a la cooperación con ISO siempre que los estándares internacionales cumplan los requerimientos legislativos del mercado Europeo y los participantes no-europeos implementen esos estándares.

En la última década CEN ha adoptado muchos estándares ISO que reemplazaron los correspondientes estándares CEN.

Esencialmente, el Acuerdo de Viena reconoce la primacía de los estándares internacionales, pero reconoce también que necesidades particulares (por ejemplo, del Mercado europeo), pueden requerir el desarrollo de estándares para los cuales su necesidad no ha sido reconocida a nivel internacional. En ciertas instancias CEN necesita asumir el trabajo que es urgente en el contexto europeo, pero menos urgente en el plano internacional. Como resultado, el Acuerdo de Viena establece dos modos esenciales de desarrollo colaborativo de estándares: el modo bajo liderazgo de ISO y el modo bajo liderazgo de CEN, en los cuales los documentos elaborados por una entidad son notificados para la simultánea aprobación de la otra.

A nivel internacional es ISO la entidad que lidera actualmente el desarrollo de estándares para combustibles sólidos de biomasa forestal.

6.4.2 Organismos internacionales de desarrollo de estándares.

Entre las organizaciones y entidades generadoras de normas y especificaciones para biocombustibles sólidos y materias primas forestales, se puede mencionar:

6.4.2.1 ISO International Organization for Standardization / Organización Internacional para la Estandarización.

Es una organización independiente, no-gubernamental con membresía intergubernamental y el mayor desarrollador mundial de Estándares Internacionales voluntarios (<http://www.iso.org>). Fundada en 1947, la organización promueve estándares de propiedad, industriales y comerciales en todo el mundo. Su base se ubica en Ginebra, Suiza, y actualmente está compuesta por 165 países miembros, que son los organismos nacionales de normalización alrededor del mundo. Fue una de las primeras organizaciones a las que el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas concedió el estatus de Consultor General. Las normas ISO son desarrolladas por un panel de expertos, dentro de los Comités Técnicos (CT) establecidos.

6.4.2.2 CEN Comité Européen de Normalisation / Comité Europeo para la Estandarización.

Fundado en 1961, es una organización sin fines de lucro cuya misión es fomentar la economía europea en el comercio mundial, el bienestar de los ciudadanos europeos y el medio ambiente, proporcionando una eficiente infraestructura a las partes interesadas para el desarrollo, mantención y distribución de conjuntos coherentes de normas y especificaciones.

Bajo reglas de estandarización comunes, los 31 Centros Nacionales de CEN trabajan juntos para desarrollar Estándares Nacionales en varios sectores. CEN produce Estándares Europeos que automática y obligatoriamente se convierten en estándares nacionales en los 31 países miembros.

Entre otros, CEN es responsable de definir los estándares para biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

(<https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>)

6.4.2.3 BSI British Standards Institution / Institución Británica de Estándares.

Es una organización que produce normas para una amplia variedad de sectores industriales. Sus códigos de prácticas y especificaciones cubren temas técnicos y de administración que van desde la gestión de la continuidad de negocios hasta requisitos de calidad.

BSI es el organismo de estándares más antiguo del mundo. Se formó en 1901 con la reunión de varios institutos industriales que crearon un comité para el largo plazo. El comité se convirtió en la Asociación

Británica de Normas de Ingeniería (British Engineering Standards Association) en 1929, la que tuvo sus objetivos definidos por mandato Real. En 1930, esta Asociación se transformó formalmente en la BSI.

La BSI asiste a organizaciones que apuntan a lograr la certificación europea CE (Conformité Européene) que significa Conformidad Europea y es una declaración del productor de que el producto cumple con los requerimientos de la correspondiente directiva Europea. En el BSI Group, el comité PTI/17 es el responsable por la estandarización de biocombustibles. www.bsigroup.com.

6.4.2.4 DIN Deutsches Institut für Normung E.V. / Instituto Alemán de Normalización E.V.

Es la organización nacional de Alemania para la estandarización, con base en Berlín.

Hay actualmente alrededor de treinta mil normas DIN, cubriendo casi todos los campos de tecnología. Fundado en 1917 como Comité Alemán para la Estandarización, en 1975 fue renombrado DIN y es reconocido por el gobierno alemán como el organismo oficial nacional de estándares, representando los intereses alemanes a nivel Internacional.

DIN desarrolla estándares y normas para la racionalización, aseguramiento de la calidad, protección ambiental, seguridad y comunicación en la industria, etc. <https://www.din.de/>

6.4.2.5 ASTM American Society for Testing and Materials / Asociación Americana para Ensayos y Materiales

Es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. Existen acuerdos voluntarios de normas de aplicación mundial. Las oficinas principales de la organización ASTM international están ubicadas en West Conshohocken, Pennsylvania, Estados Unidos.

La organización fue fundada en 1898, como la sección Americana de la Asociación Internacional para el Ensayo y Materiales (IATM). En 1902, la sección americana se constituye como organización autónoma con el nombre de American Society for Testing and Materials, que se volverá universalmente conocida en el mundo técnico como ASTM.

En 1961 ASTM fue redefinida como American Society for Testing and Materials, habiendo sido ampliado también su objetivo. A partir de ese momento la cobertura de la ASTM, además de cubrir los tradicionales materiales de construcción, pasó a ocuparse de los materiales y equipos más variados, como las muestras metalográficas, cascos para motociclistas, equipos deportivos, etc. La ASTM está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO. <https://www.astm.org/>.

6.4.2.6 JSA Japanese Standards Association / Asociación Japonesa de Estándares

Creada en 1945, con su oficina principal actualmente en Tokio, Japón. Es la organización para el desarrollo de estándares nacionales (JIS – Japanese Industrial Standards).

Promueve la estandarización en Japón desarrollando estándares en áreas técnicas como materiales, unidades, muestreo, inspección, medio ambiente y sistemas de gestión como Gestión de la Calidad y Sistemas de Aseguramiento de la Calidad. Apoya las actividades para la estandarización internacional relacionadas con ISO y otras. <https://www.jsa.or.jp/en>.

6.4.3 Organismos nacionales de desarrollo de estándares.

Si bien, como mencionado, no existe aún una ley para biocombustibles sólidos, sí existen normas para el control de calidad y cantidad de éstos. Mayoritariamente, las normas corresponden a normas ISO homologadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN).

El INN es el Organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Miembro de ISO y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

6.5 Normas de calidad del producto pellet

6.5.1 Normas Generales para Biocombustibles Sólidos-Pellets de Madera

A continuación, se mencionan algunos estándares ya homologados por el INN (identificados como NCh) y algunos ISO, actualmente en uso en Europa para BS:

6.5.1.1 UNE-EN-ISO16559:2015. Biocombustibles sólidos. Terminología, definiciones y descripciones

Esta norma internacional determina la terminología y las definiciones para los biocombustibles sólidos. De acuerdo con el campo de aplicación del Comité Técnico ISO/TC 238, esta norma sólo incluye la materia prima y transformada originaria de:

- Silvicultura y cultivos forestales.
- Agricultura y horticultura.
- Acuicultura.

6.5.1.2 NCh-ISO17225/1:2017 Biocombustibles sólidos – Especificaciones y clases de combustibles – Parte 1: Requisitos generales

En este estándar se definen las clases de combustibles en función de su calidad y las especificaciones de los BS. Su objetivo es ofrecer criterios coherentes y claros de clasificación de los BS basados en el "origen y fuente", la "formato de comercialización" (pellets, astillas, etc.) y las "propiedades" (contenido de agua, contenido de cenizas, etc.) a fin de expedir una declaración explícita del producto. Este estándar incluye una clasificación en función del origen y la fuente del biocombustible.

Existen cuatro grupos principales de BS según su origen dentro del sistema de clasificación jerárquico:

- "biomasa leñosa"
- "biomasa herbácea"
- "biomasa de frutos"
- "mezclas definidas y no definidas".

Existen diferentes tipo o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados energéticamente. La norma NCh-ISO17225/1:2017 define la siguiente clasificación del origen y fuente de BS, donde, en específico a lo correspondiente a origen de "1. Biomasa Leñosa":

1. Biomasa leñosa	1.1 Biomasa leñosa procedente del monte, plantación y otra madera virgen	1.1.1 Árboles completos sin raíces	1.1.1.1 Latifoliadas 1.1.1.2 Coníferas 1.1.1.3 Cultivo leñoso con turno corto 1.1.1.4 Matorral 1.1.1.5 Conjuntos y mezclas
		1.1.2 Árboles enteros con raíces	1.1.2.1 Latifoliadas 1.1.2.2 Coníferas 1.1.2.3 Cultivo leñoso de turno corto 1.1.2.4 Matorral 1.1.2.5 Conjuntos y mezclas
		1.1.3 Fuste	1.1.3.1 Latifoliadas con corteza 1.1.3.2 Coníferas con corteza 1.1.3.3 Latifoliadas sin corteza 1.1.3.4 Coníferas sin corteza 1.1.3.5 Conjuntos y mezclas
		1.1.4 Residuos de corta	1.1.4.1 Latifoliadas en fresco/verde (incluyendo hojas) 1.1.4.2 Coníferas en fresco/verde (incluyendo acículas) 1.1.4.3 Latifoliadas almacenadas 1.1.4.4 Coníferas almacenadas 1.1.4.5 Conjuntos y mezclas
1. Biomasa leñosa	1.1 Biomasa leñosa procedente del monte, plantación y otra madera virgen	1.1.5 Tocones/raíces	1.1.5.1 Latifoliadas 1.1.5.2 Coníferas 1.1.5.3 Cultivo leñoso con turno corto 1.1.5.4 Matorrales 1.1.5.5 Conjuntos y mezclas
		1.1.6 Corteza (de operaciones forestales)	
		1.1.7 Madera procedente de jardines, parques, mantenimiento de arcenes, viñedos, huertos y madera a la deriva en agua dulce	
		1.1.8 Conjuntos y mezclas	
	1.2 Subproductos y residuos de industrias de madera	1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente	1.2.1.1 Latifoliadas con corteza 1.2.1.2 Coníferas con corteza 1.2.1.3 Latifoliadas sin corteza 1.2.1.4 Coníferas sin corteza 1.2.1.5 Corteza (de operaciones industriales)
		1.2.2 Residuos, subproductos, fibras y componentes de la madera tratada químicamente	1.2.2.1 Sin corteza 1.2.2.2 Con corteza 1.2.2.3 Corteza (de operaciones industriales) 1.2.2.4 Fibras y componentes de la madera
		1.2.3 Conjuntos y mezclas	
	1.3 Madera usada	1.3.1 Madera usada no tratada químicamente	1.3.1.1 Sin corteza 1.3.1.2 Con corteza 1.3.1.3 Corteza
		1.3.2 Madera usada tratada químicamente	1.3.2.1 Sin corteza 1.3.2.2 Con corteza 1.3.2.3 Corteza
		1.3.3 Conjuntos y mezclas	
	1.4 Conjuntos y mezclas		

Tabla 22 Clasificación del origen y fuente de Biocombustibles Sólidos según norma Nch-ISO17225/1:2017

Los biocombustibles sólidos se comercializan en muchas formas y tamaños diferentes. El tamaño y la forma influyen en la manipulación del combustible, así como en sus propiedades de combustión. Los biocombustibles se pueden suministrar, por ejemplo, en las formas mostradas en la siguiente tabla:

Nombre del combustible	Tamaño de partícula típico	Método común de preparación
Árbol completo (ver Tabla 16)	> 500 mm	Ninguna preparación o desramado
Astillas (ver Tabla 5)	5 mm a 100 mm	Corte con herramientas afiladas
Combustible triturado (ver Tabla 5)	Variable	Triturado con herramientas romas
Madera de tronco/madera en rollo (ver Tabla 6)	> 100 cm	Corte con herramientas afiladas
Troncos de madera (ver Tabla 6)	50 cm a 100 cm	Corte con herramientas afiladas
Leña (ver Tabla 6)	5 cm a 100 cm	Corte con herramientas afiladas
Tablas y recortes (ver Tablas 6 o 16)	Variable	Corte con herramientas afiladas
Corteza (ver Tabla 9)	Variable	Residuo del descortezado de árboles (cortado en tiras o no)
Paquetes atados (ver Tabla 16)	Variable	Orientados en sentido longitudinal y apilados
Combustible en polvo (ver Tabla 16)	< 1 mm	Molido
Aserrín (ver Tabla 7)	1 mm a 5 mm	Corte con herramientas afiladas
Virutas (ver Tabla 8)	1 mm a 30 mm	Cepillado con herramientas afiladas
Briquetas (ver Tabla 3)	$\phi > 25$ mm	Compresión mecánica
Pellets (ver Tabla 4)	$\phi \leq 25$ mm	Compresión mecánica

Tabla 23 Formas de comercialización de los Biocombustibles Sólidos

Aun cuando la norma define requisitos de calidad para múltiples tipos de BS, existen normas específicas para los BS más utilizados.

6.5.1.3 NCh-ISO17225/2:2017. Biocombustibles sólidos – Especificaciones y clases de combustibles – Parte 2: Clases de pellets de madera.

Alcance

Esta norma determina las clases de calidad de los combustibles y las especificaciones de pellets de madera clasificados para uso no industrial e industrial. Esta norma cubre sólo pellets de madera producidos a partir de la materia prima siguiente.

- Bosque, plantaciones y otra madera virgen;
- Subproductos y residuos de la industria del procesamiento de la madera;
- Madera usada no tratada químicamente.

Los pellets de biomasa tratada térmicamente (por ejemplo, pellets torrefactados) no están incluidos en el alcance de esta norma. La torrefacción es un pretratamiento suave de la biomasa a una temperatura entre 200°C y 300°C.

Clases de calidad

La especificación de los pellets de madera se indica en las siguientes tablas:

	Clase de propiedad/ Método de análisis	Unidades	A1	A2	B
Normativo	Origen y fuente, ISO 17225/1		1.1.3 Fuste 1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente ^a	1.1.1 Árboles enteros sin raíces 1.1.3 Fuste 1.1.4 Restos de corta 1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente ^a	1.1 Bosque, plantaciones y otra madera virgen 1.2 Subproductos y residuos de la industria del procesado de la madera 1.3.1 Madera usada no tratada químicamente
	Diámetro, D ^b y longitud, L ^c ISO 17829 Según Figura 1	mm	D06 6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08,8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08,8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40	D06,6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08,8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40
	Humedad, M ISO 18134-1, ISO 18134-2	% (m/m) según se recibe, base húmeda	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10
	Cenizas, A ^d , ISO 18122	% (m/m) en base seca	A0.7 ≤ 0,7	A1.2 ≤ 1,2	A2.0 ≤ 2,0
	Durabilidad mecánica, DU, ISO 17831-1	% (m/m) según se recibe	DU97.5 ≥ 97,5	DU97.5 ≥ 97,5	DU96.5 ≥ 96,5
	Finos, F ^e , ISO 18846	% (m/m) según se recibe	F1.0 ≤ 1,0	F1.0 ≤ 1,0	F1.0 ≤ 1,0
	Aditivos ^f	% (m/m) según se recibe	≤ 2 A declarar tipo y cantidad	≤ 2 A declarar tipo y cantidad	≤ 2 A declarar tipo y cantidad
	Poder calorífico neto, Q, ISO 18125	MJ/kg o kWh/kg según se recibe	Q16.5 ≥ 16,5 o Q4.6 ≥ 4,6	Q16.5 ≥ 16,5 o Q4.6 ≥ 4,6	Q16.5 ≥ 16,5 o Q4.6 ≥ 4,6
	Densidad a granel, BD ^g , ISO 17828	kg/m ³ según se recibe	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600
	Nitrógeno, N, ISO 16948	% (m/m) en base seca	N0.3 ≤ 0,3	N0.5 ≤ 0,5	N1.0 ≤ 1,0

Tabla 24 Clases de Calidad (parte 1)

	Clase de propiedad/ Método de análisis	Unidades	A1	A2	B
Normativo	Azufre, S , ISO 16994	% (m/m) en base seca	$S0.04 \leq 0,04$	$S0.05 \leq 0,05$	$S0.05 \leq 0,05$
	Cloro, Cl , ISO 16994	% (m/m) en base seca	$Cl0.02 \leq 0,02$	$Cl0.02 \leq 0,02$	$Cl0.03 \leq 0,03$
	Arsénico, As , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	Cadmio, Cd , ISO 16968	mg/kg en base seca	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
	Cromo, Cr , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	Cobre, Cu , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	Plomo, Pb , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	Mercurio, Hg , ISO 16968	mg/kg en base seca	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
	Níquel, Ni , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	Zinc, Zn , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Informativo	Comportamiento de fusión de ceniza^h CEN/TS 15370-1 ^[4]	°C	Se debería declarar	Se debería declarar	Se debería declarar

^a Niveles insignificantes de pegamento, grasa y otros aditivos de la producción de madera utilizados en los aserraderos durante la producción de madera y productos de madera derivados de la madera virgen son aceptables, si todos los parámetros químicos de los pellets se encuentran claramente dentro de los límites y/o las concentraciones son demasiado pequeñas como para ser preocupantes.

^b Se declara el tamaño seleccionado D06 o D08 de los pellets.

^c La cantidad de pellets más largos que 40 mm puede ser del 1% (m/m). La longitud máxima debe ser ≤ 45 mm. Los pellets son mayores a 3,15 mm si ellos permanecen sobre un tamiz con luz de malla mayor a 3,15 mm. Se recomienda declarar el porcentaje en masa de los pellets más cortos de 10 mm.

^d Se recomienda un contenido de cenizas inferior al 0,5% para los quemadores y estufas domésticos.

^e En la puerta de la fábrica en el transporte a granel (en el momento de la carga) y en sacos pequeños (hasta 20 kg) y grandes (en el momento del embalaje) o cuando se entrega al usuario final.

^f Tipo de aditivos para ayudar a la producción, entrega o combustión (por ejemplo, coadyuvantes a la presión, inhibidores de la escoria o cualquier otro aditivo como almidón, harina de maíz, harina de papa, aceite vegetal o lignina).

^g Se recomienda declarar el valor real de la densidad a granel. Esto es especialmente importante para los quemadores y estufas domésticas sin control automático del suministro de aire y por tanto no sensibles a la variación de la densidad a granel. El valor máximo de la densidad a granel: 750 kg/m³.

^h Se recomienda que todas las temperaturas características (temperatura de contracción inicial (SST), temperatura de deformación (DT), temperatura de semiesfera (HT) y la temperatura fluida (FT)) en condiciones de oxidación se deberían declarar. Se debería declarar otra temperatura de precalcínación diferente a 550°C.

Tabla 25 Clases de Calidad (parte 2)

	Clase de propiedad/ Método de análisis	Unidades	I1	I2	I3
Normativo	Origen y fuente, EN 17225-1		1.1 Bosque, plantaciones y otra madera virgen 1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente ^a	1.1 Bosque, plantaciones y otra madera virgen 1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente ^a	1.1 Bosque, plantaciones y otra madera virgen 1.2 Subproductos y residuos de la industria del procesado de la madera 1.3.1 Madera usada no tratada químicamente
	Diámetro, D ^b y Longitud, L ^c ISO 17829 Según Figura 1	mm	D06, 6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D10, 10 ± 1; 3,15 < L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D10, 10 ± 1; 3,15 < L ≤ 40 D12, 12 ± 1; 3,15 < L ≤ 40
	Humedad, M ISO 18134-1, ISO 18134-2	% (m/m) según se recibe, base húmeda	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10
	Cenizas, A, ISO 18122	% (m/m) en base seca	A1.0 ≤ 1,0	A1.5 ≤ 1,5	A3.0 ≤ 3,0
	Durabilidad mecánica, DU, ISO 17831-1	% (m/m) según se recibe	97,5 ≤ DU ≤ 99,0	97,0 ≤ DU ≤ 99,0	96,5 ≤ DU ≤ 99,0
	Finos, F ^d , ISO 18846	% (m/m) según se recibe	F4.0 ≤ 4,0	F5.0 ≤ 5,0	F6.0 ≤ 6,0
	Aditivos ^e	% (m/m) según se recibe	< 3 A declarar tipo y cantidad	< 3 A declarar tipo y cantidad	< 3 A declarar tipo y cantidad
	Poder calorífico neto, Q, ISO 18125	MJ/kg según se recibe	Q16.5 ≥ 16,5	Q16.5 ≥ 16,5	Q16.5 ≥ 16,5
	Densidad a granel, BD ^f , ISO 17828	kg/m ³ según se recibe	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600
	Nitrógeno, N, ISO 16948	% (m/m) en base seca	N0.3 ≤ 0,3	N0.3 ≤ 0,3	N0.6 ≤ 0,6

Tabla 26 Clases de Calidad (parte 3)

	Clase de propiedad/ Método de análisis	Unidades	I1	I2	I3
Normativo	Distribución de tamaño de partícula de pellets desintegrados , ISO 17830	% (m/m) en base húmeda equilibrada	≥ 99% (< 3,15 mm) ≥ 95% (< 2,0 mm) ≥ 60% (< 1,0 mm)	≥ 98% (< 3,15 mm) ≥ 90% (< 2,0 mm) ≥ 50% (< 1,0 mm)	≥ 97% (< 3,15 mm) ≥ 85% (< 2,0 mm) ≥ 40% (< 1,0 mm)
	Azufre, S , ISO 16994	% (m/m) en base seca	S0.05 ≤ 0,05	S0.05 ≤ 0,05	S0.05 ≤ 0,05
	Cloro, Cl , ISO 16994	% (m/m) en base seca	Cl0.03 ≤ 0,03	Cl0.05 ≤ 0,05	Cl0.1 ≤ 0,1
	Arsénico, As , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 2	≤ 2	≤ 2
	Cadmio, Cd , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
	Cromo, Cr , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 15	≤ 15	≤ 15
	Cobre, Cu , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 20	≤ 20	≤ 20
	Plomo, Pb , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 20	≤ 20	≤ 20
	Mercurio, Hg , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
	Zinc, Zn , ISO 16968	mg/kg en base seca	≤ 200	≤ 200	≤ 200
Informativo	Comportamiento de fusión de ceniza^g CEN/TS 15370-1 ^[4]	°C	Se debería declarar	Se debería declarar	Se debería declarar
<p>^a Niveles insignificantes de pegamento, grasa y otros aditivos de la producción de madera utilizados en los aserraderos durante la producción de madera y productos de madera derivados de la madera virgen son aceptables, si todos los parámetros químicos de los pellets se encuentran claramente dentro de los límites y/o las concentraciones son demasiado pequeñas como para ser preocupantes.</p> <p>^b Se declara el tamaño seleccionado D06, D08, D10 o D12 de los pellets.</p> <p>^c La cantidad de pellets más largos que 40 mm puede ser del 1% (m/m). La longitud máxima debe ser ≤ 45 mm. Los pellets son mayores a 3,15 mm si ellos permanecen sobre un tamiz con luz de malla mayor a 3,15 mm. Se recomienda declarar el porcentaje en masa de los pellets más cortos de 10 mm.</p> <p>^d En la puerta de la fábrica en el transporte a granel (en el momento de la carga) y en sacos grandes (en el momento del embalaje o cuando se entrega al usuario final).</p> <p>^e Tipo de aditivos para ayudar a la producción, entrega o combustión (por ejemplo, coadyuvantes a la presión, inhibidores de la escoria o cualquier otro aditivo como almidón, harina de maíz, harina de papa, aceite vegetal o lignina).</p> <p>^f El valor máximo de la densidad a granel es 750 kg/m³.</p> <p>^g Se recomienda que todas las temperaturas características (temperatura de contracción inicial (SST), temperatura de deformación (DT), temperatura de semiesfera (HT) y la temperatura fluida (FT)) en condiciones de oxidación se deberían declarar.</p>					

Tabla 27 Clases de Calidad (parte 4)

El muestreo y análisis de las propiedades se debe llevar a cabo de conformidad con los métodos mencionados en las normas relacionadas.

Las clases de propiedad A1, A2, I1 e I2 representan madera virgen y residuos de madera no tratada químicamente. La clase A1 de Tabla 1 representa combustibles con bajo contenido en ceniza y nitrógeno, mientras que la clase A2 tiene algo más de ceniza y nitrógeno. Las clases de propiedad I1 e I2 tienen un

contenido de ceniza y nitrógeno similar al de A2. Las clases de propiedad B e I3 permiten subproductos y residuos industriales de madera tratada químicamente y madera usada no tratada químicamente.

Los residuos y subproductos de madera químicamente tratada de la industria del procesamiento de madera y la madera usada químicamente no tratada se incluyen en la clase B e I3, siempre y cuando no contengan metales pesados o compuestos orgánicos halogenados más altos que los valores típicos de los materiales vírgenes o los valores típicos del país de origen. En el caso de las materias primas pertenecientes a madera químicamente tratada, el origen real de la materia prima se debe describir con más detalle, por ejemplo, los residuos de la producción de madera laminada.

Si los datos de las propiedades físicas o químicas están disponibles, un análisis posterior puede no requerirse.

Para asegurarse que los recursos se utilizan de manera adecuada y la declaración es correcta, se usa la medida más apropiada de las siguientes:

- a) utilización de valores medidos previamente o los obtenidos por la experiencia de la misma materia prima;
- b) cálculo de las propiedades, por ejemplo, mediante el uso de valores típicos, y teniendo en cuenta los valores generalmente aceptados y los valores documentados específicos;
- c) realización de análisis:
 - con los métodos simplificados si están disponibles;
 - con los métodos de referencia.

La responsabilidad del productor o el proveedor para proporcionar la información correcta y precisa es exactamente la misma, tanto si se llevan a cabo los análisis de laboratorio como si no se hacen.

Los valores típicos no eximen a los productores o proveedores de proporcionar información precisa y fiable.

Para asegurar que el usuario final recibe pellets con un bajo nivel de finos, la cantidad de finos debe ser \leq 1% cuando se deja en el punto final de carga para su entrega al usuario final. Entre la puerta de la fábrica y el usuario final, los distribuidores deberían tomar medidas apropiadas para mantener este nivel bajo de finos.

La calidad se debe dar en la declaración de producto o mediante la correspondiente etiqueta en el embalaje.

6.5.2 Normas Aseguramiento de Calidad de Biocombustibles Sólidos

A continuación, se presentan los aspectos más importantes de las normas de aseguramiento de la calidad de BS.

6.5.2.1 UNE-EN 15234-1:2011 Biocombustibles sólidos – Aseguramiento de la calidad del combustible – Parte 1: Requisitos generales

Objetivo

El principal objetivo de esta norma es garantizar la calidad de los BS a lo largo de la cadena de suministro, desde el origen hasta la entrega del BS y proporcionar la confianza adecuada en que se cumplen los requisitos de calidad especificados.

La cadena de suministro del BS por lo general consta de las etapas principales que se describen en la siguiente figura:

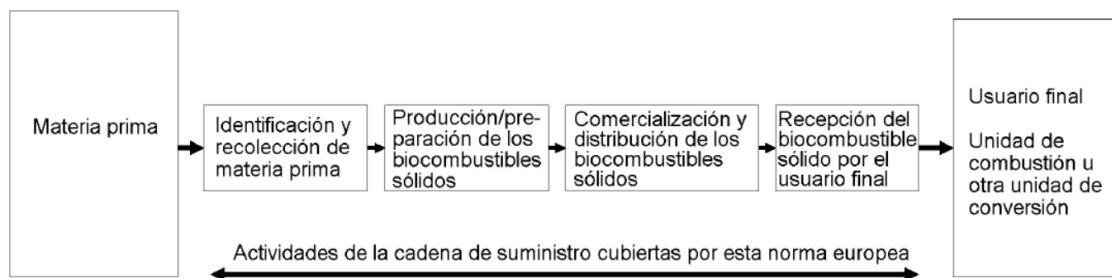


Figura 30 Cadena de suministro típica de los Biocombustibles Sólidos

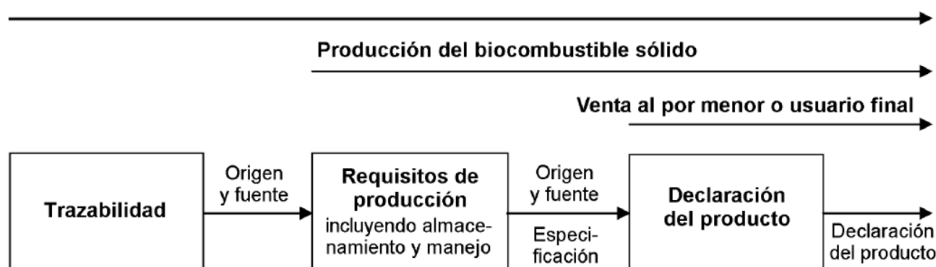
El objetivo de esta norma es servir de herramienta para permitir un comercio eficiente de BS de modo que: el usuario final pueda encontrar un BS adecuado a sus necesidades.

el productor/suministrador pueda producir un BS con propiedades definidas y coherentes y describir el BS a los clientes.

Las medidas para el aseguramiento de la calidad deben establecer la confianza en el BS a través de sistemas que funcionen de forma sencilla y no provoquen burocracia innecesaria.

En la terminología de la Norma NCh-ISO9001:2015, un sistema de gestión de calidad por lo general consta de la planificación de la calidad, control de la calidad, aseguramiento de la calidad y mejora de la calidad. Esta norma cubre el aseguramiento de la calidad del BS (parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad) y control de la calidad (parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad)

La siguiente figura ilustra el principio de esta norma y los procedimientos para establecer la confianza en los BS.

Origen y fuente de la biomasa**Figura 31 Principios del Aseguramiento de la Calidad**

	Trazabilidad	Requisitos de producción	Declaración del producto
Persona/Organización responsable	primer operador que proporcione el recurso como materia prima para la producción de energía	Productor del biocombustible sólido que es responsable del mantenimiento de la calidad de los combustibles hasta que se entrega al usuario final o distribuidor	Si el productor es un proveedor directo para el usuario final es él/ella quien tiene que presentar una declaración de producto. Proveedor o distribuidor de los biocombustibles sólidos para el usuario final
Acciones:	Proporcionar información exacta sobre el origen, la fuente y la ubicación de la que se tomó la materia prima	Elaboración, manipulación y almacenamiento de los biocombustibles sólidos garantizando que el biocombustible sólido se suministra con la calidad declarada	Asegurar que el cliente recibe los productos como se ha declarado en la declaración de producto y que la declaración es exacta y apropiada para los requisitos de los usuarios finales
Ejemplo de demostración del cumplimiento	Esto se puede lograr a través de una combinación del uso de la Norma EN 14961-1:2010, tabla 1 Origen y Fuente y si fuese posible con una declaración sobre la ubicación de la materia prima	Esto se puede lograr proporcionando una declaración sobre el origen, fuente y ubicación, de acuerdo a la Norma EN 14961-1:2010, tabla 1 en cuanto a la ubicación de la materia prima siempre que sea posible	Declaración de producto, respaldada con la verificación de control de calidad y documentación del aseguramiento de la calidad y datos de ensayo (según sea apropiado)

Figura 32 Procedimientos para establecer la confianza en los Biocombustibles Sólidos

El aseguramiento y control de la calidad persigue proporcionar confianza en que, de forma continua, se alcanza una calidad estable de acuerdo con los requisitos de los clientes. Esto significa que se cumplen los requisitos especificados, pero no significa necesariamente una calidad alta, sino una calidad estable y que se consigue de forma continua según los requisitos de los clientes. El cliente es el siguiente operador de la cadena de suministro. Los requisitos del cliente incluyen no solo la calidad de los combustibles, sino también la calidad del funcionamiento de la empresa, tales como la documentación (declaración de producto, el etiquetado de los envases, el sistema de trazabilidad, etc.), la planificación y la logística (para proporcionar los BS a tiempo y según los criterios de rendimiento acordados).

Control de calidad v/s Aseguramiento de calidad

Es importante entender las diferencias entre el control de calidad y el aseguramiento de la calidad.

El **control de la calidad** trata, fundamentalmente, de controlar la calidad de un producto o proceso para permitir la entrega del producto o servicio dentro de los parámetros acordados de la manera más eficaz y rentable. Las consecuencias de tener buen control de calidad serán un producto y proceso eficaz en costes.

El **aseguramiento de la calidad** por el contrario, se trata de revisar los productos y procesos, principalmente a través de los datos proporcionados por los registros de control de calidad y de usar estos datos para:

proporcionar la confianza de que los productos se producen dentro de las especificaciones requeridas y los procesos funcionan como deberían; y

asegurar que a más largo plazo o bien se mantiene la consistencia (estabilidad en los resultados de proceso) o que las mejoras en la calidad están teniendo el impacto previsto.

Metodología para el aseguramiento de calidad

Las herramientas del aseguramiento de la calidad son excelentes proporcionando datos que permiten a la empresa gestionar un proceso a través de informes de excepciones.

La metodología que se describe a continuación para el aseguramiento de la calidad y control de calidad de la producción se debe utilizar para todos los procesos, pero se debe ajustar a los requisitos de producción específicos de la cadena de producción en cuestión.

Hay seis etapas consecutivas. Los pasos se muestran y describen a continuación:

a) Paso 1: Definir la(s) especificación(es) para el(los) biocombustible(s)

- 1) **Descripción de la calidad del combustible.** La calidad de los combustibles se describe por la especificación del combustible de acuerdo con la parte correspondiente de la Norma NCh-ISO17225 y debería ser el resultado de un acuerdo entre un operador y el siguiente operador de la cadena de suministro. El siguiente operador debería ser considerado como el cliente del operador anterior. La definición de la especificación de los biocombustibles debería ser el paso inicial. Este paso influirá en las decisiones posteriores sobre el equipamiento, materias primas y lugar de producción.

Las especificaciones también se pueden establecer de acuerdo a demandas anticipadas del mercado. En realidad, la especificación a menudo es una combinación de los requisitos del cliente, las demandas del mercado y las condiciones previas del operador (por ejemplo, las limitaciones del equipamiento).

- 2) **Determinación de las propiedades clave.** El productor de biocombustibles y / o distribuidor debe determinar las propiedades clave de acuerdo con las necesidades del usuario final. Los siguientes temas deberían considerarse en la determinación de las propiedades fundamentales:
 - el uso de los biocombustibles y el cumplimiento de una parte apropiada de la Norma NCh ISO 17225;
 - restricciones legales y reglamentos relativos a los límites de emisión y otros problemas ambientales;
 - los posibles efectos de calidad de la mezcla y mezcla de biocombustibles de diferentes materias primas, sus cualidades y su posterior almacenamiento.

b) Paso 2: Documentar los pasos en la cadena de procesos

- 1) Elaboración de un diagrama de flujo.

- 2) Asignación de responsabilidades.
- 3) Temas de gestión. Muchos parámetros de calidad no tienen nada que ver con las propiedades físicas y químicas alteradas durante el procesamiento de los biocombustibles, sino más bien con aspectos de gestión.

c) Paso 3: Analizar los factores que influyen en la calidad del combustible y el rendimiento de la empresa

Deberían examinarse todas las actividades referentes a los procesos técnicos y de gestión. Los siguientes factores determinan la calidad de los biocombustibles y sus resultados:

- 1) La eficacia de la inspección preliminar de las fuentes de combustible y la verificación de las materias primas.
- 2) El cuidado con que se almacena y procesa el material.
- 3) El conocimiento, la competencia y la cualificación del personal.

d) Paso 4: Identificar y documentar los puntos críticos de control para el cumplimiento de las especificaciones de los combustibles

- 1) Identificación de puntos críticos de control.
- 2) Elección de puntos críticos de control.
- 3) Monitorización (control) de puntos críticos de control.

e) Paso 5: Seleccionar las medidas adecuadas para dar confianza a los clientes que la(s) especificación(es) se está(n) realizando

- 1) Asignación de responsabilidades.
- 2) Formación del personal.
- 3) Instrucciones de trabajo.
- 4) Establecimiento de medidas de control de calidad.
- 5) Documentación adecuada de los procesos y resultados de ensayos.
- 6) Sistema de los procedimientos de reclamaciones.

f) Paso 6: Establecer y documentar rutinas para la manipulación separada de los materiales no conformes y los biocombustibles

- 1) Material no conforme.
- 2) Biocombustible no conforme.

Propiedades de los combustibles

Las propiedades de los combustibles se deben especificar en la declaración de producto de acuerdo a los requisitos de la parte correspondiente de la Norma NCh-ISO17225.

El proceso de muestreo es de suma importancia para la obtención de una muestra representativa y para una determinación fiable de las propiedades. Las muestras serán representativas cuando se utilicen las siguientes metodologías: EN ISO 14778 y NCh-ISO14780:2020.

El transporte, manipulación y almacenamiento de la muestra se debe llevar a cabo de modo que no se alteren las propiedades que se van a medir ni tampoco, en la medida de lo posible, la muestra.

El resultado del ensayo debería estar disponible, si es posible, antes de que se use el biocombustible. Se debe guardar una contramuestra hasta que los resultados del ensayo estén disponibles.

Declaración de calidad del combustible

Con la declaración de calidad de combustible el productor o el proveedor confirma que las propiedades del producto final se ajustan a los requisitos de la parte pertinente de la Norma NCh-ISO17225. La declaración de producto debe expedirse tanto para los biocombustibles sólidos manejados como material a granel como para los biocombustibles sólidos envasados y en cualquier caso, para cada lote de entrega. Para biocombustibles sólidos envasados, la información de calidad que figura en la declaración de producto se debe etiquetar en el envase. El proveedor debe fechar la declaración y mantener todos los registros pertinentes durante un mínimo de un año después de la entrega. La declaración de producto debe indicar la calidad del combustible de acuerdo a la parte pertinente de la Norma NCh-ISO17225.

La declaración de producto sobre la calidad del combustible como mínimo debe incluir información sobre:

- a) proveedor (organismo o empresa), incluyendo información de contacto;
- b) forma de comercialización (según la Norma NCh-ISO17225/1:2017, Tabla 2);
- c) origen y fuente (según la Norma NCh-ISO17225/1:2017, Tabla 1);
- d) país/países (ubicaciones) de origen;
- e) especificación de las propiedades (de acuerdo con la parte pertinente de la Norma NCh-ISO17225);
- f) propiedades normativas,
- g) propiedades informativas,
- h) tratamiento químico (sí/no);
- i) firma y fecha.

6.5.2.2 UNE-EN 15234-2:2012 Biocombustibles sólidos – Aseguramiento de la calidad del combustible – Parte 2: Pellets de Madera para uso no industrial.

Objetivo

El **objetivo general** de esta norma europea es garantizar la calidad de los pellets de madera a través de la cadena completa de suministro, desde el origen hasta la entrega del biocombustible sólido, y proporcionar la confianza adecuada en que se cumplen los requisitos de calidad especificados.

Cadena de suministro

Hay tres **partes en la cadena de suministro**, ilustradas en la siguiente figura:

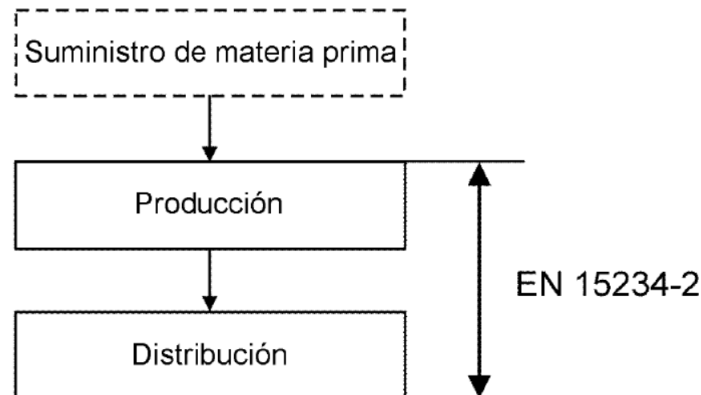


Figura 33 Partes de la Cadena de Suministro

Todos los operadores de la cadena de suministro son responsables de la trazabilidad del origen y de la fuente del material entregado por ellos. El primer operador es responsable de los documentos que se prepararon por primera vez. Los documentos deben estar disponibles y proporcionarse a petición justificada a lo largo de la cadena completa de suministro, según la Norma EN 15234-1.

Metodología para el aseguramiento de la calidad

Se debe utilizar la **metodología** que se describe a continuación para el aseguramiento de la calidad y el control de calidad de la producción, pero se debe ajustar a los requisitos de la cadena de producción específica de los pellets de madera en cuestión.

Hay seis pasos consecutivos que tienen que ser seguidos por todas las partes interesadas en la cadena de suministro. Los pasos se describen a continuación.

- Paso 1: Se definen los requisitos del combustible para el producto final
- Paso 2: Se documentan los pasos en los procesos de producción y distribución
- Paso 3: Se identifican los factores que influyen en la calidad, incluyendo el funcionamiento de la empresa
- Paso 4: Se definen los puntos críticos de control para el cumplimiento de la especificación del combustible
- Paso 5: Se seleccionan las medidas adecuadas para asegurar la calidad del producto

- Paso 6: Se establecen rutinas para el manejo por separado de las materias primas y de los biocombustibles sólidos no conformes

Medidas para asegurar la calidad del producto

- Se llevan a cabo inspecciones visuales o sensoriales de otro tipo al material que se entrega en bruto.
- Se realiza un contrato entre el proveedor y el productor con las “condiciones de entrega”, incluyendo las especificaciones y la manipulación del combustible.
- Se documenta la declaración de entrega del suministrador, por ejemplo, con la certificación de sostenibilidad (PEFC, FSC, etc.)

Producción de pellets de madera

- Se controlan las propiedades clave cuando la base de la materia prima ha cambiado.
- Se controla con frecuencia la configuración, función y condición del equipo.
- El equipo se repara o se cambia cuando sea necesario. Algunas partes serán necesarias cambiarlas periódicamente de acuerdo a su vida técnica o al sistema de control de producción.
- Los pellets de madera se protegen y se controlan de la humedad de, por ejemplo, nieve o lluvia o paredes húmedas. También de la condensación de la humedad a través del almacenamiento adecuado.
- Los pellets de madera se protegen y se controlan de la contaminación de impurezas (por ejemplo, piedras, tierra y grano).
- Los pellets de madera de diferente calidad (por ejemplo, de diferentes clases descritas en la Norma NCh-ISO17225/2:2017) se almacenan por separado.
- Durante la carga, la temperatura de los pellets no debe exceder de 40 °C.
- Se controla la producción, condiciones y ajuste del equipo (por ejemplo, la demanda de potencia de las prensas, la temperatura de los rodamientos de los rodillos, la vibración de las prensas).
- La calidad de los pellets producidos se determina periódicamente. Los ensayos requeridos, el lugar de muestreo y la frecuencia se enumeran en la siguiente tabla.
- La frecuencia de estas comprobaciones se calcula por la siguiente fórmula:

$$N = \frac{10}{\text{días}} * \sqrt{\frac{\text{tonelada}}{10}}$$

donde

N número de muestras en 24 h

días días anuales de trabajo

tonelada cantidad anual de pélets en toneladas

ejemplo $N = 10/220 * \sqrt{50\,000/10} = 3$ veces cada 24 h

- Se documentan todas las medidas para asegurar la calidad.
- Se instala un sistema para la gestión de las disconformidades.

Distribución

- Las configuraciones, función y condición del equipo se controlan con regularidad.
- Los pellets de madera se protegen y se controlan de la humedad de, por ejemplo, nieve o lluvia o paredes húmedas, también de la condensación de la humedad a través del almacenamiento adecuado.
- Los pellets de madera se protegen y se controlan de la contaminación de impurezas (por ejemplo, piedras, tierra y grano).
- Los pellets de madera de diferente calidad (por ejemplo, diferentes clases descritas en la Norma NCh-ISO17225/2:2017) se almacenan por separado.
- Durante la carga, la temperatura de los pellets no debe exceder de 40 °C.
- La calidad de los pellets se determina regularmente.
- El análisis del contenido de humedad se realiza antes de la entrega al usuario final, después de un largo período de almacenamiento intermedio.
- Tamizado de finos: la cantidad de finos <1% según la Norma NCh-ISO17225/2:2017, a menos que otros acuerdos se cumplan.
- La inyección de aire y la presión durante la descarga se controlan y se indican en el protocolo de suministro.
- En las entregas diarias se cogen muestras representativas de pellets cargados en el(los) vehículo(s) de reparto y se conservan durante al menos 6 meses.
- Se documentan todas las medidas para asegurar la calidad.
- Se pone en marcha un sistema para la gestión de las reclamaciones.

Rutinas para el manejo por separado de las materias primas y los biocombustibles sólidos no conformes

- Si las materias primas o los pellets de madera fabricados no cumplen con los requisitos, estos lotes deben almacenarse por separado de los que lo hacen.
- Toda la información necesaria tiene que documentarse.

- Si la no conformidad del producto se descubre en las instalaciones del cliente en relación con un reparto, se genera un informe de no conformidad y la manipulación del lote no conforme se acuerda con el cliente.

Declaración de producto de la calidad del combustible y etiquetado

Con la declaración de producto de calidad del combustible, el productor o distribuidor confirma que las propiedades del producto final son conformes con los requisitos de la Norma NCh NCh-ISO17225/2:2017 de acuerdo con la Norma EN 15234-1. Las declaraciones de producto deben expedirse para los pellets de madera manejados tanto como material a granel como en forma de pellets envasados, y en cualquier caso, para cada lote de entrega. Para pellets de madera envasados, la información relativa a la calidad suministrada en la declaración de producto debe etiquetarse en el envase. El proveedor debe fechar la declaración y mantener todos los registros relevantes durante un mínimo de un año después del reparto.

6.5.3 Norma Trazabilidad de Biocombustibles Sólidos

6.5.3.1 UNE 164002:2013 Biocombustibles sólidos – Trazabilidad

Objetivo

El objeto de la trazabilidad es crear una cadena de información desde el origen de los BS hasta el usuario final, con el fin de garantizar el seguimiento a lo largo de los distintos eslabones de la cadena.

El sistema de trazabilidad, mediante el cumplimiento de una serie de requisitos mínimos, busca asegurar que las declaraciones referentes al origen de los BS sean identificables.

Identificación de recepción

El operador que recibe un BS debe asegurarse de su correcta identificación. La documentación asociada con la recepción del producto debe incluir, como mínimo:

- identificación del suministrador;
- identificación de la procedencia (mediante el lugar o paraje, la localidad, la provincia, la industria de la que procede y su localización);
- clasificación del origen (según la clasificación de la Norma NCh-ISO17225/1:2017, véase el anexo A);
- la cantidad de la entrega, especificando unidades de medida, preferiblemente normalizadas;
- fecha de recepción;
- presentación (astillas, serrín, cortezas, ramas, pacas...);
- medio de transporte,
- incidencias.

Identificación de expedición

El operador debe garantizar que toda la documentación correspondiente a la expedición de BS contenga como mínimo toda la información requerida por el operador siguiente. Por tanto, debe especificarse como mínimo la siguiente información:

- identificación del suministrador;
- identificación de la procedencia (mediante el lugar o paraje, la localidad, la provincia, o la industria de la que procede);
- clasificación del origen (según la clasificación de la Norma NCh-ISO17225/1:2017, véase el anexo A);
- la cantidad de la entrega, especificando unidades de medida, preferiblemente normalizadas;
- fecha de expedición;
- medio de transporte;
- incidencias.

Requisitos Generales De Gestión

El operador debe garantizar que el BS sea trazable desde su recepción hasta su expedición y/o uso.

Con el fin de asegurar esta trazabilidad a lo largo de todo el proceso, el operador debe establecer una sistemática documentación que incluya como mínimo los siguientes requisitos:

- 1) descripción del flujo del BS dentro del proceso;
- 2) análisis de los factores que influyen en el aseguramiento de la trazabilidad de los BS a lo largo de todo el proceso (esto incluye transporte, manejo);
- 3) selección de medidas apropiadas que den confianza suficiente a los clientes en que los requisitos de trazabilidad se están cumpliendo.

Para desarrollar los requerimientos anteriores, el operador debe dar cumplimiento a los requisitos establecidos a continuación.

- i. Se debe documentar una descripción del flujo de BS dentro del proceso, que incluya la recepción de BS, modo de preparación y/o proceso de transformación y la expedición.
- ii. La gerencia/órgano de dirección debe designar al personal que asume las responsabilidades relacionadas con el aseguramiento de la trazabilidad de los BS en el proceso. La identificación de responsabilidades debe comprender como mínimo las relativas a requisitos de identificación en la recepción, requisitos de identificación en expedición, aseguramiento de la trazabilidad en el proceso y mantenimiento de registros y archivos.
- iii. El personal que realice trabajos que afecten a la trazabilidad de los BS debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas.
- iv. La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para asegurar la trazabilidad de los BS en el proceso. En el caso de que se empleen equipos técnicos para la medición de propiedades de los BS que afecten a su trazabilidad a lo largo del proceso debe asegurarse su fiabilidad. Para ello, se debe establecer una sistemática documentada de calibración o verificación de equipos y su cumplimiento debe ser demostrable con los registros correspondientes.
- v. Se deben documentar los procedimientos para el aseguramiento de la trazabilidad de los BS, así como los procedimientos relativos a la adecuada gestión, en relación con los apartados anteriores. Los documentos requeridos deben estar disponibles y permanecer legibles y fácilmente identificables, asegurando que las versiones actualizadas no son confundidas con versiones anteriores, obsoletas, que deben estar claramente identificadas. Además, los documentos del sistema deben facilitarse bajo petición justificada a lo largo de toda la cadena de suministro.
- vi. Debe garantizarse un adecuado control de la documentación y los registros, asegurando su conservación durante, al menos, tres años.

6.5.4 Estándar de seguridad en cadena logística biocombustibles sólidos

A continuación, se presentan los principales aspectos relacionados a la seguridad considerados en la **“Guía Básica de transporte y almacenamiento de pellets de madera”, de la Asociación Española de Valorización de la Biomasa (AVEBIOM)**.

Este documento se basa en las normas relacionadas a la seguridad en los almacenamientos de pellets, UNE-EN-ISO 20003 e ISO 2004³⁵ y en la experiencia lograda durante estos años en estos temas por dicha organización.

6.5.4.1 Transporte de pellets

El transporte de pellets debe ser un tipo de proceso o manipulación del mismo, donde se garantice que llega al consumidor final bajo parámetros de calidad requeridos.

Deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

- 1) Los pellets de madera son un material hidrófilo y, por tanto, sensible a la humedad. Hay que extremar el cuidado para que no absorban humedad, por ejemplo, a través del contacto con el agua condensada, lluvia o nieve. Se debe evitar la formación de condensación en la medida de lo posible. Para ello, los almacenamientos de carga serán siempre cerrados, cubiertos o protegidos de la humedad, evitando la exposición a inclemencias meteorológicas (lluvia, nieve, etc.) y hay que prevenir cualquier absorción de humedad. El lugar de almacenamiento debe estar, además, bien ventilado. En las cargas a granel con caja abierta, camión basculante o piso móvil, es necesario que la mercancía sea protegida en caso de lluvia y tapada convenientemente para su transporte. Si durante el transporte existe la posibilidad de que el producto se moje se deberán tomar las medidas oportunas para proteger el producto, tales como poner una lona que recubra los pellets.
- 2) El contenido en finos de los pellets es un aspecto clave para su calidad. Los pellets de madera son muy sensibles al desgaste físico y por lo tanto deberán ser manejados con máximo cuidado, evitando cualquier acción que contribuya a su desmenuzamiento o rotura (presiones y humedad principalmente). Se deben evitar las caídas y apisonamientos pues aumentan el porcentaje en finos (pellet desmenuzado-serrín).
- 3) Los pellets de madera no pueden contaminarse con ningún tipo de producto/impureza, ni sólida ni líquida. Las cajas de los camiones para cargas a granel deben estar completamente limpias y secas en el momento de la carga. Debe impedirse cualquier mezcla con otro producto o incluso con pellets de madera de diferente calidad.
- 4) La biomasa puede presentar autocalentamiento, problema que puede alterar su calidad y conllevar riesgos de incendio, pero es un problema poco frecuente en los pellets de madera tras su producción y enfriamiento. Se comprobará la temperatura del pellet antes de realizar la carga, no superando esta los 40 grados. De no ser así no se cargará el camión, debido a que pudiera existir riesgos de autocombustión.
- 5) Es obligatorio para los comercializadores de pellets certificados que preparen y entreguen un registro de entregas que contiene toda la información importante sobre los pellets, el almacén y el proceso de soplado.

³⁵ Ambas normas están disponibles para el público y pueden servir de gran ayuda para profundizar en este tema

6.5.4.2 Almacenamiento de pellets

- El almacenamiento, tanto de combustibles secos (como los pellets de madera), con un contenido de humedad de alrededor del 10%, requiere un ambiente protegido para mantener bajo el contenido de humedad y, en el caso de pellets, la estructura del combustible. Por lo tanto, las condiciones de almacenamiento de este tipo de combustibles son completamente diferentes de la de los combustibles húmedos, como por ejemplo madera.

Hay que evitar almacenar en exterior hasta cuando el formato es ensacado ya que los sacos suelen llevar micro perforaciones y pueden coger agua. Existen unas fundas protectoras para los pallets que se sobreponen al flejado de éstos y permite almacenar al aire libre los pallets. Hay que tener precaución de no dejarlos almacenado mucho tiempo ya que el plástico se puede degradar y perder sus propiedades.

Debido a la escasa humedad del ambiente, el crecimiento de microorganismos es limitado en comparación al almacenamiento de otros materiales más húmedos en donde sí se deben tomar más precauciones.

- La elección del sistema y el volumen de almacenamiento dependen de varios factores:
 - Características de los sistemas de distribución y suministro de biomasa,
 - Necesidad anual de biomasa,
 - Espacio disponible para caldera y almacén, etc.
- Los pellets frescos pueden provocar un olor desagradable en el almacén. Este olor suele desaparecer en unas cuantas semanas. El olor procede de la denominada desgasificación de la madera. La desgasificación incluye emisiones de compuestos orgánicos naturales, así como emisiones de la lenta descomposición natural de la madera.
- En comparación con otros productos de madera, los pellets tienen una mayor superficie y su estructura celular se somete a un gran estrés durante la producción. Esto puede provocar una disipación más rápida de los compuestos volátiles, especialmente en pellets frescos y con temperatura ambiente alta. Las emisiones suelen remitir en unas cuantas semanas y el olor desaparece por completo.
- Las emisiones de los pellets de madera están formadas por compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). Entre los compuestos volátiles se encuentran los denominados terpenos causantes de olores "químicos" ocasionales similares a la trementina. Otros componentes como los aldehídos y el monóxido de carbono pueden ser perjudiciales para la salud y no deben penetrar en la zona habitable. Por lo tanto, los almacenes para pellets a granel deben estar herméticamente aislados de la zona habitable. La ventilación del almacén hacia el exterior ayudará a dispersar las emisiones y reducir el tiempo de disipación de los componentes olorosos.
- El almacenamiento de combustible en una planta debe diseñarse teniendo en cuenta el sistema de transporte de combustible a la planta y el procedimiento de operación de la planta. El parámetro principal de diseño es el tamaño de almacenamiento, un dispositivo de almacenamiento que necesita la carga al día, o un dispositivo de almacenamiento que se puede utilizar durante los fines de semana sin cargar.

Los pellets de madera son muy sensibles al desgaste físico y por lo tanto deberán ser manejados con cuidado.

Los almacenes deben ser diseñados para minimizar los transportes y movimientos al mínimo. Los puntos de transferencia y las grandes caídas se deben evitar, ya que aumentan el contenido de finos, especialmente en pellets.

- Los pellets de madera se deben enfriar inmediatamente después de producirlos para evitar la condensación de la humedad. Esto es particularmente importante para pellets envasados en bolsas cerradas.
- Se aconseja tomar las medidas necesarias para no mezclar lotes de fabricación diferentes. Un lote puede ser una cantidad producida con un material de origen determinado, que puede ser diferente del material de origen para el anterior y el siguiente lote. Por ejemplo, se produce una partida de pellets con serrines de un determinado aserradero y se cambia a producir con material de un aserradero nuevo o con madera de industria. Para conseguirlo se recomienda que se almacene de abajo a arriba construyendo pilas cónicas, aunque unidas entre sí, pero que permita separar el producto según los días de fabricación. Esto facilita la labor enormemente en el caso de que haya algún lote que no sea conforme en calidad para la certificación y permite extraer dicho lote como no conforme.
- En algunas ocasiones se puede generar focos de calor en material almacenado. La acumulación de calor se produce en grandes almacenes y también en algunos casos en pequeños montones de pellets de madera almacenados en condiciones normales a temperatura ambiente.
- La tendencia de los pellets de madera al autocalentamiento parece variar entre diferentes calidades de pellets y esta problemática surge relativamente poco después de que éstos se hayan producido. La generación de calor es probablemente debida a la baja temperatura de oxidación de los componentes fácilmente oxidables del material. Estos procesos de autocalentamiento pueden conllevar ciertos riesgos, dependiendo de la forma en que estén almacenados, en silos o en naves.
- Otro factor importante es la eliminación de las impurezas del combustible. Incluso si las especificaciones del combustible no permiten impurezas, la experiencia práctica demuestra que impurezas pueden aparecer de vez en cuando.

6.5.4.3 Precauciones En Los Almacenamientos

Ventilación

Todos los almacenes de pellets deben estar ventilados. Las aberturas de ventilación no deben colocarse directamente debajo de ventanas ni de aberturas para aire de entrada.

Limpieza

Para garantizar un funcionamiento continuo y seguro, el almacén debe limpiarse periódicamente. Los finos acumulados en la parte inferior del almacén deben eliminarse, así como el serrín en las paredes, en las boquillas de llenado y otras zonas. Durante la limpieza debe tenerse en cuenta lo siguiente:

1. Entrar en un almacén siempre conlleva un riesgo importante para la seguridad. Por este motivo, el número de intervenciones debe minimizarse y deben respetarse unas normas de seguridad estrictas: la caldera y el sistema de suministro de pellets deben estar apagados, se ha ventilado

suficientemente antes de entrar (al menos 15 minutos de ventilación) y hay otra persona presente FUERA del almacén.

2. Use una máscara antipolvo que ajuste bien, con un filtro P2 (EN 143) o N95 (estándar US NIOSH), gafas de protección bien ajustadas para que no le entre polvo en los ojos y, en la medida de lo posible, mantenga la piel tapada.
3. El almacén debe aspirarse en lugar de barrerse. Las normas de salud y seguridad en el trabajo prescriben el uso de una aspiradora industrial con un filtro de clase M (EN 60335).
4. El acceso a silos de almacenamiento subterráneo y almacenes de gran capacidad (normalmente de más de 10 toneladas, consulte la legislación nacional) solo puede hacerse utilizando un monitor de CO individual.

Al menos cada dos años el almacén de pellets debe limpiarse antes de la siguiente entrega de pellets (cada dos años si el almacén tiene una capacidad <15 toneladas y cada año si la capacidad es >15 toneladas).

6.5.4.4 Seguridad En Los Almacenamientos De Pellets

Las siguientes instrucciones le ayudarán a garantizar su seguridad personal cuando maneje sistemas de almacenamiento de pellets.

1. Nadie debe entrar en los almacenes de pellets excepto para las necesidades de mantenimiento necesarias. El acceso debe estar prohibido para el personal no autorizado. Los niños no deben tener nunca acceso a los almacenes de pellets.
2. Los almacenes de pellets deben tener ventilación suficiente en todo momento. En sistemas de almacén pequeños (< 10 t) las tapas ventiladas son suficientes para este fin. Además, se recomienda abrir la puerta del almacén de pellets al menos 15 minutos antes de entrar para que haya más aire fresco.
3. Antes de entrar o trabajar en almacenes o contenedores de pellets, debe haber otra persona con conocimientos fuera del almacén para dar la alarma, NO PARA intentar un rescate.
4. La entrada a los sistemas de almacenamiento de pellets bien sellados y herméticos, p. ej., almacenes subterráneos de pellets fabricados en hormigón o plástico con un ventilador eléctrico, solo debe hacerla personal de mantenimiento con la adecuada formación y solo después de determinar las concentraciones de oxígeno y de monóxido de carbono dentro del almacén. Esto es necesario ya que este tipo de almacenes de pellets son especialmente proclives a mantener niveles altos de CO y niveles bajos de oxígeno al mismo tiempo, ya que prácticamente no hay intercambio de aire con el exterior.

Instrucciones de seguridad para almacenes de pellets < 10 toneladas

- Peligro de muerte por monóxido de carbono inodoro (CO).
- Ventile al menos 15 minutos a través de la puerta de acceso antes de entrar: mantenga la puerta abierta mientras esté en el almacén.
- Asegúrese de ventilar continuamente a la atmósfera exterior, p. ej., a través de las tapas ventiladas, aberturas o un ventilador.
- Riesgo de lesión por piezas móviles.

- Prohibido fumar, no utilizar llamas vivas ni otras fuentes de ignición.
- Mantenga las puertas cerradas. Acceso solo permitido a personas autorizadas bajo la supervisión de un ayudante fuera del almacén.
- Apague la caldera de pellets al menos 1 hora antes de la entrega de los pellets.
- En las 3 primeras semanas después del llenado, solo entre en el almacén si lleva un detector personal de CO.

Instrucciones de seguridad para almacenes de pellets > 10 toneladas y silos de almacenamiento subterráneo

- Peligro de muerte por monóxido de carbono inodoro (CO).
- Ventile al menos 15 minutos a través de la puerta de acceso antes de entrar: mantenga la puerta abierta mientras esté en el almacén.
- Entre solamente si lleva un detector de CO.
- Asegúrese de ventilar continuamente a la atmósfera exterior, p. ej., a través de las tapas ventiladas, aberturas o un ventilador.
- Riesgo de lesión por piezas móviles.
- Prohibido fumar, no utilizar llamas vivas ni otras fuentes de ignición.
- Mantenga las puertas cerradas. Acceso solo permitido a personas autorizadas bajo la supervisión de un ayudante fuera del almacén.

Normativa ATEX

Las tres normativas que regulan la Prevención de Riesgos en Atmósferas Explosivas son las siguientes:

- ATEX-100 relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas
- ATEX-137 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Se pone de manifiesto lo que el empresario debe hacer para prevenir y proteger contra las explosiones, y clasifica las áreas peligrosas en zonas, por ejemplo, como se define a continuación las zonas según el polvo:
 - Zona 20 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire está presente con frecuencia, continuamente o por largos períodos de tiempo.
 - Zona 21 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire es probable que se produzca en el funcionamiento normal de vez en cuando.
 - Zona 22 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire no es probable que se produzca en el funcionamiento normal, pero si ocurre, va a persistir durante un corto período.

Riesgos en Silos

Accidentes mecánicos y atrapamientos

Hay muertes en silos que resultan del proceso de llenado y mantenimiento de éstos. La maquinaria usada también es peligrosa, y en el caso de los silos de torre, los obreros pueden caer de la escalera o plataforma de trabajo.

El trabajo cerca de tornillos sin fin, elevadores, mezcladores y otras piezas mecánicas pueden atrapar a los trabajadores, por lo que debe prestarse total atención al llenado y vaciado de silos, así como a las demás medidas de seguridad diseñadas para prevenir tales accidentes.

Durante el ensilado de granos no debe permitirse que los trabajadores entren en el silo sin tener asegurado un medio de salida, ya que existe el peligro que queden enterrados entre el material moviente.

Espacios confinados

Un silo es un espacio confinado, en el cual existe el riesgo de caídas (cuando el silo es vertical), por lo que el equipo de protección debe ser el apropiado para tales casos. La apertura e ingreso a los silos sin las debidas precauciones pueden ocasionar graves lesiones e incluso la muerte a los trabajadores por la cantidad de gases tóxicos generados al interior del silo.

Antes de realizar cualquier labor que requiera acercarse a la boca del silo o el ingreso dentro de él debe considerarse como un trabajo de espacios confinados, por lo que deben tramitarse los permisos respectivos y utilizar equipo de protección personal apropiado.

Medidas preventivas

Las siguientes medidas preventivas apuntan a reducir los tres grandes riesgos mencionados anteriormente:

Incendios y explosiones

- La medida de control más importante a tomar es el control de la temperatura del depósito de combustible en diferentes lugares intentando abarcar la mayor parte del combustible.
- Medición de la concentración de CO en el aire sobre la superficie del combustible es un posible método para la detección de la actividad en el lecho del combustible. Otros métodos de detección son los detectores de gases múltiples y sensores tipo "nariz electrónica".
- El primer signo de un curso de autocalentamiento de procesos es a menudo un olor pegajoso e irritante.
- Si "el olor a quemado" se percibe del almacenamiento y/o si se observa humo (no vapor de agua) del almacenamiento es que ya está teniendo lugar la pirólisis en la mayor parte del combustible y por tanto se debe iniciar una operación de lucha contra incendios.
- Controlar las nubes de polvo, especialmente cerca de posibles fuentes de ignición, observando una limpieza completa del área, evitando levantar polvo (preferiblemente mediante la aspiración) y acudiendo a métodos como separadores magnéticos para su control
- Controlar las fuentes de ignición (calor, equipos electrónicos, energía estática, herramientas, llamas abiertas y chispas, etc.)
- Procurar un silo lleno permanentemente. Un silo vacío es más propenso a sufrir una explosión que un silo lleno, por las razones explicadas anteriormente
- No fumar dentro de las instalaciones

- Evitar la caída de objetos o materiales que puedan generar chispas
- Seguir los procedimientos de seguridad de las máquinas
- Prohibir en el área operaciones en caliente (soldadura, corte, pulido, etc.). Estas operaciones deben realizarse de acuerdo a un protocolo previamente revisado y aprobado.
- Utilizar equipos eléctricos seguros
- Conectar a tierra todos los contenedores metálicos donde exista flujo de partículas, líquidos o electricidad para evitar la acumulación de cargas estáticas

Accidentes mecánicos y atrapamientos

- No deben usarse joyería, cabello suelto, ropa amplia o con bolsillos que faciliten el atrapamiento.
- Deben existir protocolos para la realización de operaciones arriesgadas como el mantenimiento de piezas mecánicas o la alimentación manual de silos o tolvas.
- Estas áreas de trabajo deben ser de acceso restringido y deben estar correctamente señalizadas.
- Utilización de los elementos de protección individual: Careta, guantes, calzado de seguridad, etc.

Espacios confinados

- No se debe entrar en un silo hasta que haya circulado aire fresco por medios mecánicos (ventiladores) mínimo durante 30 minutos y con un equipo de respiración.
- Si la labor requiere acciones cerca de líneas electrificadas o interrumpen el movimiento de máquinas, se cortará el fluido eléctrico de las líneas de conducción presentes en el lugar y se asegurará con ayuda de un candado y/o una etiqueta de peligro. Si esto no es posible utilice otra medida como la desconexión de un fusible. A continuación, se fijará un aviso que prohíba cambiar el estado del circuito o retirar el candado.
- Se realizará pruebas de contenido de oxígeno en el aire. El contenido de oxígeno debe estar entre el 19.5% y 21.5%. Se verificará la concentración de vapores en el ambiente. Las concentraciones no deben exceder el 10% de los límites inferiores de inflamabilidad.
- Se reunirá los equipos de protección personal y de rescate adecuados y se probarán antes de entrar. Se incluirá si es necesario un equipo de iluminación, cascos, caretas, escaleras, arneses, cuerdas, elementos de comunicación (radios, pitos), etc.
- Se incluirá todo el equipo especial de iluminación, herramientas que no produzcan chispas, y otros equipos eléctricos que deban estar disponibles antes de entrar al espacio confinado.
- Se tramitarán los permisos para la entrada al espacio confinado acatando todas las recomendaciones.

Elementos de Protección Personal

Dependiendo del contenido del silo y de la labor que se realice en ellos, tanto los guantes como los trajes de protección estarán formados de distintos materiales. Por tanto, lo que aquí se recomienda es sólo una sugerencia.

- **Respiratoria:** Mascara full face (cara completa) con un equipo de respiración.

- **Traje:** Se recomienda utilizar un traje de cuerpo entero con gorro elaborado en materiales como: dril o Tyvek, Saranex o CPF si se manejan productos químicos. (Para este caso particular debe consultarse la tabla de resistencia química para verificar el material apropiado).
 - **Guantes:** Se recomienda utilizar guantes elaborados en cuero siempre que no se entre en contacto con sustancias químicas.
 - **Alturas:** el ingreso a un silo requiere de los elementos de protección necesarios mínimos para trabajar en alturas, de manera tal que se garanticen dos cosas: la primera, evitar una caída dentro o fuera del silo, la cual puede ser mortal y la segunda permitir el rescate del trabajador en caso de una caída o inhalación de gases tóxicos emitidos por los materiales almacenadas.
- Los arneses y cinturones de seguridad deben cumplir con las Normas OSHA u otras que tengan un certificado de calidad estampado en él.
- En el trabajo en alturas, debe haber contacto con personas que se encuentren permanentemente en la plataforma de trabajo, ya sea en forma visual o por otro sistema de comunicación.

Cada uno de los sistemas existentes, para trabajo en alturas, cumple con un objetivo específico. Así el arnés es considerado el elemento de seguridad por excelencia para el trabajo en alturas. El cinturón de seguridad se ha diseñado con el fin de permitir la ubicación o desplazamiento del trabajador gracias a las argollas que posee, pero no es útil por sí solo para contrarrestar las caídas ya que un trabajador soportado únicamente en él puede sufrir daños severos, al recibir el impacto del descenso en un sólo punto de su cuerpo, además el cinturón sólo distribuye las fuerzas de interrupción en la cintura, mientras que el arnés de cuerpo completo distribuye las fuerzas de interrupción de caída a lo largo de los muslos, la pelvis, la cintura, el pecho y los hombros. Un arnés elaborado en tejido elástico evita lesiones durante la caída.

Riesgos en naves

Los riesgos propios del almacenamiento en naves pueden sintetizarse de la siguiente manera:

Incendios y explosiones

- Repartir a lo largo de la nave donde se almacenen los pellets de madera a granel sensores de temperatura, intentando abarcar la mayor parte del combustible
- Medición de la concentración de CO en el aire sobre la superficie del combustible almacenado a granel.
- Controlar la limpieza y evitar la formación de ambientes pulverulentos, especialmente cerca de posibles fuentes de ignición, observando una limpieza completa del área, evitando levantar polvo (preferiblemente mediante la aspiración) y acudiendo a métodos como separadores magnético para su control

- Controlar las fuentes de ignición (calor, equipos electrónicos, energía estática, herramientas, llamas abiertas y chispas, etc.)
- No fumar dentro de las instalaciones
- Evitar la caída de objetos o materiales que puedan generar chispas
- Seguir los procedimientos de seguridad de las máquinas
- Prohibir en el área operaciones en caliente (soldadura, corte, pulido, etc.). Estas operaciones deben realizarse de acuerdo a un protocolo previamente revisado y aprobado.
- Utilizar equipos eléctricos seguros
- Conectar a tierra todos los contenedores metálicos donde exista flujo de partículas, líquidos o electricidad para evitar la acumulación de cargas estáticas

Accidentes mecánicos y atrapamientos

- No deben usarse joyería, cabello suelto, ropa amplia o con bolsillos que faciliten el atrapamiento.
- Deben existir protocolos para la realización de operaciones riesgosas como el mantenimiento de piezas mecánicas o la alimentación manual de silos o tolvas.
- Estas áreas de trabajo deben ser de acceso restringido y deben estar correctamente señalizadas.
- Utilización de los elementos de protección individual: Careta, guantes, calzado de seguridad, etc.

6.5.5 Eficiencia energética

En la actualidad, ninguna de las empresas socias del APL tienen mecanismos de gestión energética explícita implementados. Como se desprende de la información presentada en la sección 6.3.2.5, los datos relacionados al consumo energético tienen una mayor relación con la gestión del costo de producción, es cual es significativo.

Ley 21.305, sobre eficiencia energética.

Promulgada el 13 de febrero de 2021 establece, entre otros, que:

Cada 5 años se deberá elaborar un Plan Nacional de eficiencia energética que deberá comprender las siguientes materias:

- a) Eficiencia energética residencial
- b) Estándares mínimos de etiquetado de artefactos
- c) Eficiencia energética en la edificación y el transporte, sectores productivos y educación y capacitación en eficiencia energética.
- d) Establecer metas de corto mediano y largo plazo, así como planes programas y acciones necesarios para dichas metas.
- e) Metas de eficiencia energética para los consumidores con capacidad de gestión de energía (CCGE). (referidos en artículo 2).

El artículo 2, señala que cuatrienalmente se establecerán los criterios para determinar las empresas que reportarán anualmente al ministerio de energía sus consumos por uso de energía y su intensidad energética del año calendario anterior, entendida esta última como los consumos de energía sobre sus ventas.

Todas aquellas empresas que hayan tenido durante el año calendario anterior un consumo energético total para uso final igual o superior a 50 tera-calorías deberán reportar anualmente al Ministerio de Energía sus consumos por uso de energía y su intensidad energética del año calendario anterior.

Disposiciones transitorias:

- a) Someter primer plan Nacional de Eficiencia energética en un plazo no superior a 18 meses, contado desde la publicación de la ley.
- b) En el plan precedente se deberá establecer una meta de reducción de 10% en la intensidad energética para el país al año 2030 respecto del año 2019.
- c) Dicho plan deberá establecer una meta para los CCGE consistente en la reducción de su intensidad energética de al menos 4% promedio para su periodo de vigencia.

Reglamento sobre gestión energética de los consumidores con capacidad de gestión de la energía y de los organismos públicos

Se destacan las principales obligaciones que podrían impactar la industria de producción de pellets:

- a) Artículo 5 Todas aquellas empresas que hayan tenido durante el año calendario anterior un Consumo de Energía total para uso final, igual o superior a las 50 teracalorías, deberán reportar

anualmente al Ministerio sus Consumos de Energía y su Intensidad Energética del año calendario anterior.

- b) Artículo 6 Las empresas que cumplan con los criterios del Decreto Supremo mencionado en el Artículo 4 del presente reglamento, deberán
- i. Reportar dentro de los 80 primeros días de cada año sus
 - ii. Consumos de Energía y su
 - iii. Intensidad Energética del año calendario anterior por los medios que señale el mismo decreto.
 - iv. Las empresas deberán reportar por cada instalación, obra y faena
 - v. todos los Consumos de Energía,
 - vi. Usos Significativos de Energía,
 - vii. Intensidad Energética y
 - viii. otras variables que el Ministerio estime conveniente.
- c) Implementación de un Sistema De Gestión De La Energía
- i. Los SGE certificados (ISO 50.001) deben enviar certificado de cumplimiento de la norma, otorgado por un organismo certificador.
 - ii. Los SGE No Certificados:
 - Definir una política energética interna:
 - Realizar una Planificación Energética documentada, revisada y aprobada por la Alta Dirección.
 - Desarrollar un plan de acción energético.
 - Desarrollo de una revisión energética.
 - Definir, implementar y almacenar en formatos y mecanismos propios, un plan de recopilación de datos de energía.
 - Planificar, implementar, controlar y mantener los procesos relacionados con los USE, en formatos propios.
 - Identificar las oportunidades de mejora del Desempeño Energético que provengan del diseño, modificación o renovación en la operación de instalaciones, equipos, sistemas y procesos que tengan un impacto significativo en el Consumo de Energía
 - Establecer e implementar criterios y una metodología que le permitan evaluar el Desempeño Energético
 - Realizar seguimiento, medición y análisis de los ahorros energéticos
 - Evaluar y analizar, al menos una vez al año, el avance del Plan de Acción Energético.

- Planificar y realizar auditorías internas del SGE a intervalos planificados.
- Enviar anualmente al Ministerio, con copia a la Superintendencia, dentro del plazo y juntamente con el informe de sus Consumos de Energía para uso final

Conclusiones:

- a) De acuerdo con la restricción impuesta por la Ley, las empresas socias del APL (y dado el tamaño y representatividad de las mismas, la industria en general) no son sujetas a la obligación de reportar anualmente sus consumos energéticos.
- b) Tampoco debieran implementar un sistema de gestión energética.
- c) Siendo el consumo energético uno de los principales costos productivos, considerar la implementación de un sistema de monitoreo y gestión es una necesidad a ser definida en el corto plazo.

Una vez implementado un sistema de gestión energética, la certificación “Sello de Eficiencia Energética” de la Agencia de Sostenibilidad Energética³⁶ podría integrarse dentro de los parámetros de monitoreo del sistema de certificación de la producción de pellets.

6.6 Requisitos de los mercados

6.6.1 Sistemas y sellos de certificación forestal sustentable

La certificación forestal de la madera es, actualmente, la iniciativa más importante que se está llevando a cabo para mejorar la gestión forestal en los bosques del planeta y frenar el proceso de deforestación incontrolada.

Esta deforestación tiene efectos negativos, no solo sobre la naturaleza, como es el caso de la pérdida de biodiversidad o del efecto de la contención de bosques frente a la desertización y el avance de fenómenos naturales.

Tiene también importantes efectos perjudiciales sobre los derechos de los pueblos indígenas, que pueden verse desplazados y perseguidos, sobre las condiciones de los trabajadores que se ven forzados a trabajar en actividades peligrosas e ilegales, ya sea por la fuerza o por necesidad, etc.

¿Cómo sé yo que la madera que uso proviene de una gestión forestal sostenible?

El objetivo de la certificación es, por un lado, que los consumidores puedan adquirir una madera que cumple con las normativas existentes, y por otro, que los productores de la madera puedan demostrar que sus prácticas de extracción son respetuosas con el medio ambiente.

La madera certificada tiene que garantizar:

- La gestión sostenible del bosque.
- La fabricación sostenible de los productos resultantes de la transformación de la madera.

³⁶ <https://www.selloee.cl/>

En resumen, a través de la certificación, los consumidores tienen la garantía de utilizar productos elaborados de forma sostenible. De esta manera podemos influir:

- En los hábitos de compra del consumidor que puede diferenciar productos similares en función de sus características ecológicas.
- En el comportamiento del productor ya que estará interesado en cubrir la demanda de productos sostenibles.

El proceso de certificación de la madera tiene como objetivos mejorar la gestión de los bosques y asegurar un mercado para los productos certificados.

Los sellos más ampliamente difundidos hoy día son presentados a continuación.

6.6.1.1 CERTFOR/PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certifications Schemes)

El Sistema Chileno de Certificación de Manejo Forestal Sustentable (CERTFOR), es un sistema nacional sin fines de lucro, que se constituyó en el año 2002 con fondos públicos asignados a Fundación Chile, con el apoyo de CORFO y el Instituto Nacional Forestal (INFOR). En 2004 CERTFOR es reconocido internacionalmente, siendo homologado por PEFC, el mayor sistema de certificación forestal en el mundo. El Programa para la Homologación de Sistemas de Certificación Forestal (PEFC) es una organización no gubernamental, independiente, sin fines de lucro y de ámbito mundial, que promueve el manejo forestal sustentable en el mundo con el fin de lograr el equilibrio ambiental, social y económico de la industria forestal y de productos madereros.

PEFC es una organización internacional que reconoce y homologa sistemas nacionales de certificación forestal, siendo éstos desarrollados con la participación de todas las partes interesadas y adaptados a las realidades y prioridades de cada país. PEFC se rige por ISO y se acredita ante la International Accreditation Forum (IAF; <https://www.iaf.nu/>).

Cada sistema nacional de certificación forestal pasa por una evaluación rigurosa de terceras partes que evalúa las referencias globales de sustentabilidad de PEFC. Estos puntos de referencia se basan en un amplio consenso de la sociedad, expresada en los procesos y directrices internacionales e intergubernamentales, respetados a nivel mundial, de promoción del manejo sustentable de los bosques.

Actualmente, PEFC registra la mayor superficie forestal certificada en el mundo con más de 300 millones de hectáreas de bosque gestionado bajo exigentes criterios de sustentabilidad, mundialmente.

El CERTFOR/PEFC tiene cuatro estándares de certificación:

- i. MFS – Estándar de Manejo Forestal Sustentable para Plantaciones.**
- ii. MFS – Estándar de Manejo Forestal Sustentable para Bosque Nativo.**

Los dos anteriores permiten a los poseedores de bosques demostrar que el manejo que han aplicado cumple con los requerimientos de desempeño económico, social y ambiental demandados por las principales partes interesadas y que, además, se encuentra en concordancia con lineamientos internacionales de sustentabilidad, formalizados en los Procesos intergubernamentales pertinentes (Protocolo de Montreal, Protocolo de Helsinki, entre otros).

Ambos estándares MFS certifican que la madera llega del bosque hasta el primer punto de entrega con certificación de manejo forestal. Desde ahí, toda transformación se rige por estándares de Cadena de Custodia.

iii. **Certificación en Grupo.**

Este estándar permite certificar a pequeños y medianos propietarios forestales, bajo el estándar MFS, entregando una herramienta que les permita asociarse, reduciendo el costo unitario de la implementación de los requerimientos de la certificación, su verificación y seguimiento.

iv. **CdC – Estándar de Cadena de Custodia (de Productos Forestales).**

Bajo este estándar pueden certificarse todas las empresas que trabajan con material proveniente del bosque. Este estándar permite controlar que las empresas sean sustentables y que el material producido sea elaborado en armonía con el medio ambiente y con responsabilidad social.

Este estándar certifica que la madera, el papel, y otros productos de base forestal, proceden de bosques gestionados de acuerdo con criterios de sustentabilidad.

Para que los productos procedentes de fuentes certificadas puedan llevar el logotipo PEFC™, el material certificado debe ser trazado desde el bosque a lo largo de la cadena de suministro. Solo cuando este proceso ha sido verificado de forma independiente y el producto contiene un porcentaje mínimo del 70% de material certificado PEFC, el producto puede llevar el logotipo PEFC™. Esta madera entra al sistema como “Madera Certificada”

Dentro del estándar de CdC se realiza un proceso de “Debida Diligencia (DD)” que mide básicamente la legalidad de la madera, para minimizar el riesgo de que entre madera “controversial” al sistema. La DD llega hasta la primera fuente que tenga Trazabilidad.

Si la madera proviene de un predio con Plan de Manejo Forestal, entra como “Madera Controlada”.

Cada Estándar está constituido por *principios* de sustentabilidad que corresponde a temas esenciales de la gestión del bosque, *criterios* que establecen los lineamientos específicos de los principios, *indicadores* de gestión y *verificadores* de acciones concretas implementadas en una empresa para el cumplimiento con la norma que aplica a su actividad.

6.6.1.2 FSC (Forest Stewardship Council).

El Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council / FSC), es una organización no gubernamental de acreditación y certificación con sede en Bonn, Alemania.

La misión oficial del Consejo es "Promover el manejo ambientalmente apropiado, socialmente benéfico y económicamente viable de los bosques del mundo". Las personas u organismos interesados en el consumo sostenible de madera, de papel, y de otros derivados forestales, pueden buscar obtener una certificación FSC de sus productos. La certificación FSC es también utilizada para demostrar un manejo sostenible de los bosques.

Esta asociación fue fundada en Toronto en 1993 por varias organizaciones gubernamentales, comerciales y ambientales tales como el Fondo Mundial para la Naturaleza. Las decisiones principales se toman en su asamblea general que se reúne una vez cada tres años, ésta se constituye por tres cámaras: Ambiental, Social y Económica. Un consejo de directores es responsable ante los miembros del FSC y un director

ejecutivo, con el apoyo de un equipo multicultural y profesional, dirige el FSC día a día desde la oficina central.

A través de procesos consultivos, la FSC desarrolla estándares y políticas para el manejo sostenible de los bosques, además de acreditar entidades certificadoras para evaluar a los candidatos a la certificación forestal.

Cualquier empresa maderera u otra organización que desee certificarse con el sello FSC y utilizar el logo oficial debe primeramente contactar a un representante acreditado de la FSC. La entidad certificadora inspeccionará las prácticas, usos y mantenimiento del recurso forestal utilizado. La etapa final es asegurar que los productos provenientes de los bosques con un adecuado manejo forestal tengan impreso el logo de certificación FSC; una cadena de inspectores certificados es utilizada para dar seguimiento a los productos desde el bosque hasta el punto final de venta

Los Principios y Criterios de Manejo Forestal del Forest Stewardship Council (FSC) establecen los requisitos mínimos que debe cumplir una Empresa Forestal para poder obtener el certificado de manejo forestal responsable FSC.

Fueron diseñados y acordados por los miembros del FSC en 1994, después de varios años de trabajo, pruebas de campo y consultas con interesados en el sector forestal de más de 25 países.

FSC otorga tres tipos de certificación:

i. Certificación de Manejo Forestal

La certificación de Manejo Forestal se otorga a administradores o propietarios de bosques cuyas prácticas de manejo cumplen los requisitos de los Principios y Criterios del FSC o el estándar nacional FSC.

ii. Certificación de Cadena de Custodia

La Certificación de Cadena de Custodia está destinada a fabricantes, procesadores y comerciantes de productos forestales certificados FSC. Este tipo de certificación verifica que los productos que se venden con etiqueta FSC realmente contienen materiales certificados FSC y fuentes controladas.

Certificación Cadena de Custodia FSC® es el mecanismo a través del cual una Empresa garantiza al consumidor que la madera utilizada en la fabricación de sus productos proviene de un bosque o una plantación certificada FSC®.

Para cumplir con este objetivo la madera certificada FSC® será individualizada a lo largo de todos los procesos operativos, y de apoyo de la Empresa (Servicios Tercerizados), manteniéndola separada a través de una segregación tanto física como documental.

La cadena de custodia FSC® proporciona información sobre el camino recorrido por los productos desde el bosque hasta el consumidor, incluyendo todas aquellas etapas de la transformación, fabricación y distribución en las que el paso al siguiente eslabón de la cadena de suministro implique un cambio de propiedad.

iii. Certificados de Madera Controlada

Los certificados de Madera Controlada se emiten a productos provenientes de bosques que no están certificados FSC, pero si están verificados como fuentes incontrovertidas de productos forestales. La

Madera Controlada FSC puede estar combinada con madera certificada FSC en productos etiquetados como **FSC Mixto**.

La Madera Controlada es material que puede ser mezclado con material certificado durante la fabricación de productos FSC Mixtos. De esta forma se permite a los fabricantes manejar suministros escasos y fluctuantes de productos forestales certificados FSC, creando simultáneamente una demanda de madera certificada FSC.

Sólo los materiales procedentes de fuentes aceptables por FSC pueden utilizarse como controlados. Existen 5 categorías de material inaceptable que no puede mezclarse con materiales certificados por FSC:

- La madera aprovechada ilegalmente
- La madera aprovechada en violación de derechos tradicionales y civiles
- La madera procedente de bosques cuyos altos valores de conservación están amenazados por las actividades de manejo (Las áreas de AVC son áreas que merecen una protección particular)
- La madera procedente de bosques que se estén convirtiendo a plantaciones o a usos no forestales
- La madera de bosques en los que se plantan árboles modificados genéticamente.

Los materiales controlados pueden ser verificados bien por el fabricante de acuerdo con el estándar de la “empresa” para Madera Controlada (FSC-STD-40-005) o a través de la certificación de Manejo Forestal para Madera Controlada, de acuerdo con el estándar FSC-STD-30-010.

Los estándares de Madera Controlada están relacionados tanto con la certificación de Manejo Forestal como con la certificación de Cadena de Custodia.

¿Por qué se necesita la Madera Controlada?

Gracias a la Madera Controlada un gran número de fabricantes puede participar en la promoción de la misión y la visión de FSC en todo el mundo. Gracias a los productos FSC Mixtos, FSC puede llegar a más consumidores y es más visible en el mercado. Además, la Madera Controlada se considera un primer paso hacia la consecución de la certificación de Manejo Forestal completa.

6.6.2 Principales estándares asociados a producción y comercialización de pellets de madera en el mundo

Los pellets de madera aparecieron durante la crisis del petróleo en la década de 1970, cuando hubo una fuerte demanda de alternativas a los combustibles fósiles. Sin embargo, no fue sino hasta la década de 1990, en medio de las crecientes preocupaciones sobre el medio ambiente, que los pellets de madera fueron vistos como una fuente de energía alternativa fiable en Europa. Desde entonces, la producción y el consumo siguieron creciendo constantemente, y los pellets de madera ahora se consideran totalmente como un combustible renovable premium.

Con el éxito de los pellets de madera surgieron preguntas importantes. ¿Cómo estructurar el mercado de pellets y garantizar unas condiciones comerciales justas? ¿Cómo garantizar la transparencia y la comparabilidad para el consumidor? y lo más importante, ¿Cómo impulsar globalmente la calidad de los pellets? Las respuestas comenzaron a surgir con la creación de un estándar europeo para pellets de madera en 2011 (NCh-ISO17225/2:2017), seguido unos años más tarde por el estándar internacional (ISO 17225-2).

El auge de los biocombustibles leñosos y en específico el pellet de madera, ha dado paso al desarrollo de sistemas de certificación de calidad de los productos y los procesos, algunos reconocidos internacionalmente, tales como:

6.6.2.1 En Plus

ENplus® se estableció en 2011. Originalmente diseñada por el *Deutsches Pelletinstitut*, ENplus® introdujo clases de calidad y requisitos más estrictos que los establecidos por las normas europeas e internacionales. Gracias en parte al apoyo activo de los socios europeos, ENplus® se ha convertido rápidamente en una certificación de renombre en Europa y más allá. Su éxito contribuyó en gran medida a la armonización y estandarización más necesaria del mercado de pellets.

ENplus® es el líder mundial en cuanto a certificación de pellets domiciliarios, con el claro objetivo de brindar un control transparente e independiente para pellets de madera, desde la producción hasta la entrega, garantizando tanto la calidad del producto como el combate de potenciales fraudes a lo largo de toda la cadena de suministro.

Con aproximadamente 13 millones de toneladas de pellets certificados producidos en 2020, ENplus® es hoy el sistema de certificación líder en el mundo para la calidad de pellets de madera, producido y comercializado por cerca de 900 empresas de más de 46 países.

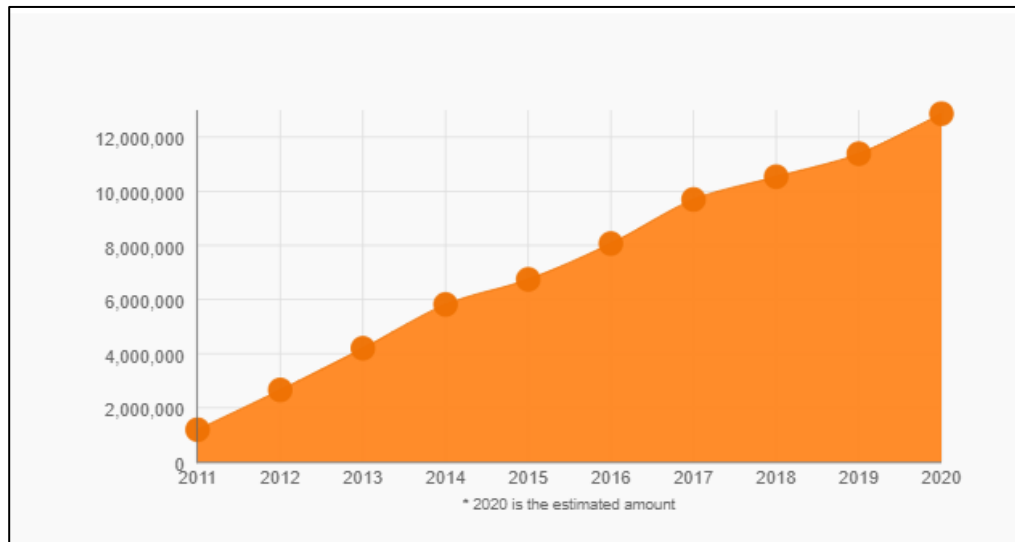


Figura 34. Crecimiento de la producción de pellet certificado ENplus por año. Fuente: <https://enplus-pellets.eu/es/latest-statistics.html>

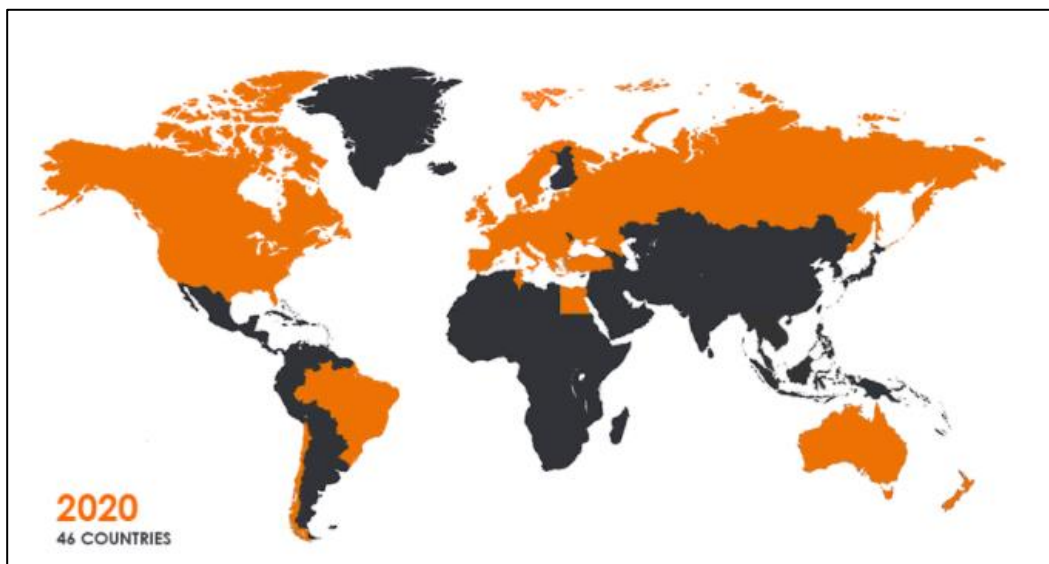


Figura 35 Países donde productores certificados en ENplus están presentes

Estructura del Esquema ENplus

El esquema está conformado por los siguientes elementos principales:

a) Certificación por terceros

ENplus® funciona como un esquema de certificación de terceros. Detrás de esta expresión radica la garantía de su imparcialidad. Significa que la conformidad es evaluada por organizaciones acreditadas, significa que los desarrollos y las actualizaciones que se incorporan a sus requisitos se realizan con total independencia. Significa, en resumen, que la calidad del pellet es el único factor por considerar.

b) Entidades de Certificación

Las organizaciones independientes conocidas como Organismos de Certificación son competentes para juzgar si una compañía solicitante cumple con los requisitos, o si su certificado debe suspenderse. Todos los organismos de certificación mencionados están acreditados (ISO / IEC 17065 con un alcance específico) y aprobados por la oficina central.

c) Organismos de Inspección y ensayo

Los Organismos de Inspección se encargan de llevar a cabo auditorías programadas y no programadas de empresas o compañías certificadas que deseen ingresar al esquema. Los Organismos de Ensayo están a cargo de realizar un conjunto de pruebas de laboratorio estandarizadas a las muestras del producto. Los resultados se comunican al Organismo de Certificación, que decide si conceder el certificado ENplus®. Todos los Organismos de Inspección y ensayo registrados deben estar acreditados y aprobados por la oficina central.

¿Qué certifica ENplus®?

ENplus® abarca desde las primeras etapas de producción hasta el proceso de entrega, asegurando que todos los actores cuenten con pautas detalladas, procedimientos de supervisión eficientes y capacitación especializada a su disposición para garantizar niveles de calidad altos y consistentes.

En cuanto a calidad el producto, los pellets deben cumplir una variedad de especificaciones técnicas tales como:

- Longitud y el diámetro.
- Durabilidad mecánica.
- Porcentaje de finos.
- Densidad aparente.
- Humedad.
- Cenizas.
- Poder calorífico.
- Contenido de Aditivos.

ENplus® es un sistema de certificación, transparente e independiente, desde la producción hasta la entrega, que garantiza la calidad y combate el fraude a lo largo de toda la cadena de suministro. El año 2019 logró resolver cerca de 650 casos de fraude distribuidos en diferentes áreas de la cadena:

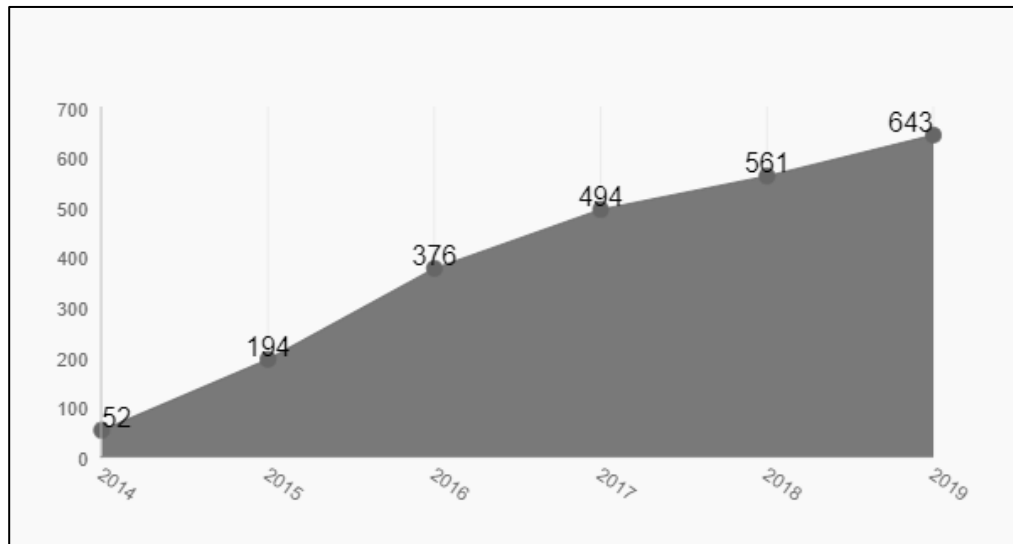


Figura 36 Total de fraudes de ENplus resueltos. Fuente: <https://enplus-pellets.eu/es/latest-statistics.html>

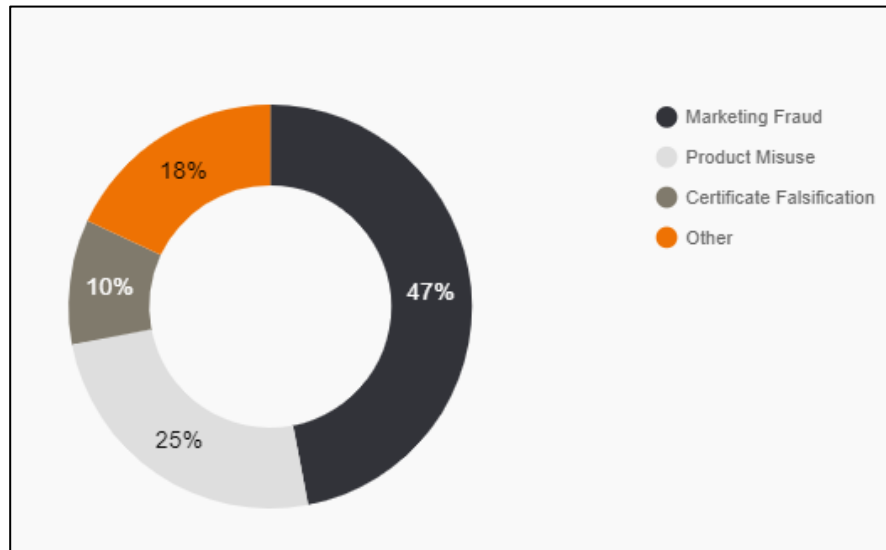


Figura 37 Tipos de fraudes de ENplus que se han manejado. Fuente: <https://enplus-pellets.eu/es/latest-statistics.html>

El siguiente video proporciona las principales razones para certificarse según ENplus:



Figura 38 Video con las principales razones para certificarse según ENplus. Link a video descripción EN Plus:
<https://youtu.be/XgL3eLpOgzc>

6.6.2.2 BIOmasud

Es un sistema de certificación de calidad y sostenibilidad privado fruto de un proyecto europeo del mismo nombre financiado con fondos del FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional).

El objetivo principal del proyecto es crear mecanismos para la sostenibilidad y valorización del mercado de la biomasa sólida en el espacio del SUDOE (España, sur de Francia y Portugal).

Es un sistema de certificación para Biocombustibles Mediterráneos: Pellets de madera, Hueso de Aceituna, Astillas de madera y Cáscaras de frutos secos. Para pellets de madera y astillas el sistema está basado en estándares internacionales ISO 17225-2 para pellets de madera y 17225-4 para astilla mientras que para el resto de los biocombustibles se basa en pre-estándares propios desarrollados en el proyecto.


Aparte de la calidad, el sistema también tiene requisitos de sostenibilidad tales como la Huella de Carbono o la Energía gastada para producir el Biocombustible.

BIOmasud opera con entidades independientes que se encargan de realizar las auditorías, analizar y emitir el certificado. Todos los organismos registrados deben estar acreditados y aprobados por el Comité Directivo de BIOmasud.

El consorcio está formado por 4 organizaciones del sector de la biomasa, 2 asociaciones de biomasa y 2 centros tecnológicos, como se observa en la Tabla 28 a continuación.

Tabla 28. Organizaciones que componen consorcio de BIOmasud.

	<p>Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa – (AVEBIOM)</p> <p>Fundada en 2004 con el objetivo de promover el desarrollo del sector de la bioenergía en España.</p>
	<p>Es una asociación privada, dotada de utilidad pública, que actúa en el marco de la política energética de España, en el ámbito de la diversificación energética y del aprovechamiento de los recursos naturales que Portugal dispone. Su principal finalidad es promover la utilización de la biomasa con fines energéticos.</p>
	<p>Centro para la Valorización de Residuos (CVR) – es una institución privada sin fines de lucro, constituida en Braga, en 2002. Presta servicios de investigación, análisis científico y aplicación de soluciones reales en el área de la valorización de residuos. Entre sus principales actividades, se puede destacar las relacionadas con el sector bioenergético, más específicamente, desarrolla proyectos para la valorización energética de residuos forestales y agroindustriales, en procesos de producción de biocombustibles sólidos y realiza servicios en empresas para aprovechar sus residuos como fuentes de energía renovable.</p>

	<p>Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)</p> <p>Adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación de España, es un Organismo Público de Investigación de excelencia en materias de energía y de medio ambiente, así como en múltiples tecnologías de vanguardia y en diversas áreas de investigación básica.</p>
---	--

6.6.2.3 SBP

El SBP es un sistema de certificación creado el año 2013 con el objetivo de proveer garantías del uso sostenible de la biomasa leñosa utilizada para generación de energía térmica y eléctrica a gran escala (No domiciliario).

SBP es una organización de estandarización sin fines de lucro, con oficinas principales en Londres, que maneja un sistema de certificación voluntaria diseñado para biomasa leñosa utilizada en producción de energía. SBP fue creada para permitir a compañías certificadas demostrar que ellas producen, comercian o utilizan biomasa leñosa de fuentes legales y proveniente de bosques con un manejo sustentable. Su foco se encuentra en la certificación de la sustentabilidad del recurso. SBP ha desarrollado un conjunto propio de 38 indicadores de sustentabilidad los cuales abordan objetivos forestales específicos incluyendo:

- Mantención y/o aumento de bosques
- Conservación de la biodiversidad
- Preservación de bosques de gran valor de conservación

SBP opera con un esquema de certificación de terceras partes. Actualmente hay más de 130 productores, intermediarios y consumidores de biomasa certificados bajo SBP, representando una proporción importante de toda la industria de biomasa leñosa utilizada para energía en Europa.

La certificación SBP está fundada en principios legales, de sustentabilidad, de auditorías y verificaciones independientes.

SBP se basa en y reconoce certificaciones forestales establecidas y comprobadas, como el Forest Stewardship Council® (FSC), el Programme for the Endorsement of Forest Certification™ (PEFC) y la Sustainable Forestry Initiative® (SFI). Todas las compañías certificadas SBP deben contar con un certificado de cadena de custodia emitido por FSC, PEFC o SFI. Su objetivo es integrar sellos de manejo sostenible (FSC; PEFC; otros), calidad del biocombustible (ENPlus®, otros).

Actualmente, SBP tiene una gran participación en el mercado internacional de biomasa (Importación y Exportación).

Mayor información en: <https://sbp-cert.org/>

6.6.3 Estimación de la demanda

Se modeló el tamaño de mercado según los datos históricos, logrando obtener la siguiente tendencia:

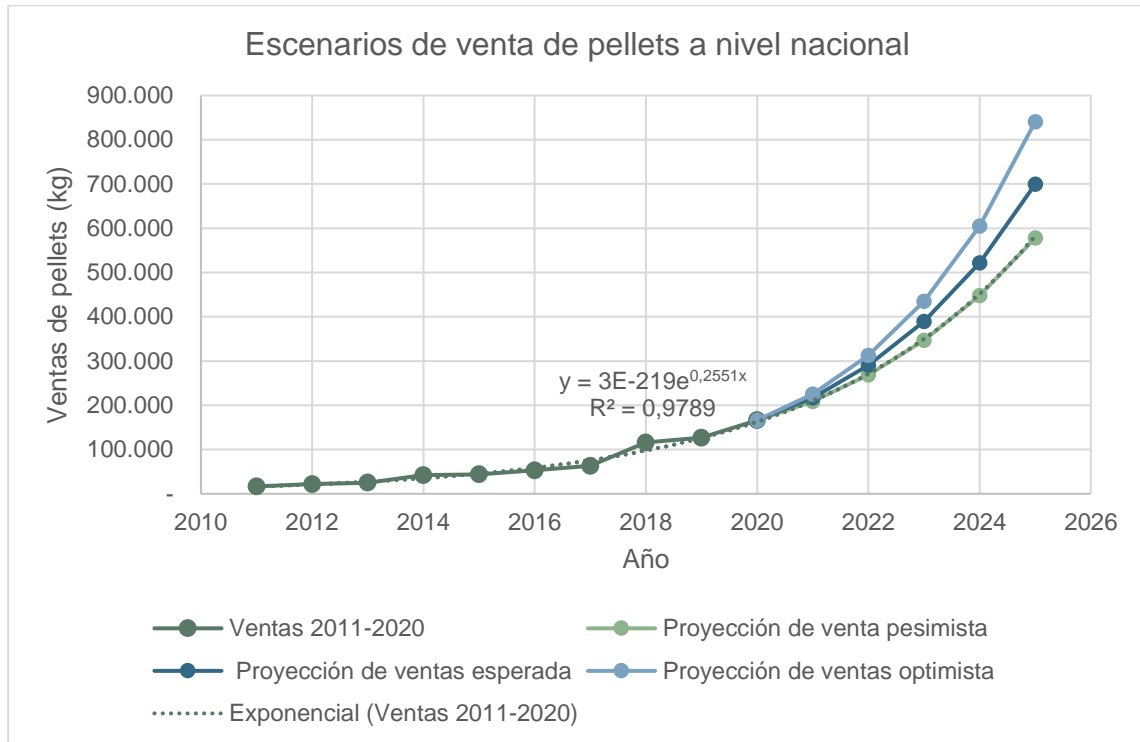


Figura 39 Escenarios de venta de pellets a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia.

Esta estimación se confirma con las proyecciones propias de las empresas consultadas, pero requiere de ser cotejada con el estudio de demanda específico que MINENER está elaborando, la cual incluye más variables de modelación, tales como cantidad de equipos proyectados de venta y metas de recambio de MMA.

6.7 Identificación de las mejores técnicas disponibles

6.7.1 Introducción

El objetivo del Estándar de Certificación "Estándar AChBIOM"³⁷, es el de definir los requerimientos mínimos de controles internos que una planta productora debe implementar con el objetivo de cumplir los parámetros de calidad normativos del producto definidos en base a la norma NCh-ISO17225/2:2017.

³⁷ Para efectos de referencia al "Estándar AChBIOM" se utilizará el nombre "Estándar", siendo posible su modificación a la posterioridad.

Junto a lo anterior el sistema tiene por objetivo velar que la calidad del producto en los puntos de comercialización cumpla los parámetros de calidad normativos definidos en base a la norma NCh-ISO17225/2:2017.

6.7.2 Alcance

El Estándar de Certificación de Calidad “**Estándar AChBIOM**” se enfocará en velar por que cada punto de producción y/o ensacado de pellets de una misma marca, cuente con los controles de calidad y cantidad apropiados para evitar y detectar situaciones de incumplimiento de calidad del producto, así como también, el de poder identificar claramente las partidas que puedan estar involucradas en situaciones de no conformidad, tanto en el punto de producción como de venta al cliente final.

Para el caso de las plantas, se busca conocer también la calidad de la materia prima abastecida, de tal forma de detectar en forma anticipada, aquellas fuentes que puedan generar problemas en la producción y producto final.

Como complemento al estándar, se recomienda incorporar un monitoreo sobre la implementación y monitoreo de aspectos asociados a la seguridad en la manipulación y almacenamiento seguro del pellet, tales como los indicados en:

- Norma de Seguridad para la Manipulación y Almacenamiento Seguro de Pellets: UN/EN ISO 20023 e ISO 20024.
- Guía Básica de Transporte y Almacenamiento de Pellets-AVEBIOM.
- Directrices del EPC para el Almacenamiento de Pellets de Madera- AVEBIOM.

6.7.3 Estructura General y Partes Involucradas

La estructura general del sello, en cuanto a los principales entes participantes y a los flujos de información asociados, es la siguiente:

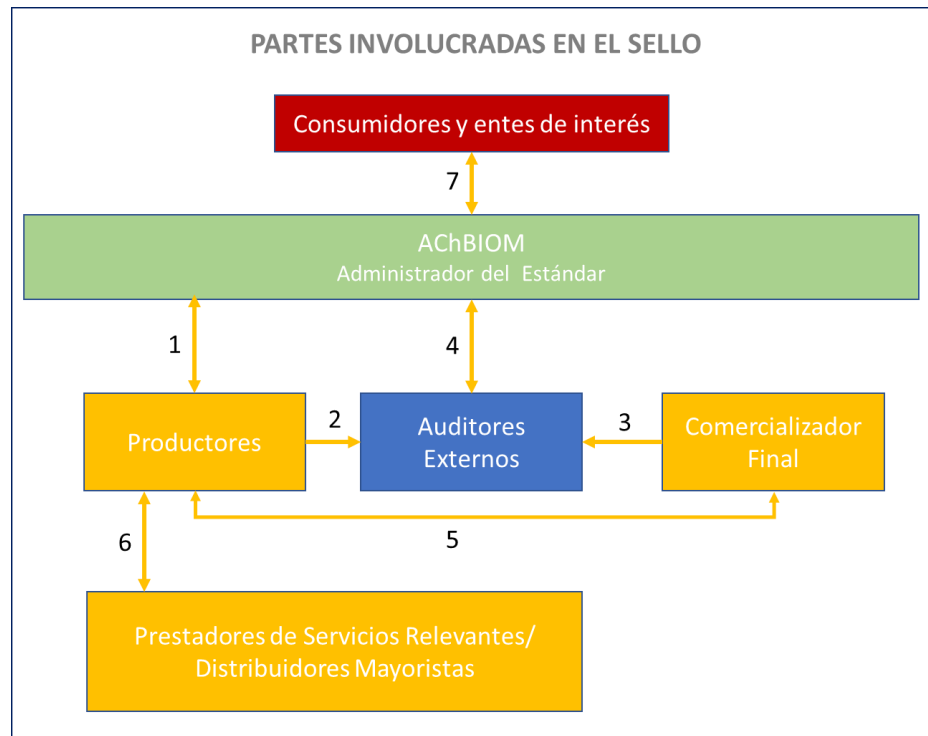


Figura 40 Partes Involucradas en el Sello

En el cuadro, es posible observar los 5 entes que constituyen el sello:

- I. Productores de Pellets
- II. Comercializador Final
- III. Prestadores de Servicios y Distribuidores Mayoristas
- IV. Auditores Externos
- V. AChBIOM

Las 4 partes indicadas, generarán la información necesaria para que AChBIOM (5to ente), como administrador del estándar, pueda informar a los consumidores y otros entes de interés (6to ente), aquellas empresas certificadas.

Las 7 flechas que unen los entes representan los flujos de actividades e información a coordinar asociadas al sello.

A continuación, se presenta una descripción de los flujos indicados:

I. Flujo 1: Productores con AChBIOM

Intercambio de información bidireccional entre ambas partes, entre las cuales se encuentran:

- Solicitud, Aceptación o Rechazo de Postulación.
- Intercambio de resultados de controles internos realizados por la planta.

- Cambios operativos por parte de la empresa que ameriten ser considerados en las auditorías y/o sello.
- Comunicación y subsanación de no conformidades en base a auditorías externas.
- Comunicación desde el productor a AChBIOM, en caso de detectarse problemas en la cadena, en punto(s) posterior(es) al despacho del producto hacia prestadores de servicios relevantes, distribuidores mayoristas y/o comercializador final, para coordinar las medidas correctivas y preventivas, así como eventuales nuevas auditorías para corroboración de la solución.
- Capacitación por parte de AChBIOM al productor respecto a cambios efectuados al sello.
- Sugerencia de posibles mejoras al sello por parte del productor hacia AChBIOM.
- Entre otras.

II. Flujo 2: Productores con Auditores Externos

Intercambio de información unidireccional desde el productor hacia el auditor externo que realiza las auditorías en la planta, tales como:

- Procedimientos y manuales asociados al sistema de aseguramiento de calidad de los pellets que deben dejar en claro:
 - ¿Por qué medir?
 - ¿Qué medir?
 - ¿Cómo medir?
 - ¿Quién debe medir?
 - ¿A quién y cómo se debe reportar?
 - ¿Quién es el responsable final de la calidad del producto y del sistema de gestión de calidad interno?
 - Acciones a tomar en caso de no conformidad.
 - Medidas preventivas.
 - Entre otras
- Registros de calibración de equipos asociados a la producción y control de calidad de los pellets.
- Registro de los controles de cantidad de pellets producidos e identificación de partidas de producción, así como los destinos de éstas.
- Capacitaciones internas a personal involucrado sobre los conceptos de calidad de pellets, así como los asociados a los controles de calidad y cantidad aplicados en la planta.
- Entre otras.

III. Flujo 3: Comercializador Final con Auditores Externos

Intercambio de información unidireccional desde el comercializador final hacia el auditor externo que realiza las auditorías en los puntos de venta a consumidor final, tales como:

- Información del distribuidor o productor del pellet al que fue comprado el producto.
- Registro de las partidas de pellets recibidos y comercializadas.
- Demostrar la existencia de un responsable con conocimiento respecto a:
 - Parámetros de calidad normativos de los pellets.
 - Buenas prácticas para el almacenamiento de los pellets.
 - Procedimiento para manejo de no conformidades del producto, tanto de cliente final como por el propio comercializador final.
- Capacitaciones internas a personal involucrado desde la recepción al punto de venta al cliente sobre los conceptos de calidad de pellets, así como los asociados al cuidado durante el periodo de almacenaje.
- Entre otras.

IV. Flujo 4: Entre Organismo Auditor y AChBIOM

Intercambio de información bidireccional entre ambas partes, entre las cuales se encuentran:

- Coordinación de auditoría: Lugar y rango de fecha a auditar.
- Entrega de informe de auditoría a AChBIOM.
- Coordinación de pruebas cruzadas para validación continua de resultados entre laboratorios nacionales aprobados por AChBIOM y laboratorios reconocidos internacionalmente.(Referencia: 1 validación cruzada cada 3 meses).
- Sugerencia de posibles mejoras al sello por parte del auditor hacia AChBIOM.
- Entre otras.

V. Flujos 5 y 6: Productor con Comercializador Final y Prestadores de Servicios Relevantes/ Distribuidores Mayoristas

El productor será responsable de velar por que, tanto los Prestadores de Servicios Relevantes, Distribuidores Mayoristas y Comercializadora Final, cuenten con la información necesaria para el correcto manejo del pellet en la cadena, de tal forma que:

- Se mantenga la calidad de los pellets hasta el punto de venta al consumidor final.
- Se informen a todos los eslabones anteriores en la cadena, aquellas situaciones de mala calidad evidentes, tanto en el pellet como en su envasado, para su pronta corrección.
- Contar con trazabilidad de las partidas.
- Se detecten y eviten malas prácticas en cuanto a falsificaciones, etc.
- La información provista al mercado respecto al sello se ajuste al alcance y objetivo de éste.

- Tomar las medidas preventivas y correctivas que AChBIOM comunique luego de las auditorias.
- Entre otras.

VI. Flujo 7: Entre AChBIOM y Consumidores y entes de interés

Intercambio de información bidireccional entre ambas partes, entre las cuales se encuentran:

- Difusión del sello por parte de AChBIOM.
- Difusión del estatus de la certificación de cada productor asociado al sello.
- Coordinación con organismos del Estado para la mantención del sello como referente a nivel nacional.
- Canal de denuncias y reclamos.
- Entre otras.

6.7.3.1 Administrador del Estándar

La administración del sello recae en la Asociación Chilena de Biomasa A.G (AChBIOM), la cual velará por la correcta aplicación y difusión del sello, así como la coordinación con los organismos del Estado, empresas privadas y ONG's para los cuales el estándar resulta una parte importante para el desarrollo de sus actividades.

Entre ellas se encuentran principalmente:

- a) Revisar y almacenar los informes de calidad y producción que envíen semanalmente las empresas certificadas.
- b) Administrar el estatus del sello de las empresas, en base a los reportes y resultados obtenidos luego de las auditorias.
- c) Informar a los productores de los resultados de las auditorias y solicitar las medidas correctivas pertinentes, así como eventuales auditorias extraordinarias para velar por su correcta implementación.
- d) Coordinar con agencias de medios y organismos del Estado, publicidad y seminarios para la difusión del sello.
- e) Coordinar chequeos inter-laboratorios, entre los laboratorios chilenos que participen en la realización de análisis y algún laboratorio internacional reconocido. El chequeo internacional se efectuará cada 3 meses para todos los parámetros normativos indicados.

6.7.3.2 Productores

Requisitos para los productores de pellets

Los siguientes requisitos se aplican a las empresas certificadas, así como a las empresas que solicitan la certificación.

Gestión de la calidad

La gestión de la calidad debe incluir un manual interno con instrucciones de funcionamiento, registro de formación (interna y externa) y procedimientos para la tramitación de quejas y reclamaciones.

Director de calidad: la dirección de la empresa certificada debe designar a un director de calidad con conocimientos sobre el efecto de los distintos procesos operativos sobre la calidad de los pellets producidos. El director de calidad tendrá la misión de implementar medidas para cumplir los requisitos de control de calidad y de la documentación para la gestión de la calidad interna. Además, será la persona de contacto con el organismo de inspección y AChBIOM. Esta última informará al director de calidad sobre las mejoras y cambios en el esquema de certificación. Por otra parte, el director de calidad debe participar en cursos de formación externos sobre la calidad de los pellets en el año de la certificación y, a partir de entonces, al menos una vez en cada periodo de certificación. La formación deberá aprobarla AChBIOM.

El director de calidad debe garantizar la metódica documentación y evaluación de los procesos operativos que afectan a la calidad de los pellets de madera. La documentación debe estar actualizada y debe presentarse con regularidad a la dirección. Para ello se recomienda mantener un registro de revisiones. Los defectos encontrados deben comunicarse inmediatamente a los empleados responsables y deben solucionarse.

El director de calidad es la persona de contacto de sus compañeros en caso de problemas de funcionamiento en el proceso de producción. El director de calidad puede delegar las tareas personales de supervisión y documentación en otros empleados. En ese caso, debe dar instrucciones sobre sus obligaciones a los empleados responsables y supervisar que estas obligaciones se realicen correctamente.

El director de calidad de una empresa certificada debe realizar un programa de formación en calidad anual para todos los empleados. Esta formación debe documentarse (fecha, participantes, contenido).

Materias primas

Los requisitos para el origen de las materias primas de madera y los requisitos sobre la cantidad y el tipo de aditivos se basan en la norma NCh-ISO17225/2:2017.

Instalaciones y equipos operativos

La empresa certificada debe contar con el equipamiento técnico y las instalaciones adecuados para la producción, almacenamiento, manipulación y envasado de pellets de madera de alta calidad. Las instalaciones deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Las zonas de descarga, manipulación y almacenamiento de materias primas deben estar protegidas contra la contaminación por sustancias como tierra, piedras y granos.
- Los pellets deben estar protegidos contra la humedad y la contaminación en el almacén.
- Los almacenes para distintas clases de calidad deben estar separados espacialmente.
- Las zonas de carga de pellets deben estar protegidas de la lluvia y la nieve, incluso cuando hay viento fuerte.

Procesos principales

Deben implementarse los siguientes procesos y su realización debe documentarse:

Área	Procesos	Requisitos de documentación
Mercancías entrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación de las mercancías • Inspección visual, p. ej., corteza, 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos de entrega de materias primas • Origen de las materias primas (parte 3 del Manual, tabla 2)

	descomposición, contaminación <ul style="list-style-type: none"> Comprobación de los documentos de entrega 	<ul style="list-style-type: none"> Especies de madera (frondosas o madera de coníferas) Documentos de entrega para aditivos, con fichas técnicas
--	--	--

Tabla 29 Ejemplo de proceso a implementar y su requisito de documentación

Auto inspecciones

Los productores certificados deben implementar un sistema de auto inspecciones periódico de la calidad de los pellets a definir.

La frecuencia de los ensayos para cada centro de producción debe de ser como mínimo de una vez por turno. La frecuencia mínima debe ser como mínimo “N” en 24 h donde “N” es:

$$N = \frac{10}{\text{días}} \times \sqrt{\frac{\text{ton}}{10}}$$

donde:

N = número de muestras en 24 h.

días = días laborales anuales.

ton = producción anual de pellets por centro de producción en toneladas métricas.

Documentación de entrega de pellets

Cada entrega de pellets debe estar documentada con un registro de entregas que contenga los siguientes elementos:

- Sello de certificación o ID
- Clase de calidad
- Masa de los pellets entregados en kg o toneladas métricas
- Entre otros

6.7.3.3 Organismos de Inspección

Las inspecciones de productores son gestionadas por los organismos de inspección. Se proporcionará un informe de inspección, incluyendo un informe de laboratorio, tanto al organismo de certificación competente como a la dirección competente.

Requisitos para el registro

Un organismo de inspección registrado se debe acreditar conforme a la norma ISO 17020. El alcance de la acreditación deberá incluir las normas NCh-ISO17225/2:2017 y EN 15234-2. AChBIOM podrá aceptar excepciones razonables.

Procedimiento de solicitud

Los organismos de inspección pueden solicitar su registro con AChBIOM. En la solicitud deberán figurar los inspectores propuestos y sus cualificaciones.

Tareas

El organismo de inspección debe proponer una fecha de inspección adecuada. La empresa por certificar o certificada facilitará al inspector el acceso a todos los centros y a toda la documentación y el personal relevantes. El inspector:

- Tomará muestras de los pellets a granel certificados en el primer punto posible tras el proceso de producción, las sellará y organizará su envío al organismo de ensayo. En la muestra se analizarán todas las propiedades del combustible mencionadas en la tabla 1 de norma NCh-ISO17225/2:2017.
- Examinará los equipos en funcionamiento y la instalación. Durante la inspección inicial, el inspector comprobará y documentará todo.
- Comprobará el sistema de gestión de la calidad, incluidos los procedimientos operativos, la documentación, la política de calidad y la cualificación del personal.
- Comprobará el origen de las materias primas y los aditivos.
- Comprobará la gestión de reclamaciones.
- Comprobará el cumplimiento de la obligación de informar a AChBIOM.
- Validará las autoinspecciones (p. ej., comparando los resultados del laboratorio de una muestra de pellets compartida con los resultados de los ensayos internos de la empresa certificada).
- Comprobará las cifras de producción y ventas.
- Comprobará si solo se ha utilizado el diseño aprobado para los envases en el caso de que la empresa envase sus pellets.

6.7.3.4 Organismos de ensayo

Requisitos para el registro

Los organismos de ensayo se acreditarán conforme a la norma NCh ISO 17025 para las normas de ensayo especificadas en la norma NCh-ISO17225/2:2017. AChBIOM podrá aceptar excepciones razonables. Los organismos de ensayo podrán colaborar para completar todos los ensayos requeridos por la norma.

AChBIOM nombrará un laboratorio internacional acreditado, para ser utilizado como patrón y realizar pruebas cruzadas con el o los laboratorios locales para su aprobación.

Este chequeo será realizado al menos cada 4 meses.

Procedimiento de solicitud

Los organismos de ensayo que deseen estar registrados presentarán a AChBIOM una solicitud formal que incluya pruebas de sus acreditaciones.

Tareas

Los organismos de ensayo registrados analizan la calidad de las muestras de pellets de madera proporcionadas por inspectores registrados, empresas certificadas o usuarios finales. Los análisis se realizan conforme a las normas de ensayo especificadas en la norma NCh-ISO17225/2:2017. Hasta que se publique el método ISO relevante, se aplicará el método correspondiente al que se haga referencia en la norma NCh-ISO17225/2:2017.

Se proporcionará un informe de laboratorio al organismo de inspección competente.

6.7.4 Requisitos de Calidad del Producto

6.7.4.1 Requisitos materias primas

Los tipos de madera indicados en la siguiente tabla se pueden utilizar según la norma NCh-ISO17225/2:2017 como materia prima para la producción de pellets de madera. Los orígenes de materia prima se definen en la norma NCh-ISO17225/1:2017.

Clase		
A1	A2	B
1.1.3 Fuste	1.1.1 Árboles enteros sin raíces	1.1 Bosques, plantaciones y otras maderas vírgenes
1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente	1.1.3 Fuste	1.2 Subproductos y residuos de la industria del procesamiento de la madera
	1.1.4 Restos de corta	1.3.1 Madera usada no tratada químicamente
	1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente	

Tabla 30 Tipos de madera como materia prima para producción de pellets según norma NCh-ISO17225/1:2017

6.7.4.2 Requisito Calidad de los Pellets

La norma NCh-ISO17225/2:2017 define tres clases de calidad de los pellets. y sus nombres son:

- Clase A1
- Clase A2
- Clase B

La siguiente tabla ofrece un resumen de las propiedades de los pellets y sus valores umbral correspondientes:

ID	Propiedad	Unidad	Clase			Norma de Ensayo
			A1	A2	B	
1	Diámetro	mm	D06 6 ± 1 u D08 8 ± 1			ISO 17829
2	Longitud	mm	$3,15 < L \leq 40$			ISO 17829
3	Humedad	% en masa (base húmeda)	$M10 \leq 10$			ISO 18134
4	Cenizas	% en masa (base seca)	$A0.7 \leq 0,7$	$A1.2 \leq 1,2$	$A2.0 \leq 2,0$	ISO 18122
5	Durabilidad mecánica	% en masa (según se recibe)	$DU97.5 \geq 97,5$	$DU97.5 \geq 97,5$	$DU96.5 \geq 96,5$	ISO 17831-1
6	Finos (<3,15mm)	% en masa (según se recibe)	$F1.0 \leq 1,0$			ISO 18846
7	Densidad a granel	kg/m ³ (según se recibe)	$BD600 \geq 600$			ISO 17828
8	Poder calorífico neto	kWh/kg (según se recibe)	$Q4.6 \geq 4,6$			ISO18125
9	Aditivos	% en masa (según se recibe)	≤ 2 (A declarar tipo y cantidad)			-
10	Nitrógeno	% en masa (base seca)	$N0.3 \leq 0,3$	$N0.5 \leq 0,5$	$N1.0 \leq 1,0$	ISO 16948
11	Azufre	% en masa (base seca)	$S0.04 \leq 0,04$	$S0.05 \leq 0,05$	$S0.05 \leq 0,05$	ISO16994
12	Cloro	% en masa (base seca)	$Cl0.02 \leq 0,02$	$Cl0.02 \leq 0,02$	$Cl0.03 \leq 0,03$	ISO16994
13	Arsénico	mg/kg (base seca)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	ISO 16968
14	Cadmio	mg/kg (base seca)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	ISO 16968
15	Cromo	mg/kg (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	ISO 16968
16	Cobre	mg/kg (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	ISO 16968
17	Plomo	mg/kg (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	ISO 16968
18	Mercurio	mg/kg (base seca)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	ISO 16968
19	Níquel	mg/kg (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	ISO 16968

Tabla 31 Propiedades de los pellets y sus valores umbral correspondientes (parte 1)

ID	Propiedad	Unidad	Clase			Norma de Ensayo
			A1	A2	B	
20	Zinc	mg/kg (base seca)	≤ 100	≤ 100	≤ 100	ISO 16968
21	Temperatura de deformación de las cenizas	°C	Se debería declarar			CEN/TS 15370

Tabla 32 Propiedades de los pellets y sus valores umbral correspondientes (parte 2)

Solo el análisis N° 21 es informativo, todo el resto es normativo.

Los análisis del N° 1 al 7 corresponden a los análisis físicos mínimos a ser realizados, tanto en las auditorías a los productores como a los comercializadores finales.

En las auditorías a los productores se realizarán la totalidad de los 21 análisis indicados.

6.7.5 Requisito de diseño de los envases

A continuación, se indican algunos de los requisitos que tendrán los envases:

- Nombre del producto.
- El diseño del saco incluirá el término "Pellets de madera".
- Nombre y dirección de la empresa certificada
- El diseño del saco incluirá el sello de calidad del productor certificado.
- El diseño del saco incluirá el peso neto en kilogramos [kg]. El diseño del saco solo podrá incluir información adicional de \pm % cuando exista alguna justificación para ello.
- Toda la información que se deba incluir en el diseño del saco se imprimirá directamente en el saco, y será claramente legible.
- Otros a definir.

6.7.6 Requisitos de sostenibilidad de la madera como materia prima

Este esquema de certificación no compite con otros esquemas establecidos de sostenibilidad de bosques, pero reconoce los certificados de PEFC, FSC u otros sistemas de gestión forestal equivalentes, incluyendo sus certificados de cadena de custodia.

Los Productores certificados están obligados a documentar el origen y la tasa de materiales de madera certificados. Además, se debe documentar la materia prima certificada con cadena de custodia.

6.7.7 Estructura de la Certificación

El sello contempla 2 tipos de auditorías de carácter obligatorio:

- Tipo de Auditoria 1: A efectuarse en las plantas a la producción.
- Tipo de Auditoria 2: A efectuarse en las instalaciones del comercializador final.

A continuación, se describe cada una de ellas:

6.7.7.1 Auditoria Tipo 1: Plantas de Producción.

Auditoria que se realiza a cada planta productora en cuanto a los siguientes puntos:

- i. Grado de Cumplimiento de calidad de los pellets producidos (muestreo por parte del auditor para su posterior análisis en laboratorio externo a la planta, validado por AChBIOM).
- ii. Conocimiento y uso, por parte de los responsables del sistema de gestión de calidad de producción de pellets, de los procedimientos y manuales asociados, los cuales deben dejar en claro:
 - ¿Por qué medir?
 - ¿Qué medir?
 - ¿Cómo medir?
 - ¿Quién debe medir?
 - ¿A quién y cómo se debe reportar (Interna y externamente)?
 - ¿Quién es el responsable final de la calidad del producto y del sistema de gestión de calidad interno?
 - Acciones a seguir en caso de no conformidad.
 - Medidas preventivas.
 - Entre otras
- iii. Registros de calibración de equipos asociados a la producción y control de calidad de los pellets.
- iv. Registro de los controles de cantidad de pellets producidos e identificación de partidas de producción, así como los destinos de éstas (Al menos al segundo eslabón de la cadena posterior a la planta).
- v. Capacitaciones internas a personal involucrado sobre los conceptos de calidad de pellets, así como los asociados a los controles de calidad y cantidad aplicados en la planta.
- vi. Entre otras.

6.7.7.2 Auditoria Tipo 2: Comercializador Final.

Auditoria aleatoria que se realiza a un determinado número de comercializadores finales, de tal forma de verificar las condiciones del pellet al final de la cadena en cuanto a los siguientes puntos:

- i. Grado de Cumplimiento de calidad de los pellets en venta (muestreo por parte del auditor para su posterior análisis en laboratorio validado por AChBIOM).

ii. Habilitación de un sistema de registro en cuanto a:

- Información del distribuidor o productor del pellet al que compró.
- Registro e identificación de las partidas de pellets recibidos y comercializadas.
- Demostrar la existencia de un responsable capacitado sobre:
 - Parámetros de calidad normativos de los pellets.
 - Buenas prácticas para el almacenamiento de los pellets.
- Procedimiento para manejo de no conformidades del producto, tanto de cliente final como por el propio comercializador.
- Entre otras.

6.7.7.3 Frecuencia de Auditorias

Las frecuencias de las auditorias han sido fijadas en función al tonelaje producido por cada productor, con un mínimo de auditorías por año.

La siguiente tabla muestra las intensidades predefinidas:

Auditorias en Planta

TONELAJE POR AUDITORIA PLANTA	10.000
MINIMO AUDITORIAS AL AÑO	1

Tabla 33 Frecuencia de auditorías a Planta

Auditorias Comercializador Final

TONELAJE POR AUDITORIA COMERCIO	5.000
MINIMO AUDITORIAS AL AÑO	2

Tabla 34 Frecuencia de auditorías a Comercializador Final

Resulta importante indicar que las auditorías a ser efectuadas en el punto de distribución final, se efectúan para al menos 3 proveedores en un mismo evento, de tal forma de prorratear y reducir los costos unitarios.

Los siguientes gráficos muestran el número de auditorías a efectuarse, tanto en planta como en el punto de comercialización final, según el tonelaje producido por cada planta:

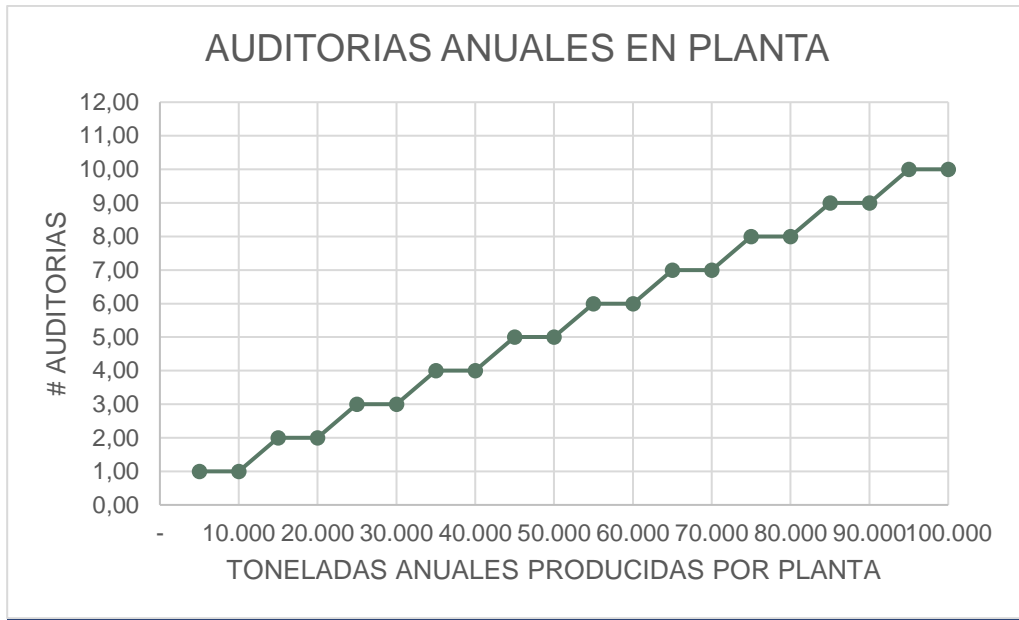


Gráfico 1 Numero de Auditorias anuales por Planta

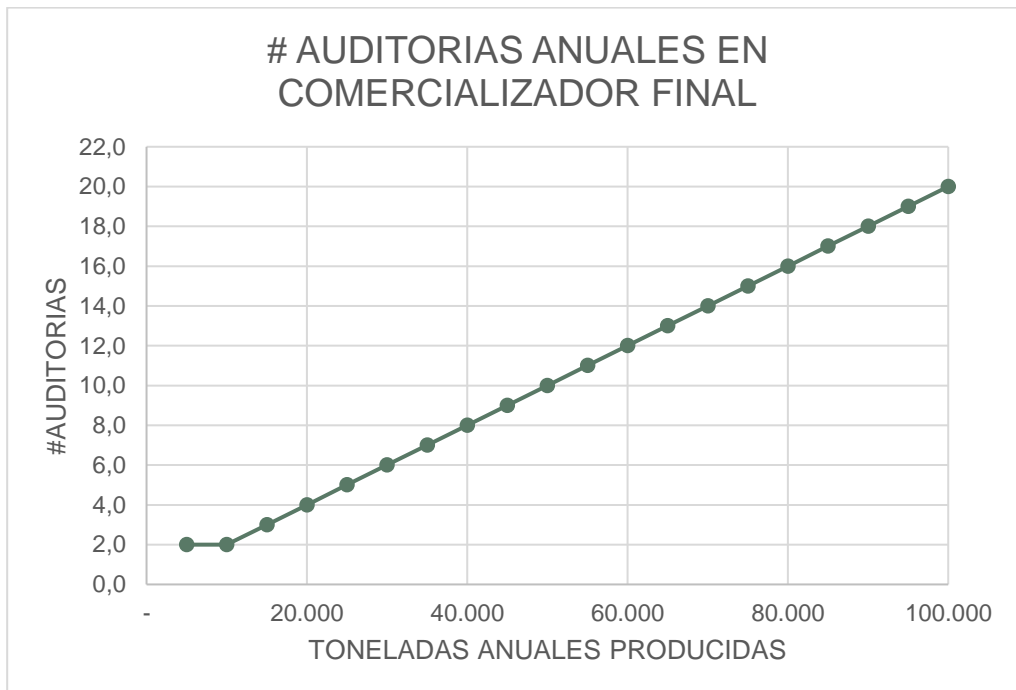


Gráfico 2 Numero de Auditorias anuales por Comercializador Final

Ejemplo: Empresa que produce 20.000 Ton/año

- Auditorias en Planta:

$$(20.000 \text{ Ton/Año}) / (10.000 \text{ Ton/Auditoria}) = 2 \text{ auditorías al año.}$$
- Auditorias en Comercializador Final:

$(20.000 \text{ Ton/Año}) / (5.000 \text{ Ton/Auditoría}) = 4 \text{ auditorías al año.}$

Así en el ejemplo anterior:

	Auditorías al año	\$/auditoría	Total
Auditorías en Planta	2	\$1.850.000	\$3.700.000
Auditorías en Comercializador Final	4	\$610.000	\$2.440.000
TOTAL			\$6.140.000
Toneladas al año			20.000
\$/Kg			0,307

Tabla 35 Costo en \$/Kg ejemplo anterior

6.7.7.4 Estimación de Precios de la Certificación

La estructura de costos contiene las siguientes 3 partes:

Presupuesto Operación AChBIOM

Tiene por objetivo el permitir a AChBIOM contar con fondos mínimos que permitan tener un soporte interno para la administración del sello.

El presupuesto estimado para esta actividad es el siguiente (considerando el número de productores suscritos al APL):

Costos Por AChBIOM	\$/Unidad	Unidades Mes	Total Mensual	Total Anual
Soporte Interno	\$1.080.000	0,75	\$810.000	\$9.720.000
Marketing Sitio Web	\$300.000	1,0	\$300.000	\$3.600.000
Chequeo Laboratorio Internacional	\$900.000	0,33	\$300.000	\$3.600.000
TOTAL				\$16.920.000

Tabla 36 Presupuesto Operación AChBIOM

El costo se ha calculado según las 242.600 Ton consideradas a producir por las empresas asociadas al APL para el año 2021, lo cual entrega un valor de **0,07 \$/Kg.**

Tarifa Auditoria en Planta

La siguiente tabla presenta la tarifa por la auditoria a realizar a una planta, considerando que ésta se encuentra a menos de 200 Km de algún centro de operación del organismo de inspección³⁸ :

ITEM	\$/auditoría
Tarifa Auditoria	\$1.050.000
Tarifa Análisis Laboratorio (Set Completo)	\$800.000
TOTAL	\$1.850.000

Tabla 37 Tarifa Auditoria en Planta

Al realizarse cada 10.000 toneladas, el valor unitario es de **0,185 \$/Kg.**

Tarifa Auditoria en Comercializador Final

La siguiente tabla presenta la tarifa por la auditoria a realizar a un comercializador final. Se realizarán para al menos 3 plantas productoras en la misma jornada, dentro de una distancia máxima estimada de 200 Km de algún centro de operación de la empresa que realiza la auditoria:

ITEM	\$/auditoría
Tarifa Por Empresa (Incluye Análisis Físicos)	\$610.000

Tabla 38 Tarifa Auditoria en Comercializador Final

Al realizarse cada 5.000 toneladas, el valor unitario es de **0,122 \$/Kg.**

³⁸ En caso de encontrarse a una mayor distancia y/o requerir alojamiento, el organismo de inspección indicará los montos extras asociados a ser incurridos por el productor.

Tarifa total

De esta forma, al consolidar los montos indicados anteriormente:

ID	ITEM	\$/Kg
1	Operación AChBIOM	0,070
2	Auditoria en Planta:	0,185
3	Auditoria Punto Comercialización	0,122
TOTAL		0,377

Tabla 39 Tarifa Total Certificación

De esta forma, en base al levantamiento efectuado a los productores asociados al APL, considerando una producción anual (mínima) de 242.600 toneladas, la tarifa unitaria del sello es de 0,38 \$/Kg.

A modo de referencia, al considerar un precio de \$4.000 para un saco de 18 Kg (222 \$/Kg), la certificación equivale a un 0,17% de dicho precio.

La siguiente tabla presenta el detalle y distribución de los costos:

Facturación (MM\$/año)									
Empresa	Ton/año	Visitas Planta al año	Visitas Comercio al año	Auditoria Planta	Auditoria Comercio	AChBIOM (Prorrataado por tonelaje)	TOTAL	Unitario (\$/Kg)	% Respecto precio producto
Empresa 1	26.000	2,6	5,2	4,8	3,2	1,8	9,8	0,38	0,17%
Empresa 2	60.000	6,0	12,0	11,1	7,3	4,2	22,6	0,38	0,17%
Empresa 3 Planta 1	70.000	7,0	14,0	13,0	8,5	4,9	26,4	0,38	0,17%
Empresa 3 Planta 2	40.000	4,0	8,0	7,4	4,9	2,8	15,1	0,38	0,17%
Empresa 4	23.000	2,3	4,6	4,3	2,8	1,6	8,7	0,38	0,17%
Empresa 5	9.600	1,0	1,9	1,9	1,2	0,7	3,7	0,38	0,17%
Empresa 6	14.000	1,4	2,8	2,6	1,7	1,0	5,3	0,38	0,17%
TOTAL	242.600	24,3	48,5	45,0	29,6	16,9	91,5	0,38	0,17%

Tabla 40 Detalle y distribución de Costos por empresa

6.7.8 Plan Implementación y Puesta en Marcha

Se visualizan las siguientes dos Macro Etapas, compuestas de tres y dos Sub Etapas respectivamente.

- i. Macro Etapa I: Habilitación y Prueba de Concepto.
- ii. Macro Etapa II: Implementación en plantas restantes consideradas en el APL.

Los tiempos asociados a cada Macro Etapa y Sub Etapas son los siguientes:

		MESES										
MACRO ETAPA	SUB ETAPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1: Habilitación y Prueba de Concepto	Diseño Sistema											
	Implementación Sistema Plantas De Prueba											
	Operación Piloto											
	Conclusiones Y Mejoras											
2: Implementación en plantas restantes consideradas en el APL.	Implementación Sistema Todas Las Plantas											
	Operación En Régimen											

Tabla 41 Carta Gantt Plan de implementación y Puesta en marcha del Sistema de Certificación

6.7.8.1 Macro Etapa I: Habilitación y Prueba de Concepto

Esta Macro Etapa tiene por objetivo el diseñar e implementar todos los elementos esenciales para probar el modelo de certificación y/o detectar los ajustes pertinentes.

Dentro de las actividades a realizar se encuentran:

- i. Desarrollo Sistema de Postulación y Aceptación al sello.
- ii. Definición de Infraestructura, Equipamientos, Procedimientos y Registros necesarios de tener implementado en las Plantas.
- iii. Definición de Capacitaciones a Efectuar a personal asociado a producción y punto de venta final.

- iv. Definición de procedimiento de auditoria y reportabilidad.
- v. Definición de características de empresas auditoras y análisis de laboratorios participantes en el proceso de certificación, así como la validación de la/s empresa/s que participará/n en el piloto.
- vi. Definición de mecanismo y plazos para solución de incumplimientos.
- vii. Definición de mecanismo de difusión de resultados e identificación de empresas certificadas.
- viii. Criterios para retiro del sello en caso de incumplimientos.
- ix. Corroborar que:
 - a) Los resultados generados permitan cumplir con el objetivo de garantizar un correcto seguimiento a la calidad de los pellets al momento de su producción y comercialización.
 - b) Detectar y corregir prontamente aquellas partidas de producción que no cumplen con los requisitos normativos.
 - c) Detectar aquella cadena de suministro entre Planta y Punto de comercio final, que requiera ser revisada ante diferencias/daños significativos y fuera de lo normal entre ambos puntos.

Junto a lo anterior, se considera la operación del sistema a modo de prueba y marcha blanca por un periodo de 4 meses.

Para esta primera Macro Etapa, se considera trabajar con 3 plantas solamente. Como propuesta inicial se proponen plantas con los siguientes niveles de producción anual:

PLANTAS A IMPLEMENTAR	TON/AÑO
EMPRESA 3-PLANTA 1	70.000
EMPRESA 2	60.000
EMPRESA 4	23.000

Tabla 42 Nivel de producción anual empresas consideradas Macro Etapa 1

Concluida esta etapa y detectados los puntos a corregir, así como desarrolladas sus mejoras, se procederá a implementar el sistema al menos al resto de las plantas asociadas el APL.

Detalle Costos Macro Etapa I

Operación AChBIOM

Considerando que AChBIOM:

- i. Participará durante los 9 meses que dura la Macro Etapa I.
- ii. Se contratará una persona con dedicación de 50% durante los 9 meses.
- iii. Que se efectuarán 2 chequeos con laboratorio internacional.
- iv. Durante este periodo, no se dispondrá de fondos de marketing para el sello.

De esta forma, se estima un fondo de operación para AChBIOM de **\$6.660.000**, cuyo detalle se muestra a continuación:

COSTOS POR ACHBIOM	\$/UNIDAD	UNIDADES PILOTO	TOTAL PILOTO
Soporte Interno	1.080.000	4,5	\$4.860.000
Marketing Sitio Web	300.000	----	----
Chequeo Laboratorio Internacional	900.000	2,00	\$1.800.000
TOTAL			\$6.660.000

Tabla 43 Detalle de Costos considerados para la Operación de AChBIOM Macro etapa 1

Costo ACHBIOM + Auditorias y Análisis por parte de Terceros

Al considerar el fondo de operación para AChBIOM y los costos asociados a auditorias y análisis de laboratorio, se obtienen los siguientes valores para la operación del piloto considerando las empresas indicadas:

Empresa	Ton/período	Visitas Planta período	Visitas Comercio período	Facturación (MM\$/año)			TOTAL	Unitario (\$/Kg)	% Respecto precio producto
				Auditoria Planta	Auditoria Comercio	AChBIOM (Prorrateado por tonelaje)			
Empresa 3 Planta 1	23.333	2	5	3,7	3,1	3,0	9,8	0,42	0,19%
Empresa 2	20.000	2	4	3,7	2,4	2,7	8,8	0,44	0,20%
Empresa 4	7.667	1	2	1,9	1,2	1,0	4,1	0,53	0,24%
TOTAL	51.000	5	11	9,3	6,7	6,7	22,7	0,44	0,20%

Tabla 44 Costos Total operación del piloto

A las cifras indicadas anteriormente, las cuales corresponden a la operación del sistema, es necesario agregar el monto asociado al diseño del sistema, lo cual se indica a continuación.

Costo Diseño del Sistema

Se estima que el diseño del sistema tomará 3 meses hasta poder comenzar con el inicio de las auditorías. A continuación, se indican los ítems y costos asociados:

			VALOR UF	29.530		
ITEM	NOMBRE	UNIDAD	VALOR UNITARIO (UF)	VALOR UNITARIO (\$)	UNIDADES	TOTAL
1	Asesor Experto 1	\$/Hora	3,00	\$88.590	120	\$10.630.800
2	Asesor Experto 2	\$/Hora	2,00	\$59.060	180	\$10.630.800
3	Entrenamiento Auditor	\$/Hora	1,00	\$29.530	100	\$2.953.000
4	Administrativo	\$/Hora	0,15	\$4.430	50	\$221.475
5	Viajes a Terreno	\$/Viaje	10,6	\$312.000	9	\$2.808.000
6	Extras /Imponderables (7%)					\$1.907.085
TOTAL						\$29.151.160

Tabla 45 Costos de diseño del Sistema de certificación

El mecanismo de pago deberá ser definido por AChBIOM y los socios del APL.

6.7.8.2 Macro Etapa II: Implementación en plantas restantes consideradas en el APL.

Una vez validada la Macro Etapa I, corresponde la implementación en las restantes plantas participantes en el APL, así como las que se incorporen.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Charla de Capacitación sobre el Estándar y Resultados Obtenidos en la Macro Etapa I (Charla abierta todo productor de Pellet).
- Postulación de empresas.
- Inicio de Auditorías (Capacidad estimada: 2-3 por semana)
- Inicio auditoría de seguimiento en comercializador final.

6.8 Innovación

Todas las innovaciones aplicables a la industria son descritas en el capítulo anterior.

6.9 Factores y variables que determinan la competitividad

6.9.1 Evaluación económica del estándar

Con el propósito de comparar el costo de certificación por el estándar a desarrollar en Chile versus a EN Plus por organismos acreditados en el exterior (con los consiguientes costos logísticos adicionales), se procedió a calcular el costo total y unitario de certificación por cada uno de estos. Resulta importante indicar que el comparativo se tuvo que acotar a lo que respecta a certificación y monitoreo en la planta ya que los sistemas no son 100% homologables en cuanto a:

1. EN Plus plantea un proceso de certificación y monitoreo a los comercializadores de pellets con un alcance y costos muy similares al de las plantas productoras, pero en forma no vinculante entre ellas (Puede estar un productor certificado pero algunos comercializadores si y otros no), versus el estándar local cuyo foco es el monitorear intensamente la producción y la calidad (no sistema de gestión) de los puntos de venta final (distribuidos entre todos los puntos en forma aleatoria).
2. Que el número de auditorías por año, tanto para las plantas como para cada comercializador acreditado es de 3 para EN Plus, en vez de un numero acorde al nivel de producción propuesto por el estándar local, el que varía entre 1 y 7 por año en la planta y entre 7 y 14 en puntos de comercialización.
3. El control en el punto de comercialización no está asociado a la certificación del productor mismo, versus el estándar nacional en el cual el control en la producción y punto de comercialización se encuentran dentro de un mismo estándar.

De esta forma, al hacer el comparativo con los alcances indicados, se evidencia que el costo promedio de EN Plus se encuentra del orden de 0,369 CLP/Kg versus 0,255 CLP/Kg del estándar local. Vale decir, el estándar local sería del orden de un 31% más económico em promedio, con un rango entre -65% y 3%.

EMPRESA	TONELADAS POR AÑO	UNITARIO (\$/ KG)		DIFERENCIA %
		ESTÁNDAR	EN PLUS	
EMPRESA 1-PLANTA 1	70.000	0,255	0,247	3%
EMPRESA 1-PLANTA 2	40.000	0,255	0,337	-24%
EMPRESA 2	26.000	0,255	0,450	-43%

EMPRESA 3	60.000	0,255	0,267	-5%
EMPRESA 4	23.000	0,255	0,492	-48%
EMPRESA 5	9.600	0,262	1,000	-74%
EMPRESA 6	14.000	0,255	0,726	-65%
TOTAL	242.600	0,255	0,369	-31%

Tabla 46 Comparación Costos Sello Local v/s ENplus

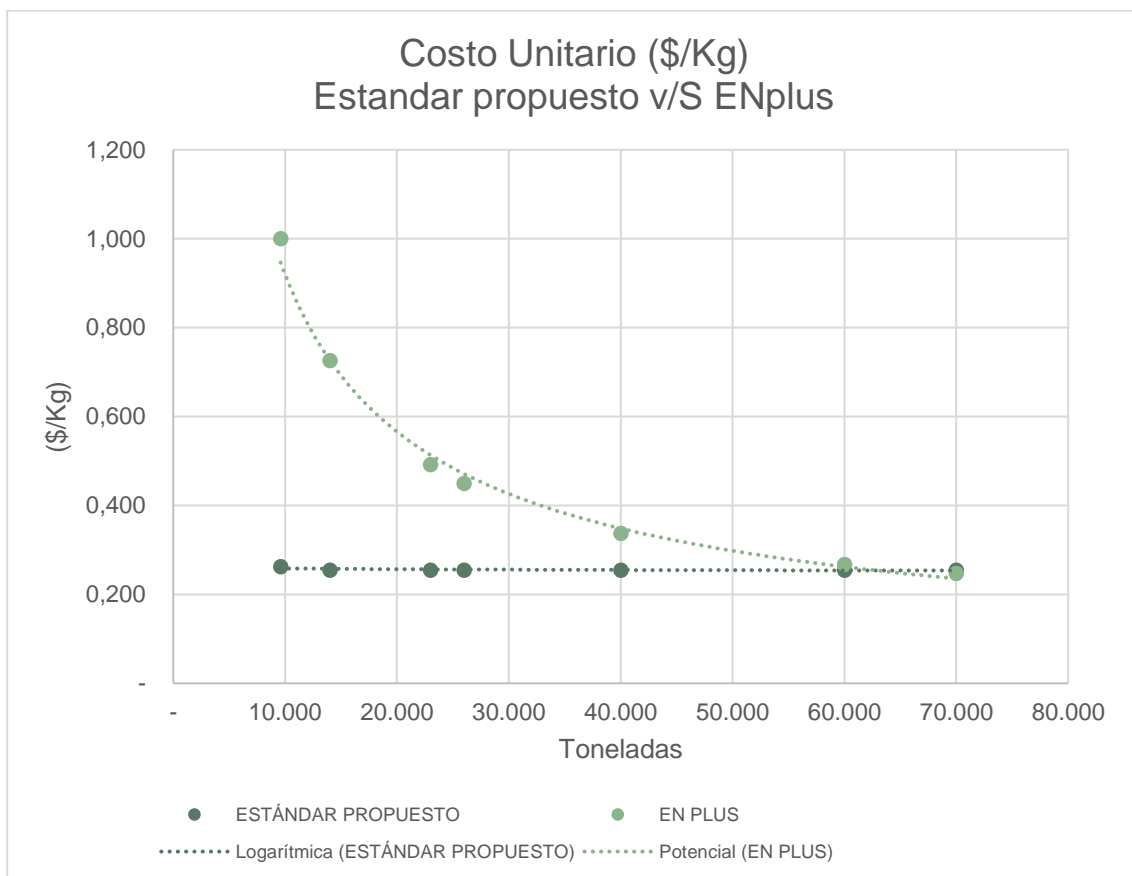


Gráfico 3 Comparación Costo unitario Sello Local v/s ENplus

Resulta importante notar que, al aumentar los niveles de producción, se acercan los costos entre ambos sistemas. Al alcanzar niveles por sobre 70.000 Ton/Año aproximadamente, En Plus comienza a tener costos similares o levemente menores que el estándar local, pero con la salvedad que la intensidad de pruebas de EN Plus no cambian por año, versus el sistema de certificación local que mantiene la intensidad de controles

por unidades de producción. Para el caso de 70.000 toneladas producidas al año, EN Plus considera 3 auditorías al año en la planta versus 7 auditorías al año consideradas para el estañar local. Esto es sumamente relevante a la hora de evitar que grandes partidas de pellets sean producidas en forma defectuosa sin ser detectadas entre auditorías.

6.9.2 Brechas y oportunidades del sector

En base a las condiciones propuestas para un modelo de certificación (MTD), y en el marco de al análisis de cadenas de Porter, se identificación las siguientes brechas:

Actividades primarias

	Condición intervenida	Brechas identificadas
Logística interna	Control de recepción	Económicas: costo adicional de los registros
	Abastecimiento de líneas	Sociales: no hay
	Acopio final	Ambientales: no hay
Operaciones	Control de calidad	Económicas:
	Monitoreo productividad	- Costo adicional de la certificación
	Mantenimiento	- Costo del SGE
	Seguridad	Sociales: no hay
	Eficiencia Energética	Ambientales: matriz energética externa
Logística externa	Gestión de abastecimiento materia prima (biomasa)	Económicas: costo adicional del sistema de registros y capacitación de colaboradores
	Gestión entregas producto terminado	Sociales: capacitación de proveedores externos y comercializadores finales.
Marketing y ventas	Puntos de venta propios	Ambientales: no hay
	Venta a distribuidores	Económicas: no hay.
	Marketing digital y tradicional	Sociales:
	Acuerdos comerciales	- Credibilidad del consumidor final en estándares nuevos.
Servicio	Post venta	- Valoración de los distribuidores de la importancia de la cadena de custodia.
	Certificaciones de producto	Ambientales: no hay
		Económicas: Costo certificación
		Sociales: Credibilidad del consumidor final en estándares nuevos.
		Ambientales: no hay

Actividades secundarias

Condición intervenida		Brechas identificadas
Infraestructura de la empresa.	Terrenos, galpones, maquinaria.	Económicas: no hay Sociales: no hay Ambientales: no hay
	Personal propio conforma la mayoría del staff.	Económicas: no hay Sociales: mayor costo en capacitación (inicial) Ambientales: no hay
	Personal externo, conforma algunas actividades secundarias (aseo, seguridad, etc.)	
Gestión de RRHH	Seguridad ocupacional: incorporado en normas internas.	
	Automatización de funciones	Económicas: costo de implementación de los procedimientos y sistemas de control Sociales: no hay Ambientales: no hay
	Sistemas de control de gestión	
Desarrollo tecnológico	Laboratorio de calidad	
	Materia prima: biomasa de terceros y propia	Económicas: costo de insumos que cumplan criterios de sustentabilidad Sociales: no hay Ambientales: generación de residuos no recuperables
	Insumos, principalmente empaque	
Compras	Productos para la mantención	

Oportunidades

Como se deduce de la cadena productiva y la estructura de costos desarrollada en capítulos anteriores, se identifican los siguientes factores que impactan la competitividad del sector y cuya gestión corresponden a las oportunidades que deben ser abordadas en el mediano plazo:

- Abastecimiento de materias primas: aunque un elemento clave tanto en la continuidad como en la estructura de costos de las empresas, la integración vertical de las empresas con aserraderos relacionados o la mutua dependencia con aliados proveedores, permite concluir que, aunque es un elemento que es parte central de la gestión de las empresas, no se visualiza como una amenaza de mediano plazo. *Oportunidad: formalizar los contratos de abastecimiento.*
- Costo de la energía: siendo un elemento externo, las empresas tienen dependencia de los costos de mercado y abastecimiento del sistema interconectado chileno. Algunas empresas podrían incorporar sistemas de autoconsumo, gracias al acceso a biomasa combustible, pero no se identifican iniciativas reales en este sentido. Las estrategias de control y eficiencia energética se

visualizan como una alternativa realista de mediano plazo. *Oportunidad: implementar sistema de gestión energética.*

- c) Diferenciación del producto: el entorno de mercado actual (energía residencial) y regulatorio está presionando a los proveedores de soluciones (tecnológicas y combustible) a proveer alternativas más sustentables y con un aporte claro a las metas nacionales a costo accesible. En este sentido, la industria del pellet se encuentra en una posición de ventaja, dado el reconocido desempeño ambiental del producto, la potencial oferta que tienen para desarrollar aún más el mercado y el mismo trabajo que significa este APL, como insumo potencial para la futura ley de biocombustibles. *Oportunidad: desarrollo del APL y vinculación a la política de regulación de biocombustibles.*

6.9.3 Vulnerabilidad al cambio climático

El rubro de la producción de pellets se considera poco vulnerable al cambio climático de manera directa, dada la incertidumbre de los efectos del cambio climático en su cadena de valor. Se presentan algunos de los aspectos productivos que pudieran verse afectados:

- a. Bosques: aunque puedan existir variaciones en la productividad de sitios o desplazamientos de especies de árboles, el impacto sobre la oferta de materia prima (subproducto aserrín) no se visualiza como mayor, dada la flexibilidad que la producción de pellets tiene, en términos de las especies que usa o su distribución.
- b. Abastecimiento de materia prima: condiciones climáticas diferentes podrían influir en los sistemas de almacenamiento de materia prima, la que requiere un contenido de humedad bajo. La existencia de plantas de pellets hasta la región XII señala que la implementación de sistemas de acopio adaptados a condiciones más húmedas es aceptable dentro de los costos.

Es importante señalar los siguientes impactos del cambio climático en la demanda del producto pellets:

- a. Descarbonización: Las políticas de mediano plazo consideran la descarbonización de la matriz térmica y energética del país por los compromisos nacionales, además de los desafíos de contaminación ya señalados. Esto se traduce en acciones destinadas a la reducción de la participación de combustibles fósiles, además de acciones destinadas al fomento de sustitutos a la leña. Por ambas tendencias, la demanda por pellets (carbono neutral, menor emisión de MP2.5/kWh) se proyecta a incrementarse en el futuro.
- b. Patrones de consumo: la concentración de precipitaciones y alteraciones en las medias de temperatura podrían provocar cambios en la demanda térmica en las regiones del APL, afectando la temporalidad del negocio de venta del pellet doméstico. Existe incertidumbre sobre el impacto específico que habría sobre la demanda térmica, por lo que la planificación de las empresas del sector (inversión, exportaciones, etc.) podría verse afectada.

Dicho todo esto, se considera que el rubro pellets, aunque no particularmente vulnerable al cambio climático, si tiene un desarrollo futuro relacionado a los desafíos que el cambio climático representa para el país y las regiones del APL.

7 Propuesta de Acuerdo de Producción Limpia

7.1 Objetivo General

Desarrollar una oferta creciente de combustibles sólidos de madera en formato de pellets, bajo parámetros estandarizados de sustentabilidad que acrediten su impacto positivo en el mercado energético y su aporte a los compromisos ambientales del país.

7.2 Objetivos específicos

- a) Incorporar en el sector de la producción de pellets criterios de sustentabilidad productiva que posicionen al sector como una alternativa de combustible energética sustentable.
- b) Acreditar el biocombustible pellets a través de mecanismos de certificación que mejoren su competitividad y confianza en el consumidor final.
- c) Extender las mejores prácticas definidas por el estándar a otros productores.
- d) Formar competencias que permitan mejorar la implementación de las mejores prácticas y la consecución de la certificación.

7.3 Metas y acciones

7.3.1 Meta 1: Establecer un sistema de implementación del Acuerdo.

Tabla 47 Plan de Acción para la Meta 1

Acción	Indicador de desempeño	Plazos
Acción 1.1: Las empresas definirán un encargado de APL, el cual llevará registro de todas las acciones comprometidas en el Acuerdo y su estado de avance.	Encargado designado por medio de un documento firmado por el representante legal del predio. Documento disponible en carpeta de APL.	Mes 2
Acción 1.2: El Consorcio definirá los indicadores de sustentabilidad del sector y entregará la metodología para la gestión y reporte de éstos. Los indicadores serán validados por el comité de coordinación del Acuerdo.	Documento con los indicadores de sustentabilidad definidos y registro de la entrega de la metodología asociada al reporte y gestión de estos. Acta de la reunión del comité coordinador en la cual se validan los indicadores de sustentabilidad.	Mes 3
Acción 1.3: Las empresas registrarán y reportarán anualmente al Consorcio, los resultados del monitoreo de los indicadores de sustentabilidad, según la metodología establecida en la acción 1.2. La línea base de los indicadores se establecerá en el	Documento que dé cuenta de la línea base de los indicadores de sustentabilidad y registros de los reportes anuales de dichos indicadores al consorcio.	Mes 4, 12 y 24

diagnóstico inicial por instalación la que será reportada al mes cuarto del Acuerdo.		
--	--	--

7.3.2 Meta 2: Implementar un mecanismo de seguimiento y acreditación de buenas prácticas en las empresas socias

Tabla 48 Plan de Acción para la Meta 2

Acción	Indicador de desempeño	Plazos
Acción 2.1: Las empresas adaptan a sus necesidades y posibilidades el sistema de certificación propuesto por el diagnóstico.	Informe de cada empresa con plan de implementación del sistema de certificación.	Mes 6
Acción 2.2: Las empresas socias adhieren al sistema de certificación propuesto por el diagnóstico.	Documento de adhesión formal al sistema de certificación.	Mes 6
Acción 2.3: Las empresas implementan proceso de marcha blanca de registros y auditorías que cumplen con el sistema de certificación.	Informe de cumplimiento del sistema de certificación.	Mes 6 a Mes 18
Acción 2.4: Las empresas cuantifican el costo e impacto de implementar un sistema de gestión energética (SGE) compatible con los requerimientos de la ley 21.305	Reporte de factibilidad de implementación de un SGE a nivel de planta.	Mes 24

7.3.3 Meta 3: Ampliar el alcance de los adherentes al APL

Tabla 49 Plan de Acción para la Meta 3

Acción	Indicador de desempeño	Plazos
Acción 3.1: las empresas elaboran un documento de referencia que detalle los alcances y beneficios de adherirse al APL.	Documento referencial	Mes 12
Acción 3.2: las empresas realizan eventos de difusión con empresas no adheridas al APL	Reportes de asistencia	Mes 13 a Mes 18
Acción 3.3: AChBiom gestiona la incorporación al APL y adhesión al proceso de implementación.	Solicitudes aprobadas de adhesión	Mes 13 a Mes 24

7.3.4 Meta 4: Difusión del APL

Tabla 50 Plan de Acción para la Meta 4

Acción	Indicador de desempeño	Plazos
Acción 4.1: las empresas elaboran material de difusión de los beneficios del pellet certificado y diseñan un plan de difusión (telemarketing, redes sociales, eventos)	Plan de seminarios	Mes 6 al Mes 8
Acción 4.2: se realizan los eventos y campañas planificadas.	Reportes de asistencia	Mes 8 al Mes 24
Acción 4.3: se articula la difusión con plataformas de servicios públicos asociados.	Acuerdos con SSPP	Mes 9 al Mes 24

7.3.5 Meta 5: Capacitación a las empresas

Tabla 51 Plan de Acción para la Meta 5

Acción	Indicador de desempeño	Plazos
Acción 5.1: AchBiom elabora material complementario para la inducción de personal que participa en la implementación del esquema de certificación.	Manual de implementación	Mes 3 a mes 4
Acción 5.2: las empresas realizan procesos de inducción para poner en conocimientos de todas las acciones que la certificación requiere.	Registros de capacitación	Mes 4 a Mes 6

8 Análisis de las principales dificultades detectadas en la construcción del diagnóstico y propuesta de APL

Una de las primeras problemáticas enfrentadas por el equipo de trabajo fue reconocer la mirada y foco desde el sector público, ya que en la propuesta que se realizó se tenía un foco en la certificación de calidad del producto por parte del sector privado y dicha propuesta fue la aprobada. Sin embargo, el sector público presentó un foco más amplio en temas de sustentabilidad, como los son las aristas ambientales, sociales y económicas, las cuales fueron incorporadas en la medida de lo posible. La dificultad de incorporar estas variables radicó principalmente en tiempo y recursos económicos, ya que se trata de data a nivel nacional, que no puede ser enfrentado en tan corto plazo y bajos recursos. Se realizó la solicitud de ampliación del plazo, pero no se obtuvo el tiempo solicitado. Esto además deja pendiente trabajo que está en manos del Ministerio de Energía, como son las estimaciones de demanda de acuerdo a las ventas de equipos, información que no alcanzó a estar para el cierre del presente informe.