



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

## **Propuesta de Producción Limpia para un aserradero PyME de la comuna de Valdivia**

Patrocinante: Sra. Rosa Alzamora M.

Trabajo de Titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al Título de **Ingeniero Forestal**.

**PATRICIO FERNANDO MÉNDEZ MOYA**

VALDIVIA  
2005

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sra. Rosa Alzamora Mallea	6.0
Informante:	Sr. Jorge Cabrera Perramón	6.0
Informante:	Sra. Paola Jofré Filgueira	5.8

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sra. Rosa Alzamora Mallea

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A mis padres Fernando y Antonieta por su esfuerzo, apoyo incondicional y amor profundo que me han entregado durante toda mi vida.

A mi hermana Viviana por entregarme lucidez y poesía en momentos claves.

A Claudia por su amor, transparencia y rectitud.

A Ramy por creer en mis capacidades y ser tan ejecutiva en la corrección de este trabajo.

Al profesor Jorge Cabrera por su buena disposición para ser informante de este trabajo.

A mi amiga Paola Jofré por su objetividad como profesora informante.

A Jaime Vargas por su revisión de forma y comentarios.

A don Luis Sobarzo por facilitar mi trabajo en su aserradero.

A Ángel Roa por atender a mis consultas siempre.

A Alejandro López, ejecutivo de fomento de Corfo, por las múltiples conversaciones en donde sin mezquindad entregó su experiencia y conocimientos.

A mi amigo Miguel Leal por entregarnos su alegría y por compartir el deseo de trabajar por la gente más humilde que convive con los recursos naturales.

Al profesor Raúl Gayoso por su amistad.

A don José Escalda por compartir conmigo su experiencia, conocimientos y amistad.

A la profesora Angélica Aguilar por su ayuda.

A Alejandra Portales por su ayuda en la realización de los trámites.

A René Inostroza, Manuel Palacios y Marcel Schroeder por su amistad.

## **DEDICATORIA**

Más que dedicar el trabajo de titulación que aquí se presenta quiero dedicar el trabajo que he realizado y el que espero desarrollar el resto de mi vida; desde donde me encuentre seguiré esforzándome en contribuir al desarrollo de una sociedad más justa y sustentable.

El hecho de obtener el título de Ingeniero Forestal es una herramienta muy útil, pero, como toda herramienta hay que saber utilizarla, adquirir destreza y experiencia, sin estas cualidades de nada habrá valido el esfuerzo que significó la obtención de este título.

El desafío entonces es entregar a las generaciones futuras un planeta en donde puedan vivir igual y mejor de lo que nosotros hemos vivido, no es una tarea fácil pues hasta el momento el saldo parece ser negativo en cuanto al cuidado que hemos realizado de nuestros recursos naturales, espero contribuir a mejorar esta situación y a animar a otros a trabajar por esta causa.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	<b>Página</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 La industria de aserrío en Chile	2
2.2 Antecedentes de las PyMEs del sector aserrío de la provincia de Valdivia	4
2.3 Proceso en la industria de aserrío	5
2.3.1 Almacenamiento y riego	6
2.3.2 Descortezado	6
2.3.3 Aserrío	6
2.3.4 Canteado	7
2.3.5 Retestado	7
2.3.6 Secado	7
2.3.7 Baño Antimancha	8
2.3.8 Impregnado	9
2.3.9 Almacenamiento	9
2.4 Producción limpia en aserraderos	10
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	13
3.1 Material	13
3.2 Método	13
4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
4.1 Estado de la empresa	15
4.2 Detección de ineficiencias del proceso identificando los puntos críticos dentro del ciclo productivo	19
4.2.1 Residuos sólidos del proceso	19
4.2.2 Residuos líquidos	20
4.2.3 Emisiones atmosféricas del proceso	20
4.2.4 Ruido	21
4.2.5 Olores	21
4.3 Normativa vigente aplicable al rubro del aserrío	21
4.4 Balance de materias	25
4.5 Propuesta de medidas de producción limpia	28
5. CONCLUSIONES	41
6. BIBLIOGRAFÍA	43

## RESUMEN EJECUTIVO

El estudio corresponde a una propuesta de producción limpia para un aserradero pequeño, con ventas anuales entre 2.401 y 25.000 UF, ubicado en la comuna de Valdivia, Décima Región de Chile.

El objetivo es proponer medidas de producción limpia sobre la base de tecnologías blandas, es decir, aquellas basadas en las buenas prácticas y en cambios en la empresa con costo tendiente a cero. Se puede asimilar esta propuesta, que llega hasta la proposición de tecnologías blandas, con el módulo 1 del instrumento "Fondo de Asistencia Técnica Producción Limpia" (FAT-PL) de CORFO.

El beneficio que el empresario ve en la aplicación de la producción limpia va muy relacionado a la proyección que éste quiera dar a su negocio, si la alternativa es abrirse a nuevos mercados y pensar en la exportación de sus productos, éste puede ser el primer paso para llegar a la certificación que le permita alcanzar estándares internacionales y nuevos mercados. Si por el contrario, se focaliza en el mercado local que posee pocas regulaciones, la producción limpia no aporta elementos que la hagan interesante.

Las medidas de producción limpia expuestas en este documento son, en su mayoría, relacionadas con la aplicación de buenas prácticas, con un costo muy cercano a cero y que representan el primer paso para que una empresa pequeña pueda iniciar un proceso de implementación de la gestión ambiental en su empresa y sea social y ambientalmente responsable.

La metodología usada se basó en la auditoria ambiental como herramienta de recopilación de información, de esta forma se identificaron áreas ambientalmente críticas del proceso productivo; para esto se realizaron cinco visitas al aserradero, en donde, en conjunto con el gerente, distintos encargados de áreas y operarios se caracterizó cada etapa del ciclo productivo apuntando a los residuos sólidos y líquidos de la empresa, las emisiones atmosféricas, el ruido, los olores y el cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

El paso siguiente fue realizar un balance de materias que consistió en calcular el porcentaje de pérdida por efecto de aserrío de la madera tomando una muestra de trozas que ingresan al aserradero. El rendimiento promedio encontrado fue de 50,74%.

Los resultados encontrados indican que la empresa no presenta problemas ambientales graves que puedan tener relación con incumplimiento de la legislación ambiental vigente. El mayor problema detectado es la gran cantidad de residuos de madera, aserrín y astillas, producto del aserrío, los cuales se desechan. En este sentido, la propuesta apunta a aprovechar estos residuos generando subproductos, siendo las alternativas más viables briquetas o pellets para lo cual la empresa debería instalar la capacidad operativa; otra alternativa es comercializar los residuos para la fabricación de tableros o destinarlos a la industria agrícola para compost. En cualquiera de estas alternativas se debe realizar un trabajo de estandarización de los residuos, ya sea en

cuanto a su contenido de humedad o evitando la mezcla de residuos de maderas nativas y exóticas.

Dado que la empresa analizada, “Maderas Sobarzo”, se ubica en el rango de pequeña empresa según la clasificación del Ministerio de Economía, está obligada a plantear medidas de optimización de gestión ambiental que no signifiquen grandes inversiones para el empresario, razón por la cual, para este sector, la producción limpia se constituye como una solución viable sobretodo si se piensa en que se debe comenzar por la aplicación de medidas blandas, esto es, que tiendan a costo cero.

**Palabras Clave:** Aserraderos – producción limpia - ecoeficiencia

## **1. INTRODUCCIÓN**

La prevención de la contaminación ambiental basada en medidas que se anticipen a la ocurrencia de ésta es la base del trabajo que lleva a cabo la producción limpia, la cual se plantea como una estrategia ambiental y productiva, destinada a generar permanencia y éxito de las empresas además de proteger el medioambiente.

Se plantea apoyar a la empresa en la incorporación de la gestión ambiental como una ventaja competitiva, logrando beneficios económicos a través de la minimización de los residuos y del mejor uso de la materia y la energía. Como aspecto fundamental de trabajo se priorizarán las buenas prácticas de manejo, las que pueden ser aplicadas para lograr la reducción de los costos de producción y la optimización del sistema productivo de la empresa, además de disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones laborales.

Hoy en día las empresas que son más competitivas, no son aquellas que acceden a los más bajos costos de los recursos, sino aquellas que emplean las tecnologías y los métodos más avanzados para utilizar esos recursos. Y como la tecnología está constantemente cambiando, el nuevo paradigma de la competitividad global demanda la habilidad de las empresas para innovar rápidamente (Porter, 1995).

Para el caso del presente trabajo se ha escogido una empresa del tipo PyME (pequeña y mediana empresa) del rubro aserraderos, ubicada en la comuna de Valdivia. Las empresas de este tipo, del rubro aserrío, poseen características particulares: en su mayoría abastecen mercado local y su producción se lleva a cabo sin un alto grado de tecnologización, por esta razón la producción limpia puede significar una opción interesante sobretodo al poner en práctica las buenas prácticas de manejo.

### **Objetivo General**

Proponer un sistema de producción limpia para un aserradero del sector de las PyMEs de la comuna de Valdivia

### **Objetivos específicos**

1. Caracterización del estado actual de la empresa en materia medioambiental.
2. Detección de ineficiencias del proceso identificando los puntos críticos dentro del ciclo productivo.
3. Proponer soluciones a dichos problemas, basándose en tecnologías blandas

## 2. MARCO TEÓRICO

La industria de aserrío constituye la base del procesamiento industrial de la madera. Las trozas de madera provenientes de la actividad silvícola son procesadas en los aserraderos mediante operaciones de corte y transformadas en madera dimensionada, que se destina a una amplia gama de usos finales tales como material de construcción, fabricación de embalajes, muebles y utensilios (Zaror, 2001).

### 2.1 La industria de aserrío en Chile

La industria de aserrío nacional cuenta, al año 2002 con 1.312 aserraderos que consumen anualmente 12.565.363 m<sup>3</sup> de trozas, dando origen a 6.438.855 m<sup>3</sup> de producto aserrado de diferentes dimensiones y acabado. Es interesante mencionar que el 96,2% de la madera aserrada corresponde a *Pinus radiata*, mientras que sólo un 2,8% proviene de maderas nativas (INFOR, 2002).

Junto a la madera aserrada, existe un creciente mercado para la venta de astillas, aserrín, virutas, corteza, despuntes, lampazos y otros residuos de madera derivados del aserrío. En promedio, casi un 60% de estos residuos de madera se utilizan como combustible o como fuente de fibra para la producción de celulosa o de tableros. La industria de aserrío nacional se caracteriza por una fuerte heterogeneidad en la escala de operación, tipos de tecnologías y calidad de los productos. En tal sentido, más del 50% de las trozas se procesan en un grupo reducido de aserraderos modernos, altamente mecanizados y automatizados, que operan en gran escala (sobre 50.000 m<sup>3</sup>/año de madera aserrada) y generan productos aserrados de buena calidad, muchos de los cuales se destinan al mercado externo. Los aserraderos más modernos están integrados con plantas de remanufactura para la producción de molduras, paneles y otros productos de alto valor agregado. Sin embargo, el 93% de los aserraderos produce menos de 10.000 m<sup>3</sup>/año de madera aserrada, la cual se destina mayoritariamente al mercado interno (barracas, construcción, embalajes). Una parte importante de estos últimos son aserraderos móviles que utilizan maquinaria con alto nivel de obsolescencia y presentan un pobre rendimiento de aprovechamiento de las trozas (Zaror, 2001).

En 1998, la industria de aserrío generó 16.114 empleos directos, de los cuales el 76% corresponde a obreros no calificados. Los aserraderos modernos, con escalas de producción superiores a 50.000 m<sup>3</sup>/año de madera aserrada, concentran el 43% de los obreros calificados y el 12% de los obreros no calificados ocupados por este sector industrial. La mayor parte de los obreros no calificados son empleados en aserraderos de menor tamaño y bajo nivel de mecanización (Zaror, 2001).

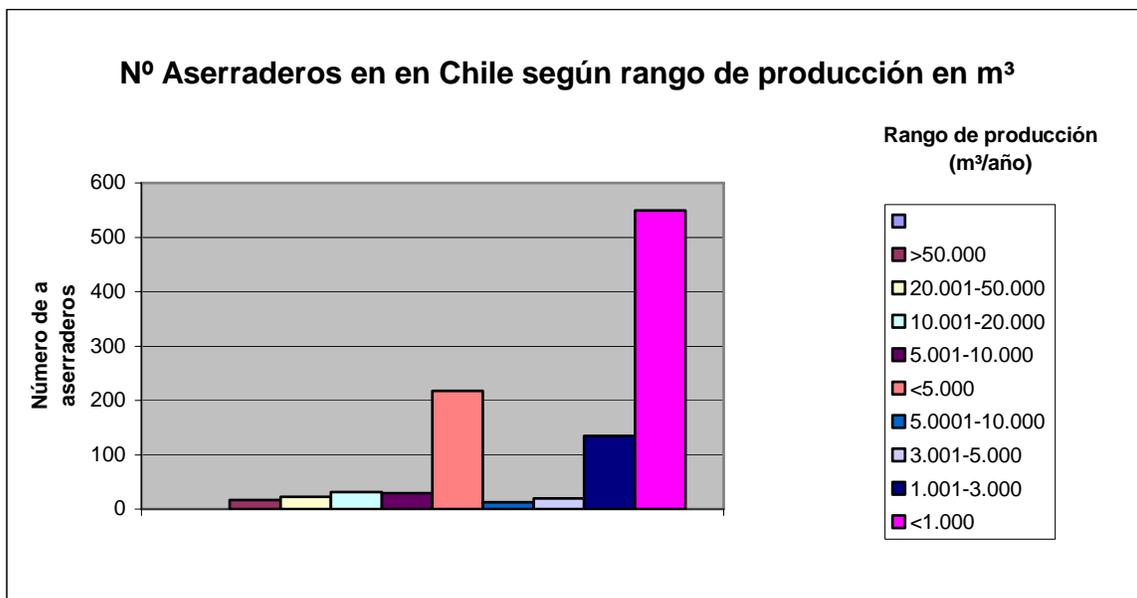


Figura 1. Número de aserraderos en Chile según rango de producción (Fuente: INFOR, 1999)

Existe un gran número de aserraderos que producen bajos volúmenes de madera aserrada y un pequeño número de aserraderos que aportan grandes volúmenes de madera a la producción nacional.

Cuadro 1. Estructura productiva de la industria de aserrío en la Décima Región versus total nacional (Fuente: INFOR, 1999)

Tipo de Aserradero	Rango de Producción (m³/año)	Distribución de la Producción de Madera Aserrada en la Décima Región versus total Nacional (1998)		
		(m³ /año)		Porcentual
		Total Nacional	Décima Región	
	>50.000	2.383.325	<b>185.928</b>	7,8
	20.001-50.000	671.338	<b>56.650</b>	8,4
<b>Permanentes</b>	10.001-20.000	425.673	<b>47.195</b>	11,1
	5.001-10.000	197.155	<b>12.782</b>	6,5
	<5.000	311.629	<b>80.192</b>	25,7
	5.001-10.000	87.334	<b>0</b>	0,0
<b>Móviles</b>	3.001-5.000	80.132	<b>0</b>	0,0
	1.001-3.000	231.598	<b>29.498</b>	12,7
	<1.000	162.553	<b>44.981</b>	27,7
<b>Total</b>		4.550.737	<b>457.226</b>	<b>100,0</b>

La Décima Región ocupa el tercer lugar en Chile en el rango de producción total y también en el de producción más alto (>50.000 m<sup>3</sup>/año), mientras que en el rango de producción más bajo, <3.000 m<sup>3</sup>/año, ocupa el cuarto lugar.

Cuadro 2. Especies forestales utilizadas por la industria de aserrío en Chile (Fuente: INFOR 1998)

Tipo de Aserradero	Especies Explotadas	Consumo de Madera en Trozas (m <sup>3</sup> /año)	Producción de Madera Aserrada (m <sup>3</sup> /año)
	<i>Pinus radiata</i>	7.549.029	3.801.359
<b>Permanentes</b>	Nativas	339.554	162.894
	Otras exóticas	53.407	24.867
	<i>Pinus radiata</i>	920.855	420.588
<b>Móviles</b>	Nativas	288.368	115.346
	Otras exóticas	56.500	25.683
<b>Total</b>		9.207.713	4.550.737

Tanto en aserraderos móviles como permanentes la especie más utilizada es *Pinus radiata*, en el caso de los aserraderos permanentes esta especie representa casi el 95% del consumo de madera en trozas.

## 2.2 Antecedentes de las PyMEs del sector aserrío de la provincia de valdivia

En general el insumo básico de estas empresas corresponde a basas y/o trozas de madera exótica (fundamentalmente *Pinus radiata*) y madera nativa. Para el caso de la industria del aserrío, para todo el país, se calculan unos 1.570 aserraderos, de los cuales un número igual a 1.035 se ubican en el rango mediano y muy pequeño; éstos son responsables del 35,4% de la producción de madera aserrada del país (INFOR, 2002). Respecto de la industria elaboradora de madera para la construcción en Chile, este rubro se verá favorecido ya que se calcula que gran parte de los 13 millones de metros cúbicos aserrables al año 2015 quedarán disponibles en el mercado interno, y más específicamente para ser usada en la construcción (INFOR, 2002, 2000).

La producción de las PyMEs del rubro aserrío se caracteriza por abastecer fundamentalmente las necesidades de la población y no a las grandes empresas. Otra característica de estas empresas es que se encuentran en un reducido número para cada tipo de productos, existiendo en sus líneas productivas una variedad de ofertas de productos, sin una mayor especialización y en su mayoría son pequeñas industrias casi con características artesanales. Sin perjuicio de lo anterior, se debe mencionar la importancia de este tipo de actividad económico – productiva para la comuna de Valdivia, ya que para el año 1994, la participación de este sector en el Producto Interno Bruto (PIB) total comunal estimado de MM\$ 29.938, fue de aproximadamente un 14,4%, ocupando el segundo lugar después del sector servicios, el cual alcanzó el 17,8%.. Si se considera la industria de la madera, este tipo de actividad tiene una participación del 9,94% del total de la actividad económica industrial en la

comuna y una participación del 42,87% en cuanto al total del capital industrial. (Plan de Desarrollo Económico Productivo, Comuna de Valdivia. Ilustre Municipalidad de Valdivia. 2002)

Para la proyección del sector en general se estima que la PyMES seguirán concentrando gran cantidad de la fuerza laboral comunal y se limitarán a abastecer el mercado minorista local, debido a que el rubro industrial se concentra fundamentalmente en la industria de tableros de madera con grandes empresas abastecedoras del mercado nacional e internacional como INFODEMA y MASISA, además de la CMPC.

### 2.3 Proceso en la industria de aserrío

Esta actividad industrial incluye el aserrado de madera y su procesamiento físico para transformarla en madera dimensionada, la cual es incorporada en forma de partes o piezas en diversos bienes de consumo final. Las operaciones básicas involucran descortezado y diferentes tipos de cortes utilizando sierras, para generar el producto en las dimensiones requeridas. Dependiendo del grado de elaboración del producto final, se incluyen operaciones de pulimiento, cepillado, secado y/o impregnación con agentes químicos. En el caso de plantas con secado se utiliza parte de la madera residual como combustible para la producción de vapor. A su vez, los aserraderos de gran escala o aquellos integrados con plantas de celulosa o de tableros, pueden utilizar los desechos de madera para producir vapor y electricidad (Zaror, 2001)

Los aserraderos presentan una amplia variedad de escalas y tecnologías, donde se pueden distinguir las siguientes categorías:

- ◆ **Aserraderos Móviles:** Utilizan equipo para descortezado y corte que puede ser transportado a las inmediaciones de las fuentes de madera. Generalmente, permiten efectuar cortes básicos empleando sierras de diferentes tipos. Su producción está orientada casi exclusivamente al mercado interno, principalmente para barracas y construcción. Alrededor del 85% de la producción de los aserraderos móviles es llevada a cabo en establecimientos con capacidades menores de 5.000 m<sup>3</sup> sin corteza al año de madera aserrada. La mayoría de los aserraderos móviles son de bajo nivel tecnológico y de baja eficiencia, carecen de una gestión empresarial adecuada y de personal capacitado técnicamente.
- ◆ **Aserraderos Permanentes:** Los aserraderos permanentes tradicionales son de tamaño mediano, con capacidades de producción entre 10.000 y 50.000 m<sup>3</sup>/año. En general, el proceso es semiautomático, sobre la base de sierras huincha, sierras circulares fijas y móviles (canteadoras) y despuntadores, con una producción total del orden de 1,1 millones de metros cúbicos por año.

Por su parte, los aserraderos permanentes modernos presentan un alto nivel de mecanización y automatización, con escalas de producción superiores a 50.000 m<sup>3</sup>/año. Son intensivos en capital e incluyen clasificadores electrónicos de trozas y equipos de clasificación de madera aserrada, permitiendo una alta eficiencia de utilización de la materia prima y sus productos son de calidad competitiva en mercados exigentes.

### 2.3.1 Almacenamiento y riego

La madera es recibida en el aserradero en forma de trozas, las que son almacenadas temporalmente en un patio o cancha de acopio. Las trozas son regadas con agua utilizando un sistema de aspersion. Ello permite mantener la madera con un alto contenido de humedad, protegiendo su estructura física para evitar agrietamiento, minimizando riesgos de incendio espontáneo y evitando el ataque de hongos. La mayor parte del agua utilizada en los aserraderos se consume en la operación de riego de trozas. En la mayoría de los aserraderos permanentes, se mantiene un volumen de trozas equivalentes a 1-3 meses de producción, dependiendo de las dificultades de abastecimiento. Las plantas más modernas tienen canchas de acopio estabilizadas e impermeabilizadas. En caso contrario, se dificulta la operación de los cargadores durante los meses de invierno (Zaror, 2001)

### 2.3.2 Descortezado

Desde el patio de madera las trozas son conducidas hacia la línea de descortezado, que consiste en eliminar la corteza de los rollizos mediante procesos manuales o mecánicos. Todos los aserraderos grandes poseen unidades para el descortezado mecánico.

Este residuo puede ser quemado posteriormente en una caldera para producir energía (en los aserraderos provistos del sistema de cogeneración) o utilizado en jardinería. La descortezadora consta de un rotor porta cuchillos que al girar corta la corteza y la arranca (Sociedad pública de gestion ambiental. 2000).

### 2.3.3 Aserrío

Esta etapa representa el corazón de este rubro industrial. La madera descortezada se clasifica de acuerdo a sus dimensiones y al tipo de productos requeridos. Luego, es sometida a varios cortes, dependiendo de las dimensiones de la troza, así como del tamaño de los productos requeridos. En los aserraderos modernos de gran escala de operación se utilizan sensores para determinar las dimensiones de las trozas y la programación de los cortes se efectúa utilizando sistemas computarizados en línea, fuertemente apoyados por análisis de imágenes y *software* de optimización. Sin embargo, en los aserraderos tradicionales, de menor escala de operación, la clasificación de las trozas se realiza basándose en mediciones manuales y la efectividad del programa de corte depende principalmente de la experiencia de los operadores. Por tal razón, este tipo de aserraderos presenta una menor eficiencia de aprovechamiento de la materia prima. En una etapa primaria los trozos son llevados a una forma rectangular uniforme y, en una segunda etapa, la madera es aserrada a piezas de menor tamaño. Los elementos de corte utilizados corresponden a sierras circulares, sierras huincha y cuchillos. En los aserraderos modernos la secuencia comienza con una sierra principal circular doble, cuyo objetivo es partir los trozos en el diámetro menor. Desde esta máquina, las tablas alimentan sierras circulares dobles o de huincha y, posteriormente, a la canteadora, a la despuntadora y a la mesa de clasificación (Zaror, 2001)

Debido a la cantidad de potencia necesaria en estas instalaciones y a que se trata de un proceso ininterrumpido, el consumo de energía eléctrica durante esta fase resulta ser muy elevado.

### 2.3.4 Canteado

En esta fase se cortan los cantos de las tablas obtenidas en la fase anterior de manera que queden en ángulo recto (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

### 2.3.5 Retestado

Las tablas una vez canteadas deben ser cortadas a longitudes comerciales. Este proceso se realiza en la retestadora que está colocada al final de la línea de flujo del aserradero.

Finalmente, los residuos de madera de mayor tamaño obtenidos durante el aserrío, tales como lampazos y despuntes, son transformados en astillas mediante la utilización de astilladores. Casi la totalidad de los aserraderos permanentes poseen astilladores, ya que las astillas, junto con el aserrín y las virutas, son subproductos con creciente demanda como combustible, o fuente de fibra para fabricación de paneles y producción de celulosa. (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

Cuadro 3. Tipo de sierras principales según tipo de aserraderos permanentes (Fuente: INFOR, 2002)

SIERRA PRINCIPAL	Total de madera aserrada (m <sup>3</sup> /año)	Aserraderos. Rango de Producción (m <sup>3</sup> /año)				
		>50.000	20.001-50.000	10.001-20.000	5.001-10.000	<5.000
Huincha horizontal	9.628	-				
Huincha doble	392.656	372.434	-	14.655	5.567	-
Huincha vertical	1.185.855	668.761	172.869	224.426	38.430	81.369
Sierra alternativa	60.412	47.679	-	12.012	-	721
Chiper canter	910.223	910.223	-	-	-	-
Circular simple	604.878	-	230.754	116.560	113.294	144.270
Circular doble	660.707	307.691	258.596	58.020	20.996	15.404
Circular con voladora	87.111	-	9.119	-	18.868	59.124
Circular múltiple	77.650	76.537	-	-	-	1.113

### 2.3.6 Secado

A la salida del proceso de mecanizado, la madera presenta una humedad superior al 80%. En estas condiciones, la madera no puede utilizarse debido a su carácter higroscópico y su vulnerabilidad frente al ataque de algunos hongos, principalmente los que producen el azulado, siendo necesaria una reducción de su contenido de humedad por debajo del 20% para su puesta en servicio.

Dos son los métodos de secado utilizados actualmente: secado artificial en cámaras y secado al aire libre. El secado en cámara o secado artificial consiste en situar la madera, convenientemente apilada en una cámara de secado dentro de la cual existe un ambiente cuya temperatura y humedad relativa pueden ser reguladas constantemente (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

Debido al costo de las instalaciones y al espacio limitado, es menor el número de aserraderos que disponen de cámaras de secado artificial, por lo que es el sacado al aire libre el método más empleado.

El secado al aire libre permite bajar la humedad de la madera entre 14-18% en 1-3 meses. En este tipo de secado es necesario el empleo de productos químicos preventivos contra el azulado. Además se han de tener en cuenta las condiciones meteorológicas, la separación entre las tablas en las pilas y el espesor de la madera (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

Para que la madera se seque correctamente es fundamental que exista una buena circulación de aire, debiéndose prestar la máxima atención a la construcción de las pilas.

### 2.3.7 Baño Antimancha

Este tratamiento tiene por finalidad evitar la aparición de los hongos del azulado durante los 2 ó 3 meses que puede durar el secado natural o durante los 15 días que puede retrasarse el inicio del secado artificial en cámaras. Los hongos son del tipo cromógeno y se alimentan de sustancias de reserva de la madera y por lo tanto no afectan a la estructura de la pared celular ni merman sus características resistentes. Los principales hongos causantes del azulado pertenecen a los géneros *Ceratostomella* y *Ceratocystis*. (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

Las cuatro principales formas de propagación de estos hongos son:

- ◆ Por el viento que deposita las esporas sobre la madera sana de albura.
- ◆ Por contacto directo de maderas afectadas y sanas.
- ◆ Por insectos perforadores que transportan esporas de maderas dañadas a maderas sanas.
- ◆ Por las herramientas de corte y procesado del tronco.

El baño antimancha es un tratamiento temporal y no definitivo. Consisten en la inmersión de las tablas y tablonés en una bañera que contiene el líquido protector.

Para realizar el tratamiento las tablas se estiban formando una pila, la cual se coloca sobre un soporte en forma de reja suspendido sobre el líquido protector que llena una tina. Después la pila de tablas se sumerge en la balsa de tratamiento convenientemente lastrada durante un tiempo, determinado por la clase de producto antiazulado empleado, que puede oscilar entre 10 segundos y 10 minutos. Después la pila de tablas se extrae de la balsa y se deja escurrir el líquido sobrante sobre la misma. Posteriormente, se traslada la pila de tablas al patio de secado. Una estimación reali-

zada en la Comunidad Autónoma del País Vasco en relación a la contaminación producida por el baño antimancha indica que por cada 1 m<sup>3</sup> de madera tratada se producen 100 gramos de residuos peligrosos, llamados también lodo o borra (Sociedad pública de gestión ambiental. 2000).

El producto protector más usado contra el azulado ha sido el pentaclorofenato de sodio (PCPNa), la efectividad de este producto está fuera de discusión. Desde el punto de vista económico la madera manchada baja su precio de venta en aproximadamente un 40% con respecto a la madera sin mancha.

### *2.3.8 Impregnado*

La superficie de la madera es tratada con agentes químicos con el objetivo de protegerla contra agentes mecánicos, físicos y químicos, prolongando así su vida útil. Los agentes químicos más utilizados en las operaciones de impregnación son, principalmente, compuestos inorgánicos solubles en agua (arsenato de cobre cromado - CCA, óxido de cobre-bromo-arsénico - CBA, arsenato amoniacal de cobre-zinc - ACZA). En algunos casos, se utilizan compuestos orgánicos solubles en aceite (creosota). En la mayoría de los casos, el tratamiento de impregnación se efectúa en autoclaves cerrados donde la madera se pone en contacto con el agente químico en condiciones de vacío-presión. Uno de los modos de operación utilizados con frecuencia consiste en someter la madera a condiciones de vacío para reducir la cantidad de aire y agua en los poros exteriores, alimentando gradualmente la solución preservante sin reducir el vacío; luego, se incrementa la presión para aumentar la retención del agente. La madera tratada se retira del autoclave y se deja escurrir toda la solución libre. Una vez que el escurrimiento ha cesado, la madera se deja secar al aire y se almacena (Zaror, 2001).

Generalmente, la solución química se usa varias veces, reponiendo adecuadamente el agente que se ha consumido. Para que el agente químico penetre adecuadamente la madera debe ser condicionada previamente, de modo que su contenido de humedad sea reducido a un nivel apropiado para facilitar la penetración y retención del agente. Dicho condicionamiento se logra mediante secado al aire, o inducido con tratamiento térmico. La continua reutilización de la solución preservante facilita la acumulación de residuos de madera contaminados con el agente, constituyendo una importante fuente de residuo peligroso (Zaror, 2001).

En 1998, sólo el 1,4% de la producción total de madera aserrada fue sometida a impregnación con agentes químicos para incrementar su durabilidad, lo que demuestra que esta no es una práctica generalizada en la industria nacional. Es interesante destacar que el tratamiento de impregnación se realiza principalmente en aserraderos medianos y pequeños, de acuerdo al requerimiento de los clientes (Zaror, 2001).

### *2.3.9 Almacenamiento*

Una vez que la madera ha alcanzado el grado de humedad óptimo bien por secado artificial o natural, está lista para su comercialización. El tiempo de permanencia en el aserradero hasta su venta puede ser considerable, por lo que es importante almace-



Por otro lado, la Producción Limpia aplicada en los productos implica reducir los impactos:

- ◆ al ambiente
- ◆ a la salud
- ◆ a la seguridad del producto durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas, durante la manufactura y uso, hasta su disposición final.

La prevención de la generación de residuos y emisiones es de vital importancia para la producción limpia, en este sentido, un residuo queda definido como cualquier sustancia, objeto o materia, generado durante el proceso productivo o de consumo, que puede presentar algún valor económico para terceros como material reciclable o reutilizable. Los residuos pueden clasificarse según su origen como: domiciliarios, industriales, hospitalarios, provenientes de un proceso de producción, transformación, fabricación, utilización, consumo o limpieza (Jorquera y Maldonado, 1998).

La implementación de medidas de producción limpia al interior de una pequeña o mediana empresa significa básicamente, establecer prácticas preventivas tendiente a minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción. (Jorquera y Maldonado, 1998)

Una herramienta técnica de vital importancia al momento de comenzar a trabajar en la producción limpia es la auditoria ambiental, a través de ella se pueden identificar las áreas ambientalmente críticas de un proceso productivo y formular soluciones técnicas y de gestión que permitan asegurar una producción más limpia.

Según el International Chamber of Commerce, 1989 auditoria ambiental es: herramienta de gestión que consiste en una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de la efectividad de la organización, la gerencia y los equipos ambientales, para proteger el medioambiente, mediante un mejor control de las prácticas ambientales y la evaluación del cumplimiento de las políticas ambientales de la empresa, incluyendo los requerimientos legales. (Jorquera, H.; G. Maldonado. 1998).

Basándose en los resultados de la auditoría ambiental, se debe definir una estrategia de gestión de residuos, en el caso de los residuos sólidos esta estrategia corresponde al plan que la industria realiza con el objeto de manejar sus residuos desde su fuente de origen hasta su disposición final. Los componentes de esta estrategia se basarán en lo siguiente:

- ◆ Reducir en el origen el volumen y peligrosidad de los residuos.
- ◆ Reciclar los residuos transformándolos en materias primas del mismo proceso.
- ◆ Recuperar los residuos para la obtención de recursos o producción de sub-productos.
- ◆ Tratar los residuos que no hayan podido ser reducidos, reciclados ni recuperados
- ◆ Disponer los residuos debidamente tratados, en lugares acondicionados para tal efecto.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (Jorquera y Maldonado, 1998), el 50% del residuo puede reducirse adoptando las prácticas del “Buen Manejo” y haciendo pequeños cambios en la producción; para esto se debe hacer especial hincapié en las siguientes medidas, relacionadas con el buen manejo:

- ◆ Comportamiento ambientalmente adecuado: En primera instancia, la reducción de desperdicio entre el personal de todos los niveles en la empresa está relacionada con el cambio de comportamiento y con la creación de una cultura de productividad y de reducción de desechos.
- ◆ Tener conciencia del problema: Es importante para la empresa atraer la atención de sus empleados hacia el problema e identificar las oportunidades para que actúen.
- ◆ Propagación de la información: Este proceso puede intensificarse asegurándose de que existe una buena propagación de información interna relevante y que los procedimientos efectivos del “Buen manejo de la empresa” sean desarrollados, seguidos e integrados dentro de las operaciones diarias de la empresa.

### **3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Material**

La empresa seleccionada para el estudio corresponde a un aserradero pequeño ubicado en radio urbano de la ciudad de Valdivia, el trabajo se desarrolló entre los meses de marzo a agosto de 2004.

Para el levantamiento de la información se utilizó una adecuación de la auditoría ambiental propuesta por INTEC 1998, la cual divide el trabajo a partir de cada una de las secciones de la empresa.

La información recabada consiste en todas las entradas y salidas al ciclo productivo.

#### **3.2 Método**

El primer paso para dar cumplimiento al objetivo general y a los específicos consiste en la realización de una auditoría ambiental en la empresa, en ella se cuantificarán las entradas y las salidas al proceso y se identificarán las ineficiencias del mismo.

Se realizó un levantamiento de la información base del proceso productivo (diagrama de flujo), incluyendo la recopilación de datos de entradas y salidas, para ello se utilizó una serie de formularios que han sido adaptados de la “Guía técnica de Producción Limpia” elaborada por INTEC Chile, los cuales abordan:

- ◆ Antecedentes generales de la empresa: descripción de la organización, recogiendo antecedentes tales como nombre, ubicación y clasificación industrial entre otros; y cómo se organiza la empresa para aplicar esta herramienta y determinar las responsabilidades.
- ◆ Caracterización del proceso: la idea es determinar la eficiencia del proceso productivo de la empresa, es decir cuánto de lo que la empresa usa en su proceso productivo se convierte finalmente en producto para la venta y qué cantidad queda en las distintas etapas del proceso; aquí se cuantifican: las materias primas, los materiales secundarios, los insumos, los productos terminados, los residuos sólidos y líquidos, las emisiones atmosféricas.
- ◆ Balance de masa, cuantificación de pérdidas, calificación de importancia de los aspectos ambientales, generación de opciones de minimización, selección y cálculo de algunos parámetros

Los formularios que se emplearon para la auditoría ambiental se entregan en el Anexo 1.

Otros elementos son una huincha graduada para medir los diámetros y dimensiones de la madera en troza y procesada con el objetivo de determinar volúmenes.

Se cuantifican y caracterizan todos los ingresos relativos al proceso (materias primas, químicos, agua, aire y energía), considerando además registros de adquisiciones (compras) desde su almacenamiento y transferencia de las mismas.

Paralelamente se lleva registro de las salidas de cada operación unitaria del proceso considerando productos, subproductos, aguas de desecho, aguas limpias, residuos gaseosos (incluyendo olores), residuos líquidos y sólidos, además de todas las materias que son reutilizables o reciclables, considerando su almacenamiento, tratamiento y/o su disposición. Se da especial importancia a las salidas de residuos líquidos y sólidos por fuente generadora.

Sobre la base de los resultados obtenidos del diagnóstico se estructura la información de entradas y salidas para obtener un balance de masas del proceso productivo. Se realiza una evaluación e interpretación que permite:

- ◆ Identificar puntos críticos en el proceso
- ◆ Identificar medidas obvias de reducción de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos)
- ◆ Determinar y caracterizar los residuos problema
- ◆ Evaluar posibilidad de segregar residuos
- ◆ Identificar otras medidas de reducción y/o reutilización de residuos
- ◆ Verificar cumplimiento de legislación vigente en materia medioambiental

Se efectúa la evaluación de las opciones de reducción de residuos, categorizando las opciones viables. Esta selección de opciones de tecnologías blandas se discute con la empresa para su implementación en el corto plazo, lo que se traduce en el diseño e implementación de un Plan de Acción para reducir residuos con el fin de lograr mejorar la eficiencia del proceso productivo.

Las opciones se basan fundamentalmente en criterios de reducción, reciclaje y reutilización; todo esto dentro de la empresa. Se analiza la posible generación de subproductos, como una probable fuente de ingresos.

Para establecer lo que debe hacerse con los residuos sólidos industriales se debe definir una estrategia encaminada a la eficiencia ambiental de sus operaciones, la que a su vez debe estar orientada a la obtención de un óptimo uso de los recursos y a un mínimo de externalidades generadas por la industria.

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Estado actual de la empresa

La empresa analizada corresponde al aserradero “Maderas Sobarzo” que presenta ventas anuales promedio en el trienio 2000 - 2003 de 11.000 UF, lo que la ubica en la categoría PyME<sup>1</sup>, específicamente en el tramo de pequeña empresa (2.401 a 25.000 UF). Se dedica principalmente al aserrío de trozas de especies exóticas y en menor proporción de nativas, las que son compradas a terceros o abastecidas desde sus propios predios. En el cuadro 4 se aprecia las especies con las que trabaja el aserradero, las cantidades y los porcentajes de ellas.

Cuadro 4. Consumo anual de especies en el aserradero.

	Especie	Consumo anual (pulgadas)	Consumo anual (porcentaje del total)
Exótico	Pino Oregón ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	10.000	10,0
	Pino Insigne ( <i>Pinus radiata</i> )	60.000	59,8
	Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	500	0,5
	<b>Subtotal Exótico</b>	<b>70.500</b>	<b>70,2</b>
Nativo	Laurel ( <i>Laurelia sempervirens</i> )	5.000	5,0
	Alerce ( <i>Fitzroya cupressoides</i> )	400	0,4
	Raulí ( <i>Nothofagus alpina</i> )	1.000	1,0
	Mañío ( <i>Podocarpus</i> spp.)	5.000	5,0
	Tepa ( <i>Laureliopsis philipiana</i> )	3.000	3,0
	Ulmo ( <i>Eucryphia cordifolia</i> )	5.000	5,0
	Coigüe ( <i>Nothofagus dombeyi</i> )	10.000	10,0
	Encino ( <i>Quercus</i> spp.)	500	0,5
	<b>Subtotal Nativo</b>	<b>29.900</b>	<b>29,8</b>
	<b>Total</b>	<b>100.400</b>	

<sup>1</sup> Según la clasificación CORFO, toda empresa que registre ventas netas anuales inferiores a las 100.000 UF es considerada PyME.

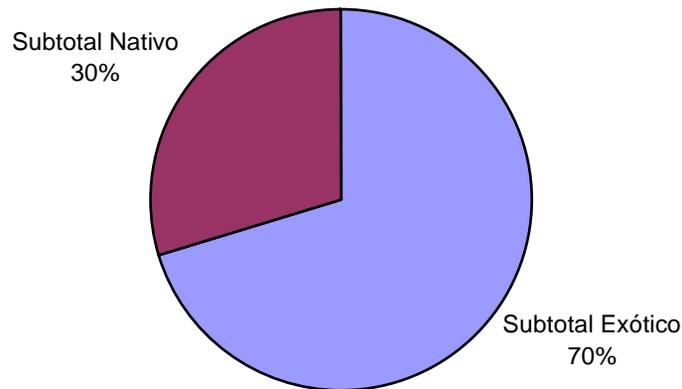


Figura 3. Madera aserrada por tipo de especie

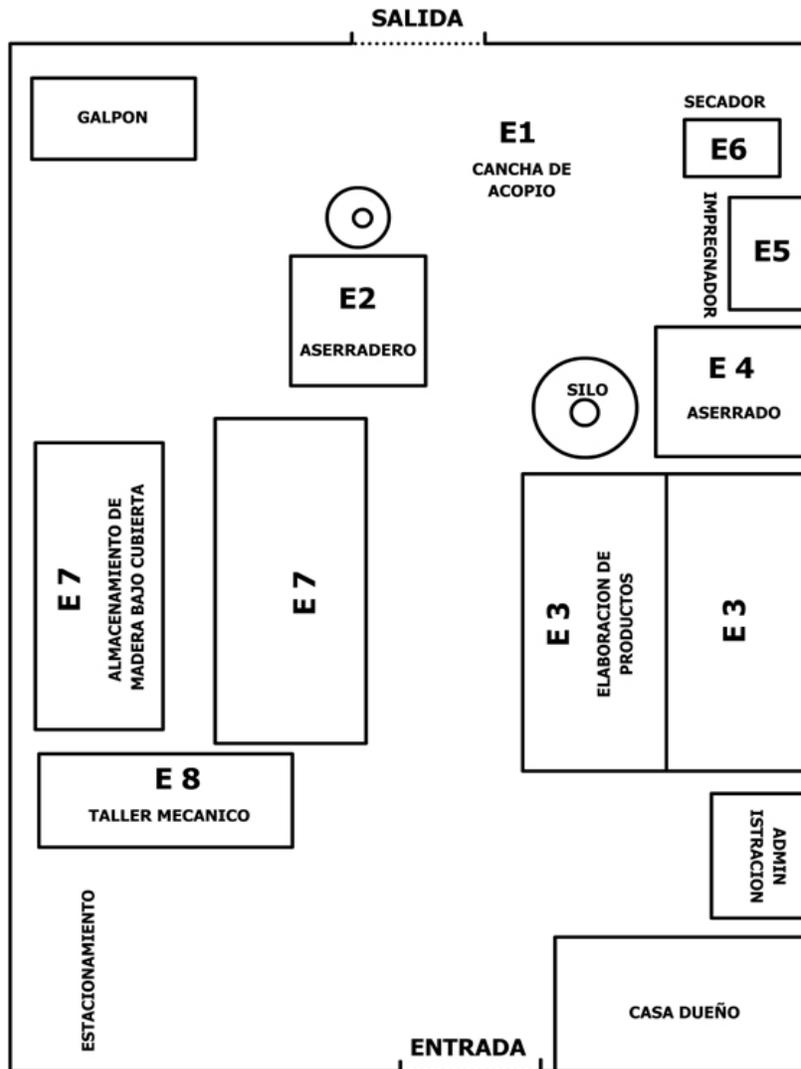
El 70% del abastecimiento del aserradero está constituido por especies exóticas, dentro de las cuales sobresale pino insigne con un 59,8%; para las especies nativas el que sobresale es coigüe con un 10%. Esta distribución porcentual y lo expresado en la Cuadro 4 coincide con el Boletín Estadístico N°70 del Instituto Forestal en el cual se que expresa que en orden de importancia en el ámbito nacional, las especies nativas de mayor consumo corresponden a: coigüe (145.025 m<sup>3</sup> ssc), lenga (143.494 m<sup>3</sup> ssc), roble (101.122 m<sup>3</sup> ssc), tepa (73.125 m<sup>3</sup> ssc) y raulí (53.255 m<sup>3</sup> ssc). Entre las especies exóticas de mayor consumo, sin incluir pino insigne, destacan: pino oregón (42.228 m<sup>3</sup> ssc), álamo (38.575 m<sup>3</sup> ssc) y eucalipto (22.120 m<sup>3</sup> ssc).

Los productos obtenidos de estas especies son principalmente madera aserrada dimensionada: impregnada y sin impregnar, polines y piezas a pedido, cuando se trata de maderas de más alto valor como alerce y raulí. La madera aserrada producida por el aserradero se comercializa en verde y seco.

El 100% de la producción del aserradero está destinado al mercado nacional, un 90% de ella para construcción y el 10% restante va para piezas a pedido, principalmente para muebles.

En la empresa trabajaban en 2004, 26 personas, 22 en producción y 4 en administración; 47 horas a la semana, se ubica dentro del radio urbano en la ciudad de Valdivia, esta ubicación la ocupa desde 1990, posee una superficie 6.000 m<sup>2</sup> y la distribución de la misma se puede ver en la Figura 4.

Figura 4: Plano del aserradero



El ingreso de la madera al aserradero se inicia por la "Entrada", donde los camiones se dirigen con las trozas a la cancha de acopio "E1", en ese lugar son descargados con la ayuda de la grúa del mismo camión y acopiados. Desde la cancha de acopio E1 van pasando con ayuda de la grúa horquilla al aserradero E2 en donde la sierra circular convierte las trozas en basas, en la misma instalación E2 las basas son reaserradas con la ayuda de la sierra huincha; luego de esta etapa de aserrado, la madera que requiere elaborarse a dimensiones menores se traslada a la instalación E4 en donde se obtienen piezas de distintas dimensiones según el requerimiento de los clientes. Las piezas que requieren un grado de terminación mayor pasan a la instalación E3, lugar donde se encuentran las cepilladoras, moldureras y machohembradoras. Los productos son almacenados en las instalaciones E7, las cuales poseen techo.

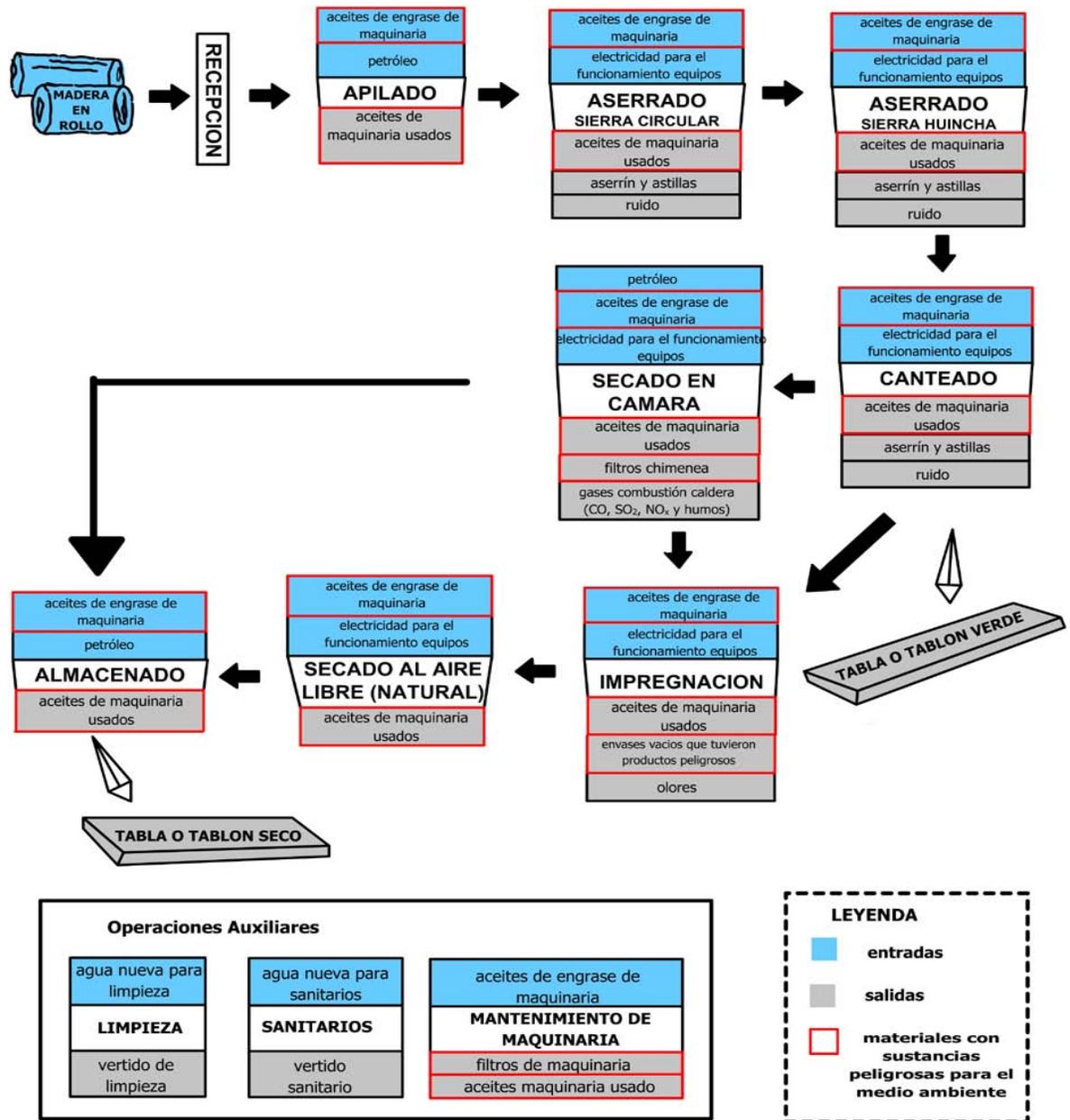
Cuadro 4. Maquinaria en la empresa

Operación	Equipo	Nº	Características	Ubicación en la empresa
Transporte de materia prima	Camiones	2	Camiones con grúa para descarga	Tránsito
Traslado de las trozas desde la cancha de acopio al aserradero	Grúa horquilla	1	Sin información	E1
Aserrado de las trozas	Sierra circular (adaptada de locomóvil)	1	Motor eléctrico, puede procesar 600"/día	E2
Aserrado de las basas	Sierra huincha	1	Partidora 1,4 m diámetro de volante / Marca Raimann	E2
Aserrado de tablas	Sierra huincha	1	1,25 m diámetro de volante / Marca Morandi	E4
Aserrado de tablas	Sierra huincha	1	1,4 m diámetro de volante / Marca Giuette	E4
Aserrado de tablas	Serrucho partidor	1		E3
Canteado	Canteadora	1		E3
Aserrado (acabado)	Moldurera	1	4 cabezales, 5 motores	E3
Aserrado (acabado)	Machoembradora	1	4 cabezales – 5 motores / Marca Invicta	E3
Aserrado (acabado)	Machoembradora	1	5 cabezales – 6 motores / Marca Dambros	E3
Impregnación	Impregnadora	1	Impregnación sobre la base de Cobre-Cromo-Arsénico (CCA) / Marca Ecaso	E5
Secado artificial	cámara de secado	1	Funciona con leña, adaptado de locomóvil / 1300 – 1500" por llenado	E6

Además de las maquinarias presentes en el aserradero existe un taller mecánico que funciona en la instalación E8 y un galpón, cercano a la "Salida" el cual se usa para guardar materiales.

A continuación se muestra el flujo del aserradero desde la recepción de las trozas hasta el producto final con las correspondientes entradas, salidas y puntos críticos del ciclo productivo.

Figura 5. Secuencia operativa del aserradero



## 4.2 Detección de ineficiencias del proceso identificando los puntos críticos dentro del ciclo productivo

### 4.2.1 Residuos sólidos del proceso

A lo largo de todo el proceso del aserrado de la materia prima se producen residuos, entre los cuales podemos destacar los aceites lubricantes usados, estos aceites al cumplir la función de lubricar piezas metálicas ven alterada su composición y al salir como residuo presentan una alta carga de partículas metálicas producto del desgaste

propio de la maquinaria; estos residuos se consideran residuos sólidos siempre y cuando sean almacenados en contenedores sellados y transportados como residuos peligrosos (CONAMA, 2000).

Los residuos más importantes en el aserradero por su cantidad y oportunidad de reutilización son el aserrín verde, la corteza, los despuntes de madera y la viruta, estos resultan del proceso de corte para generar el producto, madera aserrada.

Los envases que contienen producto para la impregnación de la madera constituyen otro residuo, estos son retirados por el mismo proveedor, con lo cual se facilita la gestión pues no es el aserradero quien debe disponerlos en un lugar adecuado. El proceso de impregnación se realiza en un autoclave donde el líquido impregnador se reutiliza varias veces sin salir de la cámara, la madera que ingresa la cámara de impregnación lo hace limpia, es decir, libre de polvo y aserrín, lo que favorece el proceso pues se reducen considerablemente los posibles residuos contaminados con producto impregnante al momento del recambio de solución.

En el caso del aserradero analizado, no existe baño antimancha de la madera aserrada, con lo que se evita la complicación de tener borras producto de este proceso; las borras están compuestas principalmente de aserrín, tierra y soluciones biocidas. Aquí se debe mencionar que estaba presente el Pentaclorofenato de sodio, prohibido en Chile desde fines del año 1999 por una resolución del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 1999).

#### *4.2.2 Residuos líquidos*

Los residuos líquidos generados en el proceso del aserrado provienen principalmente del regado por aspersion en el patio de almacenamiento de trozas, las características de este residuo líquido es de bajo impacto pues sólo contiene impurezas orgánicas compuestos principalmente por restos de corteza y aserrín. En este aserradero no se utiliza agua para enfriamiento en el proceso de corte ni tampoco se realiza el baño antimancha, con lo cual se está evitando uno de los mayores problemas ambientales de este rubro.

#### *4.2.3 Emisiones atmosféricas del proceso*

Las principales emisiones atmosféricas presentes en el aserradero analizado corresponden a las que se originan en el secador, producto de la incineración de residuos provenientes del proceso de aserrío, la mayoría de los residuos que alimentan la caldera del secador contienen un alto contenido de humedad, lo cual aumenta considerablemente las emisiones atmosféricas, además, producto de la incineración de estos residuos se generan óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno los cuales son liberados a la atmósfera, esto contribuye a la llamada lluvia ácida. Por último, las emisiones de dióxido de carbono producidas por la combustión de estos residuos sólidos contribuyen al efecto invernadero.

Las emisiones de pequeñas partículas de madera o aserrín fino y muy fino constituyen otra emisión atmosférica, la cual afecta directamente a las personas que trabajan

en el aserradero, sobretodo cuando se trata de partículas muy finas. Estas emisiones de partículas finas se concentran en las etapas del proceso en donde se le da terminaciones finas a cierto tipo de producto, por ejemplo en la lijadora.

#### 4.2.4 Ruido

El lugar en donde se emplaza actualmente el aserradero se ha ido poblando paulatinamente de casas habitacionales. Cuando se instaló el aserradero, esta zona de la ciudad estaba en el límite urbano, pero hoy en día las casas están rodeando las instalaciones, esto sumado a que los galpones en donde se aserrea la madera no poseen el aislamiento necesario hace que el ruido proveniente del proceso de aserrío llegue hasta las casas vecinas, no produciéndose problemas hasta el momento. El principal problema en cuanto al ruido se presenta para los operarios que trabajan directamente en las labores de aserrío, sobretodo en los trabajadores que llevan más años en la empresa, se evidencia en ellos problemas acústicos causados por la prolongada exposición a ruidos del proceso, en los operarios más jóvenes se comprueba la utilización de tapones protectores en los oídos. El problema de los ruidos se ve acentuado por el hecho de que las máquinas ocupadas en el aserradero son antiguas, muchas de ellas modificadas y adaptadas por lo que su funcionamiento no presenta ningún grado de optimización.

#### 4.2.5 Olores

El aserradero no utiliza productos en su proceso que causen problemas de olores.

### 4.3 Normativa vigente aplicable al rubro del aserrío

Cuadro 5. Legislación aplicable al aserradero – legislación de carácter general

Normativa	Título	Repartición	Diario Oficial	Cumple o no cumple
Ley N° 19.300/94	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	09-03-1994	No estaba en vigencia al momento de instalarse el aserradero
D.S. N° 30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	03-04-1997	No estaba en vigencia al momento de instalarse el aserradero

Cuadro 6. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a la localización de la industria

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
D.S. N° 458/76	Aprueba nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (art. 62 y 160).	Ministerio de Vivienda y Urbanismo.	13-04-1976	Cumple
D.S. N° 47/92	Ordenanza general de urbanismo y construcciones.	Ministerio de Vivienda y Urbanismo.	19-05-1992	Cumple

Cuadro 7. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a las emisiones atmosféricas

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
D.F.L. N° 725/67	Código Sanitario (art. 89 letra a).	Ministerio de Salud.	31-01-1968	Cumple
D.S. N° 144/61	Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.	Ministerio de Salud.	18-05-1961	Cumple
D.S. N° 322/91	Establece excesos de aire máximos permitidos para diferentes combustibles.	Ministerio de Salud.	20-07-1991	No se aplica para este caso
D.S. N° 185/91	Reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado, y arsénico en todo el territorio nacional.	Ministerio de Minería.	16-01-1992	Cumple

Cuadro 8. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a las descargas líquidas

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
Ley N° 3.133/16	Neutralización de residuos provenientes de establecimientos industriales.	Ministerio de Obras Públicas.	07-09-1916	No genera el tipo de residuos especificados en la ley
D.F.L. N° 725/67	Código Sanitario (art. 69 - 76).	Ministerio de Salud.	31-01-1968	Cumple
D.F.L. N° 1/90	Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. 1, N° 22 y 23).	Ministerio de Salud.	21-02-1990	Cumple
D.S. N° 351/93	Reglamento para la neutralización de residuos líquidos industriales a que se refiere la Ley N° 3.133.	Ministerio de Obras Públicas.	23-02-1993	No genera el tipo de residuos especificados en la ley

Cuadro 9. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a los residuos sólidos

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
D.F.L. N° 725/67	Código Sanitario (art. 78 - 81).	Ministerio de Salud.	31-01-1968	Cumple
D.F.L. N° 1.122/81	Código de Aguas (art. 92).	Ministerio de Justicia.	29-10-1981	Cumple
D.F.L. N° 1/89	Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. N° 1).	Ministerio de Salud.	21-02-1990	Cumple
D.L. N° 3.557/80	Establece disposiciones sobre protección agrícola (art. 11).	Ministerio de Agricultura.	09-02-1981	Cumple
D.S. N°745/92	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.	Ministerio de Salud.	08-06-1993	Cumple
D.S. N° 685/92	Establece condiciones relativas al control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (convenio de Basilea).	Ministerio de Relaciones Exteriores.	13-10-1992	No se efectúa tal movimiento

Cuadro 10. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a los ruidos

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
D.F.L. N° 725/67	Código Sanitario (art. 89 letra b).	Ministerio de Salud.	31-01-1968	Cumple
D.S. N°146/98	Establece norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el Decreto N°286, de 1984, del Ministerio de Salud.	Ministerio Secretaría General de la Presidencia	17-04-1998	Se debe evaluar el nivel de ruidos

Cuadro 11. Legislación aplicable al aserradero – legislación referida a la seguridad y salud ocupacional

<b>Normativa</b>	<b>Título</b>	<b>Repartición</b>	<b>Diario Oficial</b>	<b>Cumple o no cumple</b>
D.F.L. N° 725/67	Código Sanitario (art. 90 - 93).	Ministerio de Salud	31-01-1968	Cumple
D.F.L. N° 1/89	Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. 1 N°44).	Ministerio de Salud	21-02-1990	Cumple
Ley N° 16.744/68	Accidentes y enfermedades profesionales.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	01-02-1968	Cumple
D.F.L. N°1/94	Código del Trabajo (art. 153-157).	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	24-01-1994	Cumple
D.S. N° 40/69	Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	07-03-1969	Cumple
D.S. N° 54/69	Aprueba el reglamento para la constitución y funcionamiento de los comités paritarios de higiene y seguridad.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	11-03-1969	Cumple
D.S. N° 20/80	Modifica D.S. N° 40/69.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	05-05-1980	Cumple
Ley N° 18.164/82	Internación de ciertos productos químicos.	Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.	17-09-1982	No se aplica a este caso
D.S. N° 48/84	Aprueba reglamento de calderas y generadores de vapor.	Ministerio de Salud.	14-05-1984	Cumple
D.S. N° 379/85	Aprueba reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo destinados a consumos propios.	Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.	19-03-1986	En el aserradero no se almacena combustible, los camiones se abastecen desde fuentes externas.
D.S. N° 29/86	Almacenamiento de gas licuado.	Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.	19-03-1986	No se almacena gas en la empresa
D.S. N° 50/88	Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	21-07-1988	Cumple
D.S. N°745/92	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.	Ministerio de Salud.	08-06-1993	Cumple

Cuadro 11. Continuación

Normativa	Título	Repartición	Diario Oficial	Cumple o no cumple
D.S. N° 95/95	Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.	Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	16-09-1995	Cumple
D.S. N° 369/96	Extintores portátiles.	Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.	06-08-1996	Cumple
D.S. N° 90/96	Reglamento de seguridad para almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.	Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.	05-08-1996	No se aplica en este caso
D.S. N° 298/94	Reglamento sobre el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos.	Ministerio de Transportes.	11-02-1995	No se aplica en este caso

#### 4.4 Balance de materias

Para el balance de materias o balance de masas se identificó en forma conjunta las entradas y salidas del proceso para evaluar el grado de eficiencia del mismo y el porcentaje de pérdidas, esto sirve además para identificar si existe alguna entrada o salida no cuantificada.

Para cuantificar los porcentajes de pérdidas por el proceso de aserrío y obtener cuanta madera aserrada se obtiene y sus correspondientes pérdidas en corteza, aserrín y astillas se calculó el porcentaje de aprovechamiento de un grupo de trozas, este porcentaje se aplicó al consumo anual de madera del aserradero para determinar el porcentaje de residuos que se está produciendo.

Cuadro 12. Inventario de trozas

Nº Troza	Diámetro Menor (cm)	Largo (m)	Volumen JAS (m³)	Especie
1	36	2,4	0,311	Pino insigne
2	30	2,4	0,216	Pino insigne
3	32	2,4	0,246	Pino insigne
4	38	2,4	0,347	Pino insigne
5	34	2,4	0,277	Pino insigne
6	30	2,4	0,216	Pino insigne
7	30	2,4	0,216	Pino insigne
8	32	2,4	0,246	Pino insigne
9	36	2,4	0,311	Pino insigne
10	36	2,4	0,311	Pino insigne
11	28	2,4	0,188	Pino insigne
12	30	2,4	0,216	Pino insigne
13	36	2,4	0,311	Pino insigne
14	28	2,4	0,188	Pino insigne
15	34	2,4	0,277	Pino insigne
16	30	2,4	0,216	Pino insigne
17	32	2,4	0,246	Pino insigne
Promedio	<b>32,5</b>	<b>2,4</b>	<b>0,255</b>	

Cuadro 13: Volumen total en productos por troza

Troza Nº	Número de Tablas	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen por tabla (m³)	Volumen por producto (m³)(por el Nº de tablas)	Volumen total en productos de la troza (m³)
1	10	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,155	0,183
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
2	6	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,093	0,116
	1	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,005	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
3	6	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,093	0,121
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
4	9	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,139	0,177
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	3	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,028	

Cuadro 13. Continuación

Troza Nº	Número de Tablas	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen por tabla (m³)	Volumen por producto (m³)(por el Nº de tablas)	Volumen total en productos de la troza (m³)
5	7	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,108	0,132
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	1	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,009	
6	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,110
	1	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,005	
	3	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,028	
7	6	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,093	0,121
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
8	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,129
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	4	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,037	
9	7	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,108	0,141
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
10	8	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,124	0,152
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
11	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,105
	2	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,009	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
12	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,110
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
13	7	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,108	0,150
	1	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,005	
	4	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,037	
14	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,101
	1	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,005	
	2	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,019	
15	7	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,108	0,132
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	1	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,009	
16	4	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,062	0,113
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	4	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,037	

Cuadro 13. Continuación

Troza Nº	Número de Tablas	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen por tabla (m³)	Volumen por producto (m³)(por el Nº de tablas)	Volumen total en productos de la troza (m³)
17	5	2,4	0,2540	0,0254	0,015	0,077	0,101
	3	1,8	0,1016	0,0254	0,005	0,014	
	1	1,8	0,2032	0,0254	0,009	0,009	

Cuadro 14. Rendimiento del proceso de aserrío

Nº Troza	Volumen JAS (m³)	Volumen total en productos de la troza (m³)	Rendimiento (%)
1	0,311	0,183	58,74
2	0,216	0,116	53,76
3	0,246	0,121	49,14
4	0,347	0,177	50,93
5	0,277	0,132	47,44
6	0,216	0,110	50,90
7	0,216	0,121	55,91
8	0,246	0,129	52,29
9	0,311	0,141	45,30
10	0,311	0,152	48,79
11	0,188	0,105	55,96
12	0,216	0,110	50,90
13	0,311	0,150	48,29
14	0,188	0,101	53,49
15	0,277	0,132	47,44
16	0,216	0,113	52,33
17	0,246	0,101	40,95
<b>Promedio</b>	<b>0,255</b>	<b>0,129</b>	<b>50,74</b>

#### 4.5 Propuesta de medidas de producción limpia

Las medidas de producción limpia propuestas se han enfocado a conseguir la minimización en los residuos generados y a aprovechar los que se generen, apuntando a la eficacia del proceso productivo y teniendo en cuenta también la realidad de la pequeña empresa analizada.

La proposición se basa en tres ámbitos de acción:

- ◆ Prevención
- ◆ Reducción
- ◆ Valorización interna

A su vez, las alternativas de mejora propuestas pasan por las siguientes líneas de acción:

- ◆ Cambios en las materias primas
- ◆ Cambios tecnológicos
- ◆ Buenas prácticas operativas
- ◆ Reutilización interna

Las medidas de producción limpia propuestas para el aserradero se dividen atendiendo a cada punto del ciclo productivo:

- ◆ Cancha de acopio
- ◆ Aserrado
- ◆ Secado en cámara
- ◆ Secado al aire libre
- ◆ Impregnado
- ◆ Almacenado del producto
- ◆ Recomendaciones generales al ciclo

Cuadro 15. Medidas de producción limpia

Punto del ciclo productivo	Acción	Medida de Producción Limpia	Impacto ambiental
Aserrado de la madera	Adquisición y mantenimiento de elementos de corte	Uso de elementos de corte de alta calidad en cuanto a su durabilidad y precisión	Ahorro de materias primas
		Realizar las mantenencias indicadas por el fabricante: realizar correctos y periódicos afilados de las sierras	
	Aserrado	Empleo de motores de bajo consumo y mantenimiento periódica de ellos	Menor consumo de energía
		Aislar los galpones en donde se efectúa el aserrado de la madera (cerrados con material aislante)	Disminución de olores y ruido
	Aserrín y viruta del proceso de aserrío	Segregación y disposición de los residuos provenientes de las labores de aserrado, canteado y lijado hacia un lugar definido en el aserradero (silo)	Reciclaje de residuos, generación de subproductos.
		Los residuos provenientes de este proceso (aserrín y viruta), y que no puedan ser reutilizados, disponerlos de manera adecuada, evitando su acopio dentro del aserradero	

Cuadro 15. Medidas de producción limpia (continuación)

Punto del ciclo productivo	Acción	Medida de Producción Limpia	Impacto ambiental
Secado en cámara	Cámara de secado	Uso de desechos de aserrío como combustible para la caldera	Menor consumo de energía
		Aislar las tuberías del contacto directo con el ambiente	
		Instalar sensores de humedad en la cámara de secado	
	Combustión en la caldera de la cámara de secado	No incinerar madera que contenga productos químicos (como los provenientes del impregnado)	Emisiones atmosféricas menores y menos dañinas
		Alimentar la caldera con madera seca	
		Analizar periódicamente las emisiones	
		Usar filtros en las chimeneas	
	Realizar mantenimiento periódica de la caldera		
Secado al aire libre	Secado natural de la madera	Cubrir la madera que se está secando al aire libre para evitar la incidencia directa de la lluvia	Disminución del tiempo de secado
Impregnado de la madera	Llenado y rellenado del autoclave de impregnación	Verificar que se use la concentración adecuada del producto impregnante	Ahorro de materias primas
	Proceso de impregnación de la madera	Verificar el correcto proceso de llenado del autoclave	Evita contaminación del suelo
		Al realizar el cambio del líquido impregnante (llenado y vaciado en el autoclave) almacenar los residuos en recipientes cerrados y en un lugar seguro a la espera de la disposición final	Disminución de la contaminación de suelo y agua
		Disponer los envases que puedan contener restos de solución para la impregnación en coordinación con el fabricante (proveedor)	
	Lodos del proceso de impregnación	Ingresar la madera al proceso de impregnado con un mínimo contenido de aserrín y polvo de madera adherido	Correcto tratamiento y disminución de los residuos peligrosos
Almacenado de la madera aserrada	Disposición de la madera aserrada para la venta	Se debe rotular la madera con respecto al orden de salida siguiendo la secuencia de lo primero que entra es lo primero que sale	Optimización de esta parte del ciclo evitando rechazo por madera con hongos o deformada

Cuadro 16. Situación antes y después de aplicar producción limpia

<b>Medida de Producción Limpia</b>	<b>Elemento dentro del ciclo productivo</b>	<b>Situación sin aplicar producción limpia</b>	<b>Situación aplicando producción limpia</b>
Uso de elementos de corte de alta calidad en cuanto a su durabilidad y precisión	Tipo de elementos de corte	Se usan elementos de corte sobre los cuales no se ha realizado ningún estudio de optimización	Se recomienda realizar una evaluación/estudio que permita saber si los elementos de corte usados son los más adecuados con respecto a los productos generados por el aserradero
Realizar las mantenciones indicadas por el fabricante: realizar correctos y periódicos afilados de las sierras	Mantención de los elementos de corte	Mantenciones se realizan sin una periodicidad establecida, sino cuando el operador estima que deben realizarse	Mantenciones se realizan siguiendo un calendario establecido y recomendado por los fabricantes de cada elemento de corte
Empleo de motores de bajo consumo y mantención periódica de ellos	Motores empleados en las labores de aserrío	La maquinaria que se ocupa ha sido adaptada en su mayoría de motores petroleros a motores eléctricos	Evaluar si los motores adaptados hacen uso de la potencia requerida para cada proceso de aserrío con el objetivo de optimizar su operación
Aislar los galpones en donde se efectúa el aserrado de la madera (cerrados con material aislante)	Galpón donde se realiza el corte de los trozos con la sierra huincha (E2)	La instalación por donde pasa toda la madera que se procesa en el aserradero es la E2, en ella trabajan 6 personas, esta no posee aislamiento, no tiene puertas, permanece abierta todo el año	Cerrar el galpón E2, consiguiendo con esto aislamiento térmico y acústico
Segregación y disposición de los residuos provenientes de las labores de aserrado, canteado y lijado hacia un lugar definido en el aserradero (silo)	Todos los puntos del ciclo de aserrío donde se produce aserrín y viruta (puntos E2, E3, E4 de la Figura 4)	Los residuos provenientes del proceso de aserrío son dispuestos parcialmente (solo cuando su volumen es alto)	Disposición del aserrín y la viruta producidos por la labor de aserrado de la madera, estableciendo una retirada periódica de ellos, instruir al personal para la realización de esta labor, hacia el silo
Los residuos provenientes de este proceso (aserrín y viruta), y que no puedan ser reutilizados, disponerlos de manera adecuada, evitando su acopio dentro del aserradero		En las instalaciones donde se realiza aserrado de la madera va quedando, en el suelo, mesas, paredes y vigas residuos de madera más finos, los cuales se acumulan pues no se realiza una limpieza periódica	Realizar una disposición periódica de estos residuos que van quedando en los lugares mencionados y disponerlos en un lugar adecuado

Cuadro 15. Situación antes y después de aplicar producción limpia (continuación)

<b>Medida de Producción Limpia</b>	<b>Elemento dentro del ciclo productivo</b>	<b>Situación sin aplicar producción limpia</b>	<b>Situación aplicando producción limpia</b>
Uso de desechos de aserrío como combustible para la caldera	Se producen en E2 y se utilizan en la caldera	Los residuos se utilizan parcialmente para abastecer el secador, en su mayoría se desaprovecha y se compra leña para abastecer a la caldera	Utilizar todos los residuos de mayor tamaño del proceso de aserrío para abastecer a la caldera del secador. El manejo puede considerarse un lugar en el aserradero para almacenar los residuos un tiempo que permite bajar el contenido de humedad de estos
Aislar las tuberías del contacto directo con el ambiente	Tuberías de la cámara de secado	La cámara de secado posee un sistema de tuberías que actualmente no poseen ningún aislamiento fuera del secador	Rodear las tuberías con un aislante térmico
Instalar sensores de humedad en la cámara de secado	Cámara de secado	No se cuenta con sensores de humedad en la cámara de secado	Sensores de humedad instalados en la cámara de secado
No incinerar madera que contenga productos químicos (como los provenientes del impregnado)	Caldera	No es una práctica prohibida en el aserradero, aunque no es común que ocurra, puede ocurrir	No incinerar madera impregnada
Alimentar la caldera con madera seca		Para alimentar la caldera se usa leña húmeda	Programar la compra de leña según el consumo de la caldera, para que esta esté seca al momento de utilizarla
Analizar periódicamente las emisiones		No existe control sobre las emisiones de la caldera	Se controla periódicamente las emisiones procurando no incinerar materiales que contengan residuos tóxicos
Usar filtros en las chimeneas	Todas las chimeneas del aserradero	No se usan filtros	Uso de filtros, principalmente en la caldera del secador
Realizar mantención periódica de la caldera	Caldera	Se realizan mantenciones de la caldera cuando se estima necesario	Establecer un calendario de mantención de la caldera, que incluya el retiro de cenizas y limpieza completa

Cuadro 15. Situación antes y después de aplicar producción limpia (continuación)

Medida de Producción Limpia	Elemento dentro del ciclo productivo	Situación sin aplicar producción limpia	Situación aplicando producción limpia
Al realizar el cambio del líquido impregnante (llenado y vaciado en el autoclave) almacenar los residuos en recipientes cerrados y en un lugar seguro a la espera de la disposición final	Impregnadora (E5)	Cuando se debe reponer la solución de impregnación quedan residuos en el autoclave, por lo general aserrín con solución impregnante, este residuo se retira y se guarda en un recipiente a la espera de su disposición final, no se verifica en el aserradero ningún lugar adecuado para su almacenamiento y no existe evidencia de que se esté realizando.	Los residuos del proceso de impregnación se disponen en recipientes adecuados (con tapa hermética) y se almacenan en un sector del aserradero especialmente habilitado para tal efecto a la espera de su disposición, la cual debe ser realizada por un agente autorizado, pues se trata de residuos peligrosos.
Disponer los envases que puedan contener restos de solución para la impregnación en coordinación con el fabricante (proveedor)		Actualmente el proveedor viene cada 3 años y realiza mantenimiento de la impregnadora, en esa oportunidad se lleva los recipientes vacíos que son alrededor de 300	Disponer los envases vacíos de los elementos usados para la impregnación en un lugar adecuado a la espera de su disposición final por un agente autorizado, en ningún caso usarlos para otras labores
Ingresar la madera al proceso de impregnado con un mínimo contenido de aserrín y polvo de madera adherido		La madera aserrada que se ingresa a la impregnadora posee aserrín fino adherido a su superficie el cual en parte va quedando dentro del autoclave en el fondo y se mezcla con el CCA (cobre-cromo-arsénico) formando lodos	Los operarios del autoclave limpian manualmente el aserrín fino de la superficie de la madera a impregnar
Se debe rotular la madera con respecto al orden de salida siguiendo la secuencia de lo primero que entra es lo primero que sale	Galpones E7	La madera no se ordena con relación a su lugar de llegada	Ordenar los galpones de almacenamiento asignando lugares definidos para la madera de acuerdo a orden de llegada al galpón

Cuadro 15. Situación antes y después de aplicar producción limpia (continuación)

Medida de Producción Limpia	Elemento dentro del ciclo productivo	Situación sin aplicar producción limpia	Situación aplicando producción limpia
Cubrir la madera que se está secando al aire libre para evitar la incidencia directa de la lluvia	Al lado del galpón E7 donde se almacena madera aserrada	No todas las pilas de madera aserrada están cubiertas	Cubrir toda pila de madera aserrada que se encuentre al aire libre
Verificar que se use la concentración adecuada del producto impregnante	Concentración del producto impregnante	No se siguen estrictamente las instrucciones del fabricante para las dosis a ocupar	Seguir las instrucciones del fabricante para las dosis a ocupar, se le puede solicitar al fabricante instrumental adecuado para medir las concentraciones de la solución impregnante
Verificar el correcto proceso de llenado	Impregnadora (E5)	Para el llenado del autoclave con la solución impregnante no se utiliza ninguna buena práctica operativa	Los operarios del autoclave usan guantes y equipo adecuado, los recipientes que contienen los productos son los adecuados y se sigue un mismo procedimiento que corresponde al indicado por el fabricante y las buenas prácticas (idealmente se debe contar con un manual de terreno para guiarse y consultar en el momento)

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas

Medida de Producción Limpia	Valorización de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Uso de elementos de corte de alta calidad en cuanto a su durabilidad y precisión	El costo del estudio	Aumento de la productividad en una cantidad a estimar a través de un estudio				250 UF para FAT (máximo)	Preinversión medioambiental o un FAT
Realizar las mantenciones indicadas por el fabricante: realizar correctos y periódicos afilados de las sierras	El costo de mantención (número de elementos de corte a realizar mantención al año)	Aumento de la productividad y vida útil de los elementos de corte				Costo de mantención	
Empleo de motores de bajo consumo y mantención periódica de ellos	El costo del estudio de eficiencia de los motores	Motores optimizados para labores específicas, experiencias similares indican que se puede partir ahorrando un 0.25% de energía al año, lo cual puede ser mejorado negociando el contrato energético con el proveedor				250 UF para FAT (máximo)	Preinversión medioambiental o un FAT
Aislar los galpones en donde se efectúa el aserrado de la madera (cerrados con material aislante)	El valor de cerrar el galpón	Los operarios que trabajan en el galpón E2 mejorarán sus condiciones laborales, sobretodo en invierno				\$ 1.500.000	

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas (continuación)

Medida de Producción Limpia	Valorización de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Segregación y disposición de los residuos provenientes de las labores de aserrado, canteado y lijado hacia un lugar definido en el aserradero (silo)	\$ 0 (significa solo instruir al personal para el correcto acopio de estos residuos)	El ahorro de esta medida está relacionado con la posibilidad de la elaboración de subproductos, para lo cual debe realizarse un estudio y determinar cuál es la mejor forma de usar estos residuos, este estudio debería arrojar como resultado la mejor manera de disponer estos residuos				Profesional para capacitación - 35 horas de clases teórico prácticas - \$ 880.000	Buena práctica - Capacitación
Los residuos provenientes de este proceso (aserrín y viruta), y que no puedan ser reutilizados, disponerlos de manera adecuada, evitando su acopio dentro del aserradero	\$ 0, instruir al personal de cada galpón para que realice periódicamente esta labor	Evita riesgos de accidentes e incendios y puede aprovecharse estos residuos					Buena práctica - Capacitación
Uso de desechos de aserrío como combustible para la caldera	\$ 0 (significa solo instruir al personal para el correcto acopio de estos residuos). A mediano/largo plazo puede significar destinar un lugar dentro del aserradero para el acopio de estos residuos.	Ahorro de un 50% aproximadamente en compra de leña					Buena práctica - Capacitación

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas (continuación)

Medida de Producción Limpia	Valorización o costo de la aplicación de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Aislar las tuberías del contacto directo con el ambiente	Los costos del material aislante x los metros de tubería más la mano de obra	Las estimaciones de casos similares indican que se pueden conseguir ahorros de hasta un 20% en la energía consumida por el secador				\$ 400.000	
Instalar sensores de humedad en la cámara de secado	El costo de los sensores	Determinación más certera del tiempo de secado de la madera con el consiguiente ahorro de energía				Costo de los sensores	
No incinerar madera que contenga productos químicos (como los provenientes del impregnado)	\$ 0, es una buena práctica	Mejorar las emisiones de la caldera				Misma capacitación - un paquete por \$ 880.000	Buena práctica - Capacitación
Alimentar la caldera con madera seca	\$ 0, consiste en programar la compra de leña	Menos emisiones, mejor combustión, ahorro de energía				Misma capacitación - un paquete por \$ 880.000	Buena práctica - Capacitación

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas (continuación)

Medida de Producción Limpia	Valorización o costo de la aplicación de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Analizar periódicamente las emisiones	\$ 0, designar un encargado dentro del aserradero e informarse en el Servicio de Salud de la norma aplicable a emisiones de este tipo. El control de estas emisiones apunta principalmente al material particulado que se genera en la caldera del secador	Cumplimiento con la legislación				Misma capacitación - un paquete por \$ 880.000	Buena práctica - Capacitación
Usar filtros en las chimeneas	Costo de los filtros, por el número de chimeneas	Disminución del material particulado de mayor tamaño en las emisiones				Costo de filtros por el número de chimeneas	
Realizar mantención periódica de la caldera	El costo de la mantención	Correcto funcionamiento de la caldera				\$ 130.000	Cada 2 meses
Cubrir la madera que se está secando al aire libre para evitar la incidencia directa de la lluvia	El costo del material para cubrir las pilas	Reducción de los tiempos de secado natural, pues impide la incidencia directa de la lluvia con el consiguiente ahorro de espacio				Planchas de zinc	
Verificar que se use la concentración adecuada del producto impregnante	\$0, instruir al personal	Ahorro en solución impregnante					FAT PL

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas (continuación)

Medida de Producción Limpia	Valorización o costo de la aplicación de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Verificar el correcto proceso de llenado	El costo de la ropa protectora	Se disminuyen los derrames accidentales y mejora las condiciones de trabajo de los operarios				Calcular por dos operarios	
Al realizar el cambio del líquido impregnante (llenado y vaciado en el autoclave) almacenar los residuos en recipientes cerrados y en un lugar seguro a la espera de la disposición final	El costo de los recipientes herméticos y el costo de habilitación de un lugar adecuado dentro del aserradero para almacenar el residuo	Disminución de riesgos de contaminación				Recipientes + galpón	
Disponer los envases que puedan contener restos de solución para la impregnación en coordinación con el fabricante (proveedor)	Costo de habilitación del lugar adecuado dentro del aserradero para almacenar los envases vacíos	Disminución de riesgos de contaminación, buena práctica ambiental				Galpón	

Cuadro 16. Valorización de las medidas de producción limpia propuestas (continuación)

Medida de Producción Limpia	Valorización o costo de la aplicación de la medida	Ventaja o ahorro conseguido	Prioridad			\$	Instrumento de Fomento
			1 (corto plazo)	2 (mediano plazo)	3 (largo plazo)		
Ingresar la madera al proceso de impregnado con un mínimo contenido de aserrín y polvo de madera adherido	El costo del elemento que se usará para limpiar las tablas (escoba o escobilla), se debe instruir a los operarios para que realicen esta labor	Disminución de los lodos: aserrín + CCA				Escobillones	
Se debe rotular la madera con respecto al orden de salida siguiendo la secuencia de lo primero que entra es lo primero que sale	\$ 0, se debe instruir a los operarios y realizar un orden en los galpones	Evita tener madera almacenada por mucho tiempo, optimiza el flujo de madera también en su salida				Misma capacitación - un paquete por \$ 880.000	FAT PL

## 5. CONCLUSIONES

- 1) La aplicación de medidas de producción limpia para el tipo de aserradero analizado puede producir beneficios económicos y ambientales significativos en un corto período de tiempo, la mayoría de las medidas propuestas apuntan a cambios en la gestión y en los hábitos usados por la empresa, son las llamadas medidas blandas, por las cuales se debe partir si se piensa en la sustentabilidad de un proceso de producción limpia.
- 2) En el aserradero no se realiza baño antimancha, el cual es la principal causa de problemas ambientales en este tipo de industrias, pues, aunque está prohibido, el pentaclorofenato de sodio sigue siendo usado en muchos aserraderos como producto antimancha, su reemplazo por productos alternativos ha sido complicado ya que la relación efectividad-precio es muy desfavorable para los productos que reemplazan al mencionado Pentaclorofenato.
- 3) Los problemas causados por la mancha azul que ataca a la madera son en parte solucionados por un rápido proceso de secado, antes de que esta pase mucho tiempo al aire libre y a los cortos períodos de almacenamiento de la madera aserrada, esto implica que gran parte de la producción se hace a pedido, manteniendo bajos *stock* de madera en los galpones. Se puede concluir que la empresa no está produciendo impactos ambientales negativos relacionados con el proceso de baño antimancha, esto se debe a que esta práctica no se realiza en este aserradero.
- 4) Para que la empresa comience a implementar la producción limpia; sobretodo si se la concibe como una estrategia productiva más que ambiental, se debe realizar una gestión en donde todos los integrantes de la planta participen de la implementación de ésta, sobretodo en el nivel gerencial, el cual muchas veces se margina de estos procesos traspasando la responsabilidad de esta tarea a los mandos medios.
- 5) Las ineficiencias del proceso referidas al ciclo productivo tienen su punto más débil en el manejo de los residuos sólidos del proceso de aserrío, específicamente aserrín, viruta y astillas; dichos residuos representan casi el 50% del volumen de madera que entra como trozas para aserrar esto es aproximadamente 900 t/año de residuos sólidos, provenientes del proceso de aserrío, esto se debe a varias causas, entre las que se cuentan maquinarias antiguas a las cuales se les realiza mantenciones de mala calidad, no se realiza control de calidad de la materia prima, no existe una clasificación de las trozas en base a criterios claramente definidos, por tratarse de una empresa pequeña no ha incorporado tecnología de alto nivel a su ciclo productivo que podría ayudar por ejemplo a optimizar el trozado.
- 6) Los desechos antes mencionados son motivo de preocupación de las autoridades como lo demuestra la promulgación del Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos el 16 de junio de 2004 que está destinado a regular la gestión de este tipo de desechos en el país. El aserradero analizado en el presente

trabajo produce más de 12 t/año de aserrín, viruta y astillas por lo que en virtud del Reglamento, deberá elaborar un plan de manejo para estos residuos. Teniendo este hecho en consideración las opciones propuestas por la producción limpia a través de la prevención, reducción y valorización interna se transforman en elementos fundamentales de una buena gestión del aserradero. La recomendación es implementar medidas de producción limpia, partiendo por las medidas blandas para reducir al máximo los residuos generados, y luego, disponer de manera adecuada aquellos que igualmente resulten del proceso, asumiendo que siempre van a existir residuos en un aserradero. La tendencia mundial indica que la mejor forma de valorizar estos residuos es a través de los subproductos, en el caso del aserrín, astillas y viruta, pueden ser usados para la fabricación de tableros, compostaje, briquetas y pellets.

- 8) El aserradero “Maderas Sobarzo” representa el típico aserradero urbano pequeño que abunda en el interior del radio urbano de las ciudades de Chile, sobretodo en la zona sur del territorio, dedicado al abastecimiento del mercado local; si se pretende implementar producción limpia en este tipo de empresas se debe primero comenzar sensibilizando a la gerencia sobre los beneficios que implica adoptar medidas de producción limpia, basándose en que más temprano que tarde las exigencias ambientales tendrán repercusión en los mercados; aunque para este tipo de PyME esta razón no sea aún de peso pues al ser su producción destinada a los mercados locales, no existen ganancias evidentes al implementar la producción limpia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Castillo, J.; D. Rodríguez. 2000. Uso de tecnologías limpias: experiencias prácticas en Chile. Santiago, Ministerio de Economía. 52 p.
- Centro de Estudios Laborales Alberto Hurtado. s.f. Manual de auditoría en producción limpia. Santiago, CELAH. 79 p.
- Chile, Comisión Nacional del Medioambiente. 2000. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Rubro aserraderos y procesos de la madera. Santiago, CONAMA. 84 p.
- Chile, Instituto Forestal. 1989. Principios de organización y operación del aserradero. Santiago, INFOR. 217 p. (Manual, 16)
- Chile, Instituto Forestal. 2002. Investigación en Transformación Mecánica de la Madera en la Pequeña y Mediana Industria del Aserrío. 156 p.
- Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 1999. Acuerdo de producción limpia en aserraderos. Acuerdo de Industrias de Aserrado y Remanufacturas de Madera- Ministerio de Economía-Servicios de Salud, Concepción, SAG. 11 p.
- España, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. 2000. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones. Aserraderos y tratamiento químico de la madera. s.l.. Departamento de ordenación del territorio, vivienda y medioambiente Gobierno Vasco. 145 p. INTERNET: <http://www.ihobe.es>.
- Argentina, Agencia de Cooperación Internacional de Japón. Instituto Nacional del Agua. s/f. Producción Limpia. 2 p.
- Jorquera, H.; G. Maldonado. 1998. Manual de auditoría en producción limpia. Santiago, Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia. 175 p.
- Ilustre Municipalidad de Valdivia. 2002. Plan de Desarrollo Económico Productivo, Comuna de Valdivia.
- Porter, M. 1995. Green and competitive, Harvard Business Review.
- Zaror, C.A. 2001. Residuos sólidos industriales en la VIII Región. Concepción, CONAMA Bio Bio. 49 p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**

***Abstract and Keywords***

## **ANEXO 1**

### **Summary**

**Proposal of clean production to a sawmill of Valdivia city**

The following research is about clean production's proposal to a small sawmill, with a sales income of 2.401 and 25.000 UF a year. This sawmill is located in Valdivia, tenth region, Chile. The main purpose is proffering some sort of clean production based in smooth technologies. This means all techniques used in this project should be based in a good handling. Plus, changes in the sawmill without charge. This proposal may be compared with the first station of the instrument "Clean Production's Technical Assistance Found" (FAT-CP).

The great impact in the application of this clean production technique is closely related with the bussines projection seeing by the capitalist. If one of the choices is developing abroad trade thinking about the products exportation, then this could be the first step to take. Soon afterward, a certification will be gotten allowing to reach international standards and new markets. On the other hand, if it is focused on the local market, wich a few regulations, the clean production does not contribute good elements making it a non-attractive technique.

Clean production's manners exposed in this document are mostly related with the application of good techniques and focused on a low budget (closed to zero). They represent the first step to follow as for a small business, trying to start an implementation process in the bussines environmental management, this must be socially and environmentally responsible.

The technique used was based on an environmental auditing as a research tool. Working on this, critical environmental areas were found during the productive process. Throughout the process, five examinations were done in the sawmill, including many people specialized in the area and operators, as well as the manager. Then, every stage in the productive process were analyzed pointing to the sawmill's solid and liquid rubbish, the atmospheric pollution, noises, smells, and in order to the current environmental normative. The next step was making a fabric leveling. This was focused on calculating the loss percentage in the wood sawing effect, taking some pieces as samples. The efficiency average found was 50.74%.

Final result indicate the sawmill does not represent serious environmental problems affecting the current environmental legislation. The big amount of wood rubbish, sawdust and kindling eliminated, as a result of the sawing, were the major detected problem. Eventually, the proposal is led to take advantage on this rubbish, creating sub-products. Briquettes and pellets seem to be the best alternatives. Then, the sawmill should install an appropriated environment for this purpose. Other options are trading rubbish to make sidings or focusing on the agriculture market to compost. It is reasonable to assume that it is important to do a levelling rubbish work as in the humid contain, as well as avoiding the native and exotic's woods mixing.

Because of the analyzed sawmill, "Maderas Sobarzo", is located within a small business range, in order to The Economy's Ministry, has the necessity of performing improved techniques in the environmental area. It is certain that this techniques should not involve great amounts of money, especially in this economic sector. Therefore, the clean production means an executable solution, if it is thought about smooth technologies tending to a low budget.

**Keywords:** Sawmill, clean production, eco-efficiency.

## **ANEXO 2**

**Formularios auditoría ambiental**

Nombre de la Empresa  
Razón Social  
Dirección / e-mail  
Teléfono / Fax  
Encargado de la Evaluación en la Empresa (1)


Código CIU (2)  
Tamaño (clasif. INE) (3)  
Antigüedad en la actual ubicación

	Máxima capacidad de producción	
	Nº total de empleados	
	Nº total de directivos	

Ciclo productivo

Nº de turnos  
Nº horas por turno  
Nº días trabajados por semana


Clasificación Industrial (SESMA) (4)

Inofensiva  Molesta o contaminante Insalubre  Peligrosa 

Zonificación (5)

Zona residencial  Zona mixta Zona Industrial  Zona de protección ecológica 

Facturación anual (\$)  
Principales productos

Tipo de producto	Cantidad (unidades o

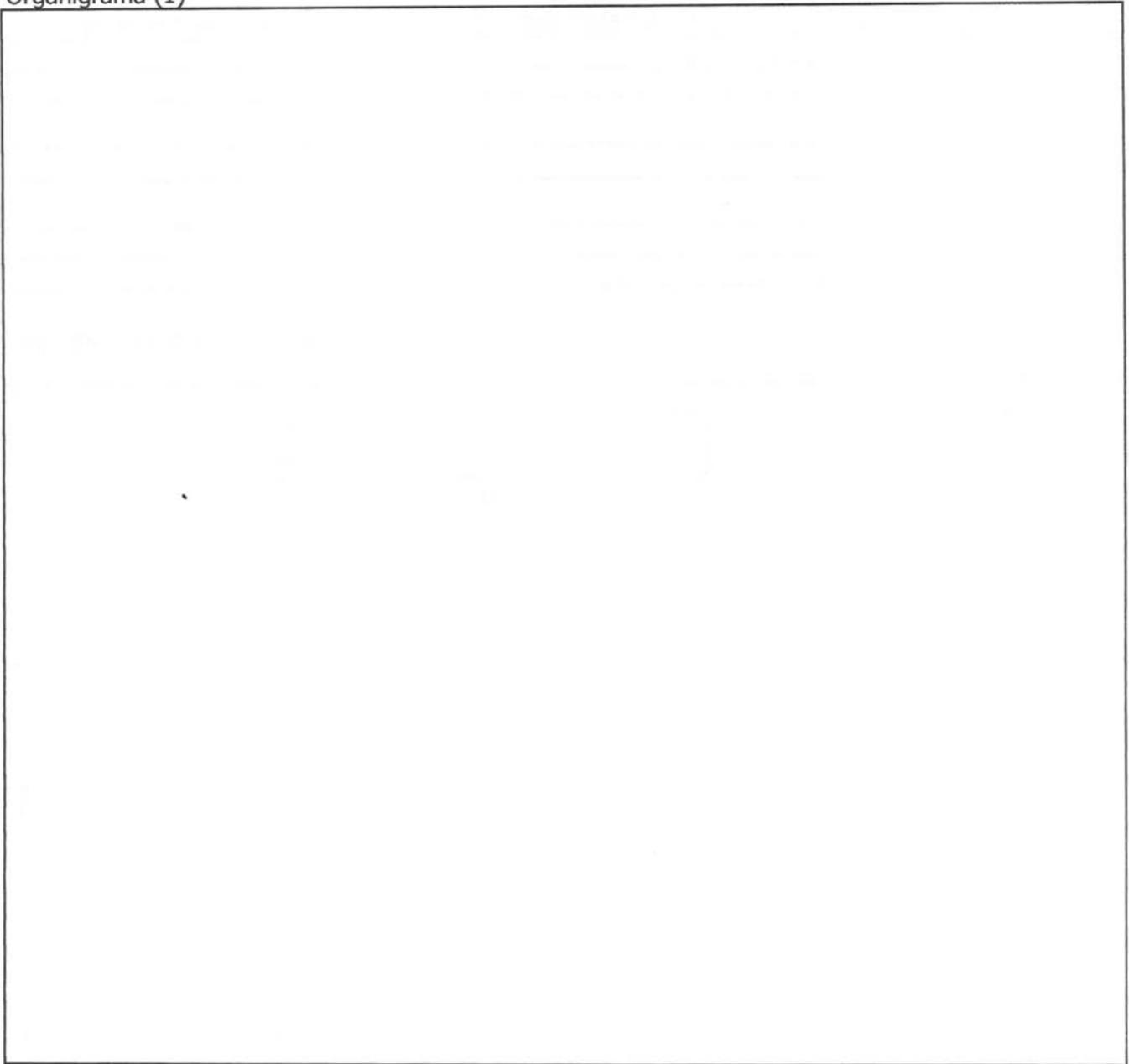
Objetivo de la evaluación (6)


Formulario preparado por:

Fecha última modificación:


- Operatoria:** (1) Indicar el nombre del profesional encargado en la empresa del desarrollo de este proyecto  
(2) Indicar la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de la Actividad Económica  
(3) Describir la empresa en función al tamaño según la clasificación del INE: Tamaño 1 (5-9 empleados), Tamaño 2 (10-19), Tamaño 3 (20-49), tamaño 4 (50-99), Tamaño 5 (100-199), Tamaño 6 (200-499), Tamaño 7 (500-999), tamaño 8 (>1000 )  
(4) Describa la empresa en función a la clasificación industrial del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente  
(5) Describa la empresa en función de su localización actual  
(6) Describir el propósito concreto que motiva la realización de la evaluación

Organigrama (1)



Formulario preparado por: \_\_\_\_\_

Fecha última modificación: \_\_\_\_\_

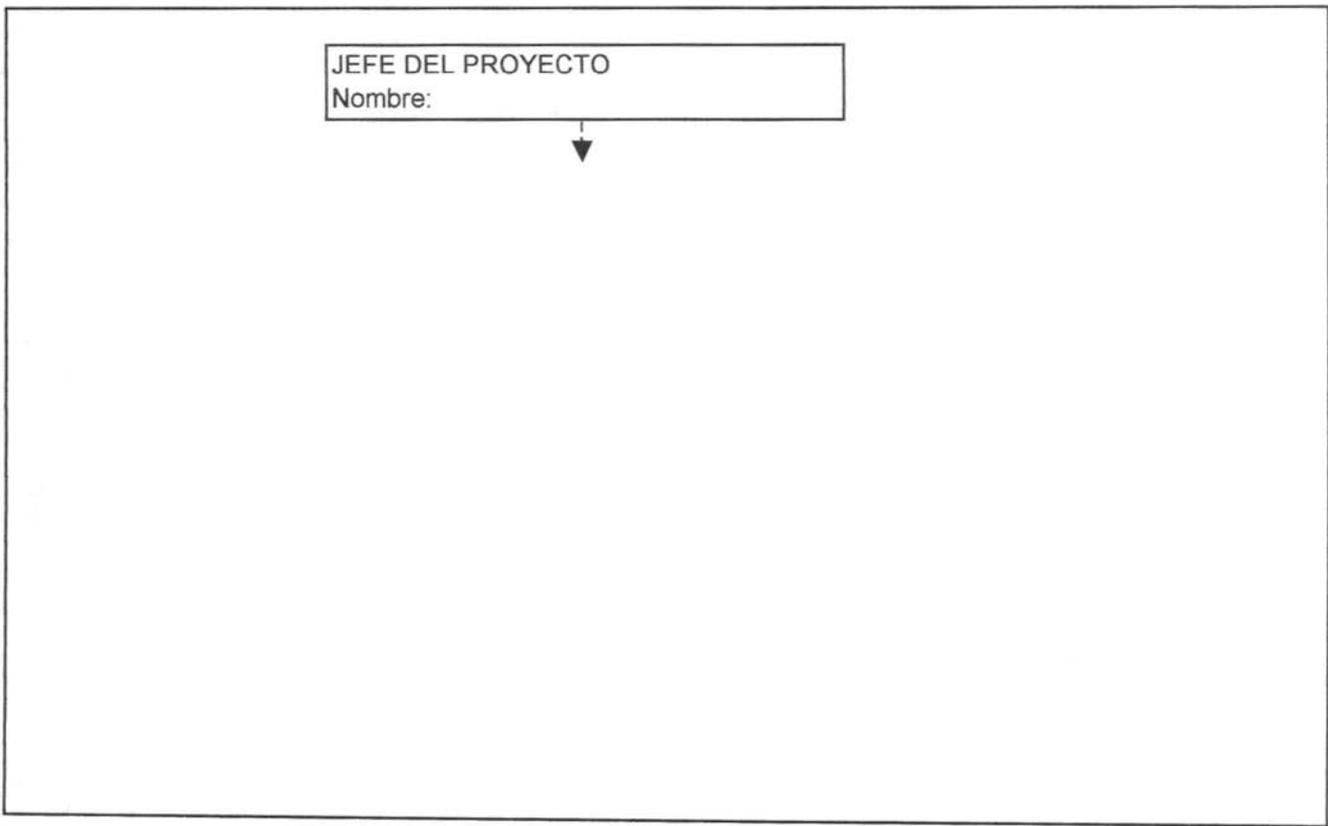
**Operatoria:** (1) Desarrollar el organigrama de la empresa identificando las funciones de Gerencia, Administrativa y Productiva.  
Si posee el organigrama adjuntarlo en el formulario

Formulario **A-3** **ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA PARA EL PROYECTO**

**Objetivo:** Identificar el tipo de organización y los responsables que designará la empresa para la ejecución del proyecto

Función en el proyecto (1)	Nombre profesional (1)	Cargo en la empresa (1)

Diagrama de equipo de trabajo (2)



Formulario preparado por: \_\_\_\_\_  
Fecha última modificación: \_\_\_\_\_

**Operatoria** (1) Identificar a los profesionales que participarán en el proyecto indicando su función (Jefe proyecto, facilitador de información, etc.)  
(2) Realizar un diagrama que refleje la organización del equipo de trabajo antes descrito

**Objetivo:** Identificar el proceso productivo de la empresa como una secuencia de etapas, para hacer el análisis del proceso completo.

Proceso Productivo (1)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

**Operatoria** (1) Describir el proceso productivo de la empresa a través de etapas secuenciales. Luego enumerar estas etapas en orden cronológico. Usar la enumeración 1,2,3, etc.

Nombre de la etapa	
Código de la etapa	

Entradas (1)		Salidas (1)			
Materias primas, materias secundarias e insumos		Producto		Residuos y Emisiones	
Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre	Código

Diagrama (2)

Nombre de la etapa	
Código de la etapa	

Entradas (1)		Salidas (1)			
Materias primas, materias secundarias e insumos		Producto		Residuos y Emisiones	
Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre	Código

Diagrama (2)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

## Definiciones

**Objetivo:** Realizar el diagrama de flujo de cada etapa del proceso a analizar en la empresa, especificando todas las entradas y salidas que tengan

**Entradas:** Todos los elementos que alimenta cada etapa. Se pueden agrupar en los sgtes tipos:

\* Materias primas (MP): Son las materias necesarias para fabricar el producto y que se agregan en mayor cantidad. Son fundamentales en la composición del producto.

\* Materiales secundarios (MS): son las materias necesarias para fabricar el producto, pero se utiliza en proporciones menores

\* Insumos (I): Corresponde al uso del agua (proceso de lavado, etc.), electricidad , combustibles y otros.

**Salidas:** Todos los elementos que se generan en el proceso. Se pueden agrupar en :

\* Producto Terminado (PT): Productos finales que la empresa comercializa en el mercado

\* Residuos y Emisiones (RS, RL, E): sustancias que se generan durante el proceso de producción y que por su supuesta inutilidad no son destinadas a su comercialización. Según su estado existen residuos líquidos, residuos sólidos y emisiones atmosféricas.

(1) Identificar todas las entradas y salidas, que posean las etapas del proceso, de acuerdo al nombre genérico y a los siguientes códigos:

### Entradas

Materias primas principales: MP1, MP2, MP3, etc

Materiales secundarios: MS1, MS2, MS3, etc

Insumos: I1, I2, I3, etc.

### Salidas

Producto terminado: P1, P2, P3, etc

Residuos y emisiones:                      Residuos sólidos: RS1, RS2, RS3, ETS

Residuos líquidos: RL1, RL2, RL3, etc

Emisiones atmosféricas: E1, E2, etc.

(2) Diagramar la etapa con sus respectivas entradas y salidas.

**Objetivo:** Identificar cada materia prima en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de éstas que

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia prima (MP) (1)	
Código de materia prima (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MP (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Sumatoria

Cantidad total de MP (kg) (11)	Costo total (\$) (12)

Formulario preparado por: \_\_\_\_\_

Fecha última modificación: \_\_\_\_\_

**Operatoria** (1) Escribir el nombre genérico de la MP, es el nombre con el que se identifica en el formulario C-2

(2) escribir el código de la MP que se le asignó en los formularios anteriores

(3) identificar el nombre y código de la (s) etapa (s) en que se incorpora esta MP. Revisar el formul. C-2 y listados de MP de empresa

(4) describir en forma resumida, para que se utiliza esta MP

(5) Escribir el nombre genérico de la MP, es el nombre con el que se identifica en el formulario C-2. Solo si alguna característica de la MP del mismo tipo presenta diferencias (color, olor) que modifica el precio o los posibles contaminantes que genere, separarla en grupos y reflejarlo en la tabla. Sí no es así llene solo la primera fila. Señalar las MP por separado en las tablas

(6) **Sólido, Líquido, Gaseoso**

(7) Describir los componentes que pueden causar problemas. Parte del componente puede salir dentro o como riles o sólidos

(8) indicar lo que cuesta a la empresa la compra de la MP. Indicar costo por kilo, Ton u otra

(9) indicar la cantidad que se utiliza de esta MP en un año. Indicar ton, m3, kg, etc.

(10) Indicar lo que cuesta a la empresa la compra de esta MP en un año. Indicar costo/kg, ton u otro

(11) suma total de MP utilizada el el proceso en un año

(12) suma total del costo de la MP utilizada el proceso en un año

Formulario C-4 **CARACTERIZACION DE MATERIALES SECUNDARIOS**

**Objetivo:** Identificar cada material secundario en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de éstos

Nombre de materia secundaria (MS) (1)	
Código de materia secundaria (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MS (4)	

Nombre de MS (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MS que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad MS utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia secundaria (MS) (1)	
Código de materia secundaria (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MS (4)	

Nombre de MS (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MS que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad MS utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Nombre de materia secundaria (MS) (1)	
Código de materia secundaria (2)	
Nombre y código de etapa utilizada (3)	
Función de la MS (4)	

Nombre de MP (5)	Estado (L,S,G) (6)	Compuestos de la MP que pueden causar contaminación (7)	Costo unitario (8)	Cantidad de MP utilizada U/año (9)	Costo total (\$) (10)

Sumatoria

Cantidad total de MP (kg) (11)	Costo total (\$) (12)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

Nota: los puntos son iguales a los tratados para las materias primas, sólo que esta vez son para los materiales secundarios.

**Objetivo:** Identificar cada insumo en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados

Nombre del Insumo (1)	
Código del insumo (2)	
Nombre etapa utilizada (3)	
Uso (4)	

Generación (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Nombre del Insumo (1)	
Código del insumo (2)	
Nombre etapa utilizada (3)	
Uso (4)	

Generación (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Nombre del Insumo (1)	
Código del insumo (2)	
Nombre etapa utilizada (3)	
Uso (4)	

Generación (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

(1) Nombre genérico del Insumo

(2) Escribir el código asignado en formularios anteriores

(3) identificar el nombre y código de la (s) etapa (s) en que se incorpora los I. Revisar el formul. C-2 y antecedentes de I que dispone la empresa

(4) describir brevemente el uso del mismo

(5) describir de dónde se extrae y cómo se genera el insumo (ejemplo para agua, pozo o red de agua potable)

(6) indicar la cantidad que se utiliza de este insumo en un año. Indicar ton, kg, etc

(7) indicar el costo unitario de cada insumo

**Objetivo:** Identificar cada producto terminado en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de

Nombre de Producto (1)	
Código del Producto (2)	
Nombre etapa (3)	
Uso o destino (4)	

Estado (L,S,G) (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Nombre de Producto (1)	
Código del Producto (2)	
Nombre etapa (3)	
Uso o destino (4)	

Estado (L,S,G) (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Nombre de Producto (1)	
Código del Producto (2)	
Nombre etapa (3)	
Uso o destino (4)	

Estado (L,S,G) (5)

Cantidad insumo utilizada (6)	Costo \$ (7)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

(1) Nombre genérico del producto

(2) Escribir el código asignado en formularios anteriores

(3) escribir el nombre y la enumeración de la etapa donde resulta el producto terminado. Revisar el formul. C-2 y

los listados de productos terminados de la empresa

(4) describir la finalidad y uso del producto terminado

(5) Describir si es **Sólido**, **Líquido** o **Gaseoso**

(6) indicar la cantidad que se produce de este producto anualmente. Indicar ton, kg, etc

(7) indicar lo que le cuesta a la empresa la cantidad de producto que produce en un año

**Objetivo:** Identificar cada residuo sólido en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de éstos que

Nombre del residuo (1)	
Código del residuo (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Tiempo de Almacenamiento (5)	
Condiciones de almacenamiento (6)	Separado <input type="checkbox"/> mezclado <input type="checkbox"/> Nombre de residuos con que se mezcla
Destino actual (7)	
Tratamiento actual (8) (Describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Nombre del residuo (1)	
Código del residuo (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Tiempo de Almacenamiento (5)	
Condiciones de almacenamiento (6)	Separado <input type="checkbox"/> mezclado <input type="checkbox"/> Nombre de residuos con que se mezcla
Destino actual (7)	
Tratamiento actual (8) (Describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

- (1) Nombre genérico del residuo sólido
- (2) Escribir el código asignado en formularios anteriores
- (3) escribir el nombre y la enumeración de la etapa donde se genera cada residuo
- (4) Escribir los elementos que componen este residuo que pueden restringir su vertido
- (5) indicar el tiempo de almacenamiento de este residuo, si este se guarda por un tiempo en la empresa antes de deshacerse de el o disponerlo
- (6) marcar con una x en: Separado: si el residuo es almacenado separado del resto de los residuos o Mezclado: si el residuo es almacenado junto con otros residuos. Además, nombre los residuos con que más se mezcla en el almacenamiento
- (7) Indicar qué se hace con este residuo y cuál es su destino final
- (8) describir si existe un tratamiento actual a los residuos
- (9) Indicar la cantidad aproximada que se produce de este residuo anualmente. Indicar ton, kg, m3, etc
- (10) indicar el valor aproximado del residuo que se produce anualmente. Indicar en \$

**Objetivo:** Identificar cada residuo líquido en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de éstos

Nombre del residuo (1)	
Código del residuo (2)	
Etapas en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Tiempo de Almacenamiento (5)	
Condiciones de almacenamiento (6)	Separado <input type="checkbox"/> mezclado <input type="checkbox"/> Nombre de residuos con que se mezcla
Destino actual (7)	
Tratamiento actual (8) (Describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Nombre del residuo (1)	
Código del residuo (2)	
Etapas en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Tiempo de Almacenamiento (5)	
Condiciones de almacenamiento (6)	Separado <input type="checkbox"/> mezclado <input type="checkbox"/> Nombre residuos con que se mezcla
Destino actual (7)	
Tratamiento actual (8) (Describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Formulario preparado por:	_____
Fecha última modificación:	_____

- (1) Nombre genérico del residuo líquido
- (2) Escribir el código asignado en formularios anteriores
- (3) escribir el nombre y la enumeración de la etapa donde se genera cada residuo
- (4) Escribir los elementos que componen este residuo que pueden restringir su vertido
- (5) indicar el tiempo de almacenamiento de este residuo, si este se guarda por un tiempo en la empresa antes de deshacerse de el o disponerlo
- (6) marcar con una x en: Separado: si el residuo es almacenado separado del resto de los residuos o Mezclado: si el residuo es almacenado junto con otros residuos. Además, nombre los residuos con que más se mezcla en el almacenamiento
- (7) Indicar qué se hace con este residuo y cuál es su destino final
- (8) describir si existe un tratamiento actual a los residuos
- (9) Indicar la cantidad aproximada que se produce de este residuo anualmente. Indicar ton, kg, m3, etc
- (10) indicar el valor aproximado del residuo que se produce anualmente. Indicar en \$

Formulario C-9 **CARACTERIZACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS**

**Objetivo:** Identificar cada emisión atmosférica en cuanto al volumen utilizado y costos involucrados, así como en los componentes de éstos

Nombre de la emisión (1)	
Código de la emisión (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Destino actual (5)	
Tratamiento (6) (describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Nombre de la emisión (1)	
Código de la emisión (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Destino actual (5)	
Tratamiento (6) (describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Nombre de la emisión (1)	
Código de la emisión (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Destino actual (5)	
Tratamiento (6) (describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Nombre de la emisión (1)	
Código de la emisión (2)	
Etapa en que se genera (3)	
Componentes contaminantes (4)	
Destino actual (5)	
Tratamiento (6) (describir si existe)	

cantidad generada (9)	Valor \$ (10)

Formulario preparado por: _____
Fecha última modificación: _____

- (1) Nombre genérico de la emisión atmosférica
- (2) Escribir el código asignado en formularios anteriores
- (3) escribir el nombre y la enumeración de la etapa donde se genera esta emisión atmosférica
- (4) Escribir los componentes de la emisión atmosférica que conozca que restrinjan su emisión al ambiente sin un tratamiento previo
- (5) indicar la forma de manejo previo a la disposición final
- (6) describir si existe un tratamiento actual a los residuos o no tratamiento previo
- (7) Indicar la cantidad aproximada que se produce de este contaminante anualmente. Indicar ton, kg, m3, etc
- (8) indicar el valor aproximado del contaminante que se produce anualmente. Indicar en \$