



PRODUCCIÓN LIMPIA 



---

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA:  
SECTOR FUNDICIONES L1-9/2014**

**INFORME DIAGNÓSTICO SECTORIAL**



**Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas  
ASIMET A.G.**

**Diciembre 2014**

**Preparado por C y V Medioambiente Ltda.**



## CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	3
1.1	OBJETIVOS .....	4
1.2	BENEFICIARIOS Y DESTINATARIOS .....	4
1.3	METODOLOGÍA .....	6
2.	RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO SECTORIAL .....	9
2.1	ANTECEDENTES DE LA ASOCIACIÓN GREMIAL .....	9
2.2	CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DEL SECTOR .....	10
2.3	ASPECTOS PRODUCTIVOS Y DE PRODUCCION LIMPIA .....	122
2.4	CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD. ....	488
2.5	REGLAMENTACIÓN PERTINENTE A LA ACTIVIDAD .....	53
2.6	REQUISITOS DE LOS MERCADOS .....	644
2.7	IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD).....	655
2.8	INNOVACION .....	91
2.9	FACTORES Y VARIABLES QUE DETERMINAN LA COMPETITIVIDAD .....	922
	BIBLIOGRAFIA.....	93

## 1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los objetivos y líneas de acción propuestas en la Política de Producción Limpia, se contempla el diseño e implementación de Acuerdos de Producción Limpia que cuenten con la activa participación del sector productivo. La idea tras estos Acuerdos, es la de estimular la iniciativa voluntaria del sector privado para mejorar en forma conjunta su competitividad y desempeño ambiental y productivo.

En el marco de la referida política, las empresas del sector Fundiciones, asociadas gremialmente en la Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánicos, ASIMET han considerado necesario el desarrollar un nuevo compromiso voluntario de incorporar los estándares de producción limpia en su gestión productiva, a través de la suscripción y adhesión de su Tercer Acuerdo de Producción Limpia.

En 1999, este sector a través de ASIMET firmó un Primer APL donde participaron 45 empresas, cuyo objetivo fue reducir las emisiones atmosféricas generadas en los procesos productivos, utilización de tecnologías y combustibles limpios y la creación de una bolsa de residuos. Si bien se logró un alto grado de cumplimiento de los compromisos adquiridos, quedaron algunos puntos factibles de mejorar, especialmente en el área de los residuos industriales sólidos. En Octubre del 2004, 25 empresas del sector, junto a ASIMET, firmaron un Segundo APL cuyo objetivo general fue lograr un manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos del sector (en especial arenas, polvos de filtro, escorias) desde su generación hasta su destino final, promoviendo la minimización de residuos, los cambios en los procesos productivos, la recuperación, reutilización y el reciclaje.

A fin de que este sector avance hacia la suscripción de un nuevo Acuerdo de Producción Limpia, corresponde en primer término elaborar un diagnóstico sectorial que refleje la situación actual de las variables ambiental, económica y productiva que interesaría intervenir dentro de las empresas.

En cuanto a la variable ambiental, en el diagnóstico se analiza la situación actual del manejo y control de las emisiones atmosféricas, asociadas a la etapa de fundición y manejo de arenas, entre otras, el manejo de residuos sólidos que va desde elementos reciclables hasta residuos peligrosos, la gestión del uso de agua, energía y sustancias peligrosas. A lo anterior se suman aspectos relacionados con requerimientos de capacitación y salud y seguridad ocupacional, avances en responsabilidad social y aspectos sinérgicos entre las empresas.

En relación a las variables económica y productiva el diagnóstico detalla y analiza, entre otras materias la clasificación por tipo de producción, participación en el mercado, descripción de la cadena productiva, principales productos e insumos, condición tecnológica actual de los procesos, encadenamiento con otros sectores productivos y cuantificación de mano de obra, entre otros.

Una vez desarrollado y validado el diagnóstico sectorial se elaboró una propuesta de texto de Acuerdo de Producción Limpia (APL), en base a la condición observada de las principales variables indicadas. Tanto el diagnóstico como la propuesta de APL se establecen de acuerdo a las directrices señaladas en las Normas Chilenas de Producción Limpia (INN, 2009) y en la Guía Nº 1 "Elaboración de Diagnóstico Sectorial y Propuesta de Acuerdo de Producción Limpia", elaborado por el Consejo Nacional de Producción Limpia.

## 1.1 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico sectorial, de carácter productivo ambiental, para el sector Fundiciones que evalúe el estado de las variables ambientales, económicas y productivas con potencial de mejoramiento a través de acciones y metas de producción limpia, generando una propuesta de texto de Acuerdo de Producción Limpia (APL) que, sobre la base del diagnóstico contenga una propuesta de acciones y metas que permitan mejorar el estado de las variables diagnosticadas y aporten a la sustentabilidad de las empresas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar y caracterizar del sector y sus procesos productivos.
- b) Analizar las externalidades ambientales negativas del sector, a través de una identificación y caracterización de sus emisiones, puntos críticos del proceso en que se generan, estimación de factores de emisión, y evaluación de sistemas actuales de manejo y disposición.
- c) Analizar la normativa de carácter ambiental y sanitario aplicable y los niveles de cumplimiento por parte de las empresas del sector.
- d) Describir alcances actuales de la gestión ambiental al interior de las empresas, distinguiendo sistemas certificables, prácticas registradas, sistemas operativos, acciones de responsabilidad social.
- e) Identificar y proponer las mejores técnicas disponibles, MTD, según tipo de procesos y tamaño de empresas.
- f) Elaborar el Diagnóstico actual del sector en el cual se describa y caracterice la situación ambiental, de Salud Ocupacional y de Seguridad industrial, así como de responsabilidad social y posibles sinergias entre las empresas.
- g) Definir los indicadores de impacto del Acuerdo de Producción Limpia.
- h) Elaborar un texto de APL para el sector, que recoja los problemas detectados en los diagnósticos, las normativas ambientales vigentes aplicables y las propuestas o necesidades de los empresarios y organismos reguladores y fiscalizadores, considerando las alternativas de producción limpia.
- i) Identificar y proponer indicadores de impacto tanto económicos, ambientales y sociales, que permitan evaluar y hacer seguimiento en las futuras etapas del proyecto

## 1.2 BENEFICIARIOS Y DESTINATARIOS

El beneficiario del presente proyecto corresponde a empresas del SECTOR FUNDICION que actualmente se agrupan al alero de ASIMET, asociación que actualmente cuenta con más de 200 empresas asociadas.

Aun cuando el proyecto se postuló considerando una muestra de 17 empresas, al inicio del mismo se incluyó a 2 empresas más, por lo que los beneficiarios directos del proyecto corresponderían a 20 instalaciones, equivalentes a 19 empresas del sector. Los destinatarios directos e indirectos del proyecto corresponden a cerca de 50 empresas, las que corresponden al universo de empresas del sector fundiciones

**Tabla 1 Listado de instalaciones participantes en Etapa de Diagnóstico y Propuesta de APL.**

	Nombre Empresa	RUT	Ubicación	N° Instalaciones	Tamaño
1	Compañía Chilena de Soldaduras Especiales Argenta Ltda.	84.552.800-4	RM	2	Grande
2	Compañía Electro Metalúrgica S.A. (Elecmetal)	90.320.000-6	RM	1	Grande
3	Fundición Britania Ltda.	78.207.890-9	RM	1	Mediana
4	Fundición Bruno	81.347.800-5	RM	1	Grande
5	Germán Apablaza y Cía Ltda. (Fundición Imperial)	80.045.700-9	VII Región	1	Mediana
6	Ingeniería Industrial Metalúrgica Inimet Ltda.	77.998.770-1	RM	1	Pequeña
7	Fundición Jofré y Cía. Ltda.	78.272.510-6	RM	1	Mediana
8	Fundición Las Rosas S.A.	95.065.000-1	RM	1	Grande
9	Metalnorte Ingeniería Ltda.	77.646.990-4	III Región	1	Mediana
10	Fundición Talleres Ltda.	99.532.410-5	RM	1	Grande
11	Fundición Vulco Ltda.	81.318.200-9	RM	1	Grande
12	Comercializadora de Insumos Industriales Incometal S.A.	95.594.000-8	RM	1	Grande
13	Nibsa S.A.	83.017.600-4	RM	1	Mediana
14	Manufacturas Offermanns Flood S.A.	76.726.550-6	RM	1	Mediana
15	Fundición y Maestranza Omamet SpA	77.079.000-k	RM	1	Mediana
16	Sociedad Nacional Metalúrgica Ltda. (Sonamet)	80.411.800-4	RM	1	Mediana
17	Productos Chilenos de Aceros Ltda. (Proacer)	78.803.130-0	RM	1	Grande
18	Elaboradora de Productos de Cobre S.A.	99.574.810-K	RM	1	Grande
19	Industrias Metalúrgicas Sorena S.A.	92.261.000-2	RM	1	Grande

### Beneficios esperados

Los beneficios esperados al implementar el Acuerdo de Producción Limpia de este sector son:

- Aumento de la productividad al incorporar mejoras en la gestión administrativa y productiva (ordenamiento de procesos, planificación de la producción, generación de registros).
- Reducción de costos y generación de ahorros por uso más eficiente de materias primas.
- Reducción de costos y generación de ahorros por incorporación de prácticas de eficiencia energética
- Reducción de costos por búsqueda de alternativas de valorización de los residuos generados.
- Reducción del potencial de contaminación hacia aguas, suelo y atmósfera.
- Optimización del manejo de residuos peligrosos, incorporación de sistemas de almacenamiento diferenciado, destino autorizado de los residuos ya sea para valorización

- o eliminación apropiada).
- En términos sociales, manejo adecuado de los residuos, sobretodo del tipo peligrosos reduciendo el riesgo hacia las personas.

### 1.3 METODOLOGÍA

La metodología consideró el trabajo participativo con los empresarios, para el levantamiento de información, como para la generación de propuestas que se puedan traducir en acciones del futuro APL.

#### **Etapas 1: Coordinación y Difusión inicial**

##### **Actividad 1 Coordinación actividades y taller inicial**

Se desarrolló un evento de difusión y sensibilización inicial con las empresas que participaron del diagnóstico, con fecha 3 de septiembre de 2014. En dicho evento se analizó la importancia e implicancias positivas del desarrollo de un APL; asimismo se evaluaron aspectos metodológicos y posibles aspectos críticos. Estableciéndose además el cronograma de visitas.

#### **Etapas 2: Recopilación de información primaria y secundaria**

##### **Actividad 2.1 Recopilación de Antecedentes**

El levantamiento de información base se focalizó en investigar el estado del arte del sector, basándose en estudios previos realizados a nivel nacional e internacional, en los cuales se haya evaluado brechas ambientales y productivas, a fin de establecer soluciones incorporadas a la fecha y lo que aún falta por mejorar, e investigando sobre las mejores técnicas disponibles (MTD), que pudieran ser también incorporadas. Se dio énfasis a la información de avances del sector respecto a condiciones de procesamiento actual y mejoramientos abordados en el tema productivo ambiental y económico en los últimos años.

En paralelo con el levantamiento y análisis de la información sectorial, se realizó un análisis de los requerimientos normativos para las instalaciones productivas del sector, además de la identificación de la legislación ambiental (normativas y regulaciones) vigente y los principales aspectos que deben ser cumplidos. Se desarrolló, además, una recopilación de información económica, considerando aspectos relacionados a estadísticas económicas del sector en base a datos históricos (producción, materias primas, niveles de consumo interno nacional, exportación, ventas, participación del mercado, fuerza laboral, entre otros), catastros estadísticos e información solicitada a la Asociación.

Adicionalmente se realizaron entrevistas con representantes del sector privado (profesionales del sector) y público (Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Salud) para focalizar la problemática y brechas del sector.

##### **Actividad 2.2 Diseño encuesta y validación**

Se elaboró un formato encuesta a aplicar, la cual se validó con la Asociación y las empresas participantes durante el evento de difusión inicial. Con la finalidad de que la información

recopilada sea lo más fiel posible se estableció un diseño tipo lista de chequeo. Las encuestas se centraron en aspectos determinantes de los procesos, abordándose los siguientes temas:

- Identificación y antecedentes de la empresa.
- Volúmenes y antecedentes de producción.
- Descripción de procesos y uso de recursos
- Identificación de externalidades ambientales negativas (por ejemplo, residuos sólidos, residuos líquidos, generación de emisiones, entre otros.)
- Identificación, caracterización y cuantificación de residuos generados (características generales, identificación de potencial peligrosidad y destino de residuos sólidos, residuos líquidos y emisiones).
- Prácticas actuales de manejo de residuos y/o emisiones.
- Condiciones de salud y seguridad ocupacional de los lugares de trabajo.
- Cumplimiento de la legislación aplicable.

En la encuesta se incluyeron elementos aplicables del Reporte de indicadores de sustentabilidad (herramienta desarrollada por CPL) en cuanto a aspectos económicos, ambientales y sociales. Las encuestas fueron enviadas a las instalaciones en forma previa al desarrollo del diagnóstico para su conocimiento con el fin de facilitar el proceso. Al término del proceso de levantamiento de información se recibieron encuestas completas desde 19 instalaciones.

### **ETAPA 3. Análisis de Información y Desarrollo del Diagnóstico**

#### **Actividad 3.1 Levantamiento de información en terreno**

Se planificó y desarrolló un programa de visitas en terreno a 20 instalaciones, lo cual se realizó entre septiembre y octubre de 2014, donde se evaluaron aspectos productivo- ambientales y se identificaron brechas de mejoramiento, así como datos básicos que permiten identificar y establecer los principales indicadores del sector, considerando entrevistas directas con personal técnico de cada instalación.

#### **Actividad 3.2 Análisis y síntesis de la información**

El análisis de información previa permitió establecer un diagnóstico representativo de las variables ambiental, económica y productiva del sector, lo que orientó los principales aspectos de la propuesta del APL, proponiéndose indicadores de impacto, para medir el desempeño del sector antes y después del APL. Dentro del diagnóstico se dio especial relevancia a la identificación de aspectos relacionados a brechas comunes a abordar que permitan generar sinergias entre las empresas (p.e. manejo de residuos y valorización)

### **Etapas 4 Difusión del Diagnóstico Preliminar y Entrega Diagnóstico Final**

#### **Actividad 4.1 Difusión y validación diagnóstico sectorial**

En Diciembre de 2014 se realizó un seminario de difusión de los resultados del diagnóstico, y propuesta de objetivos y metas del APL, a fin de validar ambos con las empresas del sector.

## Etapa 5 Desarrollo, Socialización y Entrega de la Propuesta de APL

### Actividad 5.1 Desarrollo de metas, acciones e indicadores

La propuesta de APL fue realizada en base a los resultados del diagnóstico y, de acuerdo a las normas chilenas de APL (NCh 2796, NCh 2797 y NCh 2807).

### Actividad 5.2 Validación de propuesta APL

Se realizó la discusión y validación de la propuesta preliminar en el taller de resultados del diagnóstico, junto a los empresarios, lo cual permitió revisar, validar y complementar el texto que se remitirá a CPL.

### Actividad 5.3 Elaboración documento final

En base a los resultados de la validación previa se generó un documento con la propuesta final del APL, el cual se enviará al CPL para su revisión.

#### PLAN DE TRABAJO DESARROLLADO

Actividad	Descripción	Hitos	Mes Inicio	Mes Término
Taller inicial	Desarrollo de taller	Listado asistentes	Sept 2014	Sept 2014
Recopilación de Antecedentes y Reuniones con sector público y privado	Identificación y recopilación de antecedentes para desarrollar el proyecto	Información sobre soluciones productivo ambientales basadas en buenas prácticas y mejores tecnologías disponibles	Sept 2014	Sept 2014
Diseño de encuesta y validación	herramienta de levantamiento de información	Instrumentos elaborados y validados	Sept 2014	Sept 2014
Levantamiento información en terreno	Diagnóstico empresas en terreno	Aplicación de encuesta de diagnostico	Sept 2014	Nov 2014
Análisis y síntesis de información	Preparación de resultados del diagnóstico. Definición de indicadores.	Diagnostico desarrollado	Oct 2014	Nov 2014
Difusión y validación diagnóstico sectorial	Difusión en base a resultados del Diagnostico TALLER	Difusión realizada. Listado de asistencia	Dic 2014	Dic 2014
Desarrollo de metas, acciones e indicadores	Se redactarán los compromisos a negociar con el sector público	Textos entregados a la A.G.	Nov 2014	Dic 2014
Validación de propuesta APL	Taller de trabajo para la revisión por parte de los empresarios	Aprobación de la propuesta	Dic 2014	Dic 2014
Preparación de documento final	Ajustes para entrega a la Asociación y posterior validación por CPL	Entrega de documentos	Dic 2014	Dic 2014

## 2. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO SECTORIAL

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA ASOCIACIÓN GREMIAL

Nombre: Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánicos, ASIMET  
 RUT: 81.463.000-5  
 Dirección: Av. Andrés Bello 2777, oficina 401  
 Fecha de constitución: 21 de Octubre de 1938

En 1938 Se crea la Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánicos, ASIMET, cuya misión es impulsar el desarrollo del sector en Chile y representar los intereses de los empresarios frente a las entidades públicas y privadas, a nivel nacional e internacional.

Su política ambiental indica que, en su constante esfuerzo por impulsar el desarrollo del sector metalúrgico y metalmecánico de Chile, ASIMET A.G se compromete a promover entre sus asociados, el respeto y la protección del medio ambiente de acuerdo a la normativa ambiental vigente y a los compromisos que se adquieran voluntariamente, asegurando -de esta manera- el mejoramiento continuo y el desarrollo sustentable del sector.

La Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánica A.G. es un lugar de encuentro empresarial que brinda apoyo especializado a los empresarios del sector, para el constante perfeccionamiento de su gestión en el ámbito tecnológico, legal, de recursos humanos y apertura de negocios. A la fecha cuenta con 208 asociados, que representan el 25% del total de empresas del sector, representando sobre el 75% del PIB Sectorial.

Como fortalezas, ASIMET cuenta con un Departamento Jurídico, Departamento de Negocios y Servicios, Departamento de Estudios, Departamento de Comercio Exterior y Promoción de Exportaciones, y un Departamento de Asistencia Ambiental. Además, diversas Corporaciones orientadas a la capacitación y al desarrollo tecnológico de las empresas, posicionan a la Asociación como un importante soporte a la empresa manufacturera.

El Departamento de Asistencia Ambiental, ha desarrollado diferentes asesorías a las empresas asociadas, lo que se ha manifestado en el Primer Acuerdo de Producción Limpia de los Fundidores, realizado entre los años 1999 y 2001. Entre los años 2005 a 2007 ASIMET lideró el segundo APL del sector fundiciones.

Estos acuerdos implicaron beneficios ambientales para el sector y para la Región Metropolitana, además de aportar una gran experiencia a ASIMET en la aplicación de este instrumento de gestión. Es así como sobre la base de esta y otras experiencias en servicios medioambientales, ASIMET se encuentra desarrollando varias iniciativas de manera de constituirse en una fuente de servicios para las empresas asociadas y de otros rubros. De esta manera, se desarrolla ASIMET AMBIENTE, que tiene como objetivo dar servicios de asesoría ambiental a diversos sectores productivos del país.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DEL SECTOR

En el proceso de fundición de metales la materia prima es llevada desde un estado sólido a un estado líquido, por medio del aporte de calor proporcionado por energía eléctrica o combustibles fósiles. A veces son añadidos elementos aleantes que cambian la composición química del metal, dándole de esa manera nuevas propiedades mecánicas. El metal líquido es vertido (“colado”) en moldes. Una vez enfriado el metal, la pieza fundida es extraída del molde y limpiada. El molde es reutilizado, reciclado o eliminado, dependiendo de si se trata de un molde permanente o no.

Para efectos del presente estudio, el concepto de fundición se extiende a todas aquellas empresas en las cuales se funde algún metal para obtener una o varias piezas de dimensiones y características definidas, siguiendo las especificaciones del proceso descrito anteriormente.

Por lo anterior, el sector clasifica dentro de la división 37 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), que comprende las industrias metálicas básicas; además de algunos sectores de la división 38 de la CIIU, en particular la división 381, centrada en la fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo. Se excluyen de este estudio las empresas que desarrollan específicamente tratamientos térmicos y galvanoplastia.

El PIB de la industria metalúrgica metalmecánica (M-M) durante el año 2013 fue de \$ 2.843.385 millones de pesos, equivalentes a alrededor de un 2% del PIB nacional y un 20% del PIB de la industria manufacturera. Dentro de ellas, el PIB de la industria metálica básica fue de \$ 379.404 millones de pesos, equivalente al 0,3% del PIB nacional y un 2,8% del PIB de la industria manufacturera. Esta cifra indica que el PIB de dicho período fue más de 5 veces mayor al generado por la pesca y equivalente a un 73% del sector electricidad, gas y agua y a un 27% del sector de la construcción<sup>1</sup>.

Entre el 2010 y el 2011, el sector metalúrgico metalmecánico creció a una tasa de un 10% anual. Sin embargo, debido a la fuerte competencia desde el extranjero –con menores costos de energía y mano de obra– el sector M-M se contrajo en un 3,6% entre los años 2012 y 2013. Al hacer un análisis más detallado del sector, destaca el alza del subsector industrias metálicas básicas el año 2011, el cual creció un 24% respecto del año anterior. Sin embargo, decreció un 10% entre el 2011 y el 2013 (ver figura siguiente).

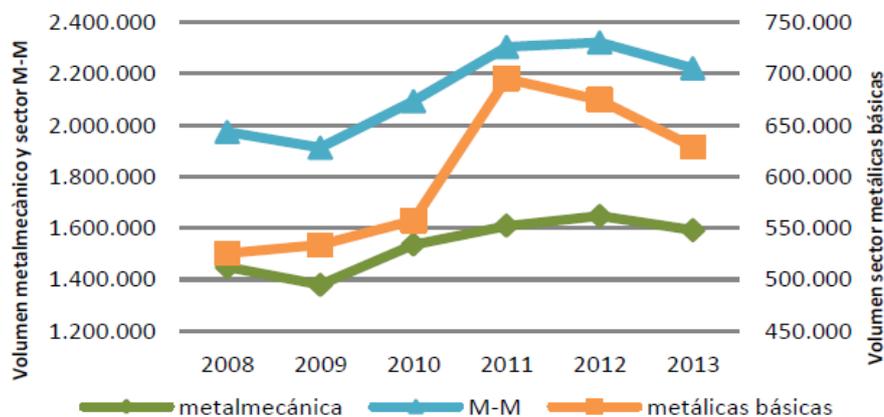


Figura 1 Evolución del PIB Sector Metalúrgico - Metalmecánico

<sup>1</sup> Fuente: Asimet – F y K Consultores, 2014

La región Metropolitana produce un 64% de la actividad total del sector M-M. Al incluir las tres regiones más importantes (RM, VIII y V), la producción anual llega a un 84% del total nacional. Respecto a la importancia de esta industria en el PIB regional, ésta representa un porcentaje mayor al 2% de la producción total en las regiones Metropolitana, Bío Bío y de los Ríos.

La industria metalúrgica metalmecánica genera alrededor de 176 mil puestos de trabajo, equivalentes a un 2,2% del empleo nacional y a un 19,4% del empleo de la industria manufacturera, lo que es equivalente al 75% de los empleos que entrega la minería. Del total de empleos que genera el sector, un 56% están en la región Metropolitana, casi un 20% en la región del Bío Bío, 7% en la región de Valparaíso y 6% en la región de Antofagasta. .

Respecto a la proporción de empleo del sector respecto al empleo total en cada región las principales son: Metropolitana, donde el sector representa un 3% del empleo regional (más de 93.000 trabajadores); la de Antofagasta y la del Bío Bío, donde representa alrededor de un 3,5%; y la región de Atacama, en la cual el sector metalúrgico metalmecánico genera cerca de un 5% del total de los empleos en la región.

En términos de diferenciación de género, el porcentaje de mujeres contratadas en el sector aún es bajo. De acuerdo a la información recabada de las empresas del diagnóstico, la proporción es levemente superior al 5%.

Es importante señalar que la industria manufacturera, y dentro de ella el sector M-M, no solo es importante en el número de empleos que genera un sector, sino también por la calidad de los mismos en cuanto a su formalidad (contrato escrito en el 90% de los casos) y estabilidad (plazo indefinido sobre el 83%), lo cual también se refleja en los resultados de las empresas evaluadas en el diagnóstico sectorial.

El sector industrial Fundiciones suele dividirse en dos grandes subsectores: fundiciones ferrosas y no ferrosas. A nivel nacional existen un poco más de 50 empresas donde la mayoría se concentra en la RM. Del universo de fundiciones, alrededor de un 10 % corresponden a grandes empresas. El porcentaje restante clasifica como medianas y pequeñas. Asimismo, se estima que actualmente la mitad de las empresas son fundiciones ferrosas y la otra mitad no ferrosas. Las primeras se distinguen por utilizar chatarra de hierro como materia prima y las segundas chatarra y metales no ferrosos (bronce, plomo y cobre, entre otros) . Dentro del grupo de empresas evaluado la relación fue 65% y 35% respectivamente.

Este sector se caracteriza por fabricar productos con alto valor agregado y en la mayoría de los casos tiene asociada a la fundición una maestría. Algunos de los principales productos elaborados son:

- Piezas y partes para la minería e industria.
- Piezas para el rubro sanitario (válvulas, fittings y medidores).

Los clientes corresponden a variados sectores, entre los que destacan minería, construcción, forestal, entre otros, la mayoría dentro del mercado nacional. Los niveles de exportación son inferiores al 10% en promedio. El nivel de ventas informado por las empresas evaluadas en el diagnóstico al año 2013 superó los 161 mil millones de pesos, equivalentes a una producción de casi 81.600 toneladas de metal procesadas.

La antigüedad promedio de las empresas evaluadas en el diagnóstico es de 44 años (variando entre 10 y 96 años) y la mayoría trabaja, en promedio, en uno o dos turnos diarios de lunes a viernes.

Dado que la principal materia prima del sector es la chatarra, los principales proveedores de la misma corresponden al sector minero, aunque también existe un alto porcentaje de compra a intermediarios que recuperan metales de diverso origen.

La necesidad de posicionarse en mejor forma frente a la competencia internacional con productos a menores precios (principalmente de China) está potenciando mejoramientos en productividad, y ha permitido un acercamiento entre las mismas para generar una mayor asociatividad y avance en metas conjuntas, lo que se refleja en la creación y actual funcionamiento del Círculo de Fundidores.

### **2.2.1 Fuerza laboral**

El número de trabajadores contratados fue determinado a partir de datos de las empresas encuestadas, y asciende a más de 1830 trabajadores. Del total de los trabajadores se indica que un 97% tiene contrato indefinido y el restante es temporal (los contratos honorarios se incluyen dentro de esta última categoría). Si se considera que las empresas encuestadas corresponden al 60% del universo de empresas del sector, el número total de trabajadores del sector bordearía aproximadamente los 3000. Por otra parte, un 44% de los trabajadores tiene enseñanza media, un 16% media profesional, y un 15% tiene estudios superiores.

El alto porcentaje de trabajadores con contrato indefinido se considera una fortaleza del sector al momento de implementar soluciones de Producción Limpia, ya que el esfuerzo de incorporar modificaciones en el proceso será con participación del personal que se mantiene en la empresa. Por otra parte, el alto nivel de escolaridad permite suponer también una mejor disposición a los cambios dentro de la empresa, aun cuando algunas empresas indican la dificultad para cambiar algunos comportamientos de los trabajadores.

### **2.2.2 Distribución geográfica**

Respecto de la distribución geográfica de las instalaciones diagnosticadas un 90% (18) se ubican en la Región Metropolitana, una en la Región del Bio Bio (5%) y una en la Región de Atacama (5%).

## **2.3 ASPECTOS PRODUCTIVOS Y DE PRODUCCION LIMPIA**

### **2.3.1 Cadena de Valor**

En general las actividades de las empresas del sector se orientan a actividades de elaboración de productos a pedido, aunque en varias de ellas existe un porcentaje de procesamiento de productos propios (empresas que incluyen actividades de maestranza o metalmecánica).

Las actividades secundarias de la cadena de valor como infraestructura de la organización, recursos humanos, desarrollo de tecnología (investigación y desarrollo) y abastecimiento (compras) se encuentran bien desarrolladas en las grandes y medianas empresas, pero presentan bajo desarrollo en las empresas de menor tamaño.

Asimismo, las empresas de menor tamaño presentan un menor nivel de desarrollo organizacional, ya que las labores de administración, operación y ventas recaen en pocas personas, lo que se constituye en una limitación debido a la falta de elementos de capacitación y buenas prácticas de manufactura y ambientales. Se observa además que la relación entre las empresas y sus clientes, no es sólo comercial, existiendo intercambio de información en aspectos tecnológicos del proceso y de gestión e los materiales.

Existe un alto nivel de implementación de normas internacionales, principalmente relacionadas a calidad (ISO 9000), ambiente (ISO 14000) y salud y seguridad ocupacional (ISO 18000.)

En relación a los distintos factores que motivan la incorporación de los temas ambientales en la gestión económica de estas empresas, los siguientes serían los más importantes:

- El cumplimiento de las regulaciones ambientales nacionales.
- El aumento de la productividad y minimización de las externalidades negativas.
- Aumento en la formación de capacidades del personal.
- El acercamiento a los servicios públicos con competencias en el sector.

### 2.3.2 Descripción de los procesos

Los procesos de fundición se pueden dividir, según el tipo de materia prima utilizada, en:

*Fundición Ferrosa:* Las materias primas son principalmente hierro y acero.

*Fundición No Ferrosa:* Las materias primas son principalmente cobre, bronce, latón, aluminio plomo, magnesio, zinc, níquel, etc.

La etapa de fundición involucra operaciones de preparación de materias primas, carga al horno, fundición y adición de fundente. El proceso se lleva a cabo en hornos de calentamiento, donde ocurre la fusión del metal, con la incorporación de diferentes elementos de aleación (opcional) y otras sustancias adicionales. Cada tipo de horno tiene un proceso específico de fusión, debido a las distintas temperaturas de fusión de la materia prima (metal). En la fundición ferrosa las temperaturas de fusión son cercanas a 1600°C, en tanto en la fundición no ferrosa son del orden de 700 °C. La materia prima típicamente usada es la chatarra o metales que ya han sido usados y en menor proporción, lingotes de metal.

Las principales materias primas y productos elaborados en las fundiciones se detallan en las tablas siguientes<sup>2</sup>.

**Tabla 2 Materias primas utilizadas en el rubro fundiciones**

FUNDICIÓN FERROSA	FUNDICIÓN NO FERROSA
Piezas de fierro (rechazos por controles de calidad o piezas en desuso)	Piezas no ferrosas (rechazos por controles de calidad o piezas en desuso)
Chatarra ferrosa	Chatarra no ferrosa
Metales básicos o desechos recuperados de la misma fundición (viruta, restos metálicos)	Metales básicos y aleaciones (aluminio, cobre bronce, latón, magnesio, zinc, níquel, plomo) o desechos recuperados de la misma fundición (viruta, restos metálicos).

<sup>2</sup> ASIMET 2007 Guía técnica Manejo Arenas de Fundición.



**Figura 2 Ejemplos de materias prima utilizadas**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

Además de las materias primas principales se requieren otros insumos que dependen del tipo de proceso, como arenas, resinas, catalizador, pinturas, entre otros, así como insumos para operaciones de limpieza y mantención.

**Tabla 3 Principales productos generados en fundiciones ferrosas y no ferrosas**

FUNDICIÓN FERROSA		
PRODUCTOS	CARACTERÍSTICAS	USOS
Fundición Gris	Tiene un alto contenido de carbón (>1.9%) que permite buena fluidez y moldeabilidad.	Elementos para agua potable (ej.: grifos, tapas de alcantarillas).
Fundición Nodular	Llamada también fundición dúctil, incluye la adición de magnesio al hierro fundido.	Engranajes, cigüeñales, cuerpos de bombas, entre otros.
Fundición de Aceros	Tienen un contenido de carbón más bajo que el hierro fundido (<1.9%). Existen tres tipos: Acero al carbón, de baja aleación y de alta aleación.	<i>Aceros al carbono:</i> para ejes, piñones, eslabones de cadenas, etc. <i>Aceros de baja aleación:</i> o para baldes, cuchillos, puntas, entre otros. <i>Aceros de alta aleación:</i> para anillos, rodetes, mandíbulas para chancadoras, etc.
FUNDICIÓN NO FERROSA		
Cobre y sus aleaciones	Las aleaciones de cobre son principalmente los bronce y los latones. <i>Los bronce</i> contienen cobre (sobre 80 %), estaño (entre 5 y 15 %), plomo y zinc. <i>Los latones</i> contienen cobre (sobre 50 %), zinc (entre 15 y 48 %) y plomo.	Grifería, llaves para baños, fittings, hélices.
Aluminio y sus aleaciones	Se utiliza aluminio en lingotes, chatarra y latas de aluminio	Pistones para motores de combustión interna y para compresores, además de piezas especiales.

### Proceso Productivo

La etapa de fundición involucra las operaciones de: preparación de las materias primas, carga al horno, fundición y adición de fundente. El proceso de fundición se lleva a cabo en hornos donde ocurre la fusión del metal, con la incorporación de diferentes elementos de aleación (opcional) y sustancias adicionales. Cada tipo de Horno tiene un proceso específico de fusión, debido a las distintas temperaturas de fusión del metal. La materia prima típicamente usada es la chatarra o metales recuperados de retornos del mismo proceso y, en algunos casos, lingotes.

Para **Fundición Ferrosa** los principales hornos usados son:

- *Inducción magnética:* Funciona en base a un campo magnético producido por la circulación de corriente alterna por las bobinas que envuelven el manto del horno. Estos hornos tienen excelente control metalúrgico y están relativamente libres de contaminación. Son los más utilizados actualmente.
- *Arco eléctrico:* El material a fundir es ubicado al centro de un arco eléctrico que se genera entre electrodos.
- *Cubilotes:* Utilizaba el principio de combustión entre las materias primas para lograr la fusión. Se usaban comúnmente en fundiciones grises. Este sistema no se utiliza en la actualidad.

Para **Fundición No Ferrosa** los tipos de Hornos usados son:

- *Crisol o reverbero:* Consiste en una cuchara de material refractario (crisol) donde es depositado el metal de bajo punto de fusión y se coloca en una caja refractaria cerrada. Luego, un quemador o un grupo de resistencias eléctricas eleva la temperatura hasta el punto de fusión.
- *Hornos convencionales,* donde el material a fundir es calentado mediante la utilización de combustibles o a través de resistencias eléctricas.



**Figura 3 Ejemplos de hornos en operación**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

Algunas fundiciones usan más de un tipo de horno y pueden transferir el metal en fusión entre hornos de manera de aprovechar las características de cada uno de ellos. La mayoría de las empresas evaluadas usan hornos en base a electricidad y, en un porcentaje menor, a gas (cambio generado a partir del primer APL sectorial) por lo que las emisiones generadas por el sector se han reducido notablemente.

### Preparación de carga

El primer paso para fundir el metal es la preparación de la carga al horno, que consiste, por una parte, en la disminución del tamaño de la carga a través de cortes, y por otro lado, la limpieza de la materia prima, aunque algunas fundiciones actualmente compran chatarra limpia por lo que han eliminado esta operación. Luego se pesa la carga (chatarra, aleaciones, lingotes o metal adicional y fundente) en las proporciones adecuadas para cargar el horno.



**Figura 4 Zona de acopio de chatarra seleccionada**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

### **Fusión**

El fundente es adicionado en la carga al horno o cuando el metal se está fusionando, y su adición tiene el objetivo de remover impurezas formando la escoria o nata, la cual alcanza la superficie del metal en fusión, donde es removida antes del vaciado. La nata de la escoria sobre la superficie del metal en fusión ayuda a prevenir la oxidación del metal. Generalmente el fundente está compuesto de sales de cloruro y fluoruro, las que tienen afinidad con ciertos contaminantes.

La refinación puede realizarse opcionalmente durante la colada, o durante el proceso de fusión del metal. Tiene el objetivo de ajustar la composición del metal y mejorar la calidad del producto. Esto se realiza adicionando aleaciones, por ejemplo carbón y otros químicos, al metal en fusión. Este proceso además remueve impurezas tales como azufre desde el metal.

### **Colada, Colocación en Moldes y Enfriamiento**

Luego que el metal está fundido se le transfiere al área de colada, en donde se separa la escoria del metal y se procede al llenado de los moldes con metal fundido. Luego los moldes con el metal se destinan al área de enfriamiento, donde el metal fundido comienza a solidificarse. Dentro de los moldes se puede establecer la siguiente subdivisión: Permanentes (metálicos) y No permanentes (compuestos de material refractario como arenas, resinas aglomerantes y otros aditivos).



**Figura 5 Operaciones de colada**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

### Desmoldeo

Una vez solidificado el metal en el molde se separa la pieza fundida. Primero se realiza una limpieza mecánica, donde se retiran todos los elementos que sirven de apoyo a la pieza con el molde. El molde es destruido mediante vibraciones y sacudidas que permiten la separación de la pieza fundida, almas y arenas de moldeo. Generalmente el molde y las almas son recuperados para su reintegración al proceso.

### Limpieza y Terminación

Luego se procede a la limpieza de la pieza fundida, a fin de eliminar por completo la arena, rebabas metálicas u óxidos de la pieza. Para esto, el método más utilizado es el *Granallado* que consiste en el lanzamiento de partículas abrasivas (arena, granalla metálica) a alta velocidad sobre la pieza fundida, para retirar las impurezas presentes en la superficie.

Una vez limpia la pieza, se procede a su terminación, ya sea a través de esmerilado o corte de sobrantes, acabado superficial (si se aplica algún revestimiento posterior) o por un tratamiento térmico adicional. Por último pasa por una inspección de calidad, en caso que la pieza no pase la inspección, es sometida nuevamente a la fundición



**Figura 6 Operaciones de terminación**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

## Producción de moldes y almas

Los moldes se producen a partir de patrones (modelos) que tienen la forma y composición del producto que se desea obtener. Para esto se saca una impresión negativa en cajas llenas de arena mezclada con resina aglomerante y catalizador que endurecen la mezcla. Los moldes generalmente se elaboran en dos mitades, de tal manera que el patrón pueda ser retirado fácilmente. Cuando se vuelven a ensamblar las dos mitades, queda una cavidad dentro del molde con la forma del patrón. En la etapa de terminación de moldes se incluye el uso de pinturas en base a alcoholes. En las empresas existen operaciones de moldeo manual y también líneas automáticas.



**Figura 7 Producción de moldes y vista de línea automática**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

El alma corresponde al molde interno encargado de llenar los espacios necesarios para obtener orificios al interior del producto final, que no pueden ser formados por la superficie de la cavidad del molde. Se ubica entre la pieza y el molde propiamente tal y para su construcción, también se utilizan arenas pero con aglomerantes en menor cantidad, debido a que estas deben ser resistentes pero colapsables. Con frecuencia las almas deben ser retiradas de una pieza fundida a través de un pequeño orificio y, por lo tanto, la arena debe colapsar después de que la pieza fundida se solidifica. Generalmente, para la construcción de las almas, se utilizan arenas vírgenes, las que después de ser usadas, se recuperan internamente y se reutilizan en la fabricación de los moldes.



**Figura 8 Ejemplos de sistemas de recuperación de arenas**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

El siguiente diagrama resume las etapas del proceso en forma general.

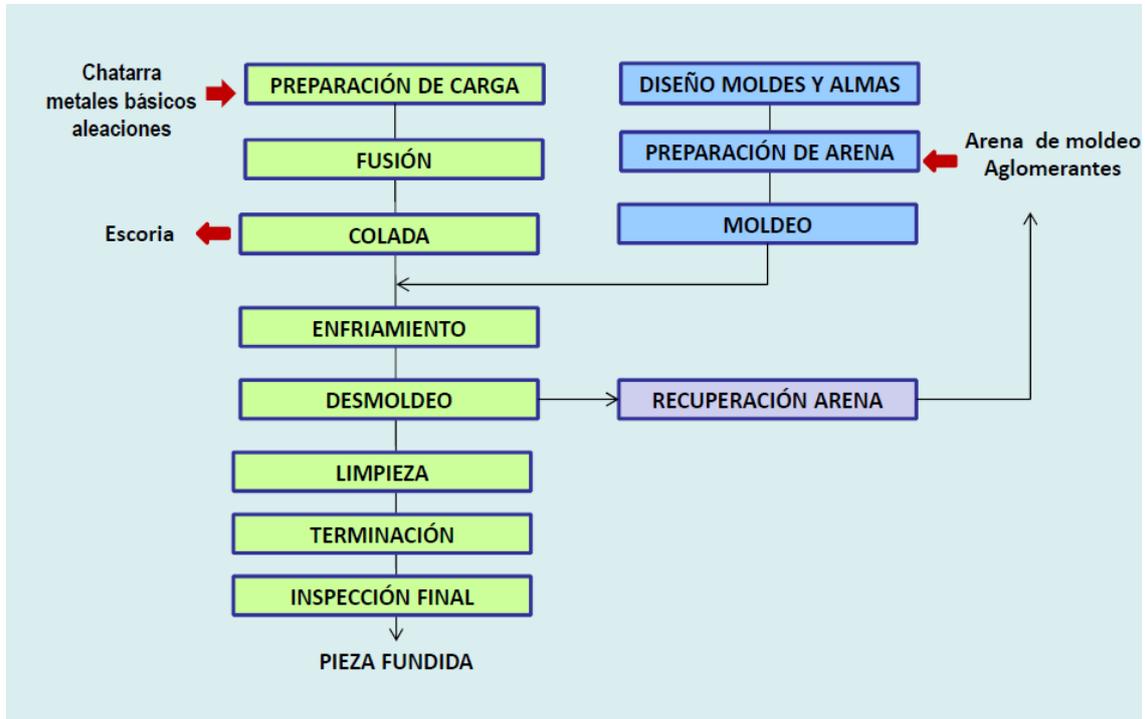


Figura 9 Diagrama del proceso de fundición

### 2.3.3 Aspectos Ambientales

La fundición es eminentemente un proceso de reciclaje y valorización, ya que su principal materia prima corresponde a productos de metal fuera de uso (chatarra) que es transformado a nuevos productos mediante procesos de fusión y moldeo. Por otra parte, gran parte de los residuos sólidos que se generan en operaciones del proceso como desmoldeo, limpieza y terminación son recuperados y reutilizados nuevamente, generándose por tanto muy pocos residuos sólidos, básicamente arena de descarte, escoria, polvos y algunos envases de las materia primas utilizadas.

En cuanto a residuos líquidos prácticamente no hay generación de los mismos. Aun cuando existe consumo de agua para operaciones de enfriamiento y temple, ésta se mantiene en un circuito de recirculación interno<sup>3</sup> por el que se evapora la mayor parte, requiriéndose reponer con agua fresca.

Uno de los principales aspectos ambientales normalmente asociados al proceso de fundición corresponde a la emisión de material particulado, humos y algunos compuestos volátiles, tema en el cual las empresas han avanzado en forma importante en los últimos años en base a desarrollos iniciados en el APL 1 (cambios de combustibles en hornos) y también debido a

<sup>3</sup> Fuente: MMARM 2009

requerimientos de los planes de descontaminación hacia fuentes fijas, lo cual ha derivado en que la mayoría utilice hornos eléctricos, permitiendo que las fuentes de las empresas evaluadas no requieran parar en episodios críticos de contaminación ambiental, lo que también es avalado por la revisión de información de fiscalización a las empresas, donde el tema de control de emisiones se ha orientado actualmente a mejoras en los sistemas de manejo de arenas u otras áreas de terminación donde se produce polvo. Al respecto, la mayoría de las empresas cuentan con sistemas de abatimiento para captación de polvos unidos a filtros para hornos, equipos de manejo de arenas, granalladoras y áreas de esmerilado o similares.

**Tabla 4 Residuos y emisiones asociados a cada etapa del proceso**

ETAPA DEL PROCESO		RESIDUOS Y EMISIONES
FUNDICIÓN	Tratamiento de Materias Primas	Material Particulado
	Carga al Horno de Fundición	Material Particulado y humos, COVs
	Fundición y Fusión	Material Particulado, humos, COVs Escoria Polvos de filtros
COLADA Y ENFRIAMIENTO	Colada	Material Particulado y humos, COVs
	Llenado de Moldes	Material Particulado y humos, COVs
	Enfriamiento	Material particulado y humos, COVs
DESMOLDEO	Desmoldeo	Material Particulado Arenas de descarte con resina
LIMPIEZA Y TERMINACIÓN	Limpieza de Productos Fundidos	Material Particulado Polvo de granalla
PRODUCCIÓN DE MOLDES Y ALMAS	Producción de Moldes y Almas	Material particulado, COVs Envases vacíos de insumos

Dentro del proceso también se generan compuestos orgánicos volátiles COVs, debido al uso de insumos que los contienen como las resinas o alcoholes de las pinturas.

El tema del ruido también es importante dentro del sector ya que este es generado fundamentalmente por el uso de equipos de corte. Para reducir el impacto de este componente algunas de las empresas han implementado sistemas de barreras acústicas que permiten mitigar la proyección de ruido al ambiente y el uso de elementos de protección es obligatorio.

Un mayor detalle de la situación del manejo de aspectos ambientales por parte de las empresas se entrega en la sección 2.3.4.

En cuanto a los principales residuos sólidos del proceso, éstos fueron caracterizados ampliamente en el APL II del sector<sup>4</sup>, presentándose a continuación un detalle de dicha información.

#### **Arenas de descarte:**

Las arenas residuales generadas en las fundiciones son bastante variadas, ya que se utilizan diferentes procesos de moldeo, arenas y tecnologías. Entre los distintos tipos de arena de

<sup>4</sup> Fuente: Asimet 200,7

descarte generados por las empresas predominan las de tipo fenólico y furánico, aunque también se verifica el uso de arena verde. Actualmente la tasa de recuperación de arenas que se reutilizan dentro del proceso es, en promedio, superior al 70%, siendo la mayor proporción con arena de tipo furánico. La fracción no recuperable se constituye en la arena de descarte.



**Figura 10 Arena recuperada**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

Las diferencias en la composición y características de las arenas se asocian con los siguientes parámetros:

- **Contenidos de resinas aglomerantes:** De acuerdo al tipo de moldeo, las arenas de descarte contienen diferentes cantidades residuales de resinas aglomerantes (no toda la resina se quema durante los procesos de colada).
- **Tamaño del grano:** La granulometría de la arena varía de una empresa a otra, incluso en función de arenas que se han utilizado una sola vez y otras que han sido reutilizadas. Cabe precisar que algunas empresas utilizan la arena una sola vez, ya sea por el tipo de producto que fabrican o por no contar con una planta recuperadora de arena.
- **Niveles de arcilla:** De acuerdo al tipo de moldeo, existen arenas residuales con diferencias notorias en el nivel de arcilla.
- **Procedencia de la arena:** Algunas fundiciones utilizan arenas importadas que dejan un material residual de mejor calidad para su reutilización (homogeneidad).
- **Niveles de partículas metálicas:** Las arenas presentan distintos grados de “limpieza”, por tanto poseen distintos porcentajes de partículas metálicas.
- **Peligrosidad:** Las arenas residuales, en función del proceso que las genera, pueden presentar características que las clasifiquen como residuos peligrosos, principalmente por lixiviación de metales pesados en niveles por sobre la normativa<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> El Artículo N° 18 del DS N° 148/03, considera como residuo peligroso a los residuos que contienen metales como arsénico, cadmio, plomo y cromo, además de compuestos fenólicos, los cuales forman parte de la Lista II del artículo antes mencionado y de las listas de los Artículos 88 y 89 del mismo Decreto.

Como ejemplo se presentan resultados de caracterizaciones realizadas dentro del Segundo APL de fundiciones mediante un análisis de toxicidad por lixiviación, TCLP (*Toxic Characteristic Leaching Procedure*) a arenas de distintas fundiciones nacionales, en cuanto a presencia de metales pesados<sup>6</sup>.

**Tabla 5 Evaluación de toxicidad por lixiviación de arenas de fundiciones no ferrosas**

fundiciones no ferrosas	caracterización 2004 (datos 4 empresas)	caracterización 2006 (datos 1 empresa)	límite norma (mg/L)
	rango variación (mg/L)	rango variación (mg/L)	
Arsénico	ND	0,09	5
Bario	ND -0,47	0,0004	100
Cadmio	ND	0,0025	1
Cromo	ND- 0,5	0,018	5
Mercurio	ND	ND	0,2
Plata	ND	0,019	5
Plomo	0,07 – 136	0,01	5
Selenio	ND	0,07	1

ND: no detectado

**Tabla 6 Evaluación de toxicidad por lixiviación de arenas de fundiciones ferrosas**

Fundiciones ferrosas	caracterización 2004 (datos 3 empresas)	caracterización 2006 (datos 1 empresa)	límite norma (mg/L)
	rango variación (mg/L)	rango variación (mg/L)	
Arsénico	ND	ND	5
Bario	0,052 - 1,07	0,6	100
Cadmio	ND - 0,147	ND	1
Cromo	ND	ND	5
Mercurio	ND	ND	0,2
Plata	ND	ND	5
Plomo	ND - 0,12	0,07	5
Selenio	ND	ND	1

ND: no detectado

De la información anterior se desprende que las arenas de fundiciones ferrosas evaluadas no presentan características de peligrosidad, y en el caso de arenas de fundiciones ferrosas se detecta la presencia de plomo en niveles sobre lo normado.

#### Escorias:

Las escorias corresponden a materiales vidriosos inertes con una compleja estructura química, incluyendo óxidos de metal, material refractario y otros materiales<sup>7</sup>. Los tipos de escorias generadas en la etapa de fusión de metal, son bastante variados. No obstante lo anterior, para efectos de esta diagnóstico se plantea una clasificación básica por proceso de origen: fundición ferrosa o fundición no ferrosa.

<sup>6</sup> Fuente: Asimet 2007

<sup>7</sup> EPA, 1998; EPA, 1999; WMRC, 2002



**Figura 11 Escorias generadas en distintos procesos de fundición**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

En términos de porcentaje, la proporción de escoria generada respecto de la materia prima utilizada tampoco es constante. Para las fundiciones no ferrosas se obtiene un promedio de 10 % de escoria generada respecto a la materia prima inicial, variando de 2 a 30%. Para las fundiciones ferrosas, el porcentaje promedio de escoria generada respecto a la chatarra ingresada al proceso es del 12%, con variaciones entre un 3 y un 30%. Esta variación es dependiente del tipo de horno de fusión utilizado y de la calidad de la materia prima.

En general, las escorias no ferrosas presentan un alto contenido de metales con valor económico (cobre, aluminio, zinc), lo cual hace interesante su comercialización (existen actualmente empresas que las reciben). Por otra parte, las escorias ferrosas contienen importantes cantidades de óxidos de hierro.

De acuerdo a resultados de análisis de toxicidad por lixiviación<sup>8</sup> de elementos inorgánicos, realizados a escorias provenientes de distintas fundiciones de la Región Metropolitana dentro del Segundo APL Fundiciones y en base a las características de peligrosidad establecidas en el D.S. N°148/2003, se considera que, en general, las escorias de origen ferroso son no peligrosas y las provenientes de fundiciones no ferrosas podrían ser clasificadas como peligrosas, dependiendo de su contenido de metales y deben manejarse con las debidas precauciones. A pesar de lo anterior, siempre es posible realizar un análisis previo del residuo a fin de validar su clasificación.

En particular, el DS 148/03 presenta las siguientes clasificaciones de la escoria como residuo no peligroso:

- B1200 Escoria granulada resultante de la fabricación de hierro y acero
- B1230 Escamas de laminado resultantes de la fabricación de hierro y acero

Lo anterior también se ratifica en el Listado Europeo de Residuos, LER, donde la escoria de fundición ferrosa está claramente identificada como residuo no peligroso (ver anexo 1).

<sup>8</sup> El test de lixiviación (EPA 1311) mide el potencial de lixiviación de metales y otros compuestos peligrosos en ambiente ácido (simula la situación que se produce en un relleno sanitario frente a la acción de los líquidos lixiviados).

Puede producirse escoria peligrosa en las operaciones de fusión si los materiales cargados contienen cantidades importantes de metales, como plomo, cadmio y cromo, sin embargo el carácter tóxico de la escoria lo otorga, la forma en las cuales se encuentran estos compuestos dentro de la misma (es decir si presentan potencial de lixiviación). En general, una parte importante de los metales presentes en este residuo se encuentran en la forma de óxidos.

Un resumen con los resultados del análisis de toxicidad por lixiviación, TCLP (*Toxic Characteristic Leaching Procedure*), realizado a escorias de distintas fundiciones nacionales dentro del Segundo APL de Fundiciones se entrega en las tablas siguientes.

**Tabla 7 Evaluación de toxicidad por lixiviación de escorias de fundiciones no ferrosas**

Fundiciones no ferrosas	caracterización 2004 (7 empresas)	caracterización 2006 (1 empresa)	límite norma (mg/L)
	rango variación (mg/L)	rango variación (mg/L)	
Arsénico	ND	ND	5
Bario	ND -23,08	0,3	100
Cadmio	ND - 1,31	ND	1
Cromo	ND- 0,023	0,164	5
Mercurio	ND	0,0006	0,2
Plata	ND	ND	5
Plomo	9,69 – 544	ND	5
Selenio	ND	ND	1

ND: no detectado

**Tabla 8 Evaluación de toxicidad por lixiviación de escorias de fundiciones ferrosas**

Fundiciones ferrosas	caracterización 2004 (7 empresas)	caracterización 2006 (2 empresas)	límite norma (mg/L)
	rango variación (mg/L)	rango variación (mg/L)	
Arsénico	ND - 0,1	ND	5
Bario	0,16 - 3,52	3,2 – 6,7	100
Cadmio	ND - 0,11	ND – 0,06	1
Cromo	ND - 0,81	0,1-0,2	5
Mercurio	ND	ND – 0,008	0,2
Plata	ND	0,015-0,02	5
Plomo	ND - 0,062	ND	5
Selenio	ND	ND – 0,11	1

De la información anterior se desprende que las escorias de fundiciones ferrosas evaluadas no presentan características de peligrosidad, y en el caso de fundiciones ferrosas se detecta la presencia de plomo en niveles sobre lo normado.

## POLVOS DE FILTROS

Los polvos de filtros corresponden a emisiones que provienen de focos estacionarios del proceso de fundición, las que son captadas por filtros de manga. Si bien el polvo retenido en filtros de manga puede provenir de variadas etapas del proceso de fundición, las mayores emisiones de polvo están asociadas a los procesos de fusión en los hornos, colada, desmoldeo y limpieza final. Desde el punto de vista de sus propiedades físicas, los polvos de filtros

corresponden a un sólido seco, polvoriento, granulometría muy fina de 40 - 50 micras, color marrón. Desde el punto de vista de los elementos químicos que posee, el polvo del filtro, está compuesto principalmente por Fierro y Zinc, con contenidos menores de cuarzo, cal y cadmio, además de una gran número de elementos en menor proporción<sup>9</sup>.

Durante el proceso de fusión, entre un 1% - 2% de la carga se convierte en polvo o en humos recolectados por los filtros de mangas. En las fundiciones de acero, este polvo contiene diferentes cantidades de zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo. El polvo de acero al carbono tiende a tener altos niveles de zinc y plomo como resultado del uso de chatarra galvanizada, mientras que el polvo de acero inoxidable tiene altos contenidos de níquel y cromo. El polvo asociado con la producción de metal no ferroso puede contener cobre, aluminio, plomo, estaño y zinc.

La legislación nacional, específicamente el Artículo N° 18 del DS N° 148/03, considera como residuo peligroso a los polvos de filtros, puesto que pueden contener trazas de metales como cadmio, plomo, cromo y otros, los cuales forman parte de la Lista II del artículo antes mencionado.

Los polvos generados en los procesos de fusión y colada comúnmente contienen importantes concentraciones metales pesados y partículas de sílice. Los polvos provenientes del proceso de desmoldeo están compuestos del material de moldeo utilizado, así como de productos aglomerantes. Si estos últimos se encuentran en concentraciones altas, estos polvos pueden ser considerados como residuos peligrosos<sup>10</sup>. Durante la limpieza final, especialmente durante el granallado, se genera un polvo que corresponde a una mezcla de partículas metálicas y restos de arena calcinada que se mezclan entre sí<sup>11</sup>.

La generación de polvos de filtros en empresas evaluadas oscila entre un 0,1 y un 3,3% de la carga de materia prima inicial<sup>12</sup> (chatarra o metal). Esta cantidad es dependiente del tipo de horno utilizado y del grado de segregación del residuo.

De acuerdo a resultados de análisis de toxicidad por lixiviación<sup>13</sup> de metales, realizados a polvos de filtros provenientes de distintas fundiciones de la Región Metropolitana en el Segundo APL de fundiciones y en base a los criterios de peligrosidad establecidos en el DS 148/03, Reglamento de Manejo de Residuos Peligrosos, se determinó que los polvos de filtros de origen ferroso y no ferroso clasifican como peligrosos, dependiendo de su contenido de metales. Un resumen con los resultados del análisis de toxicidad por lixiviación, TCLP (*Toxic Characteristic Leaching Procedure*), realizado a polvos de filtros de distintas fundiciones nacionales, se entrega en la tablas siguientes.

**Tabla 9 Evaluación de toxicidad de polvos de filtros de fundiciones no ferrosas**

Metal	caracterización 2004	caracterización 2006	limite norma
	(3 empresas)	(1 empresa)	
	rango variación	rango variación	
Arsénico	ND	ND	5
Bario	ND -0,34	0,18	100

<sup>9</sup> Fuente Asimet 2007

<sup>10</sup> EPA, 1999.

<sup>11</sup> IHOBE, 1998

<sup>12</sup> Datos referenciales indican que los hornos de arco eléctrico convierten de 1% a 2% de su carga en polvo o humo (Ambar, 1999). El porcentaje fue validado con los datos del diagnóstico sectorial

<sup>13</sup> El test de lixiviación (EPA 1311) mide el potencial de lixiviación de metales y otros compuestos peligrosos en ambiente ácido (simula la situación que se produce en un relleno sanitario frente a la acción de los líquidos lixiviados).

Metal	caracterización 2004 (3 empresas)	caracterización 2006 (1 empresa)	limite norma
	rango variación	rango variación	
Cadmio	ND - 32,83	3	1
Cromo	ND- 0,49	ND	5
Mercurio	ND	ND	0,2
Plata	ND	ND	5
Plomo	0,97 – 442	160	5
Selenio	ND	ND	1

ND: no detectado

**Tabla 10 Evaluación de toxicidad de polvos de filtros de fundiciones ferrosas**

Metal	caracterización 2004 (4 empresas)	caracterización 2006 (1 empresa)	limite norma
	rango variación	rango variación	
Arsénico	ND	ND	5
Bario	ND - 0,65	0,79	100
Cadmio	ND - 0,85	25,9	1
Cromo	ND	ND	5
Mercurio	ND	0,02	0,2
Plata	ND	ND	5
Plomo	0,04 - 91,71	11,7	5
Selenio	ND	0,117	1

ND: no detectado

De la información anterior se desprende que los polvos de filtro de ambos tipos de fundiciones presentan características de peligrosidad.

### Residuos de envases provenientes de insumos

Dentro del proceso de fundición se utilizan una serie de insumos clasificados como sustancias peligrosas, cuyos envases vacíos clasifican como residuos peligrosos, es el caso por ejemplo de envases vacíos de resinas, catalizador y pinturas utilizadas en moldes. No obstante se observa que las empresas están tendiendo a reemplazar algunos de ellos, como los tambores, por envases de mayor volumen retornables o que se cargan in situ (tipo bins) lo que reduce la generación de este tipo de residuos.



**Figura 12 Envases de insumos de proceso**

Fuente: empresas visitadas en diagnóstico sectorial

### 2.3.4 Evaluación de las empresas diagnosticadas

- **Consumos de materia prima e insumos de proceso**

La principal materia prima utilizada corresponde a metales ferrosos y no ferrosos, principalmente chatarras. Dentro de los principales insumos se encuentran: arenas, resinas y catalizadores. De acuerdo a los datos entregados por las empresas, la chatarra representa casi el 62% el total de materiales e insumos usados en el proceso, en tanto la arena representa el 31%. Es importante destacar que **del total de empresas evaluadas 7 se encuentran autorizadas por la Seremi de Salud empresas gestoras para recibir y reciclar chatarra**. Los consumos informados se detallan en la tabla siguiente.

**Tabla 11 Consumo anual de materia prima y principales insumos**

Material	Total anual	Consumo mensual Promedio	Unidad
Chatarra de acero / fierros especiales	88.532	7377,7	Ton
Chatarra de bronce	1.000	83,3	Ton
Ferro aleaciones ( FeSi; FeMn; FeCr; FeMo)	4.888	407,3	Ton
Chatarra no ferrosa	210	17,5	Ton
Arena	44.725	3727,1	Ton
Resina	1.029	85,8	Ton
Catalizador	89,2	7,44	Ton
Ferrosilicio	79,8	6,65	Ton
Nodulizante	33,9	2,83	Ton
Silicio	40,0	3,33	Ton
Estaño	0,6	0,05	Ton
Níquel	1.121	93,41	Ton
Plomo	88,5	7,38	Ton
Zinc	79,4	6,62	Ton
Cobre	97,2	8,10	Ton
Cal	1.416	118,00	Ton
Pintura para moldes o isomol	67,7	5,64	Ton
Refractarios hornos y cucharas	32,0	2,67	Ton
Arrabio	800,0	66,67	Ton
Grafito recarburante	42,1	3,51	Ton
Bentonita	95,2	7,93	Ton
Silicato de Sodio	9,2	0,76	Ton
Anhídrido carbónico (co2)	12,6	1,05	Ton
Granalla de Acero	16,4	1,36	Ton
Esmalte anticorrosivo	1,7	0,14	Ton
Calcio silicio	818,1	68,18	Ton
Bórax	2,4	0,20	Ton
Cobre fosfórico en granallas	30,2	2,52	Ton
Solventes	2,5	0,21	Ton
Manguitos exotérmicos	19,5	1,63	Ton
Discos y piedras abrasivas	2.919	243	Unidades

La producción informada por las empresas evaluadas (base año 2013) totaliza 81.600 ton procesadas /año.

- **Condiciones de almacenamiento generales**

Al analizar las condiciones actuales de almacenamiento prácticamente todas las instalaciones cuentan con patio o bodega de materias primas y bodegas de insumos y llevan registros de control de los mismos; 9 de las instalaciones indican contar con lugares de almacenamiento de sustancias peligrosas.

Adicionalmente, se evaluó la existencia de bodegas o lugares de acopio de productos y también de residuos. Respecto al primer punto un 75% indica contar con bodegas. Respecto a las bodegas o sitios de acopio de residuos, se determina que 14 instalaciones cuentan con patio de acopio o bodega para residuos no peligrosos y 13 con bodegas de residuos peligrosos. En cuanto a la existencia de registros para los ingresos a dichas bodegas más del 60% indica contar con ellos. Este último tema se retoma en la sección de manejo de residuos sólidos.

- **Condiciones de almacenamiento de materias primas e insumos**

Un 84% de las instalaciones indica el uso de sustancias peligrosas y un 68% señala que sus bodegas incluyen sistemas de contención de derrames mientras que un 63% considera criterios de incompatibilidad de sustancias químicas en el almacenamiento. Como dato adicional se determinó que la mayoría cuenta con las hojas de seguridad de sus principales insumos.

16 instalaciones evalúan la calidad de los materiales al momento de su recepción, principalmente chatarras; este aspecto es fundamental pues permite eliminar tipos de chatarra no deseada, o que pudiese venir con restos de pintura o incluso contaminada con aceites, lo cual reduce la eficiencia del proceso y, además aumenta los contaminantes en las emisiones; varias empresas incluso compran explícitamente “chatarra limpia”. Todas mantienen al día el inventario de materias primas e insumos, y stock de acuerdo a necesidades de producción.

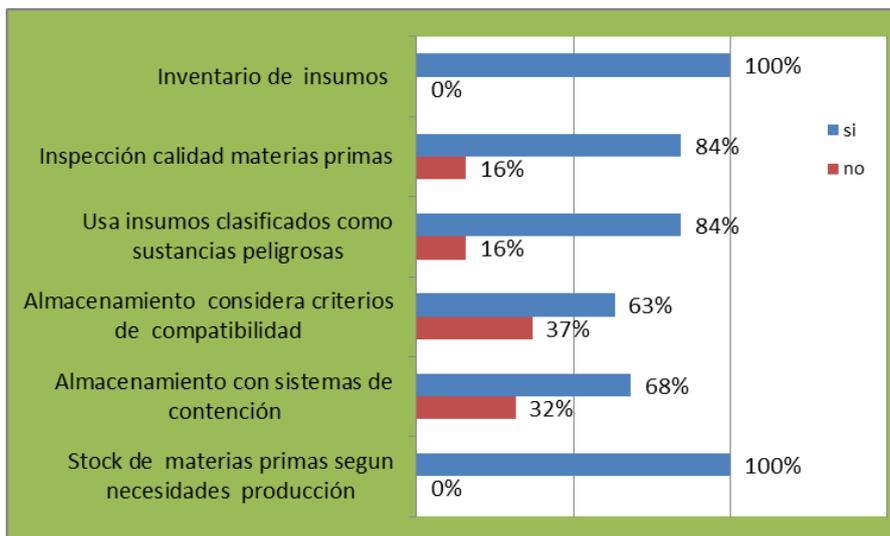
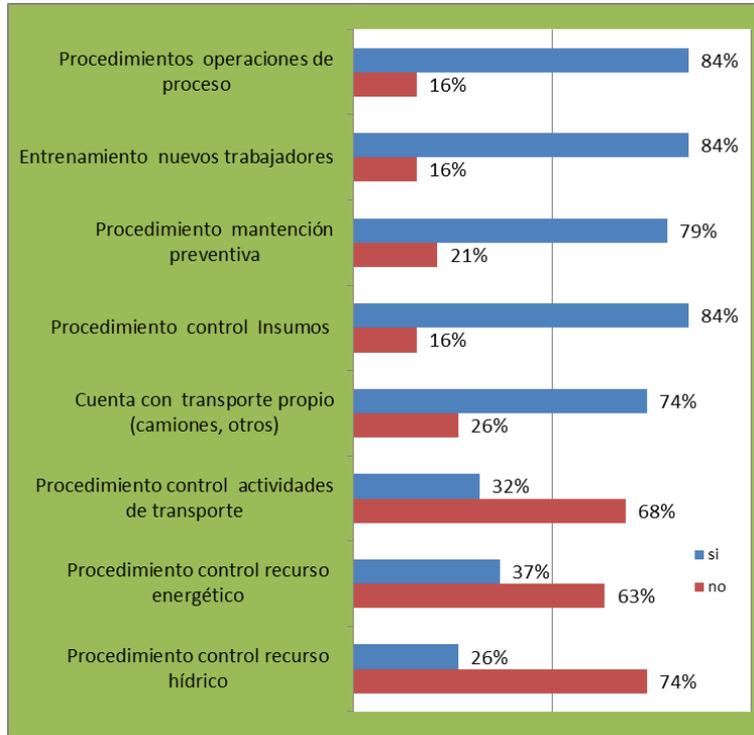


Figura 13 Análisis de la Gestión de Materias Primas e Insumos

- **Existencia de procedimientos dentro de los procesos**

Por otra parte, se evaluó la existencia de procedimientos explícitos para el manejo de materiales y operaciones dentro del proceso, cuyos resultados se muestran en la Figura siguiente.



**Figura 14 Análisis de Procedimientos Existentes**

Se determinó que un 84% de las instalaciones cuentan con procedimientos escritos para sus procesos y da entrenamiento formal a sus nuevos trabajadores. También se observa que un porcentaje importante (79 a 84%) cuenta con procedimientos de mantención preventiva y de control de uso de materia prima e insumos. Sin embargo, en menos del 75% se indica falta de procedimientos para racionalizar el uso de energía y agua. Un 74% indica contar con transporte propio y en su mayoría (sobre 90%) cuenta con procedimientos de control de dicha actividad.

- **Uso de energía y combustibles**

En relación al uso de energía, la fuente principal es energía eléctrica para hornos de fusión, seguida por el consumo de gas usado para hornos de tratamiento térmico y otros equipos del proceso. También se verifica el uso de petróleo diésel en equipos electrógenos y otros equipos específicos. La Tabla siguiente resume los consumos totales informados por las empresas, y el valor promedio de consumo por tonelada de materia prima procesada (metal).

**Tabla 12 Consumo anual totalizado de energía y combustible**

Ítem	Consumo anual	Consumo mensual promedio	Unidades	Indicador promedio	Indicador (mínimo)	Indicador (máximo)	Unidad
Energía Eléctrica	131.820.859	10.985.072	kWh	2830	1.100	9.800	kWh/ton
combustible (Gas)	5.785.842	482.154	m <sup>3</sup> eq	70,9	6	1000	m <sup>3</sup> /ton
combustible (diésel)	735.682	61.307	L	61	0,5	380	L/ton

Se observa que los consumos son muy variables entre empresas, aún del mismo proceso (ferrosas y no ferrosas) situación que se ratifica en los indicadores evaluados y sus desviaciones respecto de un valor promedio, incluso dentro de un mismo tamaño de empresas, lo cual puede explicarse en función de los distintos equipos disponibles en cada instalación y el tipo de combustible utilizado en cada uno de ellos. Por otra parte, es importante señalar que más de la mitad de las instalaciones encuestadas realizan también actividades metalmecánicas, consumos que se encuentran incluidos ya que sólo 4 instalaciones entregaron información de consumos diferenciados por área.

El costo promedio del consumo de energía eléctrica de las instalaciones es de 66 \$/KWh (variando ente \$48 y \$150), con lo cual se estima un costo total superior a 4.000 MM\$ al año, desde los datos informados.

Como se indica más adelante, sólo una de las empresas ha evaluado su huella de carbono. Para dar una idea de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por concepto de uso de energía, en la siguiente tabla se indican las emisiones anuales considerando los factores de emisión publicados por el Ministerio de Energía<sup>14</sup>

**Tabla 13 Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por concepto de energía y combustible**

Ítem	Consumo anual 2013	Factor de emisión CO <sub>2</sub> (*)	Toneladas CO <sub>2</sub> eq (2013)
Energía Eléctrica	131.820.859	0,389 Kg/KWh	51.542
combustible (Gas)	5.785.842	1,97	11.398
combustible (diesel)	735.682	2,955 kg/L	2.174

(\*) Fuente Ministerio Energía

Por otra parte, se evaluó el avance de las empresas en cuanto a la incorporación previa de medidas de eficiencia energética, cuyos resultados se presentan en la figura siguiente. Del total de instalaciones sólo 8 llevan registros de consumos en el proceso; 14 cuentan con equipos electrógenos de respaldo o emergencia. Sólo una ha implementado programas de eficiencia energética a la fecha, aunque 7 indican haber comenzado a incorporar sistemas de iluminación de bajo consumo.

<sup>14</sup> Fuente: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/factores-de-emision>

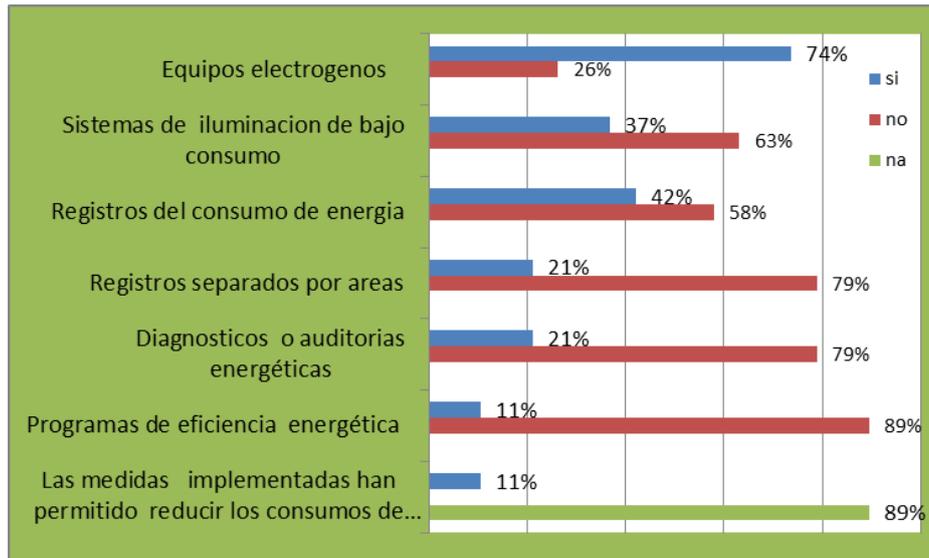


Figura 15 Análisis de medidas de eficiencia energética

- **Gestión de residuos y emisiones**

### Residuos Sólidos

Los principales residuos sólidos generados corresponden a restos de escorias, arenas y polvos de hornos además de cantidades menores de otros residuos como envases y elementos de protección personal contaminados.

En este punto es importante mencionar que parte de las empresas no contaba con registros detallados de sus residuos al momento del diagnóstico, por lo que la cantidad informada representa el 63% de las empresas. El total de generación informado por las empresas, se detalla a continuación.

Tabla 14 Generación de principales residuos sólidos base año 2013 (toneladas)

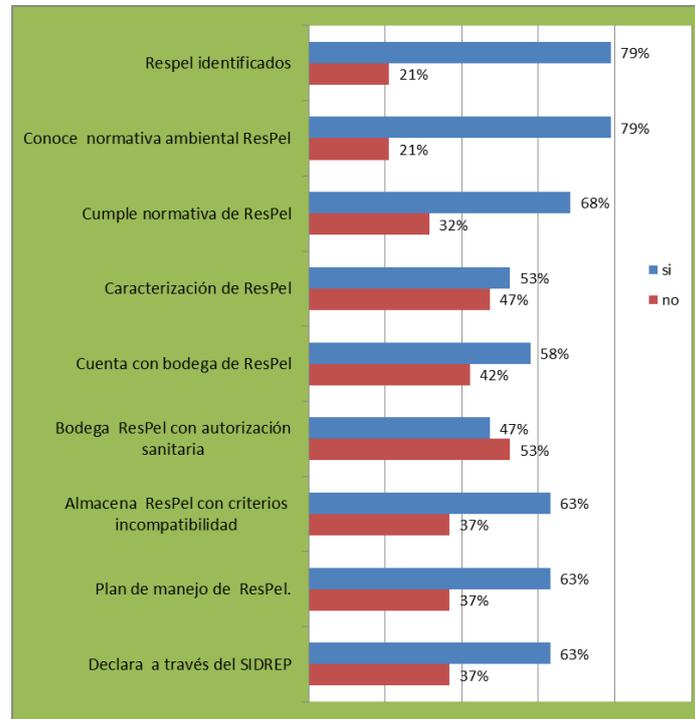
Material	Total anual	Generación mensual promedio
<b>Total Residuos no peligrosos</b>	42.469,5	3539,13
Escoria fundición ferrosa	9.305,5	775,46
Arena de descarte fundición ferrosa	30.073,2	2506,10
Residuos sólidos Industriales (madera, cartones)	110	9,17
Residuos varios no separados (casino, oficina y otros)	843,3	70,28
Refractarios fundición ferrosa	84,5	7,04
Discos de corte	1,2	0,10
Madera	82,3	6,86
Cartones (a reciclaje)	1.091,5	90,96
Polvo granallado	573,8	47,81
Óxido de zinc	39,2	3,27
Viruta metálica	262,8	21,90

Material	Total anual	Generación mensual promedio
EPP no contaminados	2,3	0,19
<b>Total Residuos peligrosos</b>	<b>1.229,8</b>	<b>102,48</b>
Escoria fundición no ferrosa	151,1	12,60
Polvo de filtro	524,7	43,72
Arenas de descarte fundición no ferrosa	11,7	0,98
Varios (EPP, textiles y materiales contaminados)	11,7	0,98
Polvo de esmeril	369,0	30,75
Tubos fluorescentes	0,2	0,01
Huaipes contaminados con aceites	0,9	0,07
Envases vacíos	5,2	0,44
Aceite lubricante usado	31	2,58
Madera contaminada	1,2	0,10
Aceite de corte usado	2,1	0,18
Mangas de filtro	1,0	0,09
Residuos de pintura	25,0	2,08
Resina	56,4	4,70
Refractarios	55,0	4,58

El total de residuos reportados alcanza a 43.715 ton/año, donde los residuos no peligrosos representan el 97,2% de dicho total y los peligrosos sólo el 2,8%.

Las arenas de descarte representan un 68,8% del total de residuos y las escorias un 21,6%. Los polvos de filtro representan sólo un 1,2%

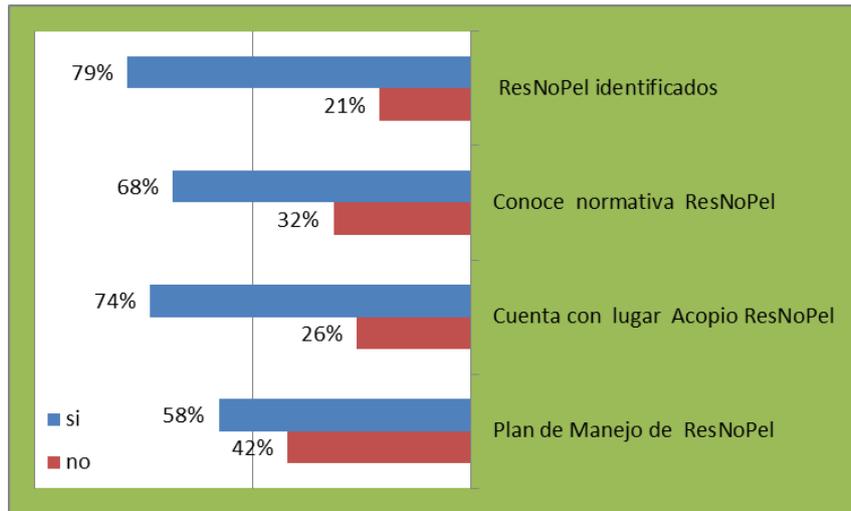
Los principales resultados de la gestión actual de residuos sólidos, tanto peligrosos como no peligrosos se presentan en la siguiente figuras.



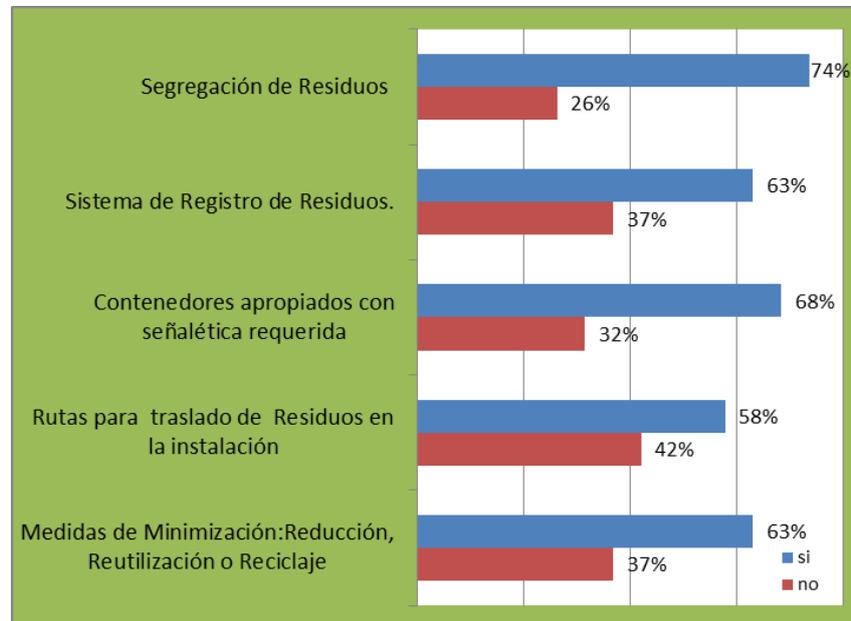
**Figura 16 Análisis de la gestión de residuos peligrosos**

Sólo un 79% (15 instalaciones) tiene identificados claramente cuáles de sus residuos son peligrosos y cuales no peligrosos. Un 79% de las empresas indica conocer las normativas asociadas a los residuos sólidos peligrosos (pero sólo el 68% indica que cumple), y un 68% para los no peligrosos.

11 instalaciones disponen de bodegas de acopio para residuos peligrosos, y de ellas 9 estarían autorizadas. Un 63% considera criterios de incompatibilidad en el almacenamiento. 12 instalaciones indican contar con plan de manejo y declarar sus residuos a través de SIDREP. En el caso de los residuos no peligrosos un 74% cuenta con un lugar de acopio definido (bodega o sector en patios) y sólo un 42% declara contar con un plan de manejo para los mismos.

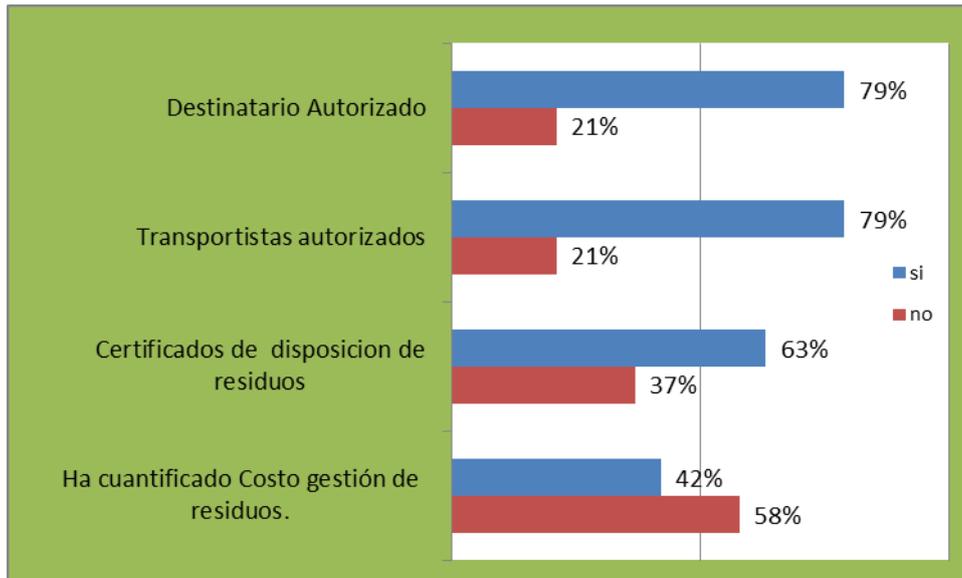


**Figura 17 Análisis de la gestión de residuos no peligrosos**



**Figura 18 Análisis de las condiciones de manejo de residuos**

Un 74% realiza algún tipo de segregación, pero sólo un 68% cuenta con procedimientos para el etiquetado y almacenamiento temporal de los residuos y sólo un 63% cuenta con sistema de registro periódico de los mismos (12 instalaciones). También un 63% indica haber implementado algún tipo de práctica de minimización.



**Figura 19 Destino de Residuos Sólidos**

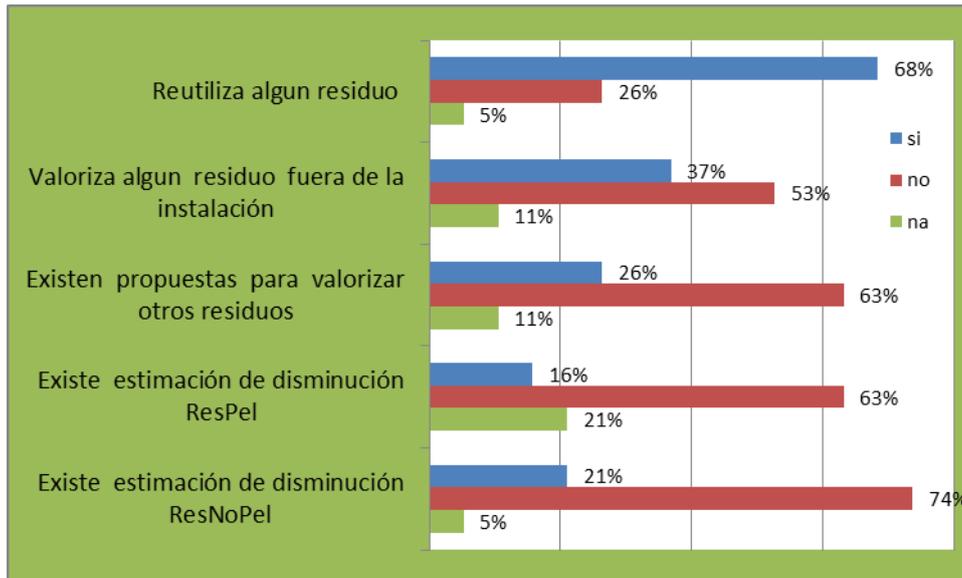
En cuanto al destino de los residuos, el 79% (15 instalaciones) indica gestionar los residuos con transportistas y destinatarios autorizados y 12 instalaciones declaran contar con certificados de eliminación. Todas las empresas presentan más de un destino de disposición y/o reciclaje de residuos.

Es importante mencionar que, en el caso de los residuos peligrosos, el principal destino es Hidronor o Bravo Energy, destino que también se identificó para parte de algunos residuos que inicialmente clasifican como no peligrosos, como arena y escoria de algunas fundiciones ferrosas que indicaron no tener información de instalaciones autorizadas de ResNoPel que recibieran este tipo de residuos. También algunas envían a Ecobio en la Octava Región o a Soluciones Industriales del Norte en la II Región (aunque se cambiarán a Solenor en la III Región).

Para las empresas de menor tamaño el costo de transporte de residuos peligrosos es un aspecto crítico por la baja cantidad de residuos que generan, pues no existen instalaciones de acopio intermedio que permitan reunir una cantidad mínima para trasladar a un costo razonable con economías de escala. Esto también es crítico para empresas de regiones.

Los costos de eliminación de residuos peligrosos varían entre 2 y más de 6 UF, dependiendo de la localización de la instalación y su distancia del punto de destino, así como por el tipo de contrato que ha gestionado cada empresa en forma individual con la empresa gestora. A ello debe sumarse normalmente el costo de transporte por viaje, el cual en algunos casos está incorporado en el costo de gestión del residuo o bien se cobra aparte (llegando a más de 40 UF por viaje). Por otra parte se informó de variaciones importantes de costos entre empresas destinatarias, por ejemplo para polvos de filtro Hidronor cobra cerca de 6 UF/ton, en tanto Ecobio cobra 4 UF (transporte incluido).

Por lo anterior, este tema se considera relevante de abordar dentro de acciones asociativas, en pos de buscar mayores alternativas de valorización o bien mejores precios. Las empresas que entregaron un mayor detalle de la cantidad y costo de gestión de sus residuos sólidos totalizan un gasto de más de 141 MM\$ al año por este concepto.



**Figura 20 Valorización de Residuos Sólidos**

La mayoría de las empresas reutiliza los restos de metal y una parte importante de la arena (los porcentajes de recuperación y reuso varían entre 70% y un más de 90%). También se reutiliza internamente parte de los tambores de resinas. Sólo dos empresas reutilizan parte de los polvos de filtro dentro de sus procesos (reincorporación como materia prima, previo tratamiento y como desmoldante). Dentro de la valorización fuera de la instalación se destacan las escorias no ferrosas (enviadas a Comercial Hual), virutas metálicas y 31 toneladas de aceite lubricante usado que se valorizan como combustible alternativo. No más de 3 a 4 empresas han evaluado la posibilidad de reducir la tasa de generación actual de sus residuos

Entre las empresas mencionadas para la gestión de residuos no peligrosos como escorias o arena se indica a IdeaCorp y Regemac, aunque también se incluyen a Texinco o Proactiva aunque éstas últimas son empresas de transporte, no indicándose el destino final.

Adicionalmente a los datos indicados previamente se debe hacer notar existe también una cierta cantidad de residuos que no estaban claramente cuantificados al momento del diagnóstico debido a que, como se indicó previamente, el 63% de las instalaciones no mantiene registros para ello. Esta situación debe ser considerada dentro de las primeras tareas de puesta al día dentro de la implementación del APL.

### Uso de agua y generación de residuos líquidos

En todas las empresas evaluadas se utiliza agua de enfriamiento en los procesos. Al igual que en el caso de la energía eléctrica, sólo 7 instalaciones entregaron datos de consumos diferenciados por área o procesos

El consumo total de agua indicado por las empresas se detalla en la siguiente tabla. Se incluye además una estimación de agua usada en procesos y agua para servicios de trabajadores (en base a un requerimiento diario de 100L/trabajador) y otros usos menores (riego en algunas instalaciones)

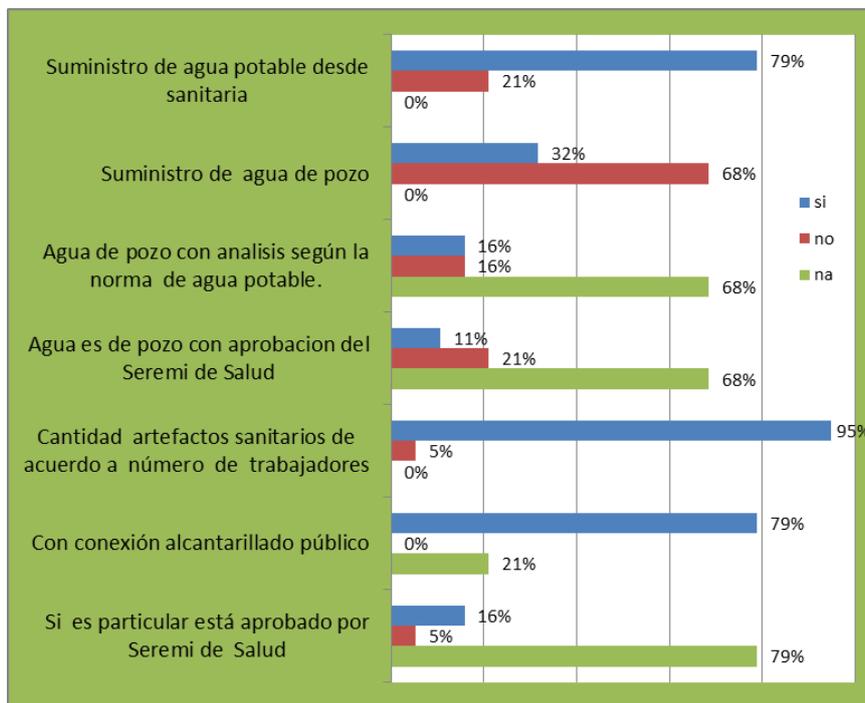
**Tabla 15 Consumo de agua**

Ítem	Total m <sup>3</sup> /año	Total m <sup>3</sup> /mes	Consumo unitario promedio m <sup>3</sup> /mes
Consumo total agua	212.188	17.682	1.040
Estimación consumo agua en procesos	167.381	13.948	820
Estimación consumo agua en servicios trabajadores y otros usos menores	45.067	3.756	221

El porcentaje de agua utilizada en proceso respecto del agua total consumida, establecido en base a las empresas que lo informan y a la estimación realizada, es de un 79%. El promedio de consumo de agua de proceso es de 11 m<sup>3</sup>/ton material procesada (metal).

Se indica que en el principal uso del agua de proceso es para enfriamiento por lo que se recircula prácticamente toda el agua. Sin embargo, menos de la mitad de las instalaciones ha implementado medidas de uso eficiente del agua en áreas administrativas (servicios del personal y otros usos).

Todas las empresas cuentan con agua potable (un 79% proveniente de red pública y un 21% de pozo) donde el 79% descarga al alcantarillado público (el 21% restante cuenta con sistema particular), según muestra la figura siguiente.



**Figura 21 Suministro de agua**

El costo promedio del agua es de 835 \$/m<sup>3</sup>, con lo que se estima un gasto anual de más de 177 MM\$ por este concepto para el total de instalaciones que entregaron dicha información.

En el tema de gestión de residuos líquidos, 7 de las 19 instalaciones indican generar algún tipo de residuos líquidos y 11 indican conocer las normativas asociadas (58%). 3 empresas han

realizado caracterización de sus descargas aunque **sólo 2 instalaciones descargan residuos al alcantarillado**, una de ellas cumple la normativa (D.S. 609) y la otra no; el resto gestiona estos residuos como residuos sólidos enviándolos a instalaciones autorizadas (Hidronor, Bravo Energy). Para las empresas que descargan Riles, los parámetros críticos corresponden a niveles de metales principalmente. Los parámetros establecidos en el D.S. 609 para caracterizar las descargas líquidas del sector incluyen: temperatura, pH y caudal, sólidos sedimentables y suspendidos, hidrocarburos totales, fijos y volátiles, aceites y grasas, cromo total y hexavalente, cianuro, cobre, cadmio, níquel, plomo, zinc, sulfatos, aluminio, hierro, manganeso, poder espumógeno.

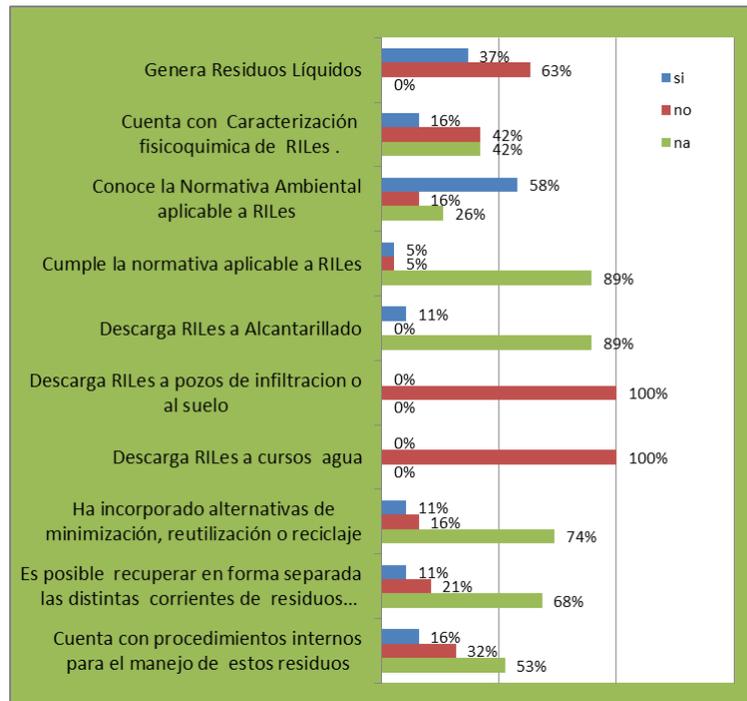


Figura 22 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (1)

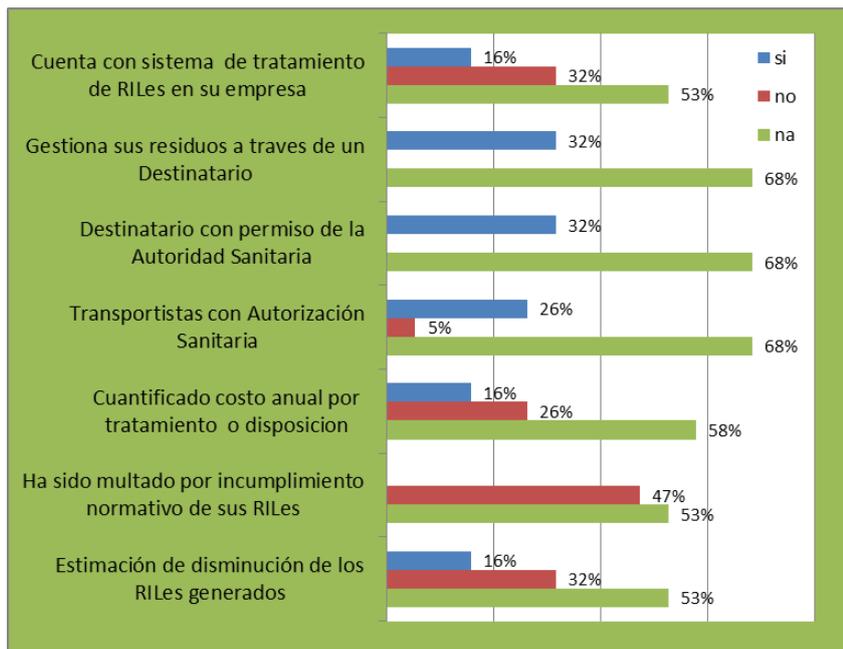


Figura 23 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (2)

La mayoría de las empresas cuenta con registros de consumos de agua globales, pero no por operación, situación que debe regularizarse en la implementación del APL.

### Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas generadas y reconocidas corresponden fundamentalmente a gases y polvos de los hornos de fundición y emisión de COVs desde insumos como resinas y alcohol isopropílico (IPA) o metanol utilizado como diluyente de pinturas refractarias<sup>15</sup>. También se generan emisiones por el uso de equipos electrógenos de respaldo y por el manejo de arenas.

El 100% de las empresas conoce las normativas asociadas a las emisiones atmosféricas, 16 instalaciones han implementado tecnologías para el control de gases y partículas de los hornos, en los sistemas de arenas y operaciones donde se genera polvo (ej. esmerilado) e indican contar con una caracterización detallada de sus emisiones. La mayoría cuenta con uno o más filtros de mangas para dichos equipos. Sólo no se cuenta con dichos sistemas en las instalaciones ubicadas en regiones y en la planta pronta a entrar en operación, donde se están instalando.

Las fundiciones en su mayoría usan hornos eléctricos o a gas natural, por lo que no existen emisiones por combustión o son más bien bajas. De acuerdo a la información entregada por las empresas y verificada en documentos de evaluación de MTD del sector<sup>16</sup>, los niveles de emisión de SOx y NOx generados desde hornos de inducción son mínimos y no requieren medirse. Los niveles de emisión de PM10 reportados varían entre 0,1 y 8 ton/año.

Todas las instalaciones en operación de la RM tienen registradas sus fuentes fijas grupales y puntales y las declaran. No ocurre lo mismo con las instalaciones de regiones debido a que no existe normativa al respecto aún; sin embargo, de acuerdo al actual programa del Ministerio de Medio ambiente, se implementarán planes de descontaminación en varias ciudades del país al 2016.

En cuanto a las emisiones de COVs, las empresas usan resinas fenólicas o furánicas, que presentan volátiles aunque algunas están incorporando el uso de resinas autofraguantes de nueva tecnología con menos volátiles y que además generan menos emisiones de humo en la etapa de enfriamiento de los moldes. En relación con el uso de IPA o el metanol, estos se mezclan con las pinturas refractarias que se aplican en la preparación de los moldes de arena, los que posteriormente son quemadas (se indica que a la fecha no existe un sustituto a dicho producto).

En los procesos de fusión podrían generarse dioxinas si se dan las condiciones que dan origen a las mismas en el momento y en el lugar donde se lleva a cabo el proceso. Las condiciones necesarias para la formación de estos compuestos son las siguientes<sup>17</sup>:

- Presencia de iones de cloruro o de carbono orgánico: puede provenir de chatarra contaminada, o del uso de carbón, coque, fueloil a determinados flujos;
- Condiciones de temperatura de entre 250 y 450 °c, con un tiempo de residencia de gas suficiente mientras la temperatura se mantiene en esos límites;
- Presencia de catalizadores como el cobre;

<sup>15</sup> El IPA solo fue indicado como insumo por una de las empresas, aun cuando la mayoría lo utilizaría.

<sup>16</sup> Fuente: IPPC 2009. Documento BREF Forja y Fundición

<sup>17</sup> Fuente: IPPC 2009. Documento BREF Forja y Fundición

- Presencia de oxígeno.

Al evaluar los factores anteriores se descarta el tipo de combustible, ya que en las fundiciones actualmente no se utiliza carbón, coque o fueloil. Por otra parte, la mayoría de las empresas cuentan con procedimientos para controlar la calidad de la materia prima que ingresa al proceso, como se indicó previamente, pues el uso de material contaminado afecta la eficiencia del proceso.

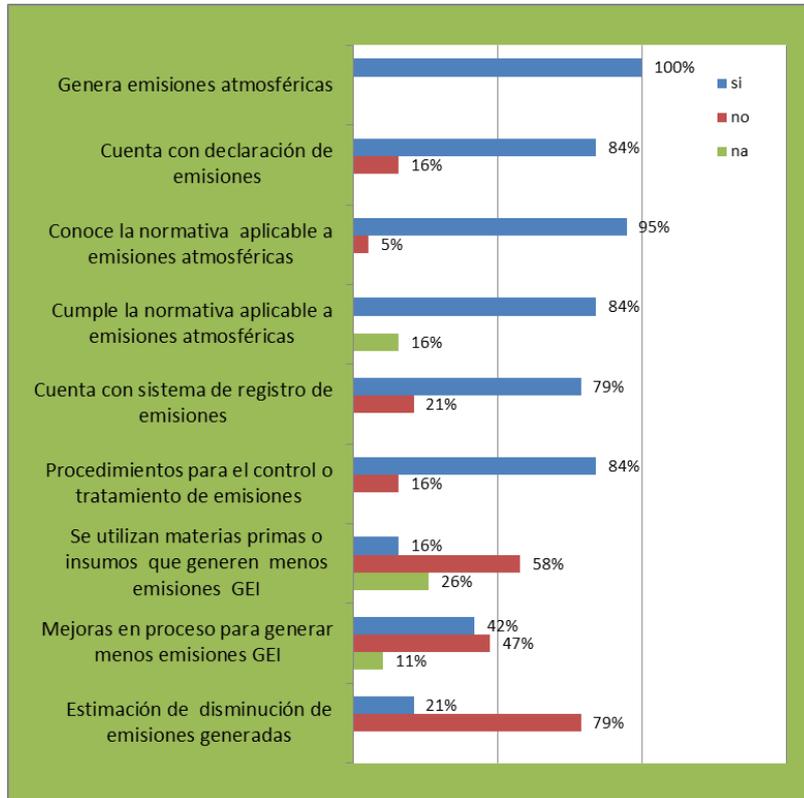


Figura 24 Análisis de la Gestión de Emisiones Atmosféricas

Actualmente, todas las empresas trabajan con sus organismos de administración en la evaluación de riesgos y programas específicos de vigilancia para la gestión y control de exposición a sílice dentro del ambiente de trabajo, ligado ello a programas de capacitación a los trabajadores en el tema. No obstante las empresas indican que existe una fuerte fiscalización al respecto, lo que está generando requerimientos adicionales de nueva infraestructura, como sistemas de aspirado dentro del proceso y para la ropa de los trabajadores.

Sólo 3 empresas indican haber realizado algún tipo de mejora en sus insumos para generar menos gases efecto invernadero (GEI), aunque 8 señalan la inclusión de mejoras en los procesos con dicho propósito. 4 instalaciones además indican que han evaluado el reducir en mayor grado las emisiones del proceso.

**Emisiones acústicas**

Del total de empresas, el 100% indica conocer la normativa relativa a ruidos y un 84% mantiene registros actualizados de mediciones (principalmente dentro del ambiente de trabajo). Todas las instalaciones en operación cuentan con mediciones de ruido dentro del

ambiente de trabajo según el DS 594 (sólo en un caso de una planta que va a comenzar a operar en breve aún no hay mediciones). Asimismo, un 63% ha realizado monitoreos respecto de proyección de ruido al ambiente (de acuerdo al DS 38), ello motivado principalmente por la ubicación de las empresas ya que varias de ellas se emplazan en zonas mixtas. 9 instalaciones indican que cumplen la normativa vigente y 13 han implementado medidas de reducción.

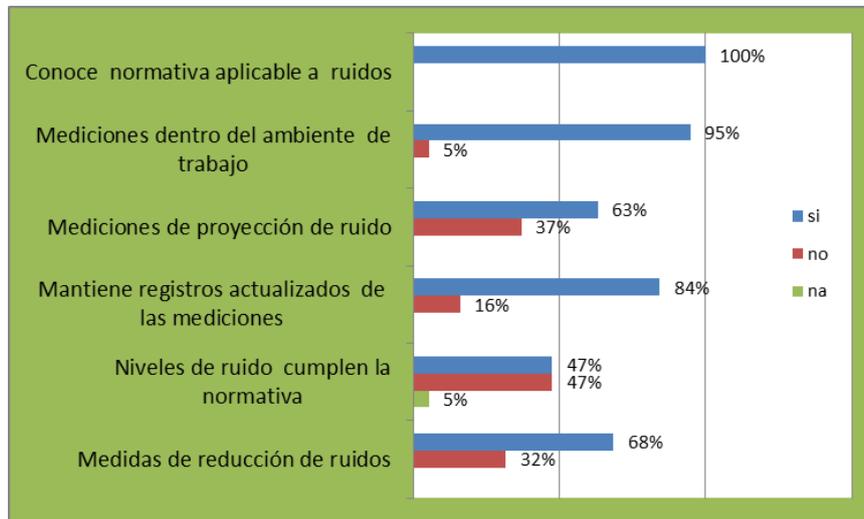


Figura 25 Análisis de la Gestión de Ruidos

En todas las empresas se trabaja con los organismos de administración en evaluación de riesgos de exposición, protocolos específicos de vigilancia (Prexor<sup>18</sup>) y sistemas de gestión del ruido dentro del ambiente de trabajo, ligado ello a programas de capacitación a los trabajadores en el tema. No obstante las empresas indican que existe una fuerte fiscalización al respecto, lo que ha generado requerimientos de cambios o mejoras en equipos que, en ocasiones, no se observan viables operativamente.

### Aspectos de salud y seguridad ocupacional

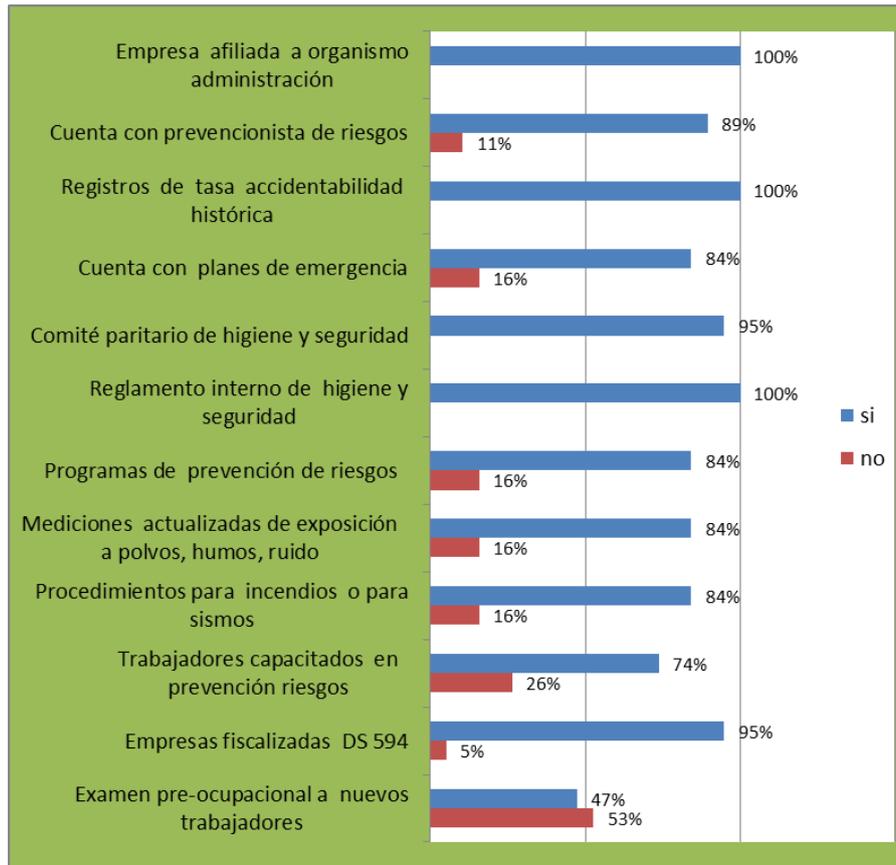
El total de las empresas está afiliada a un organismo de seguridad, cuenta con un reglamento de higiene y seguridad y mantiene registros de tasas de accidentabilidad; según lo informado por las empresas ésta varía entre 0,5 a 6.4%, con un promedio de 3,2%

El 84% cuenta con planes de prevención de riesgos además de planes de emergencia y contingencia ante incendios o sismos. Un 89% cuenta con prevencionista de riesgos.

Un 95% cuenta con comité paritario. Todas las instalaciones en operación han recibido visitas de fiscalización por parte de la Seremi de Salud. En cuanto al examen pre-ocupacional, 9 instalaciones lo realizan.

Adicionalmente, el 74% de las empresas indica haber capacitado a sus trabajadores en el tema y el 100% de las empresas indica que los mismos cuentan con los elementos de protección personal (EPP) necesarios para la actividad.

<sup>18</sup> PREXOR: protocolo de normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo. Desarrollado por el Departamento de Salud Ocupacional del Ministerio de Salud (MINSAL), con apoyo técnico del ISP.



**Figura 26 Análisis de la Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional**

En el último periodo, las empresas del sector han debido implementar una serie de protocolos de vigilancia y comenzar a incorporar nuevos requerimientos de la Autoridad Sanitaria respecto de la generación de programas y procedimientos (y su respectiva difusión) para reducir y controlar la exposición de los trabajadores a agentes como ruido, sílice, humos metálicos, calor, iluminación, trastornos musculo esqueléticos, entre otros.

De acuerdo a información entregada por las empresas, los requerimientos de salud ocupacional, recibidos a partir de visitas de fiscalización, se han orientado en un 44% a los aspectos señalados anteriormente, y en un 20% a aspectos ligados a complementar señalética o mejorar el uso de EPP (protección respiratoria), entre otros. El tema de requerimientos para el control de emisiones (principalmente en el manejo de arenas y sistemas para aspirado de ropa de trabajo, que también se relaciona con el primer aspecto indicado) representa el 15%; el porcentaje restante corresponde a requerimientos en el ámbito de manejo de residuos y sustancias peligrosas.



**Figura 27** Uso de elementos de protección personal

- **Aspectos de gestión ambiental general**

Dentro de algunos aspectos de gestión ambiental general consultados se señalan avances en la capacitación de trabajadores en temas de manejo de sustancias peligrosas (58%), manejo de residuos peligrosos (68%) y prevención de la contaminación (78%). Se señala la presencia de estándares y procedimientos ambientales el 42% de las instalaciones y el mismo porcentaje cuenta con algún tipo de certificación (ISO 9000, ISO 14000, ISO 18000 o sistemas integrados).

Todas están comenzando a realizar sus declaraciones de emisiones a través del RETC (principalmente residuos peligrosos y declaración de emisiones atmosféricas) subsistiendo aún algunos problemas con las claves, recuperación de registros anteriores al sistema y con el ingreso de información; el tema de SINADER aún no ha sido evaluado.

7 de las empresas señalan que existen problemas con la localización de sus instalaciones (ubicadas en zonas residenciales o mixtas). Por otra parte, 7 de las empresas cuenta con RCA para sus procesos y de ellas 4 informan regularmente de sus compromisos ambientales (la mayoría de las instalaciones tienen una larga data de operación, anterior a la dictación del Reglamento del sistema de Evaluación Ambiental, SEA).

También se informa del desarrollo de actividades de responsabilidad social en menos de la mitad de las empresas (42% de las empresas lo indican).

Sólo una empresa ha avanzado en la evaluación de su huella de carbono a la fecha.

En cuanto al desarrollo de aspectos de sinergia con otras empresas cercanas, 4 de las empresas ha avanzado en el tema, y se plantea el trabajo con Asimet como una alternativa para potenciar este aspecto.

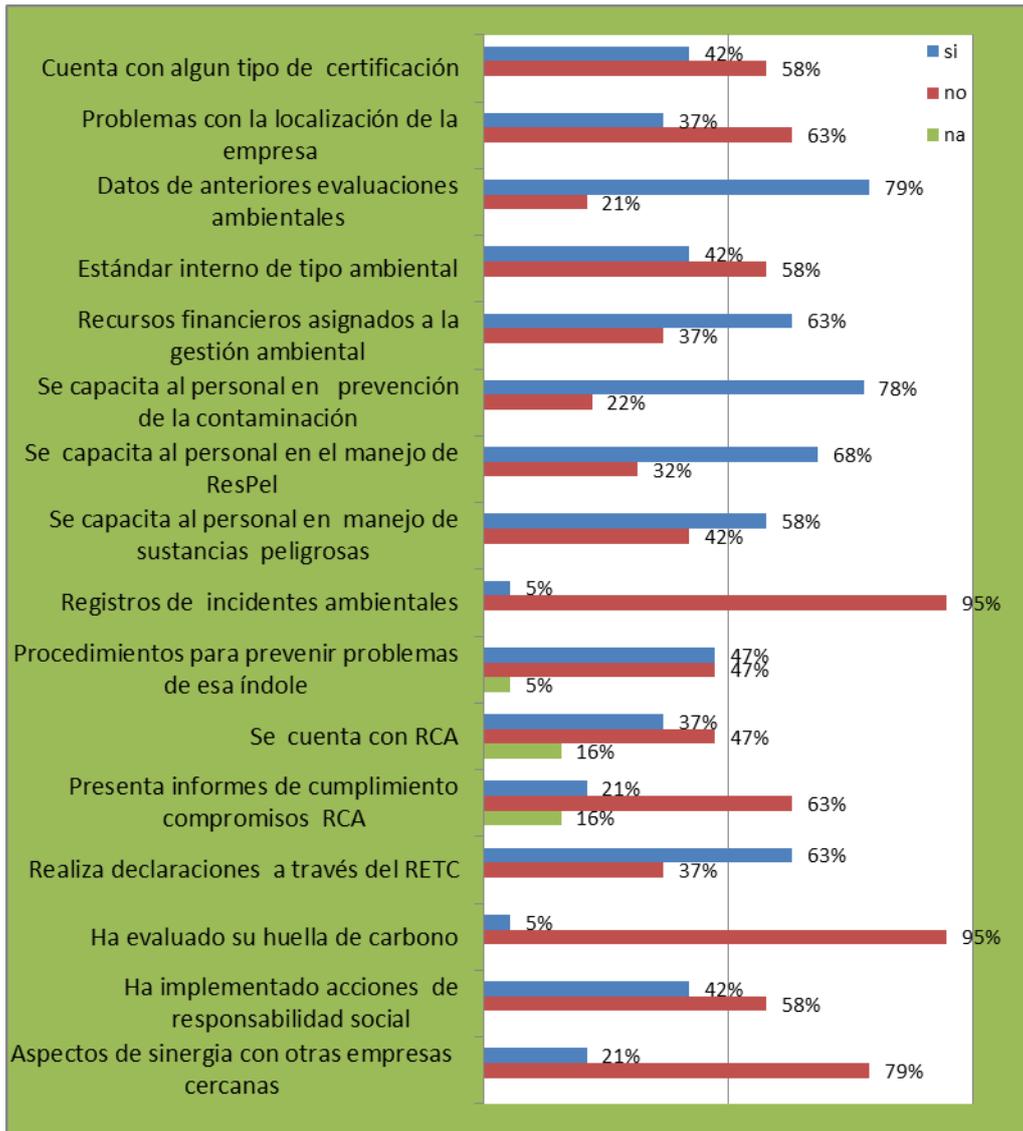


Figura 28 Análisis de los Aspectos de Gestión Ambiental

### 2.3.5 Identificación de avances

De acuerdo a la evaluación de las empresas diagnosticadas, descrita en la sección anterior se identifican los siguientes avances en cuanto a implementación de buenas prácticas y mejores técnicas disponibles:

Todas las empresas cuentan con sistemas de gestión de sus residuos sólidos en mayor o menor grado de desarrollo, particularmente para los residuos peligrosos, los que son enviados a eliminación en instalaciones autorizadas. Un importante porcentaje de las empresas los mantiene almacenados en instalaciones que cuentan con autorización.

Se observa también la inclusión de prácticas de devolución de envases a proveedores en algunas de las empresas, bajo un concepto de responsabilidad extendida del productor voluntaria o están cambiando paulatinamente al uso de envases de mayor volumen retornables o recargables, lo que reduce la carga de residuos de envases y también sus eventuales costos de eliminación cuando no se reutilizan. También existen algunas

instancias en desarrollo para el reciclaje y valorización de algunos residuos (viruta, aceites, maderas, cartón, entre otros). Todas las empresas han optimizado la reutilización interna de sus arenas

La mayoría de las empresas manejan los residuos líquidos generados como residuos sólidos, enviándolos a disposición con gestores autorizados, por lo que prácticamente no se verifica existencia de RILes descargados al alcantarillado.

Los aspectos de control de emisiones tanto en hornos, como en los sistemas de recuperación de arenas y zonas de esmerilado o corte, se encuentran bastante avanzados, sobre todo en las empresas ubicadas en la RM. Se ha avanzado también en soluciones de reducción o control de emisiones acústicas.

En razón a una gran presión de fiscalización, las empresas se están poniendo al día rápidamente en el cumplimiento de aspectos de seguridad y salud ocupacional, y de los protocolos de vigilancia vigentes.

Desde varios años atrás a la fecha, las empresas han avanzado en el uso de combustibles más limpios ya que prácticamente todas las instalaciones cuentan con hornos que utilizan energía eléctrica o gas.

También se observan avances en aspectos básicos de eficiencia energética, como el recambio a luminarias de bajo consumo o cambios en la infraestructura existente a fin de optimizar el uso luz natural.

Las empresas han estado avanzando en temas de responsabilidad social en forma individual, generando proyectos o actividades específicos, aunque se reconoce que aún no hay suficiente difusión.



Figura 29 Bodegas Residuos peligrosos



Figura 30 Reciclaje de residuos



Figura 31 mejoras iluminación natural



Figura 32 Ejemplos de sistemas de control emisiones

### 2.3.5 Brechas Detectadas

Existen situaciones detectadas en algunas empresas que podrían considerarse aspectos susceptibles de mejoramiento, como las que se indican a continuación:

El uso de insumos como agua o energía se maneja en forma global, sin identificar y cuantificar consumos en distintos usos. En el tema de energía aún no se desarrollan programas de eficiencia energética ni evaluaciones previas que permitan establecer condiciones de eficiencia e equipos o sistemas, considerando que el consumo de energía eléctrica es uno de los aspectos más relevantes dentro del sector.

Si bien fue un tema evaluado en el Segundo APL del sector, se verifica que algunas instalaciones que no participaron en APLs anteriores no mantienen registros periódicos de generación de residuos peligrosos, no peligrosos y asimilables a domésticos y tampoco de sus costos de gestión. No se han incorporado en todas las empresas prácticas de segregación de residuos no peligrosos y su posterior valorización. En este aspecto también se requiere mejora en los sitios de almacenamiento y también mayor información de empresas o instancias para potenciar las alternativas de destino y valorización disponibles y autorizadas a fin de contar con una actualización de programas de gestión integral,

aspecto que podría considerarse dentro de las posibles acciones de sinergia entre las empresas incluyendo también el potenciar el carácter eminentemente reciclador del sector.

En varias empresas aún no se visualiza un manejo adecuado de sustancias peligrosas en función de criterios de incompatibilidad. Falta información sobre el manejo y almacenamiento seguro de sustancias y residuos peligrosos. Algunas empresas aún no cuentan con las autorizaciones necesarias para los sitios de almacenamiento de ResPel, tema que debe ser puesto al día en el corto plazo.

Adicionalmente a lo anterior, a pesar de que en el Segundo APL de Fundiciones se avanzó en identificar alternativas de valorización para arenas y escoria ferrosas, a la fecha prácticamente ninguna de ellas ha podido ser implementada, e incluso hay pocas alternativas de eliminación autorizada de estos residuos conocidas por las empresas lo que ha llevado a utilizar como alternativa disponible el envío a rellenos de seguridad, con el consiguiente mayor costo de gestión que ello involucra. Lo anterior es un tema que debe ser retomado en el APL para avanzar en la implementación de soluciones de valorización validadas y autorizadas. Al respecto también se requiere avanzar en soluciones conjuntas de manejo con economías de escala, sobre todo para las empresas más pequeñas, que generan bajas cantidades.

Las empresas también señalan problemas para que sus trabajadores apoyen requerimientos mínimos en cuanto a cumplimiento de procedimientos sobre manejo de insumos, residuos e incluso seguridad laboral por lo que se plantea necesario aportar en la formación de capacidades en estos ámbitos y también avanzar en temas de certificación de competencias, sobretodo en puestos críticos.

Si bien las empresas del sector han avanzado en la reducción y control de emisiones provenientes de fuentes fijas de combustión o generadoras de material particulado, se observa un avance menor en la evaluación de emisiones fugitivas provenientes del proceso (por ejemplo PM 2,5).

Los requerimientos de fiscalización que han tenido las empresas en el último periodo, han apuntado principalmente a la exposición de los trabajadores a ruido y sílice, temas en los cuales se estima necesario avanzar en la evaluación conjunta de soluciones técnicamente viables, consensuadas con la autoridad.

## 2.4 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD.

La construcción de los indicadores propuestos a continuación se basa en información recabada desde las empresas del sector considerando la encuesta y visitas realizadas. A nivel del diagnóstico inicial se recabaron algunos valores base promedio para cada indicador propuesto.

Los indicadores propuestos permitirán medir el logro de la aplicación de la Producción Limpia, y la reducción de brechas detectadas dentro del sector, en las etapas de implementación del APL y están asociados a variables económicas, ambientales y sociales. Estos se basan en el **Reporte de Indicadores de Sustentabilidad** desarrollado por el CPL.

Los indicadores se definen inicialmente en función el tiempo (por ejemplo ton/año), pero también se evaluarán posteriormente en función de la producción anual. Las tablas siguientes entregan un resumen de los indicadores levantados en la etapa de diagnóstico.

### INDICADORES ECONÓMICOS

#### ASPECTOS PRODUCTIVOS (valor base año 2013 consolidado)

Productividad	Producción (toneladas)	81595
	Número total de trabajadores	1832
Crecimiento de la empresa	Nuevos puestos de trabajo durante el último año Si/No.	23
	Porcentaje de variación de las ventas respecto del año anterior	Reducción 0,04% (varía entre -20% y +25%)
	Porcentaje de variación de la producción (toneladas) respecto del año anterior	Reducción 5%. Varía entre -60% y +30%
Ayudas financieras	Existencia de apoyo financiero el último año desde el gobierno en proyectos de medio ambiente, innovación o productividad	Ninguno
Exportaciones	Porcentaje de ventas de exportación	Promedio 9,8%

### INDICADORES AMBIENTALES

#### INSUMOS (valor base año 2013 consolidado)

INSUMOS	Agua	Consumo	Volumen de agua total (m <sup>3</sup> )	212.188
			Volumen de agua de proceso (m <sup>3</sup> )	Estimado en 167.381
		Fuentes	% de Agua extraída de pozo	Se identifica aproximadamente un 50%, pero el valor no está determinado en las empresas que cuentan con agua potable y agua de pozo
			% de Agua extraída de Red de Agua Potable	Se identifica aproximadamente un 50%, pero el valor no está

			determinado en las empresas que cuentan con agua potable y agua de pozo
<b>Energía</b>	<b>Tipo de energía</b>		
	Energía eléctrica (kWh)		131.820.859
	Petróleo (indique compuesto) (m <sup>3</sup> )		735.682
	Gas natural (m <sup>3</sup> )		4.389.000
	Gas licuado (kg)		1.154.170
<b>Otros Equipos y Maquinarias</b>	Energía eléctrica (kWh)		s/i
	Consumo de gas licuado ( kg)		s/i
	Consumo petróleo (L)		s/i

### VERTIDOS LIQUIDOS

Sólo 2 instalaciones indican que descargaban algunos residuos al alcantarillado, se les propuso cambiar modalidad a manejo como residuo sólido; el resto gestiona estos residuos como residuos sólidos enviándolos a instalaciones autorizadas.

### VERTIDOS SOLIDOS (valor base año 2013 consolidado)

	Tipo de Residuo	Cantidad (toneladas)	Distancia a lugar Disposición Final (Km)	Nombre lugar destino final
Residuos Peligrosos	Escoria fundición no ferrosa	151,14	entre 30 y 700 km	Hidronor, Solenor
	Polvo de filtro	524,65	entre 30 y 700 km	Hidronor, Solenor, Ecobio
	Arenas de descarte fundición no ferrosa	11,70	entre 30 y 700 km	Hidronor, Solenor
	Varios Contaminados	11,70	entre 30 y 700 km	Hidronor, Bravo Energy
	polvo de esmeril	369,00	entre 30 y 700 km	Hidronor
	tubos fluorescentes	0,17	entre 30 y 700 km	Hidronor
	huaipes contaminados con aceites	0,89	entre 30 y 700 km	Hidronor
	envases vacíos	5,23	entre 30 y 700 km	Hidronor
	aceite lubricante usado	30,96	entre 30 y 700 km	Hidronor
	madera contam	1,20	entre 30 y 700 km	Hidronor
	aceite de corte usado	2,10	entre 30 y 700 km	Hidronor, Bravo Energy
	mangas de filtro	1,04	entre 30 y 700 km	Hidronor
	Residuos de pintura	25,00	entre 30 y 700 km	Hidronor, Bravo Energy
	Resina	56,38	entre 30 y 700 km	Hidronor, Bravo Energy
	Refractarios fundición no ferrosa	54,95	entre 30 y 700 km	Hidronor

Residuo No peligroso	Tipo de Residuo	Cantidad (toneladas)	Distancia a lugar Disposición Final (Km)	Nombre lugar destino final (relleno, vertedero, empresa gestión)
	Arena de descarte fundición ferrosa	30073,15	entre 30 y 700 km	IdeaCorp, Regemac
	Residuos sólidos Industriales (madera, cartones)	110,00	menos 50 km	Relleno sanitario
	Residuos varios mezclados	843,33	menos 50 km	Relleno sanitario
	Refractarios fundición no ferrosa	84,48	menos 50 km	Reutilización interna
	discos de corte	1,20	menos 50 km	Relleno sanitario
	Madera	82,29	menos 50 km	Tirsa
	cartones reciclaje	1091,47	menos 50 km	Sorepa
	polvo granallado	573,76	menos 50 km	Relleno sanitario
	óxido de zinc	39,20	menos 50 km	EFEMM
	viruta metálica	262,83	menos 50 km	Otras empresas
	EPP no contam	2,29	menos 50 km	Relleno sanitario
Acciones de gestión y volumen de residuo gestionado	Tipo de Residuo	Cantidad (toneladas)	Cantidad (ton)	Distancia a lugar valorización (Km)
	Reutilización interna (unidades)	Arena	70 a 90%	no aplica
	Envío a Reciclaje (kg)	Cartones	1091,47	menos 50 km
	Envío a Reciclaje (kg)	Madera	82,29	menos 50 km
	Envío a Reciclaje (kg)	Viruta	262,83	menos 50 km
	Valorización energética	Aceite	31	menos 50 km

**EMISIONES ATMOSFERICAS (valor base año 2013 consolidado)**

Emisiones de NOX (ton/año)	Horno de inducción no aplica medición
Emisiones de SOX (ton/año)	Horno de inducción no aplica medición
Emisiones de MP10 (ton/año)	Varía entre 0,1 y 8 ton/año
Emisiones de MP2,5 (ton/año)	Prácticamente ninguna empresa lo ha estimado o medido

**INDICADORES SOCIALES (valor base año 2013 consolidado)**

Formación de capacidades	Número de personas capacitadas en producción limpia en un año	84
	Número de personas capacitadas en materia de seguridad y salud en un año	698
	Número de personas capacitadas en materias de innovación en	15

	un año	
Nivel educativo de trabajadores	Indique número de trabajadores con nivel educativo superior finalizado universitario/técnico	211
	Indique número de trabajadores con nivel educativo medio finalizado	430
	Indique número de trabajadores con nivel educativo medio no finalizado	166
Incidencia en el entorno	Indique el valor total de aporte destinado a programas de desarrollo de la comunidad local	\$ 11.060.000
	Indique el número de personas contratadas de la comuna (o localidad)	312
	Indique el porcentaje de proveedores de la región	85%
Igualdad	Número total de mujeres/hombres trabajadores en la empresa	92 y 1740
	Número de mujeres con cargos de dirección y gerencia	15
	Si hay trabajadores con alguna capacidad distinta indique el número	2
	Si hay trabajadores con ascendencia indígena con certificado CONADI indique el número	6
Seguridad y Salud	Indique la Tasa de Cotización Seguro de Accidentes del Trabajo	Promedio 2,95%
	Planilla de pago remuneraciones brutas imponibles (MM\$/año)	\$ 9.143.662.629
Innovación y Tecnología	Describa alguna innovación que se ha incorporado en la empresa (Introducción en el mercado de un nuevo bien o servicio, introducción de un nuevo método de producción o metodología organizativa, creación de una nueva fuente de suministro de materia prima o productos semi-elaborados, apertura de un nuevo mercado en un país. Implantación de una nueva estructura en un mercado, etc.)	Robot para manipulación de moldes de arena. Software y maquinaria nueva. Filtros nuevos. Proyecto Innova arenas.

Para la variable ambiental, igualmente se proponen una serie de indicadores de sustentabilidad basados en la aplicación de una Mejor Técnica Disponible (MTD). Estos indicadores serán utilizados en la propuesta de metas y acciones del Acuerdo.

En los casos que corresponda, se incluye un valor del factor de conversión a kg de CO<sub>2</sub> equivalente, a fin de estimar el efecto de las mejoras logradas en las emisiones de GEI. La tabla siguiente, muestra un resumen de lo antes señalado.

**Tabla 16 Resumen Aspectos Ambientales con sus respectivos indicadores y factores de emisión.**

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO <sub>2</sub> eq.
Emisiones	<b>Indicador Reducción de emisiones totales por contaminante (ton/año y ton emisiones/ton producción)</b>	Multiplicar cantidad de combustible utilizado por:  Gas Natural: 1.89 KgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> 2,16 KgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> N  GLP: 2,96 Kg CO <sub>2</sub> /Kg  Energía eléctrica <sup>19</sup>
	• Emisiones antes de MTD	
	• Emisiones después de MTD	
	• Reducción por medidas de MTD	
	• Reducción por medidas de fin de tubo	
• Reducción total		

<sup>19</sup> Fuente: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/emision-para-el-sic>

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO <sub>2</sub> eq.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % Reducción total</li> </ul> <p><b>Indicador Reducción de emisiones unitarias por contaminante (PM<sub>10</sub>, NOx):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones unitarias antes de MTD (t/año)/ (toneladas producidas/año) (1)</li> <li>• Emisiones unitarias después de MTD (t/año) / (toneladas producidas/año) (2)</li> <li>• Reducción unitaria por medidas de producción limpia (t/año) / (toneladas producidas/año)</li> <li>• Reducción unitaria por medidas de fin de tubo (t/año) / (toneladas producidas/año)</li> <li>• % de Reducción unitaria total (%) = <math>100 \times ((2)-(1)) / (2)</math></li> </ul>	<p>0.811 Kg CO<sub>2</sub>/Kwh (SING) 0,391 Kg CO<sub>2</sub>/Kwh (SIC)</p> <p>Petróleo (diesel) equipos fijos: 2,73 Kg CO<sub>2</sub>/L equipos móviles: 2,67 Kg CO<sub>2</sub>/L</p> <p>Gasolina equipos fijos: 2,42 Kg CO<sub>2</sub>/L equipos móviles: 2,27 Kg CO<sub>2</sub>/L</p>
<b>Residuos Sólidos</b>	<p><b>Indicador Reducción de la Generación de Residuos (ton/toneladas producidas y ton/año)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de residuos peligrosos antes de MTD</li> <li>• Generación de residuos no peligrosos antes de MTD</li> <li>• Generación de residuos peligrosos después de MTD(</li> <li>• Generación de residuos no peligrosos después de MTD</li> <li>• Reducción de residuos peligrosos generados</li> <li>• Reducción de residuos no peligrosos generados</li> <li>• % Reducción de residuos peligrosos generados</li> <li>• % Reducción de residuos no peligrosos generados</li> </ul> <p><b>Indicador de valorización de Residuos especificando el residuo (arenas, escorias, entre otros)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• % de residuos valorizados antes de MTD (1)</li> <li>• % de residuos valorizados después de MTD (2)</li> <li>• % de Aumento tasa de residuos valorizados por MTD = <math>((2)-(1)) / (2) \times 100</math>.</li> </ul> <p><b>Indicador de Disposición Final de Residuos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos destinados a disposición final antes de MTD</li> <li>• % de residuos destinados a disposición final antes de MTD</li> <li>• Residuos destinados a disposición final después de MTD</li> <li>• % de residuos a disposición final después de MTD</li> </ul>	<p>Se determinará según tipo de residuo</p> <p>Para la recuperación de acero aplica: Reducción de 2150 KgCO<sub>2</sub>/ton Fe recuperado<sup>20</sup></p> <p>Para la recuperación de hierro aplica: Reducción de 970 KgCO<sub>2</sub>/ton Fe recuperado</p> <p>Para la recuperación de aluminio aplica: Reducción de 3540 KgCO<sub>2</sub>/ton Al recuperado</p> <p>Para la recuperación de cobre aplica: Reducción de 810 KgCO<sub>2</sub>/ton Fe recuperado</p> <p>Para la recuperación de papel y cartón aplica: Reducción de cerca de 3110 KgCO<sub>2</sub>/ton cartón recuperado<sup>21</sup></p>
<b>Seguridad Laboral</b>	<p><b>Indicador de Accidentalidad y Riesgo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de Accidentalidad: N° de accidentes del trabajo con tiempo perdido, en un año por cada cien trabajadores.</li> <li>• Tasa de Riesgo: N° de días perdidos en un año por cada cien trabajadores, a causa de un accidente del trabajo.</li> <li>• Tasa de Fatalidad: Número de accidentes fatales ocurridos en doce meses por cada mil trabajadores.</li> </ul>	No aplica
<b>Consumo de Agua de Proceso</b>	<p><b>Indicador de reducción de consumo:</b> (m<sup>3</sup>/año y m<sup>3</sup>/ton producida)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de agua antes de MTD</li> <li>• Consumo de agua después de MTD</li> <li>• Reducción consumo de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua Potable a T° Ambiente</li> </ul> <p>4 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.</p>

<sup>20</sup> La generación de CO<sub>2</sub> en procesos de extracción primaria de Fe es de 2180 kg/ton, para la extracción desde material reciclado la generación se reduce a 30 kg/ton. Fuente BIR 2008

<sup>21</sup> Fuente CPL 2010

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO <sub>2</sub> eq.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>% de reducción de consumo de agua.</li> <li>Reducción unitaria por medidas de producción limpia (t/ toneladas producidas)</li> </ul>	
<b>Consumo de Energía</b>	<b>Indicador de reducción de consumo: (kWh/ ton producida y kWh/año)</b> Consumo de energía antes de MTD Consumo de energía después de MTD Reducción consumo de energía % de reducción de consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía eléctrica<sup>22</sup></li> </ul> 0,811 Kg CO <sub>2</sub> /Kwh (SING) 0,391 Kg CO <sub>2</sub> /Kwh (SIC)

A partir de la cuantificación de los indicadores propuestos en forma previa será posible determinar, durante el transcurso de la implementación del APL, una serie de indicadores de impacto relacionados aspectos económicos ambientales y sociales, como los expuestos a continuación:

#### Indicadores Económicos:

- Reducción de costos asociados a incumplimiento legal.
- Reducción de costos de energía por unidad de producto (Eficiencia energética).
- Reducción de costos por tratamiento/ disposición de residuos
- Incremento de ingresos por valorización y venta de residuos.

#### Indicadores Ambientales:

- Disminución de la tasa de generación de residuos.
- Disminución de multas y/o sumarios sanitarios.
- Cumplimiento de permisos sectoriales (planes de manejo de residuos peligrosos)

#### Indicadores Sociales:

- Disminución a la exposición de residuos peligrosos, por parte de la población (Laboral y Comunidad).

<sup>22</sup> Fuente: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/emision-para-el-sic>

## 2.5 REGLAMENTACIÓN PERTINENTE A LA ACTIVIDAD

### 2.5.1 Normativas

Las principales normativas relacionadas al sector corresponden a las siguientes:

#### Generales

- Ley Nº 19.300/90. Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley Nº 20.417/10. Secretaría General de la Presidencia. Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente. Complementa la Ley Nº 19.300.
- D.S. Nº 40/2013 Ministerio Medio Ambiente. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Reemplaza D.S. 95/01) Establece aspectos de presentación de proyectos para la obtención de una Resolución de Calificación Ambiental, RCA.
- D.S. 1/2013 Ministerio Medio Ambiente. Reglamento del Sistema de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Establece sistema de ventanilla única para declaración de emisiones.
- Resoluciones de Calificación Ambiental otorgadas por la autoridad competente que apliquen a la instalación o a alguno de sus componentes.

#### Localización de las Industrias basada en planes reguladores

- D.S. Nº 458/76. Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (Art. 62 y 160). Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- D.S. Nº 47/92. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

#### Emisiones Atmosféricas

- D.S. Nº144, Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza, Ministerio de Salud, D.O. 18/05/61
- D.S. Nº594, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud D.O. 29/04/2000
- D.S. Nº138, Establece Obligación de Declarar Emisiones Gaseosas. Ministerio de Salud D.O. 10/06/05:
- D.S. Nº 48, Aprueba Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor Ministerio de Salud D.O. 12/05/84.
- Resolución Nº 1215 Normas Sanitarias Mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica. Ministerio de Salud S.O.: 12/6/78
- D.S. Nº 238 Establece Normas Aplicables a las Importaciones de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, los Volúmenes Máximos de Importación y los criterios para su Distribución Ministerio Secretaria General de la Presidencia D.O. 11/09/2007
- Ley Nº 20.096 Establece mecanismos de control aplicables a las sustancias agotadoras de la capa de Ozono Ministerio Secretaria General de la Presidencia D.O. 23/03/2006
- D.S. Nº 812/95. Complementa Procedimientos de Compensación de Emisiones para Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica. Ministerio de Salud.
- Resolución Nº 1.215 /78: art. 3, 4 y 5 Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica. Ministerio de Salud.

- Resolución N° 15.027/94. Establece Procedimiento de Declaración de Emisiones para Fuentes Estacionarias que Indica. Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

### Residuos Líquidos

- D.F.L N°1122, Ministerio de Justicia, “Código de aguas” ,D.O. 29/10/81
- D.S. N°655, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, “Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial”, D.O. 07/03/41
- DFL N° 725/67, del Ministerio de Salud, Código Sanitario, específicamente los artículos 78 al 81 sobre los desperdicios y basuras.
- DFL N° 1/89, del Ministerio de Salud, que determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (N° 22, 25, 26, 40 y 44: instalaciones, obras y lugares destinados a la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos.
- D.S. N° 609/98. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a sistemas de alcantarillado. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- D.S. N°46, Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. Ministerio Secretaria General de la Presidencia D.O. 17/01/2003
- DS MINSEGPRES N° 90/00. Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- D.S. N°236, Reglamento general de alcantarillados particulares fosas sépticas, cámaras filtrantes, cámaras de contacto, cámaras absorbentes y letrinas domiciliarias. Ministerio de Salud D.O. 23/05/1926 y modificaciones posteriores.
- D.S. N°594, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud D.O. 29/04/00
- D.F.L. N° 382 Ley General de Servicios Sanitarios D.O. 21/06/1989.
- Ley N° 18.902 Crea Superintendencia de Servicios Sanitarios y sus modificaciones D.O. 27/01/1990.
- Resolución N°1527 Superintendencia de Servicios Sanitarios, 08/08/01, que “Instruye acerca de las condiciones en que la SISS validara los resultados de los procesos de autocontrol del agua potable, aguas servidas y riles y del proceso para la calificación de establecimiento industrial.
- Resolución SISS 4275 del 29 de abril de 2014 Revoca Resolución SISS Ex. N° 2505/ 2003 y Declara Aplicables el instructivo y Formato Caracterización De Riles D.S. MOP °609/98.

### Normativas Aplicables a los Residuos Sólidos no peligrosos.

- D.S. N°2385 Fija Texto refundido y sistematizado del Decreto Ley N°3063 de 1979, sobre Rentas Municipales, Ministerio del Interior 20/11/1996.
- DFL N°1, Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa, Ministerio de Salud D.O. 21/02/1990.
- D.F.L. N°725, Código Sanitario, Ministerio de Salud Pública, D.O. 31/01/68.
- D.S. N°655, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, “Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial”, D.O. 07/03/41.
- D.S. N°594, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud D.O. 29/04/2000. art 16 a 20.

- DFL N°1, Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa, Ministerio de Salud D.O. 21/02/1990.
- Ley N°18.290, Ministerio de Justicia, “Ley de Tránsito”, D.O. 07/02/84.
- D.S. N°75, Establece condiciones para el transporte de cargas que indica Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transportes.

### **Residuos Peligrosos**

- D.F.L. N°725, Código Sanitario, Ministerio de Salud Pública, D.O. 31/01/68.
- D.S. N°594, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud D.O. 29/04/2000.
- D.S. N°148, Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, Ministerio de Salud, D.O. 16/06/04.

### **Normativas Aplicables a los Ruidos**

- D.S. N°38/11 Ministerio Medio Ambiente. Establece Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica, Reemplaza al D.S N° 146/98. Incluye niveles máximos permitidos en zonas urbana y rural.
- D.S. N° 594/99. Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Ministerio de Salud.

### **Higiene y Seguridad Laboral**

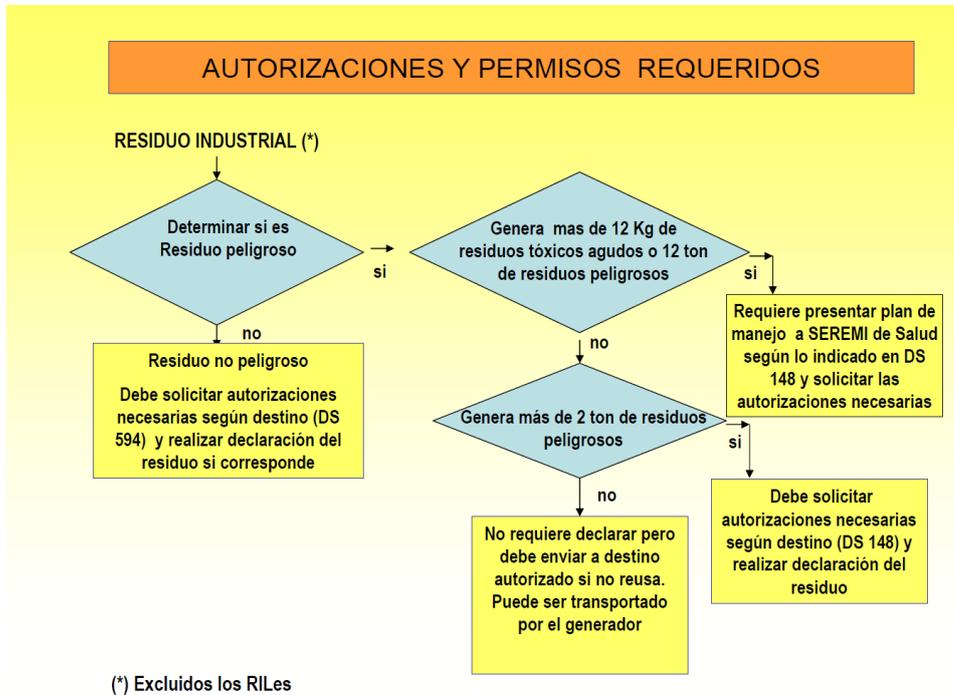
- Ley 16.744/68, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Ley sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, y sus Reglamentos, publicada en el Diario Oficial el 1 de febrero de 1968.
- Ley 20.123, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Ley de Subcontratación y Servicios.
- D.S. N° 594 de 1999, del Ministerio de Salud, que Aprueba “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas de los Lugares de Trabajo”, y sus modificaciones, publicado en el Diario Oficial el 29 de abril de 2000.
- D.S. N° 18 de 1982, del Ministerio de Salud, que establece normas y exigencias de calidad de elementos de protección personal contra riesgos ocupacionales, publicado en el Diario Oficial el 15 de octubre de 1982.
- D.S. N° 40 de 1969, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, que aprueba el “Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales”
- D.S. N° 54 de 1969, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, que aprueba el “Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad”.
- D.F.L. N° 725/67 Código Sanitario (Art. 90–93). Ministerio de Salud.
- D.F.L. N° 1/89 Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1 N°44). Ministerio de Salud.
- D.F.L. N°1/94 Código del Trabajo (Art. 153–157). Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- D.S. N° 20/80 Modifica D.S. N° 40/69. Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- 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.

## Sustancias Peligrosas

- DS Nº 78/09, del Ministerio de Salud, Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.
- DFL. Nº725, Código Sanitario, Ministerio de Salud Pública, D.O. 31/01/68.
- D.S. Nº379, Reglamento sobre los requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo destinados a consumos privados, Ministerio de Economía, D.O. 01/03/86.
- Resolución Nº 714, Dispone Publicación de lista de Sustancias Peligrosas para la Salud, Ministerio de Salud D.O. 03/08/02.
- D.S. Nº 29/86 Almacenamiento de Gas Licuado. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.
- D.S. Nº 95/95 Modifica D.S. Nº 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales. Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- D.S. Nº 369/96. Extintores Portátiles. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.
- NCh2245.Of2003: Sustancias químicas-Hojas de datos de seguridad-Requisitos.
- NCh2190.Of2003: Transporte de sustancias peligrosas - Distintivos para identificación de riesgos.
- NCh2.164.Of1990: Gases comprimidos-Gases para uso industrial, uso médico y uso especial- Sistema SI- Unidades de uso normal.
- NCh2120.Of2004: Sustancias peligrosas: Partes 1 a 9: Clase 1 a 9.
- NCh1.411.Of1978: Prevención de riesgos: Parte 1 a 4.
- NCh1.377.Of1990: Gases comprimidos -Cilindros de gas para uso industrial-Marcas para identificación del contenido y de los riesgos inherentes.
- NCh758.Of1971: Sustancias peligrosas – Almacenamiento de líquidos inflamables - Medidas particulares de seguridad.
- NCh389.Of1972: Sustancias peligrosas-Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables - Medidas generales de seguridad.
- NCh388.Of1955: Prevención y extinción de incendios en almacenamiento de materias inflamables y explosivas.
- NCh387.Of1955: Medidas de seguridad en el empleo y manejo de materias inflamables.
- NCh385.Of1955: Medidas de seguridad en el transporte de materiales inflamables y explosivos.
- NCh1.411.Of1978: Prevención de riesgos: Parte 1 a 4.

## 2.5.2 Permisos Sectoriales Para Residuos Sólidos

Los permisos sectoriales requeridos para los residuos sólidos dependerán de la clasificación del residuo (peligroso o no peligroso), el volumen generado y los requerimientos de la autoridad competente.



**Figura 33 Autorizaciones y permisos requeridos para residuos sólidos**

Fuente: Elaboración propia

### a) Residuo No Peligroso:

- Si el residuo es no peligroso, sigue las directrices indicadas por el D.S. Nº 594/99. De acuerdo a lo establecido en el sistema de Declaración de Residuos No Peligrosos (SINADER) se debe realizar la declaración de estos residuos si se generan más de 12 toneladas/año.
- Si el manejo se realiza con una empresa externa, debe solicitar la autorización sanitaria respectiva para la instalación de almacenamiento temporal, condiciones de transporte y destino, de acuerdo a los requerimientos específicos de la autoridad sanitaria (ya sea para reuso, reciclaje o disposición final). Se debe realizar la declaración de los residuos que salen de la empresa.
- Si el manejo se realiza en forma interna se debe informar a la autoridad sanitaria respectiva sobre la forma de reuso de los residuos.

Es importante dejar explícito que la venta de un residuo no cambia la naturaleza de éste, aunque para el comprador constituya una materia prima, pues sigue siendo considerado como residuo para el generador ya que la reutilización se efectúa fuera del establecimiento industrial. Un residuo o desecho pierde la calidad de tal, para efectos del generador, sólo cuando éste es previamente procesado en la misma planta, para ser vendido, donado o

cuando es reutilizado dentro de la planta. Por lo anterior, la venta de residuos también debe ser declarada para su control, de forma tal de verificar que estos residuos realmente fueron vendidos y tener un control sobre los intermediarios y destino final.

Finalmente, si se realiza tratamiento y transformación de residuos no peligrosos (artículo 3 literal o8) se debe solicitar la pertinencia de ingreso del proyecto propuesto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. La solicitud de pertinencia debe ser enviada a la Seremi de Medio Ambiente respectiva y debe contener información de los siguientes aspectos del proyecto:

- Fecha de inicio de actividades de la instalación.
- Volumen de residuo a manejar con fines de reuso o reciclaje interno.
- Equipamiento involucrado, describiendo las principales operaciones unitarias.
- Impactos del proyecto.
- Antecedentes respecto del cumplimiento de la normativa vigente (ruido, emisiones, residuos).

#### **b) Residuos Peligrosos**

Si el residuo es peligroso, sigue las directrices establecidas por el DS.148/03, entre las que se señalan:

- Si se generan más de 12 kg/año de residuos tóxicos agudos o 12 toneladas/año de residuos peligrosos se debe presentar un plan de manejo de residuos peligrosos a la autoridad, en base a los lineamientos indicados por el Reglamento de Manejo de Residuos Peligrosos.
- Se debe solicitar la autorización sanitaria respectiva para todo sitio de almacenamiento de residuos peligrosos.
- Se debe solicitar la autorización sanitaria respectiva para el transporte de residuos peligrosos cuando éstos excedan los 6 kg de residuos tóxicos o las 2 toneladas de cualquier otra clase de residuos peligrosos.
- No requerirá autorización si la cantidad a transportar no excede los límites antes señalados, y es transportada por el propio generador. En este caso no está sujeto a presentar un plan de manejo.
- Se debe solicitar la autorización sanitaria respectiva para el reciclaje de residuos peligrosos.
- Se debe informar a la autoridad sanitaria respectiva sobre el reuso de residuos peligrosos.
- Se debe realizar la declaración de residuos peligrosos a través del sitio <http://sidrep.minsal.gov.cl>). No están obligados a declarar los generadores de menos de 2 toneladas/año de residuos peligrosos.

Los residuos peligrosos se deben depositar en contenedores apropiados que faciliten su recolección en función de sus características fisicoquímicas y al volumen generado. Los contenedores deben ser sólidos y resistentes, de espesor adecuado, y contar con tapa. Es recomendable reutilizar los mismos contenedores de la materia prima que lo generó<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> para mayor información refiérase a Artículo 8 DS 148/2003.

### 2.5.3 Modificaciones a la Normativa Existente

No obstante lo anteriormente expuesto, en la actualidad se está desarrollando algunas modificaciones normativas que podrían hacer variar la situación actual del manejo de los diferentes residuos y emisiones generadas, las que se detallan a continuación<sup>24</sup>.

- **Anteproyecto de Ley General de Residuos (Ley 3R) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA)**

Hasta ahora en el país sólo se contaba con una Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, cuyo objetivo es lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente, propiciando una visión integral de los residuos, que asegure un desarrollo sustentable y eficiente.

Actualmente se encuentra en evaluación el Anteproyecto de Ley General de Residuos, denominada **Ley de Manejo Sustentable de Residuos**, que establecerá el marco jurídico para la gestión integral de residuos sólidos, orientada a la implementación de una estrategia jerarquizada en el manejo de residuos, promoviendo la prevención de la generación de un residuo y, si ello no es posible, fomentar su reducción, reutilización, reciclaje, valorización energética, tratamiento y finalmente la disposición final de los mismos. Todo ello para efectos de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. Se estima que la Ley podría promulgarse el año 2015.

#### Reglamentos para Residuos Prioritarios

La Ley considera elaborar reglamentos relacionados con la Responsabilidad Extendida del Productor, REP para residuos prioritarios, generados por productos de consumo masivo tales como envases, neumáticos, baterías y aceites, entre otros, estableciendo las base para su adecuada gestión por parte de los productores. Lo anterior posibilitaría lograr, por ejemplo, una mejor gestión de los envases a través de la devolución de los mismos a los proveedores de insumos y lograr una mayor transparencia del mercado actual.

- **Sistema de Registro de Residuos No Peligrosos**

Adicionalmente el MMA ha implementado un sistema de declaración de residuos industriales no peligrosos a nivel nacional. El sistema de registro operará obligatoriamente desde el 2015 dentro del sistema de ventanilla única del RETC para quienes generen más de 12 ton/año. Se espera que con la entrada en operación de este sistema se simplifiquen los procesos de autorizaciones de destino de los residuos no peligrosos y se clarifique la situación en regiones, donde actualmente no existen prácticamente requerimientos para declarar.

- **Modificaciones al D.S. 148**

Por otra parte, se encuentra actualmente en modificación el DS 148/03, Reglamento de Manejo de residuos peligrosos, cuyo texto modificado estaría actualmente en proceso de Contraloría. Entre los puntos que sufrirán modificaciones se encuentra el rebajar el límite para presentar planes de manejo desde 12 a 6 ton/año de ResPel.

<sup>24</sup> Fuente: información del Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Salud

- **Modificaciones al D.S. 78**

Igualmente se encuentra actualmente en modificación el D.S. 78/10, Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas. Entre los puntos que sufrirán modificaciones se encuentra algunas definiciones más precisas respecto de los estanques de almacenamiento y cambios en los límites de cantidades para autorizar los sitios de almacenamiento.

- **Norma ambiental de olores<sup>25</sup>**

Actualmente el Ministerio de Medio Ambiente, dentro de la “Estrategia para la Gestión de Olores 2014-2017”, aprobada el 7 de noviembre de 2013 está avanzando en la elaboración de un “Reglamento para la Prevención y Control de Olores” orientado a que las fuentes de sectores potencialmente generadores de olor adopten mejoras en sus tecnologías y prácticas de control y prevención de olores. De esta forma, se espera sentar las bases para la elaboración de una futura norma ambiental de olores.

El reglamento se complementará con acciones que apunten a la homologación de normas técnicas para la estandarización de medición de olores; consideración de la componente olores en la localización territorial; potenciar instrumentos ambientales existentes para el control y prevención de olores como la evaluación de proyectos en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); establecer protocolos para la fiscalización de olores e incorporar un capítulo respecto a control y prevención de olores en la Guía Referencial de Ordenanza Ambiental Municipal.

Se espera que el anteproyecto de este Reglamento entre en consulta pública el 2015 y se cuente con la normativa respectiva al 2017.

#### **2.5.4 Permisos Sectoriales Para Residuos Líquidos**

Si se generan residuos líquidos (RILes) y estos se descargan al alcantarillado se debe presentar los resultados de la caracterización de los mismos a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, para acreditar que se cumple con la normativa de descarga (DS.609/98,) y obtener las resoluciones respectivas.

En el caso de generar residuos líquidos y descargarlos a cursos de agua superficial, o bien infiltrarlos, se debe cumplir lo indicado por las respectivas normativas (DS. 90/00 o DS.46/02, respectivamente. En este caso la caracterización debe enviarse a la Superintendencia del Medio Ambiente. Es importante destacar que cualquier modificación en el manejo de los residuos o en su monitoreo debe ser informada a la autoridad que compete a cada materia.

#### **2.5.4 Permisos sectoriales de emisiones atmosféricas (Decreto Supremo Nº 66 de 2009)**

En la Región Metropolitana actualmente rige el D.S. 66 del 2009, el cual corresponde a la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), el cual es aplicable a las instalaciones diagnosticadas. Este plan estableció medidas que entraron en vigencia al momento de publicarse éste en el Diario Oficial. Sin embargo, existen otras medidas que entrarán gradualmente en vigencia hasta en

<sup>25</sup> Fuente: MMA, 2013

un año y medio más, a medida que se vayan dictando las correspondientes resoluciones y decretos.

El Plan establece una serie de exigencias de reducción de emisiones para el sector industrial y comercial, entre las que se cuentan las siguientes:

- Los titulares de fuentes estacionarias deberán comunicar al Seremi de Salud de la RM su intención de cambiar combustible, antes de realizar cualquier cambio u otra condición que incida en un aumento o reducción de emisiones.
- Las fuentes estacionarias cuya emisión de material particulado sea igual o superior 16 toneladas por año o superior de 70 toneladas por año de NOx y/o igual o superior de 80 toneladas por año de SO<sub>2</sub> deberán implementar un sistema de monitoreo continuo de sus emisiones. A partir de la fecha de publicación del protocolo de monitoreo los titulares de estas fuentes estacionarias tendrán 12 meses para implementar el sistema de monitoreo.
- Se establece una norma de emisión de monóxido de carbono (CO) para las fuentes estacionarias de 100 ppm, excluyéndose a las turbinas de gas y grupos electrógenos del cumplimiento de dicha norma de emisión.
- Se establece una norma de emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para las fuentes estacionarias de 30 ng/J. Se establece además metas de emisión para los mayores emisores (con aporte de SO<sub>2</sub> superior 100 toneladas por año).
- Se establecen metas de reducción de emisiones para los mayores emisores de óxidos de nitrógeno (NOx). Estas metas las podrán cumplir también mediante la compensación de emisiones e incluso si se producen excedentes de emisión, estas se pueden ceder a otro mayor emisor. También aquellas fuentes que no sean categorizadas como mayor emisor, pero que emitan más de 8 toneladas por año deberán compensar emisiones. El plazo para acreditar las compensaciones será de 6 meses para las fuentes fijas categorizadas como mayores emisores y 3 meses para el resto. Anualmente se deberá enviar una Declaración de Emisiones de NOx.
- Obligaciones similares de compensación de emisiones existen para los mayores emisores de material particulado, es decir, aquellos que tengan una emisión igual o superior a 2,5 toneladas anuales. La compensación es de un 150%.
- Se considerará que las fuentes de un establecimiento industrial se encuentran en cumplimiento, si la sumatoria de las fuentes se encuentra por debajo de la sumatoria de sus fuentes individuales, independientemente de la situación de déficit o excedencia de cada una de las fuentes.
- Los grupos electrógenos deberán tener un horómetro digital sellado e inviolable, sin vuelta a cero, que registrará las horas de funcionamiento, las cuales deberán ser informadas anualmente a la Seremi de Salud de la Región Metropolitana.
- Se controlarán las emisiones de COV (compuestos orgánicos volátiles) asociadas a la cadena de distribución de combustibles de uso vehicular, industrial y comercial. Para esto se establece la obligación de tener un sistema de recuperación de vapor que

capture a lo menos 90% del total de los vapores desplazados. Para cumplir con esta obligación tendrán un plazo de 18 meses. En la misma línea, el Ministerio del Medio Ambiente y la Seremi de Salud de la RM implementarán un sistema de declaración de emisiones de COV al sector industrial, en forma anual.

Adicionalmente a lo anterior, se espera que en el corto plazo se promulgue una norma de emisión para calderas y procesos de combustión, y normas para emisión de PM<sub>2,5</sub> en base a las modificaciones de los planes de descontaminación ambiental esperadas para el 2016.

#### **2.5.6 Evaluación de Cumplimiento Normativo.**

Tal como se detalló en la sección 2.3.1 además de lo indicado en la sección 2.4, existen avances pero no un cumplimiento total respecto a la normativa relacionada principalmente a residuos sólidos, residuos líquidos y manejo de sustancias peligrosas, ya que si bien la mayoría de las instalaciones conoce las normativas relacionadas a cada uno de estos aspectos, y más del 60% ya las están cumpliendo, existen algunos elementos que aún no se cumplen a cabalidad y que serían sujeto de acciones para la puesta al día dentro del acuerdo de producción limpia que se propone. El tema más adelantado corresponde a gestión de emisiones.

Respecto al grado de cumplimiento normativo por parte de las empresas del sector, se puede indicar que en algunas de las empresas más pequeñas se detecta un mayor grado de desconocimiento respecto de las normativas y permisos a cumplir, sobre todo en lo referente a almacenamiento de algunos residuos sólidos y, en algunos casos, en el manejo de sustancias peligrosas. Al respecto, es importante mencionar que sólo 9 de las empresas evaluadas han participado en los APL anteriores del sector.

## 2.6 REQUISITOS DE LOS MERCADOS

De acuerdo a la información del sector fundiciones, el mercado de sus productos es múltiple y orientado a diversos sectores industriales (minería, manufactura), infraestructura y bienes de consumo

En general, las instalaciones han tendido y tienden a ubicarse en zonas geográficas donde el consumo es mayor. Esto puede explicar la concentración de estas empresas en la Región Metropolitana, y también la presencia de algunas instalaciones en algunas regiones específicas de la zona norte y sur del país.

Las empresas del sector se han expandido en los últimos años debido a los recursos y la confianza para invertir en el mejoramiento de su gestión industrial. Para algunas empresas este crecimiento presenta dificultad en lograr suficientes volúmenes de ventas que justifiquen la inversión en nuevo equipamiento requerido y la inclusión de nuevas tecnologías. Sin embargo, algunas empresas han logrado posiciones bastante fuertes en sus distintos ámbitos y son muy dinámicas.

El sector está experimentando presiones competitivas dentro del mercado local, con una importante competencia internacional por la entrada de productos importados a menor valor.

Un punto relevante se relaciona con la situación económica actual de ciertos sectores demandantes, los que han afectado en forma importante a una parte del sector, sobre todo a las empresas más pequeñas que trabajan a pedido, quienes han visto reducidas sus ventas. Esto ocurre principalmente en las empresas que se orientan a sectores productivos específicos, las cuales se han visto afectadas por las variaciones del mercado de sus clientes.

El sector, aunque fundamentalmente es un prestador de servicios donde los requisitos los pone el mandante, está propendiendo a cambiar la tendencia de relaciones estrictamente comerciales con sus clientes, lo que implica que las empresas se están orientando tanto a mantener altos niveles de calidad como a entregar un mayor apoyo en información tecnológica.

Por otra parte, algunos clientes están exigiendo estándares y certificaciones a sus proveedores, situación que ha llevado a que una parte importante de las empresas haya comenzado a ponerse al día en este aspecto.

En general, las empresas en el último tiempo se han visto enfrentadas a una serie de dificultades, entre las que se destacan las siguientes:

- Márgenes cada vez más reducidos.
- Falta de mano de obra especializada.
- Ventas indexadas a la demanda y los cambios en la Economía,
- Costos de la energía
- Cambios tecnológicos

## 2.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

La identificación fue guiada a través del cumplimiento de las características inherentes a una MTD, definidas en la Ley 16 /2002 de la Comunidad Europea<sup>26</sup> como: “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas”.

El primer paso para la identificación de una MTD está determinado por el cumplimiento de los aspectos señalados en el anexo 4 de la Ley anteriormente señalada, los que consideran criterios de:

### **Sustentabilidad**

- Uso de técnicas que produzcan pocos residuos.
- Uso de sustancias menos peligrosas.
- Desarrollo de las técnicas de recuperación y reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso y de los residuos cuando proceda.
- Carácter, efectos y volumen de las emisiones que se trate.
- Consumo y naturaleza de las materias primas (incluida el agua) utilizadas en procesos de eficiencia energética.
- Necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y de los riesgos en el medio ambiente.

### **Mejora tecnológica**

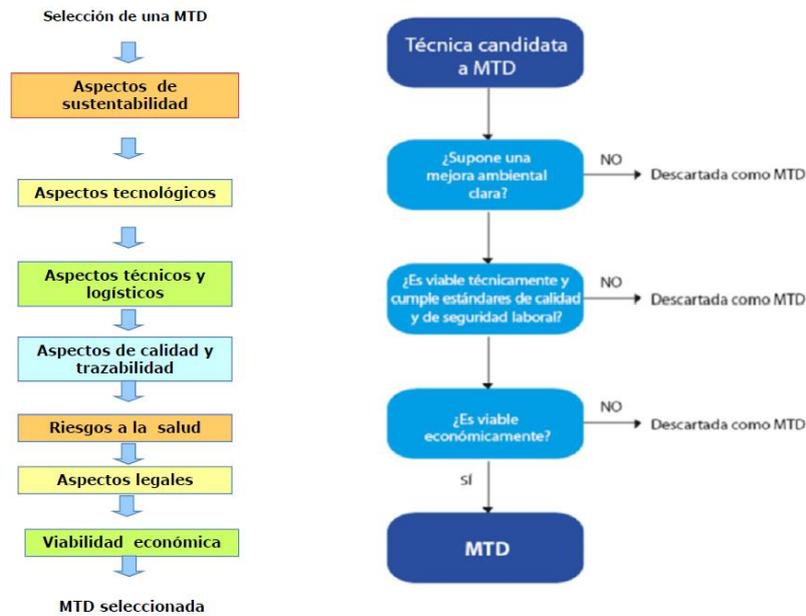
- Procesos, instalaciones o método de funcionamiento comparables que hayan dado pruebas positivas a escala industrial.
- Avances técnicos y evolución de los conocimientos científicos.

### **Aspectos técnicos y logísticos**

- Sistema de control y cuantificación de la generación.
- Competencia del personal encargado del control de generación y del personal de producción.
- Fecha de entrada en funcionamiento de las instalaciones nuevas o existentes.
- Plazo que requiere la instauración de una mejor técnica disponible.

Inicialmente se caracterizó detalladamente la problemática productivo ambiental a abordar, para posteriormente definir las MTD que permitan resolver dicha situación. La metodología requiere de un diagnóstico acabado de los procesos, analizando aspectos productivos y ambientales, a fin de determinar brechas existentes. A partir del diagnóstico fue posible identificar alternativas de MTD que permiten reducir las brechas identificadas. El paso siguiente es evaluar dichas alternativas en detalle, utilizando criterios de tipo técnico y logístico, ambiental, legal, económico, y otros relevantes, que permiten realizar la selección definitiva de la MTD más apropiada a cada empresa, además de considerar la jerarquía de producción limpia, que da énfasis a la prevención y la minimización.

<sup>26</sup> Esta Ley tiene por objeto evitar, o cuando ello no sea posible, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la contaminación, con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente.



**Figura 34 Metodología de identificación de MTD**

Fuente: elaboración propia basada en guías MTD CPL

En comparación con otras técnicas disponibles empleadas para una determinada operación, una MTD supone un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido. Luego, la MTD debe estar disponible en el mercado y ser además compatible con productos de calidad, cuya fabricación no suponga riesgo a la salud.

Finalmente, una técnica no podría considerarse MTD si fuera económicamente inviable para una industria. En este sentido, es conveniente recordar que en las instalaciones antiguas, un cambio de tecnología es una inversión costosa, no siempre posible de incorporar, mientras que en nuevas instalaciones es más lógico considerar la fuerza de la nueva normativa y fomentar la adopción de técnicas productivas respetuosas con el medio ambiente.

Por lo anterior, la evaluación económica determina la factibilidad de implementar una técnica en función de su inversión, costos de implementación, operación y los ahorros o ingresos resultantes de su aplicación, lo cual depende muchas veces de las condiciones de cada instalación que plantea aplicarlas, nivel tecnológico y en algunos casos su ubicación geográfica.

Los beneficios de la inclusión de MTD dicen relación con una mayor eficiencia, menores costos de control de la contaminación y finalmente una mejor calidad de vida:

- **Reducción de costos operacionales:** ahorro de materiales, energía y mano de obra asociada usualmente en el manejo de residuos.
- **Reducción de costos de transporte y disposición de residuos:** reducción del volumen de residuos emitidos o generados por la industria
- **Reducción de la responsabilidad al largo plazo:** disminución de la responsabilidad adquirida por los residuos peligrosos dispuestos fuera de la industria.
- **Mayor seguridad laboral:** al reducir el potencial de exposición a los residuos peligrosos, lo cual puede disminuir casos de accidentes, gastos médicos asociados y pérdida en la producción.

A continuación se identifican las MTD propuestas preliminarmente para el sector clasificadas por operación principal, las que están basadas tanto en información entregada por las empresas como en documentos de MTD desarrollados a nivel internacional<sup>27</sup>. Posteriormente, cada una se detalla dentro del capítulo, considerando sus principales características. Es importante mencionar que varias de ellas ya han sido incluidas por algunas de las instalaciones diagnosticadas.

**Tabla 17 Resumen de MTD identificadas**

DESCRIPCION DE LA MTD			PRINCIPALES IMPACTOS				
Etapa	Medidas	Objetivo	Reducción contaminación agua	Reducción consumo energía	Reducción emisiones	Reducción residuos	Aumento potencial valorización
General	Buenas prácticas	Reducir pérdidas y emisiones, optimiza uso de materiales e insumos	X	X	X	X	X
General	Gestión del consumo eléctrico	Optimiza uso de energía		X			
General	Uso Eficiente de materias primas e insumos	Aumentar eficiencia del proceso. Reducir residuos y emisiones		X	X	X	
Moldeo	Reuso de arena	Aumentar eficiencia del proceso. Reducir residuos				X	
Fusión	Recuperación de hierro desde escoria ferrosa	Aumentar eficiencia del proceso. Reducir residuos				X	
Fusión	Reuso de polvos de filtros	Aumentar eficiencia del proceso. Reducir residuos				X	
Externa	Valorización de arenas	Descartar eliminación como destino. Generar subproducto o materia prima secundaria para otros procesos				X	X
Externa	Valorización de escorias	Descartar eliminación como destino. Generar subproducto o materia prima secundaria para otros procesos				X	
Externa	Valorización de polvos de filtros	Descartar eliminación como destino. Generar subproducto o materia prima secundaria para otros procesos				X	
General	Gestión de residuos	Aumentar la cantidad de residuos con posibilidades de reutilización o valorización Asegura un adecuado manejo y destino final de estos residuos.	X				X

Las principales MTD para este sector se encuentran descritas en las Guías Técnicas de Manejo de Residuos de ASIMET para los residuos: arenas de descarte, escorias y polvos de filtro<sup>28</sup> desarrolladas dentro del APL 2 de Fundiciones, y también en las guías MTD del CPL, cuyos principales aspectos se resumen en esta sección. Es importante recalcar que algunas de las MTD detalladas ya han sido incorporadas por las empresas, en tanto en otras relacionadas a la valorización de algunos residuos de proceso (como arenas o escorias) aún no se ha avanzado.

<sup>27</sup> Fuente: IHOB 2000, MMAMRM 2009.

<sup>28</sup> Documentos disponibles en [www.produccionlimpia.cl](http://www.produccionlimpia.cl)

### 2.7.1 BUENAS PRÁCTICAS APLICABLES EN GENERAL

La implementación de buenas prácticas se basa en la incorporación de una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar el proceso productivo en forma integral y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos.

Las MTD basadas en buenas prácticas son un conjunto de recomendaciones sencillas y respetuosas con el medioambiente y con la gestión empresarial. Su fin es, además de preservar el entorno natural, ayudar a que las organizaciones asuman el medioambiente como un factor positivo, a fin de optimizar la productividad y ahorrar tiempo y recursos. Normalmente no requieren cambios tecnológicos y, por tanto, son técnicas que se incorporan en el proceso sin necesidad de cambiar ningún aspecto del mismo. Los costos de implementación son bajos (normalmente asociados a capacitación para incorporar procedimientos apropiados) en comparación con los ahorros que es posible lograr al optimizar el uso de recursos (materia prima, insumos, energía, entre otros). Por lo anterior son medidas fáciles y rápidamente asumibles.

Estas técnicas son aplicables a cualquier empresa, independiente de su tamaño. Entre ellas se pueden mencionar e identificar las siguientes:

#### Buena Práctica Propuesta

SELECCIÓN DE INSUMOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar siempre fichas técnicas y hojas de seguridad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reevaluar la cantidad de materiales usados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustituir materiales peligrosos, ahorra costos de manipulación, almacenaje y gestión de residuos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestionar la devolución del material de envase y embalaje o vender a terceros.</li> </ul>
MANEJO DE INVENTARIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar la rotación FIFO “lo primero que entra o se produce es lo primero que sale”, mediante formatos con fechas y números de lote y compra.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar los materiales para que no caduquen por tiempo o cambio de línea de producción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar mejor los espacios: reducir el número de recipientes parcialmente llenos (reagrupar), reducir el número de envases usados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar pedidos justo a tiempo para que la mayor cantidad de materia prima y producto pase directamente al proceso o al cliente.</li> </ul>
ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar las condiciones de calidad del material que ingresa al proceso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El almacenamiento de materiales a procesar debe evitar condiciones que aumenten su oxidación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El almacenamiento de productos químicos incompatibles debe hacerse en zonas diferentes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenar los insumos y materiales según lo indique el fabricante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ordenar los recipientes según su peligrosidad y grado de utilización en el área de almacenamiento. Las etiquetas de todos los recipientes de residuos deben ser legibles y claras</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener todos los recipientes y envase completamente cerrados (herméticos).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar a todos los trabajadores en materia de detección, contención y saneamiento de emergencia de escapes de sustancias almacenadas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar ventilación o un sistema de extracción, para garantizar recirculación de aire.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transportar los cilindros de gas (oxígeno, acetileno) en forma vertical y mediante carros, ajustando la tapa de protección de los cilindros</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>No almacenar cilindros cerca de líneas de alta tensión o sistemas calientes, tuberías de vapor,</li> </ul>

calentadores o material combustible
<ul style="list-style-type: none"> <li>El sitio debe ser suficientemente grande (para clasificar residuos y almacenarlos temporalmente en contenedores diferentes), techado (para evitar que con las lluvias se lixivien sustancias contaminantes y lleguen a sistemas de drenaje), y debe tener buena iluminación, libre de obstáculos, limpio y ordenado para facilitar el manejo y transporte de materiales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se generan cantidades importantes de residuos, se debe designar a un responsable para su gestión.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El transporte de residuos dentro de la planta, de ser posible lo debe realizar la misma persona, reduciéndose el riesgo de colocar residuos en contenedores equivocados.</li> </ul>
<b>PREVENCIÓN DE FUGAS Y DERRAMES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar los recipientes recomendados por el fabricante de las materias primas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurarse que todos los recipientes sigan un programa de mantenimiento y que se encuentren en buenas condiciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenar materiales peligrosos en áreas de menor probabilidad de drenaje.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir zonas de contención alrededor de estanques y áreas de almacenamiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir procedimientos operativos y administrativos para las actividades de carga, descarga y transferencia de materiales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar informes de todas las fugas y sus costos asociados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudios de prevención de fugas durante las fases de diseño y operación de la empresa.</li> </ul>
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar inspecciones periódicas de maquinaria, equipos e instalaciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programar Mantenimiento Preventivo, revisiones y mejoras.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar capacitación programada del personal de mantenimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar especificaciones técnicas para reposición o adquisición de nuevos equipos y maquinaria, considerando mayores rendimientos y menores consumos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar lubricantes que cumplan estándares y establecer rutas de lubricación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistematizar el Programa de mantenimiento, Hojas de Vida, órdenes de Trabajo, Instructivos de Reparación y Manuales del Fabricante.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programar y manejar el presupuesto de mantenimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar herramientas, piezas y accesorios de calidad y mantenerlos en óptimas condiciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Después de efectuar reparaciones en equipos, se les deben realizar inspecciones y pruebas de funcionamiento</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar seguimiento de los costos de mantenimiento para cada equipo incluyendo los residuos y emisiones generadas</li> </ul>
<b>INSTRUCTIVOS DE OPERACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar procedimientos de operación por puesto de trabajo que incluyan autocontrol en la operación, condiciones de seguridad industrial, condiciones de la herramienta, limpieza y buen manejo de equipos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción general del proceso y específica de los trabajos relacionados por lote de producción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer procedimientos ante una emergencia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener registros actualizados de los residuos y emisiones generados por línea de producción y los costos asociados</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener al día las especificaciones técnicas y de seguridad de materiales, maquinaria y equipos.</li> </ul>
<b>USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectuar una evaluación previa del material de entrada con el fin de evitar el reprocesamiento de material que no cumple con las especificaciones</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar el funcionamiento innecesario de equipos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar programas de mantención preventiva y hacer las correcciones que sean necesarias.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar la ubicación de los equipos para evitar grandes distancias de transporte</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar registros de los consumos por equipo</li> </ul>

A fin de ejemplificar más detalladamente las buenas prácticas identificadas previamente, a continuación se describen algunas de ellas.

- **Mantenimiento preventivo**

La técnica se basa en buenas prácticas orientadas al desarrollo de acciones de mantención preventiva en contraposición a la mantención correctiva (reparaciones), lo cual permite reducir fallas y tiempos muertos, aumentando la eficiencia del proceso, además de disminuir la generación de productos no conformes, reducir contaminación ambiental por eventuales derrames y además mejorar las condiciones de salud y seguridad laboral, entre otros.

El funcionamiento normal de los equipos y maquinaria provoca su desgaste, afectando a su rendimiento; esto incrementa el riesgo de mal funcionamiento, roturas, vertidos accidentales, entre otros, conllevando la generación de emisiones residuales. La definición y el establecimiento del programa de mantenimiento deben formar parte de un sistema de gestión ambiental.

El mantenimiento preventivo consiste en la inspección y limpieza periódicos de los equipos e instalaciones, incluyendo la lubricación, comprobación y sustitución de piezas desgastadas o en mal estado. Esto constituye, en sí mismo, una buena práctica para la prevención en origen de la contaminación.

El programa de mantención preventiva se basa en la experiencia de los operarios y la información histórica de los procesos, así como en los manuales de los equipos. Debe considerar objetivos y metas del programa, los equipos a incluir, parámetros y criterios de mantención, periodicidad de las evaluaciones, personal a cargo, procedimientos a aplicar, registros de evaluación y resultados y establecimiento de revisiones.

Entre las principales buenas prácticas que contribuyen a la correcta conservación de las instalaciones y minimización de residuos, tenemos:

- Elaborar planes y/o procedimientos de mantenimiento para cada equipo, con las instrucciones de su uso. Es importante que estos procedimientos se ubiquen en las inmediaciones de cada equipo y que detallen sus características, funcionamiento óptimo y mantenimiento adecuado. Además, cada plan debe incluir la frecuencia y el método de limpieza del equipo, la realización de pequeños ajustes, lubricación, comprobación del equipo y recambio de piezas pequeñas. También se debe tener un registro de los eventos producidos, de los mantenimientos realizados, fechas de revisiones, entre otros. Elaborar registros de incidencias para cada línea o área de producción donde anotar los eventos, derrames, paradas, entre otros, y que pueden afectar al proceso y/o provocar una generación innecesaria de residuos.
- Informar y formar al personal encargado del mantenimiento, para que se ajuste a los procedimientos escritos y respete la periodicidad establecida para los controles y revisiones.
- Para determinados elementos y equipos auxiliares (aparatos de combustión, equipos e instalaciones a presión, equipos de transporte, etc.) es preferible subcontratar el mantenimiento preventivo de forma externa, a una empresa especializada.

Estas medidas permiten la reducción consumo energía y del consumo de insumos.

La técnica tiene una inversión asociada relacionada al desarrollo del programa, la que puede cubrirse con personal propio, o a través de asesoría externa. Los ahorros logrados se orientan a mejorar la eficiencia y productividad.

- **Capacitación**

Un aspecto clave en la introducción de mejoras es la capacitación del personal en diversos ámbitos, para lo cual se incluyen medidas como:

Elaborar unas guías de inspección, con la relación de revisiones a efectuar previas al inicio de la operativa, en las que se incluyan aspectos esenciales para minimizar averías y garantizar el adecuado funcionamiento de los medios de reducción de emisiones.

Proporcionar al personal que participa en las operaciones la formación necesaria, así como instrucciones claras y escritas sobre las operaciones a desarrollar y las prácticas más adecuadas.

Asignar personal a tareas específicas de inspección, que vigile de forma continua el estado del entorno en el que se desarrollan las operaciones y de las medidas atenuantes aplicadas.

## 2.7.2 GESTION DEL CONSUMO ELÉCTRICO

Varias son las alternativas para reducir el consumo eléctrico; siendo éste uno de los principales costos productivos dentro del sector. Las principales acciones recomendadas son:

- Instalar remarcadores para determinar los consumos en áreas importantes y poder llevar registros de consumo detallados, a fin de permitir la determinación de áreas que puedan ser sujeto de mejora.
- Minimizar las pérdidas de energía reactiva, mediante su control anual, asegurándose de que el  $\cos \varphi$  del cociente entre el voltaje y los picks de corriente se mantiene permanentemente por encima de 0,95.
- Realizar regularmente el mantenimiento de los rectificadores y los contactos del sistema eléctrico.
- Instalar rectificadores con el menor factor de conversión posible.
- Evaluar el instalar nuevos equipos eléctricos (motores, bombas, etc.) que sean energéticamente eficientes.
- Mantener la demanda eléctrica por debajo de la potencia contratada, para asegurar que las puntas de carga no exceden el máximo.
- Aprovechar al máximo la iluminación natural.
- Evaluar requerimientos de cambio a iluminación de bajo consumo (sistemas de inducción magnética o LED)

Con estas medidas, puede alcanzarse un ahorro en el consumo de energía eléctrica del 10-20%.

**Principales impactos de la medida**

- Reducción consumo eléctrico en 10-20%

La técnica tiene una inversión asociada relacionada al desarrollo del sistema de medición, la que puede cubrirse con personal propio, o a través de asesoría externa. Los ahorros logrados se orientan a mejorar la eficiencia y productividad.

Por ejemplo, es posible el reemplazo de focos de alumbrado halógeno general de 400 W por sistemas LED que consumen a lo menos 10 veces menos, cuya inversión puede recuperarse en poco más de un año.

**2.7.3 USO EFICIENTE DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS Y MINIMIZACION DE RESIDUOS**

Dentro de esta alternativa se incluyen soluciones orientadas a mejoras en los procedimientos de operación, buenas prácticas orientadas al control de procesos y mejoras de eficiencia productiva, en aspectos relacionados a los siguientes elementos del proceso:

**a) Incorporación de prácticas operacionales****ARENAS**

Respecto de las prácticas ya introducidas a nivel nacional para minimizar el uso de arena dentro del proceso y optimizar la relación arena/producto, se pueden identificar las siguientes alternativas:

- Incorporación de un adecuado control de calidad de la materia prima (arena) utilizada, es decir tipo y carga contaminante que trae consigo.
- Compra de arena de granulometría adecuada.
- Capacitación y supervisión efectiva de los trabajadores. Capacitación periódica del personal, en materias referentes a manejo y segregación apropiada de estos residuos, además de medidas de salud y seguridad ocupacional.
- Mejoramiento de los procedimientos y programación de la producción.
- Segregación de las arenas que van a ser reutilizadas.
- Desarrollo de mejoras en los sistemas de segregación y almacenamiento lo cual permite reducir pérdidas en el manejo de la arena.
- Inspecciones periódicas de los equipos, además de mantenciones periódicas, de tipo preventivo.

**ESCORIAS**

Respecto de las prácticas introducidas para minimizar la generación de escorias dentro del proceso, se pueden identificar las siguientes alternativas:

- Comprar materia prima de mejor calidad (más limpia o de mayor pureza) y mejorar el control de calidad y la selección de la chatarra o metales, los cuales ingresan como materia prima al proceso, a fin de reducir la incorporación de materiales no deseados, que resultan en una mayor proporción de escoria y mayor consumo energético. El

mayor costo de la chatarra limpia se balancea con un menor consumo de energía y menos escoria generada.

- El uso de materia prima de mejor calidad también puede disminuir en forma considerable el contenido de metales pesados en los residuos; por ejemplo la chatarra con restos de pintura puede ser una fuente de estos materiales no deseados.
- Realizar una adecuada segregación en el lugar de generación, depositando el residuo en contenedores o sitios de acopio exclusivos.
- Desarrollar inspecciones periódicas de los equipos, además de mantenciones periódicas, de tipo preventivo.
- Capacitación periódica del personal, en materias referentes a manejo, buenas prácticas operacionales y segregación apropiada de estos residuos, además de medidas de salud y seguridad ocupacional.

### **POLVOS DE FILTROS**

Respecto de las prácticas introducidas para minimizar la generación de polvos de filtros dentro del proceso, se pueden identificar las siguientes alternativas:

- Comprar materia prima de mejor calidad, mejorar el control de calidad y la selección de la chatarra o metales, que ingresan como materia prima al proceso, a fin de reducir la incorporación de materiales no deseados en los polvos de filtros generados. Por ejemplo, en las fundiciones ferrosas, la fuente predominante de plomo, zinc y cadmio en el polvo de filtros es la chatarra galvanizada usada como material de carga.

Para reducir el nivel de estos contaminantes, puede identificarse su fuente y adquirir material de carga que contenga concentraciones menores de dichos contaminantes. Un programa de modificación de la carga de una fundición puede reducir exitosamente los niveles de plomo y cadmio en los residuos de los colectores de polvo por debajo de los valores definidos por el test de toxicidad (TCLP). La mayor dificultad proviene de que cada día se promueve más el uso del acero galvanizado para evitar que se oxide rápidamente durante su aplicación.

- Realizar una adecuada segregación en el lugar de generación (separando los polvos de filtros generados en los hornos de otros tipos de polvos colectados en el proceso) y depositando el residuo en contenedores o sitios de acopio exclusivos.
- Desarrollar inspecciones periódicas de los equipos, además de mantenciones periódicas, de tipo preventivo.

### **ENVASES DE INSUMOS**

Respecto de las prácticas introducidas para minimizar la generación de envases vacíos que posteriormente deben manejarse como residuos peligrosos o no peligrosos, dependiendo del material que contenían inicialmente, se pueden identificar las siguientes alternativas:

- Para reducir la cantidad de envases vacíos de insumos, particularmente los de tipo peligroso como las resinas aglomerantes, que posteriormente se deben manejar como residuos de igual característica, las empresas han optado por el uso de bins que el proveedor recarga con el producto o bien recambia, llevándose el contenedor vacío. Otra alternativa es la instalación de estanques propios para el almacenamiento del producto que se recargan por bombeo.
- En el caso de otros insumos como el alcohol isopropílico, varios proveedores han incluido la práctica de entregar tambores de producto y llevarse el tambor vacío para su reutilización

### **Cambios en los procesos de manejo de arena**

El monto global de arena de descarte ha logrado reducirse significativamente al implementar algunas de las siguientes alternativas de cambios en los procesos:

- Uso de moldes metálicos para algunas piezas o evaluar la optimización del tamaño de las cajas de moldeo.
- Instalación de sistemas de captación separados, instalando un filtro de mangas para el sistema de arena y otro para la generación de humos de horno.
- Instalación de sistemas de clasificación en la tolva de manejo de arena de moldeo para retirar continuamente el metal presente.
- Instalación de un sistema de separación magnética en el sistema de granallado para permitir el reciclaje del polvo metálico.

### **Mejoras en el Proceso de carga del horno**

Control operacional mediante procedimientos de apertura del horno, por períodos de tiempo controlados (para operaciones de carga, recarga, inyección de oxígeno, adición de fundentes, colada, etc.).

### **Mejoras en el Proceso de fundición y fusión de metales**

Mantener un adecuado control operacional de los parámetros de los hornos de fundición (temperatura de la colada, composición, flujo de aire, velocidad del gas, razón metal/combustible, tiempo de fundición, etc.). Uso de aire enriquecido con oxígeno para mejorar la combustión (hornos con proceso de combustión).

### **Sustitución de materias primas e insumos**

Una alternativa interesante corresponde al cambio en el tipo de arena y/o aglomerantes usados, a fin de reducir su consumo y permitir un mejor aprovechamiento y reuso interno mediante reprocesamiento en plantas propias en lugar de enviar a disposición externa.

Esta alternativa ha sido incorporada actualmente en algunas empresas, donde se cambió el uso de arena fenólica a furánica. Aun cuando el nuevo tipo de arena tiene un costo cerca de 3 veces mayor, se redujo el consumo de la misma en más de 80 %, lo que significó una rebaja real de costos cercana al 40- 50%.

Normalmente aparecen en el mercado nuevas alternativas para optimizar el uso de arenas en el proceso de fundición, las que deben ser evaluadas en detalle por las empresas para establecer la viabilidad de su incorporación, en función de los impactos esperados en forma interna (mejora en condiciones de proceso y salud laboral, ente otros) y externa (reducción de la cantidad de residuos a disponer). Dentro de ellas se encuentran el uso de arenas

cerámicas. Estas arenas cerámicas, a diferencia de las arenas comunes, acondicionadas para su uso en sistemas de moldeo, son un producto elaborado para un uso específico. Se les conoce también como mullita sintética, arena de baja expansión o arena de moldeo cerámica

El costo de este nuevo producto es mayor al de las arenas de sílice actualmente en uso, pero el porcentaje de recuperación esperado es del 98 %, lo cual implica una mínima cantidad de residuos generados.

### **Minimización del consumo de aglomerante y resina**

Es posible minimizar el consumo de sustancias químicas optimizando el control de procesos y la manipulación de materiales. Los principales parámetros que contribuyen a mejorar la gestión de los aglomerantes son:

- *Calidad de la arena:* uso de arena de calidad apropiada para el sistema aglomerante. El correcto almacenamiento de la arena y la realización de pruebas (pureza, tamaño de grano, forma, humedad) tienen una gran importancia. Si el contenido de finos es bajo y la cantidad de arena reutilizada elevada se reducirá la cantidad de resina necesaria.
- *Control de la temperatura:* la temperatura de la arena debe mantenerse dentro de un margen estrecho mediante comprobaciones periódicas y ajustes en la cantidad de endurecedor añadido.
- *Mantenimiento y depuración del mezclador.*
- *Calidad del molde:* comprobación, resolución y prevención de defectos de moldeo.
- *Porcentaje de adición:* la cantidad de aglomerante necesaria depende del tipo de aglomerante, el área superficial de la arena y el tamaño de la pieza.
- *Funcionamiento del mezclador:* para optimizar el funcionamiento del mezclador debe controlarse y llevarse un seguimiento de su funcionamiento

Existen varios sistemas de control del mezclador completamente automatizados para las fundiciones que necesiten equipos más sofisticados. Estos sistemas utilizan un microprocesador que permite realizar un control correctivo automático de la producción de arena mezclada y que sólo requieren accionamiento limitado por parte del operador. Las ventajas adicionales que posibilitan se deben básicamente a la dependencia mucho menor en la intervención del operador y en la corrección más rápida de las condiciones variables, para la que ni siquiera es necesario detener la producción.

La optimización del uso de aglomerante y resina conlleva una minimización del consumo de aditivos químicos.

Los compuestos orgánicos volátiles representan entre el 50 y el 60% del peso de los componentes aglomerantes, aunque la cantidad depende del sistema utilizado. La mayoría de ellos se emiten durante el mezclado de la arena y el vaciado de metal. Si se reduce el consumo de aglomerante se reducen proporcionalmente las emisiones de COV.

En la mayoría de casos se obtienen fácilmente reducciones del nivel de aglomerante del 5% y del 1% de chatarra de moldes utilizando sistemas modernos de control del mezclado. Muchas fundiciones han conseguido ahorros considerablemente superiores. Existen datos de varias fundiciones que han logrado reducir las adiciones de aglomerante entre un 5 y un 25%<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Fuente MMAMRM 2009

La instalación de un sistema de control automatizado del mezclado en una fundición de hierro que utilizaba resinas de endurecimiento en frío permitió reducir los niveles de adición de resina de 10 kg/minuto (1,22% de resina respecto al peso de la arena) a 8,89 kg/minuto (1,09%), lo que representó un ahorro de catalizador del 10%. El número de moldes defectuosos descendió en más del 60%.

Esta técnica resulta válida para cualquier fundición, nueva o existente, que emplee arena química. El equipo de control del mezclado puede adaptarse a plantas ya existentes. La cantidad de aglomerante necesario por tonelada de arena mezclada sólo representa normalmente entre el 1 y el 3% del peso de la arena, pero su costo equivale al 30–60% del total de materias primas. El porcentaje de ahorro de costos que se obtendría con una mejor gestión de los materiales aglomerantes se estima en el 5–10%.

#### 2.7.4 REUSO DE ARENA

##### a) Recuperación por métodos mecánicos

La mayoría de las fundiciones reutilizan gran parte de la arena para la fabricación de almas y moldes. En la medida que se reutiliza la arena, se forman acumulaciones de finos, por lo que una cierta cantidad de arena del sistema debe ser retirada regularmente para mantener las propiedades deseadas de éstas. La arena retirada, junto con la arena perdida por fugas y durante el desmoldeo, se convierten en arenas de descarte.

Los residuos de almas están conformados por arenas parcialmente descompuestas, retiradas durante el desmoldeo. Ellos contienen aglomerantes degradados parcialmente siendo aplastados y reciclados a la línea de regeneración de arena para la elaboración de moldes.

La regeneración primaria, también llamada desgaste o disgregación, consiste en romper los moldes aglomerados hasta restituir la arena a su tamaño de grano original. Para ello la arena se tamiza, se le extraen los fragmentos de metal desprendido y se separan y extraen los finos y las aglomeraciones de tamaño excesivo. A continuación se enfría antes de llevarse a la zona de almacenamiento, reincorporarse al sistema de arena o mezclarse con arena nueva.

Una de las alternativas más utilizadas para recuperar las arenas corresponde a las plantas de recuperación mecánica. Estas se componen de sistema de vaciado, chancadora (cuchara vibradora, pulverizador), tamiz, enfriador de arena (enfriador estático o enfriador de lecho fluidizado), silo y mezcladora continua. Los componentes de la planta en las que se genere polvo (como la parrilla de vaciado, chancadora, enfriador) deben ser encapsulados y contar con un sistema de captación y filtración.

Mediante este tipo de plantas recuperadoras se puede recuperar más del 70% en el caso de las arenas químicas (por ejemplo las fenólicas), y hasta un 95% para las arenas verdes (arenas aglomeradas con bentonita) y furánicas. Por otra parte, la literatura técnica<sup>30</sup> indica que este tipo de plantas puede lograr una eficiencia de recuperación de arenas de hasta 90 – 95%; según resultados obtenidos por las empresas participantes en el APL 2 de Fundiciones, el promedio de recuperación bordeaba el 80 %.

Desde hace bastante tiempo se utilizan estas plantas de recuperación en las fundiciones. Los costos de recuperación son más bajos que los costos de compra de arenas nuevas. Sin

<sup>30</sup> IHOBE, 1999

embargo, solamente las plantas completas con tamiz, filtros y enfriador garantizan la calidad adecuada de la arena.

Las plantas de recuperación de arena varían desde los sistemas más simples, de tipo manual, que consideran básicamente operaciones de harneado y mezclado, hasta sistemas de operación totalmente mecánica, los que se componen, en su diseño más completo, de equipos de alimentación de arena, chancadora, sistema de separación de metales, tamices, enfriador de arena (enfriador estático o enfriador de lecho fluidizado), silos de almacenamiento y mezcladora de arena recuperada con arena nueva, además de equipos de captación de polvo. Este último tipo de plantas garantiza una adecuada calidad para la arena de reuso. Los montos de inversión para estas últimas varían entre 55.000 US\$ y 2,3 MM US\$, según información entregada por empresas en el APL 2 de Fundiciones.

Actualmente los costos de disposición de las arenas para las empresas que las envían a Hidronor (por no tener otra alternativa) varían entre 3 y 3,5 UF/ton, en tanto el costo del envío como ResNoPel es cercano a 1 UF (40 US\$/ton) y el costo de la arena nueva es, en promedio, de 93 US\$/ton.

De acuerdo a las evaluaciones del APL 2 el beneficio por el reuso de una tonelada de arena ahorra cerca de 125 US\$, sólo por concepto de evitar la compra de arena nueva y por envío a disposición. Este ahorro puede casi duplicarse en los casos en que se envía el material a rellenos de seguridad.

#### **b) Recuperación de arena mediante depuración en seco/frotamiento (atrición).**

Este método es muy usado a nivel internacional y existe una gran variedad de equipos con capacidades adaptables a la mayoría de las fundiciones. La depuración en seco puede ser dividida en sistemas neumáticos, mecánicos y una combinación de depuración por calcinación térmica y depuración térmica en seco (CEPIS, 2005).

En la depuración neumática, se agitan granos de arena en corrientes de aire normalmente confinadas dentro de tubos de acero verticales denominados celdas. Los granos de arena son impulsados ascendentemente e impactan entre sí, removiendo parte del aglomerante. En algunos sistemas, los granos impactan contra un blanco de acero en grupos de tubos dependiendo de la capacidad y el grado de limpieza deseado. El tiempo de retención puede ser regulado y los finos son removidos a través de colectores de polvo.

En la depuración mecánica, el equipo disponible ofrece a las fundiciones una serie de opciones. Puede usarse un impulsor para acelerar los granos de arena a una velocidad controlada en un plano horizontal o vertical contra una placa metálica, removiendo de esta manera parte del aglomerante. La velocidad de rotación tiene cierto control sobre la energía de impacto. El aglomerante y los finos se retiran mediante sistemas de escape y el análisis granulométrico es controlado mediante puertas neumáticas o purificadores de aire.

Las opciones del equipo en forma adicional incluyen:

- Una serie de impactadores de tipo cilíndrico con deflectores internos y desintegradores que reducen las masas a granos para retirar el aglomerante.
- Tamices vibradores con una serie de plataformas para reducir las masas a granos, con características de recirculación y remoción de polvos y finos.

- Equipo de limpieza con granallado que puede ser incorporado a otras unidades especialmente diseñadas para formar una unidad de limpieza de piezas/recuperación de arena completa.
- Sistemas vibrantes, donde las fuerzas de fricción y compresión separan al aglomerante de los granos de arena.

### 2.7.5 RECUPERACIÓN DE HIERRO DESDE ESCORIA FERROSA

Actualmente es posible reutilizar parte de las escorias dentro del proceso, a través de un sistema de tratamiento físico, cuyo objetivo principal es la recuperación de metales y la reutilización del árido residual como subproducto. Esta alternativa se hace interesante desde el punto de vista económico, cuando la escoria presenta altos contenidos del metal procesado.

En forma genérica, las etapas del tratamiento de recuperación de escorias ferrosas serían las siguientes:

Inicialmente la escoria se tritura y se separa magnéticamente el acero, el cual se reutiliza en el proceso productivo. La escoria que posea un tamaño superior a las 8" pasa a un alimentador vibratorio donde, a través de una cinta transportadora llega a un chancador de mandíbula. La cinta posee un separador magnético, el cual cumple la función de realizar la segunda de separación de acero.

La escoria reducida en el chancador de mandíbula pasa por una cinta transportadora hasta un separador magnético de tambor, realizándose la tercera separación de acero (metálico), obteniéndose una escoria de tamaño menor a las 2 ½ ", la cual podrá ser reutilizada como árido.

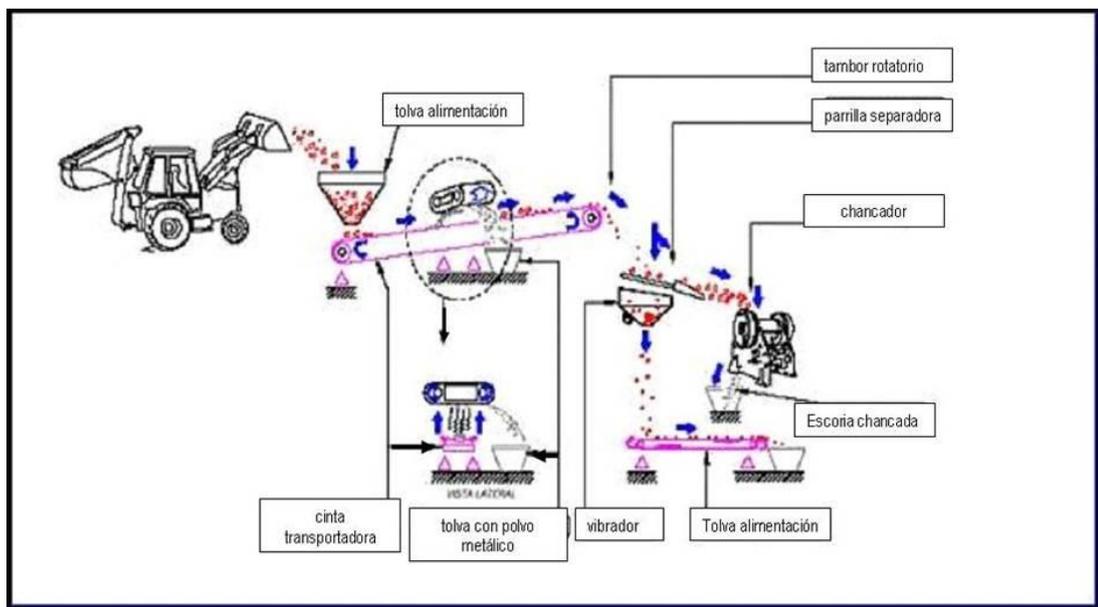


Figura 4: esquema de planta de reuso de escorias

De acuerdo a las estimaciones realizadas en el APL 2, la inversión para una planta de Tratamiento de Escoria que maneja alrededor de 10 Ton/hr es del orden de US\$ 90.000 y el costo de disposición de la escoria es de US\$ 17.7/Ton. Con una producción anual de escorias de 1000 Ton o más, en un máximo de 5 años se amortiza la inversión, sin considerar el acero recuperado.

Actualmente los costos de disposición de escorias para las empresas que las envían a Hidronor o similares (por no tener otra alternativa) varían entre 1 y 2 UF/ton, en tanto el costo del envío como ResNoPel es menor a 1 UF (40 US\$/ton). Si se evalúa el beneficio por el reuso, por cada tonelada de escoria recuperada se ahorraría el valor antes mencionado, sin considerar el beneficio del metal recuperado y retornado al proceso.

### **2.7.6 REUSO DE POLVOS DE FILTRO**

Actualmente es posible reutilizar parte de los polvos de filtros de fundiciones ferrosas dentro del proceso, a través de un sistema de tratamiento fisicoquímico, cuyo objetivo principal es la recuperación de metal. Esta alternativa se hace interesante desde el punto de vista económico, cuando el polvo presenta altos contenidos del metal procesado.

En este caso los polvos de filtros, mediante un tratamiento previo de solidificación y compactación, son reincorporados en la carga del horno, recuperando el hierro residual presente en el residuo. El proceso de compactación reduce la movilidad de las sustancias tóxicas presentes en el polvo y mejora las características físicas y de manejo del polvo. Para la compactación el polvo recuperado en los sistemas de captación se alimenta hacia un tornillo mezclador cerrado, donde se agrega una solución acuosa de Cloruro de Magnesio, formando una mezcla pastosa de menor volumen que el polvo original. La mezcla se recibe en moldes cilíndricos, y estos se trasladan a patios donde se retira el molde y la mezcla, ya sólida, se deja secar. Una vez seca, la mezcla puede ser cargada al horno utilizando un electroimán.

La inversión para una planta de tratamiento de polvos de filtro es cercana a US\$ 20.000. El costo total de tratamiento en planta bordea los 17.7 US\$ /ton (valor equivalente a cerca de un 7% de lo que se paga por disposición externa, 244 US\$/ton). Si los niveles de zinc y plomo contenidos en el polvo de metal son relativamente bajos, con frecuencia es factible regresar el polvo de al horno para la recuperación de metales base (hierro, cromo o níquel). Este método puede emplearse con polvos generados en la producción de aceros inoxidables o con aleaciones. Sin embargo con frecuencia, este método no es práctico para manejar polvo asociado con la producción de acero al carbono porque se usa chatarra de metal galvanizado. En la producción de aceros al carbono usando chatarra galvanizada, el polvo recuperado tiende a mostrar un alto contenido de zinc. La mayoría de las opciones de recuperación requieren que el contenido de zinc del polvo sea por lo menos 15%, de preferencia 20%, para que la operación resulte económica (Ambar, 1999).

Existe actualmente otra alternativa de reuso de polvos, orientada a reutilizarlos como desmoldantes de lingoteras de Bronce. Esta alternativa considera la recepción de polvos en contenedores cerrados y su envío a la zona de fabricación de moldes, donde se coloca una pequeña cantidad del mismo sobre las paredes de la matriz con forma de lingote para que el material fundido no se adhiera a la misma y se facilite el desmoldeo posterior.

## 2.7.7 VALORIZACIÓN DE LAS ARENAS

Durante largo tiempo, las arenas residuales se reciclaron en rellenos sanitarios, como complemento de la cubierta de tierra aplicada diariamente. Sin embargo, esta solución fue cuestionada tanto por las características de algunas arenas residuales como por la inconveniencia de mezclar residuos industriales con residuos de tipo domiciliario, no entregándose una solución que cumpla las políticas ambientales de países desarrollados.

Bajo estas circunstancias, varios países comenzaron a utilizar las arenas residuales en el área de la construcción ya sea en mezclas asfálticas y/o en rellenos de caminos (estabilizado). En este sentido, se han realizado una serie de investigaciones con el propósito de asegurar su apropiado uso, desde un punto vista ambiental, evitando que se convierta esto en una forma de disposición inadecuada. Los principales resultados de estas investigaciones y experiencias fueron<sup>31</sup>:

La American Foundrymen's Society Inc. (E.E.U.U.), realizó una serie de pruebas donde concluyó que las arenas de descarte no peligrosas pueden ser utilizadas satisfactoriamente como rellenos de caminos y carreteras.

Investigaciones de la Asociación de Fundidores de EEUU (AFS) verificó que el asfalto fabricado usando arenas de fundiciones como reemplazo parcial del agregado, cumple con las especificaciones ASTM. A similares conclusiones se llegó en investigaciones efectuadas en Japón.

En Canadá, el Ministerio de Transportes de la Provincia de Ontario ha usado arena de fundiciones en las mezclas de asfalto durante 15 años sin ningún efecto negativo, excepto el de una apariencia superficial ligeramente alterada.

En Alemania, las arenas residuales se han incorporado a mezclas asfálticas y como material de relleno por más de 20 años. A fin de garantizar una valoración inocua, desde el punto de vista ambiental, se han fijado valores para sus usos en contacto con el suelo (relleno, construcción de carreteras, etc.), siendo estos valores más flexibles en mezclas asfálticas.

El que estas opciones sean adecuadas o no dependerá de la naturaleza física y química de los residuos, de su uso previsto y de la cantidad de residuos que se va manipular. Previo a que las arenas de descarte de fundición sean consideradas como aceptables para algún tipo de reciclaje, éstas deben ser caracterizadas por un laboratorio acreditado para determinar si clasifican o no como residuo peligroso. De acuerdo a los resultados de caracterización realizados en el APL 2 de fundiciones, gran parte de las arenas de descarte clasificaban como residuo no peligroso.

La tabla siguiente muestra un resumen de las distintas alternativas de reciclaje de arenas en desarrollo a nivel mundial.

<sup>31</sup> Fuente Ambar 1999

**Tabla 18 Usos alternativos de arena reciclada**

Usos	Estados Unidos	Alemania	Australia	Canadá	España
Cemento Portland	⊕	⊕			⊕
Hormigón	⊕				⊕
Ladrillos	⊕				
Material de relleno	⊕	⊕	⊕		
Base caminos	⊕	⊕			
Asfalto		⊕		⊕	⊕
Agricultura			⊕		
Compost	⊕				

Gracias a su elevado contenido de cuarzo y adecuada granulometría, la arena usada puede emplearse en sustitución de la arena virgen para la construcción de carreteras. También es técnicamente factible utilizarla para la producción de materiales de construcción (cemento, ladrillos, baldosas, lana de vidrio...), aunque en este caso se requieren un control de la composición y una logística más exhaustivos para cumplimiento de estándares técnicos. Los ensayos realizados a escala industrial han dado lugar a resultados positivos en las siguientes aplicaciones<sup>32</sup>:

- Bases de carreteras;
- Material de relleno;
- Material de drenaje;
- Elementos de hormigón;
- Producción de cemento (depende de los requisitos de silicio del proceso. Este uso tiene una enorme importancia en Alemania);
- Rellenado de minas (es un buen material de apoyo, muy utilizado en Alemania);
- Cobertura final de rellenos (la arena se mezcla con vidrio soluble y otros desechos, por ejemplo en los países bajos);
- Material de construcción para el refuerzo de diques;
- Vitricación de residuos peligrosos.

En este contexto existen las siguientes alternativas potenciales para el reciclaje de arenas no peligrosas que aún no se implementan en las empresas:

#### **a) Reciclaje de arenas en la producción de áridos**

El tratamiento de las arenas de descarte, para luego ser utilizada como árido o mezclas asfálticas, se realiza en empresas especializadas que recolectan el material, almacenándolo hasta ser tratado. La elaboración para convertir la arena de descarte en determinados áridos se realiza mediante un tamiz donde se separan las impurezas gruesas, el hierro se separa con un separador magnético superior y otras impurezas se separan sobre una cinta clasificadora. Finalmente la arena se tamiza, los pedazos grandes se muelen en chancadoras y se homogeniza el material. De ser necesario, según la aplicación que se le quiera dar, se le da una determinada granulometría.

<sup>32</sup> Fuente: MMAMRM, 2009

### **b) Reciclaje de arenas residuales en la producción de asfalto**

El asfalto consiste de diferentes porcentajes de agregados gruesos y finos y betún, un agente aglomerante en base a petróleo, similar a la brea. La incorporación de arenas residuales de fundición en la producción de asfalto sigue el mismo camino que utiliza cualquier arena con granulometría adecuada dentro de este proceso. La proporción de arena que ingresa a la mezcla asfáltica depende del diseño de la dosificación arena- gravilla- cemento asfáltico establecido previamente. Existen experiencias previas en el país donde el porcentaje de incorporación ha llegado hasta el 17%.

Estas arenas son pretratadas, mediante una primera separación de impurezas metálicas por medio de un sistema magnético, posteriormente se harnean y pasan por una chancadora lo que produce una arena de tamaño apropiado para ser posteriormente incorporados a la mezcla asfáltica. Es importante notar que este último proceso deja las partículas de áridos completamente cubiertas con cemento asfáltico, lo que produce una impermeabilización frente a fenómenos climatológicos, tales como lluvia, granizo, etc.

### **c) Incorporación de arenas residuales en la producción de base estabilizada**

La incorporación de arenas residuales de fundición en la producción de base estabilizada sigue el mismo camino indicado para su uso en asfalto. La impermeabilización en este proceso viene dada por la ubicación que la base estabilizada tiene en la construcción de vías y/o caminos. Al ubicarse por debajo del asfalto, la arena utilizada para producir base estabilizada queda superficialmente cubierta o impermeabilizada frente a fenómenos climatológicos.

### **d) Reciclaje de arena como material de construcción**

La Universidad de Wisconsin-Madison ha realizado importantes investigaciones sobre la conveniencia de usar arena de fundición gastada como una materia prima sustituta para cubiertas y rellenos. Se examinó el potencial de lixiviación de acuerdo al estándar TCLP y el American Foundrimen's Society Inc (AFS), para productos orgánicos e inorgánicos no volátiles, así como las propiedades físicas generales de las muestras para uso como relleno de construcción. Los residuos elegidos provenían de tres fundiciones e incluían arena del sistema y residuos de almas. Los sistemas de aglomeración usados en estas fundiciones incluían arcilla/agua, uretano fenólico, silicato de sodio, aceite, fenolformaldehído y urea – formaldehído. Esta investigación demostró que ninguna de las muestras lixiviadas sería definida como peligrosa por criterios de Identificación RCRA (Resource Conservation and Recovery Act).

Las pruebas de lixiviación demostraron en general una baja liberación para todos los parámetros analizados, en concentraciones por debajo de los niveles para agua potable. Las características de lixiviación de la arena de fundición variaron poco con el tiempo y entre los diferentes residuos de cada fundición evaluada.

Investigaciones adicionales en una gama más amplia de los sistemas de aglomerantes orgánicos más comúnmente usados identificados por *American Foundrimen's Society Inc (AFS)* confirmaron que no se presentaba ningún producto orgánico volátil en concentraciones por encima de los niveles especificados en las regulaciones de TCLP. Sobre la base de éstos y otros descubrimientos similares, una serie de estados están reexaminando sus actuales regulaciones

sobre residuos sólidos con el fin de crear categorías especiales que permitan que materiales no peligrosos, como la arena de fundiciones, sean reutilizados en la construcción de rellenos sanitarios, cubiertas diarias, relleno de pistas y rellenos de construcción.

Adicionalmente, en la fabricación de ladrillos y cerámicos, el uso de arenas puede sustituir el uso de materiales que proveen porosidad como es el caso de aserrín u otros materiales.

En este mismo ámbito podría incluirse la recuperación y valorización de refractarios provenientes del proceso de fundición, ya que es posible usar este material, previa molienda como materia prima para la fabricación de nuevos ladrillos. La principal restricción actual es que las empresas fabricantes de ladrillos deben estar autorizadas como destinatarias de residuos.

#### **e) Reciclaje de arena en la elaboración de cemento**

Los cementos Portland son cementos hidráulicos que reaccionan químicamente con el agua para formar el agente aglomerante entre las partículas del agregado en la producción de alúmina y 60% de cal viva. Las materias primas como piedra caliza, pizarra, arcilla o arena son chancadas, molidas y mezcladas. Luego la mezcla es calcinada en un horno de alta temperatura y pulverizada para obtener un polvo fino. La mayor parte de los residuos de arena podrían suministrar sílice, los finos de arena verde podrían suministrar alúmina y sílice y la escoria podría suministrar cal viva y sílice. Además cualquier impureza orgánica presente oxidaría durante la calcinación.

Investigaciones de la AFS (1991), han demostrado que el uso de residuos de arena de fundición en la fabricación de cemento, previo chancado y molienda, suministra una mayor resistencia a la compresión en comparación con mezclas de control. Este efecto se incrementa con la adición de arena de fundición.

#### **f) Reciclaje de arena en la elaboración de hormigones**

Las investigaciones de la AFS (1991), también han descubierto que el uso de arena de fundición como sustituto de los agregados finos en la fabricación de concreto da como resultado una disminución de la resistencia a la compresión cuando se utilizan arenas verdes de moldeo. Esto probablemente es resultado de los finos y las partículas de arcilla que inhiben la fuerza de aglomeración. Sin embargo, existen muchas aplicaciones para concreto de baja resistencia, como rellenos fluyentes, lechada y sub-bases. Finalmente, se observó que al usar en las mezclas de concreto arena de cáscara unida químicamente, se incrementaba ligeramente la resistencia a la compresión. Además se señala que es necesario investigar más para determinar cómo se comportarán las arenas que usan otros tipos de unión química al utilizarlas como agregados finos para el concreto.

### **2.7.8 VALORIZACIÓN DE ESCORIAS**

De acuerdo a la composición de la escoria, principalmente su contenido de metales, es posible su comercialización a empresas recuperadoras. Las opciones de utilización en otros procesos contemplan su aplicación como relleno, carga inorgánica para fabricación de material cerámico y cemento. En estas últimas aplicaciones el residuo pasa a formar parte de una mezcla sólida inerte que permite su estabilización.

Previo a que las escorias residuales de fundición sean consideradas como aceptables para algún tipo de reciclaje, éstas deben ser caracterizadas por un laboratorio acreditado para determinar si se trata o no de un residuo peligroso. En dicho caso éste se debe manejar de acuerdo a las exigencias establecidas en el D.S. 148/03 del Ministerio de Salud. De acuerdo a la caracterización realizada en el APL 2 de fundiciones y datos a nivel internacional, la escoria de fundición ferrosa clasifica como un residuo no peligroso ( y así también se encuentra clasificada dentro del D.S. 148/03).

#### **a) Opciones de reciclaje disponibles en el país**

- **Recuperación de Hierro**

En promedio, la escoria ferrosa puede contener de 5 a 20% de metal residual, por lo que actualmente existen empresas que se dedican a recuperar este material.

Para el caso de las escorias ferrosas, la principal empresa dedicada a procesar este residuo era ESTIN y Cía. Ltda. Esta empresa posee una planta recuperadora de metales a partir de escoria. Esta planta se localiza en una zona industrial exclusiva en la Región Metropolitana.

El proceso que efectúa ESTIN consiste en una etapa de clasificación y preparación mecánica, donde se separa la escoria ingresada, para posteriormente chancar aquella de mayor tamaño. La etapa siguiente consiste en una separación del material ferroso del no ferroso, mediante un separador magnético (electroimán). El material residual generado luego de la separación es denominado ECOARIDO, y puede ser utilizado en empresas cementeras, constructoras, e industria de la construcción en general, como aditivo o materia prima.

Otra empresa que realiza un servicio similar es Harsco Chile, la cual actualmente solo posee autorización para recuperar metales desde la escoria de Gerdau Aza.

- **Recuperación de metales de escoria no ferrosa**

Para el caso de las escorias no ferrosas, existen empresas que comercializan (adquieren) este tipo de residuos por el alto valor de los metales contenidos, los cuales son recuperados a través de procesos físico-químicos. Dentro de la Región Metropolitana, se pueden mencionar a COMERCIAL HUAL.

#### **b) Opciones potenciales de reciclaje de escorias**

- **Uso de escorias en explanadas, bases y sub-bases de Carreteras**

El criterio general para el uso de escorias en contacto con el suelo supone un cambio en la composición del suelo inferior al 1% en un período de 100 años, considerándose en este caso que la utilización de escorias supone un riesgo aceptable para el medio ambiente.

La utilización de escorias en capas granulares (como bases y sub bases de carreteras), es posible dada la dureza de las escorias, su forma (angulosidad y caras de fracturas), y a pesar de presentar falta de tamaño de finos, este material, adecuadamente tratado (molido, con separación de metales y clasificado), permite crear esqueletos minerales resistentes, con una

elevada capacidad portante para transmitir las cargas del tráfico a las capas inferiores sin deformarse. Las escorias de acería apuntan a cumplir con creces (tras un tratamiento adecuado) todas las especificaciones que exigen los pliegos de carreteras, pero está latente el riesgo de expansión y de hinchamiento que puede existir (IHOBE, 1999).

Por tanto utilización de escorias en capas granulares puede llevarse a cabo siempre y cuando cada escoria verifique las exigencias técnicas y los resultados del ensayo de lixiviación realizado sobre dicha escoria permanezcan por debajo de los límites permisibles.

De acuerdo a la normativa alemana Min-StB 2000, las escorias residuales de fundición a ser utilizadas en obras viales en la forma de base estabilizada, y por lo tanto a ser admitidas en la planta, deben presentar valores de pH entre 6 y 12 y una conductividad eléctrica menor a 100 mS/m.

La incorporación de escorias residuales de fundición en la producción de base estabilizada sigue el mismo camino que utiliza cualquier árido dentro de este proceso. La impermeabilización en este proceso viene dada por la ubicación que la base estabilizada tiene en la construcción de vías y/o caminos. Al ubicarse por debajo del asfalto, los materiales utilizados para producir base estabilizada quedan superficialmente cubiertos o impermeabilizados frente a fenómenos climatológicos.

El proceso de preparación de escorias se inicia con una selección de escorias sobre y bajo 4" por medio de una planta de selección mecánica. Los materiales sobre 4", los cuales en su gran mayoría son metales, pueden ser vendidos a terceros o devueltos a la fundición. Los materiales bajo 4" ingresan a la planta de reciclaje de escorias residuales y reciben un tratamiento de reducción de tamaño. Una vez que este proceso haya terminado, las escorias resultantes pueden ser incorporadas a la producción de base estabilizada.

- **Uso de escorias en Capa de Rodaduras**

La falta de finos procedentes del tratamiento de las escorias, hace prácticamente inevitable la utilización de cantidades discretas de materias primas naturales, por lo que resulta bastante difícil elaborar una mezcla en la que el árido utilizado sea 100% escoria (IHOBE, 1999).

Desde el punto de vista medioambiental, es posible la utilización de las escorias generadas por el 91% de las acerías en capas de rodadura, sin embargo es preciso comprobar la calidad medioambiental de las escorias mediante la realización del Test lixiviación y constatar que los resultados obtenidos no sobrepasen los límites máximos permisibles (IHOBE, 1999).

- **Uso de escorias ferrosas en la elaboración de cemento**

En este caso las escorias se utilizarían dentro del proceso de fabricación de cemento como aporte de hierro. La dosificación media utilizada va a depender de las cantidades de hierro de la propia escoria. Por ello, será necesario hacer un análisis específico del contenido de hierro con el fin de establecer la dosificación precisa, procurando que la acería mantenga una composición uniforme, con objeto de que no haya que realizar cambios en el ajuste de la composición (IHOBE, 1999).

Considerando que la dosificación media de las escorias es del 4%, la capacidad de absorción de escorias para su utilización como aporte de hierro en cementeras es de unas 85.000 Ton/año.

Para poder utilizar las escorias en cementeras únicamente se requiere una separación del material metálico que pueda contener la escoria y su clasificación y molienda de forma que el tamaño de escoria valorizada a utilizar no sea mayor de 50 mm (IHOBE, 1999).

### **2.7.9 VALORIZACIÓN DE POLVOS DE FILTROS**

El polvo de sílice del filtro de mangas de sistemas de captación de emisiones puede utilizarse como materia prima en las fábricas de cemento. El polvo se envía a una trituradora primaria y se premezcla con otros componentes para luego transferirlo al horno.

Se estima que los polvos de filtros pueden constituir entre el 5% al 10% de la materia prima que usarían las fábricas de cemento. El uso de mayores niveles puede verse limitado por efectos negativos del polvo de filtro en el fraguado del cemento (CEPIS, 2005).

### **2.7.10 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **Medidas destinadas a la identificación y cuantificación de residuos**

Como se indicó en la sección 2.3, los principales tipos de residuos generados en la actividad incluyen arena, escoria, envases vacíos de insumos, residuos de operaciones de mantención de maquinarias y equipos y residuos asimilables a domésticos

La recolección de los residuos asimilables a domésticos generados es una responsabilidad traspasada normalmente de un contratista de aseo (contratado para esta tarea por el generador) o bien se utiliza el servicio municipal.

Se recomienda como medida general llevar un seguimiento de la cantidad de residuos asimilables a domésticos que sale del recinto, la composición, el volumen generado en determinado período de tiempo, los costos de transporte y derecho a puerta en el sitio de eliminación. Se recomienda además realizar el seguimiento de la disposición final de los residuos, contrastando la información de salida con la que recibe el sitio de eliminación. Para el caso de los residuos industriales peligrosos las empresas ya han avanzado en la mantención de registros que permiten identificar tipos y cantidades de residuos generados.

- **Medidas asociadas a la valorización o eliminación de residuos**

**a) Segregación**

La correcta segregación de los diferentes tipos de residuos generados posibilita su minimización, permitiendo la gestión más adecuada a cada tipo de residuo. De esta forma, se puede incrementar su potencial de reciclaje y recuperación, con el consiguiente ahorro económico asociado a su tratamiento.

Por el contrario, la mezcla de diferentes tipos de residuos provoca la imposibilidad de la reutilización, la contaminación entre residuos, su mayor volumen y, en definitiva, incrementa los costos de su gestión.



**Figura 35 Residuos no segregados**

Por ello, es importante separar en origen, los residuos que se generan, de acuerdo con sus características. Se debe dotar de los medios necesarios y de las instrucciones por escrito de manera que puedan segregarse los residuos generados, de acuerdo con lo siguiente:

- Separar los residuos según sus características fisicoquímicas, aislando los residuos de carácter líquido de los sólidos, separando los residuos peligrosos de los no peligrosos. Entre los residuos no peligrosos, es importante segregar aquellos por tipo, de forma que se posibilite su valorización. Deben destinarse lugares de acumulación a residuos como maderas, escorias, arenas, tambores, entre otros.
- Esta segregación de residuos presupone disponer de contenedores específicos o recintos controlados para el acopio de los residuos generados, los cuales permitirán controlar el depósito, registro y segregación de los mismos. El uso de contenedores para distintos residuos operacionales presenta ventajas tales como facilidad para transportarlos o vaciarlos y una larga vida útil.
- Se debe adecuar y señalizar una zona específicamente destinada al almacenamiento de los residuos. Se requiere **señalizar correctamente cada contenedor o área e residuos,**

**indicando el tipo de residuo, código, condiciones de almacenaje y manipulación.**

- Establecer responsables que se encarguen del uso y mantenimiento correcto de cada contenedor y de la zona de almacenaje, avisando al gestor correspondiente para su retiro cuando corresponda.
- Informar, formar e incentivar al personal de la empresa sobre la necesidad de segregar y reutilizar o valorizar los residuos.

Actualmente la mayoría de las empresas sector realizan segregación de residuos como la escoria/arena y en general de los residuos peligrosos.

**Principales impactos de la medida**

- Identificación de residuos valorizables
- Reducción residuos peligrosos que deben ser eliminados debido a una adecuada separación
- Disminución de costos , relacionado sólo a contar con contenedores apropiados y sitios de almacenamiento
- El costo se considera bajo, relacionado sólo a contar con contenedores apropiados y sitios de almacenamiento

**b) Procedimientos de Manejo de Residuos No Peligrosos**

Los residuos no peligrosos como excedentes o despuntes metálicos, madera. Plásticos, y envases de materiales no peligrosos pueden ser reciclados. No obstante, para poder ser reutilizados, éstos no deben estar contaminados con otros residuos, por lo cual se requiere como norma general:

- Segregar en áreas específicas (en lo posible bajo techo) o contenedores apropiados cada tipo de residuo, para su posterior gestión (reuso o reciclaje)
- Señalizar cada contenedor con el tipo residuo, código, condiciones de almacenamiento y manipulación.
- Mantener registros actualizados de las cantidades, origen, destino y costos asociados a los residuos generados.

En general, las empresas han incorporado procedimientos de manejo de algunos residuos reciclables; sin embargo aún existen problemas con algunos residuos, básicamente en lo que se refiere a registros de cuantificación, sitios específicos de almacenamiento e identificación de destinos de valorización

### c) Procedimientos para el Manejo de Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos de la actividad (principalmente aceites, trapos de limpieza, elementos de protección personal contaminados, residuos de algunos químicos, y los envases que los contenían, entre otros) deben ser segregados y manejados para lograr su adecuada disposición o reciclaje seguro. La técnica considera:

- Evaluar alternativas de reducción de residuos peligrosos.
- Establecer un área en la instalación como sitio de acopio de contenedores de residuos peligrosos segregados.
- Señalizar cada contenedor con el tipo residuo, código, condiciones de almacenamiento y manipulación.
- Mantener registros actualizados de las cantidades, origen, destino y costos asociados a los residuos generados.
- Gestionar cada tipo de residuo a través de las empresas autorizadas que correspondan para su valorización o disposición final adecuada

Para minimizar la generación de residuos peligrosos, es preferible comprar insumos en contenedores de gran tamaño cuando la cantidad de residuos de envases es elevada. Es recomendable reutilizar como contenedor de RESPEL el mismo envase de la materia prima que lo originó. Además, dependiendo de sus características, los envases vacíos (tanto los que clasifican como RESPEL como los que no) se pueden devolver a los proveedores, bajo el concepto de responsabilidad extendida del productor (REP), lo que reduce los requerimientos de manejo en las instalaciones (la empresa proveedora debe estar autorizada para recibir de vuelta y almacenar los mismos).

El sitio de almacenamiento debe disponer de capacidad suficiente para acopiar la totalidad de los residuos generados, durante el periodo previo del envío de estos a una instalación de eliminación. Los sitios de almacenamiento deben contar con Autorización Sanitaria (ver sección 2.5).

Es conveniente almacenar los residuos peligrosos en un lugar distinto al de las materias primas. No obstante, los residuos podrán almacenarse cercanos a las materias primas siempre y cuando cumplan las medidas de seguridad y separación correspondientes.

Los residuos peligrosos se deben depositar en contenedores apropiados que faciliten su recolección en función de sus características fisicoquímicas y al volumen generado. Los contenedores deben ser inspeccionados periódicamente para asegurar que se conserven en buenas condiciones. Los que muestren algún grado de deterioro deberán ser reemplazados.

El transporte de residuos peligrosos debe ser realizado por Empresas Autorizadas de Transporte con personal capacitado para esta operación, lo que asegura que se lleve a cabo de un modo adecuado y que se puedan enfrentar posibles emergencias.

Los residuos sólidos peligrosos no inflamables pueden ser enviados a rellenos de seguridad. La técnica de solidificación/estabilización usada en dichas instalaciones es apropiada para materiales que contienen compuestos inorgánicos u orgánicos semivolátiles o no volátiles.

Los restos de aceites actualmente se valorizan como combustible alternativo, mediante su envío a empresas autorizadas para su valorización. Un residuo es apto como combustible alternativo si cumple las siguientes condiciones:

- Ausencia o muy bajo contenido de halógenos.
- Bajo contenido de agua
- Bajo contenido de cenizas, traducido en una baja concentración de metales
- Poder calorífico apropiado, de preferencia mayor a 5.000 [kcal/kg].
- Baja viscosidad, menores a 160 [mm<sup>2</sup>/s] para la pulverización de los líquidos.
- Contenido de sólidos filtrables y azufre mínimo.

Con la implementación de los procedimientos indicados previamente, que son aplicables a cualquier tamaño de empresas, se logra un ahorro económico gracias a que se gestionan separadamente los residuos, con la posibilidad de entregar a valorización algunos de ellos, disminuyendo los costos de disposición final (actualmente del orden de 2 a 7 UF/ton dependiendo del tipo de residuo), a lo que deben sumarse los costos de transporte ( superior a 42 UF por viaje en algunos casos) por lo que por cada tonelada de residuo peligroso que se reduce se ahorran alrededor de \$ 200.000.

Adicionalmente, si se plantea un sistema o plataforma integrada de manejo de residuos entre empresas cercanas, se podrían aprovechar economías de escala, sobre todo en lo referente a costos de transporte.

## 2.8 INNOVACION

Dentro de los aspectos de innovación, se puede indicar que varias de las empresas han avanzado en la incorporación de tecnologías para optimizar sus procesos, sobretodo en relación con la incorporación de mejores técnicas disponibles (MTD) en sistemas de fundición que generan menos emisiones y sistemas de control relacionados. Sin embargo la mayor barrera actual se relaciona las inversiones que, en algunas ocasiones, es necesario realizar.

Las empresas de menor tamaño del sector califican para solicitar cofinanciamiento de los diversos instrumentos de fomento que CORFO pone a disposición para ir avanzando en temas de innovación y mejoramiento productivo. No obstante las empresas de mayor tamaño pueden hacer uso también de instrumentos de INNOVA del tipo innovación y transferencia tecnológica.

Los instrumentos de fomento disponibles para las empresas Mipyme son:

- Proyectos Asociativos de Fomento (PROFO)
- Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP)
- Crédito Corfo Micro y Pequeña Empresa
- Capital de Riesgo Corfo para Empresas Innovadoras
- Garantía Corfo Inversión y Capital de Trabajo
- Prototipos de Innovación Empresarial
- Programas de Emprendimiento Local (PEL, para microempresas)

Las empresas de mayor tamaño pueden hacer uso del “Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación y Desarrollo”. Este incentivo busca promover la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) en entidades Chilenas, permitiendo rebajar -vía impuesto- hasta un 35% de los recursos destinados a actividades de I+D, realizadas ya sea por sus propias capacidades o con el apoyo de terceros así como las contratadas a un Centro especializado que se encuentre inscrito en el Registro de Corfo. Además el 65% restante del monto invertido podrá ser considerado como gasto necesario para producir la renta, independiente del giro de la empresa<sup>33</sup>.

También es posible utilizar instrumentos de apoyo en el ámbito de eficiencia energética a través de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, ACHEE, en su área de acción Industria y Minería. Entre ellos se pueden mencionar: Acuerdos Voluntarios de Reducción de Consumo de Energía, Programa de Fomento al Desarrollo de Anteproyectos de Eficiencia Energética (diagnósticos Energéticos Generales, Auditorías Energéticas y anteproyectos de Inversión) y el Programa de Fomento a la Cogeneración<sup>34</sup>.

Para mayores detalles consultar en [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl), [www.innova.cl](http://www.innova.cl) y [www.acee.cl](http://www.acee.cl)

<sup>33</sup> Para más detalles ver <http://www2.corfo.cl/innova/leyid/Paginas/Default.aspx>

<sup>34</sup> Actualmente estas líneas no se encuentran operativas pero se ha indicado que el año 2015 se reactivarán.

## 2.9 FACTORES Y VARIABLES QUE DETERMINAN LA COMPETITIVIDAD

Los principales clientes del sector corresponden a los sectores minero, infraestructura e industria en general. Dentro de las prioridades del sector, la primera la constituye el mejoramiento de la eficiencia. Este concepto se vincula principalmente con aspectos tecnológicos. Las siguientes prioridades son expandir el universo de clientes, dando viabilidad a un mayor número de productos para una mayor penetración de mercado nacional, para lo cual se hacen esfuerzos orientados a proveer información técnica a todos los actores de la cadena de valor (desde los fabricantes de la materia prima hasta los usuarios finales del producto). Sólo después de estos retos aparecen temas como mejorar la seguridad y la higiene laboral y mejorar el medio ambiente.

En otro aspecto, las empresas consideran que la adquisición de tecnología ha sido relevante para su desarrollo actual y lo será también para su crecimiento futuro. Esta situación presenta diversos matices, los que dependen del tamaño de la empresa y etapa de desarrollo, entre otros. La necesidad de posicionarse en mejor forma frente a la competencia internacional con menores precios está potenciando mejoramientos en productividad, calidad y precisión.

Adicionalmente, el cambio tecnológico, que incluye cambios en gestión, viene impulsado por cambios en los requisitos del cliente y no a través de la competencia en sí. Así, los cambios pueden ser por diferencias en el tipo de producto demandado o por demandas hacia productos más sofisticados. Dado estas presiones, las empresas están incentivadas a hacer más eficientes sus procesos productivos. El menor impacto de la competencia entre empresas ha permitido un acercamiento entre las mismas para generar una mayor asociatividad y avanzar en metas conjuntas, lo que se refleja en la creación y actual funcionamiento del Círculo de Fundidores.

La mayoría de las empresas tienen amplio conocimiento de los distintos tipos de equipos de la industria, pero los actuales volúmenes de producción o servicios no justifican o permiten dicha inversión. Esta tendencia indica que la demanda del mercado no está incentivando a las empresas a adoptar nuevas tecnologías, de modo que se puede concluir que el cambio tecnológico en el sector es paulatino.

Otro aspecto, considerado crítico por los empresarios, lo constituye la falta de mano de obra especializada. Se destaca la falta de centros de formación orientados al desarrollo de competencias específicas en el sector, por ejemplo horneros. Tradicionalmente los trabajadores especializados se van formando en las mismas empresas, sin una base de conocimientos previa.

En relación a los temas ambientales, de los distintos factores que motivan la incorporación de estos temas en la gestión empresarial, los más importantes son: las regulaciones ambientales nacionales y la participación de la empresa en una cadena productiva integrada.

Por tratarse de un rubro muy delicado desde el punto de vista de la seguridad de los trabajadores, las empresas sienten fuertes presiones de fiscalizadores en el ámbito de la higiene y seguridad laboral, lo que también se ha ido generando en el ámbito de cumplimiento de normativas ambientales. Por otra parte, también se plantea el tema de la relocalización de las empresas. Este problema es de gran actualidad, en particular en este rubro clasificado generalmente como "molesto", y se da principalmente en empresas localizadas en sectores en los cuales ha cambiado el uso del suelo de industrial o mixto a uso residencial.

En algunos casos, se observa un bajo desarrollo de estructuras que operen al interior de las empresas para enfrentar el tema ambiental, actuando en forma reactiva frente a un incidente o para cumplir con las normas "después" de una fiscalización.

Así también, aunque se reconoce como una deficiencia el que algunas de las empresas no perciben como prioritario mejorar sus sistemas de control dentro del proceso. Es claro que faltando estos sistemas no es posible medir los costos/beneficios de medidas de eficiencia industrial, de las prácticas de prevención de contaminación o de la introducción de tecnologías limpias.

De este modo, se puede decir que en la situación actual existen factores externos que incentivarán la producción limpia en este tipo de empresas. Otro incentivo para lograr la producción limpia es el ahorro en costos que se logra a través de una mayor eficiencia industrial.

Teniendo en consideración lo anterior, además de los impactos ambientales generados por la actividad industrial, se hace necesario desarrollar estrategias que se basen en un enfoque integral preventivo, poniendo énfasis en el uso más eficiente de los recursos materiales y energéticos, permitiendo incrementar simultáneamente la productividad y la competitividad, dado los beneficios derivados de la correcta implementación y puesta en práctica de una gestión adecuada de materias primas, recursos, insumos y residuos, como por ejemplo: ahorro en costos por minimización en el uso de insumos en el proceso, por la disminución en la necesidad de mantenimiento de equipos, por la venta de residuos valorizables y reciclables; por la reducción en la generación de residuos peligrosos, por cumplimiento de normas y permisos, que evitan el pago de multas; por un aumento en la eficiencia de producción, fruto de un mejor conocimiento de los procesos y prácticas que generen menos residuos o emisiones, entre otros.

## BIBLIOGRAFIA

- AFS,1991. Alternative Utilization of Foundry Waste Sand. Illinois, USA, pp 110 – 120.
- AMBAR. 1999. Informe de Final Desarrollo de un Diagnóstico Ambiental en el Manejo de Residuos Industriales Sólidos y Líquidos en el Sector Metalúrgico y Metalmecánica de la Región Metropolitana y Elaboración de Propuesta de Acuerdo de Producción Limpia.
- ASIMET, F y K Consultores. 2014. Análisis comparativo industria metalúrgica y metalmecánica.
- ASIMET –CPL 2007. Guía técnica manejo arenas de fundición.
- ASIMET –CPL 2007. Guía técnica manejo escorias de fundición.
- ASIMET –CPL 2007. Guía técnica manejo polvos de filtro.
- ASIMET, CPL. 2007. Evaluación de Impactos Segundo APL Fundiciones.
- ASIMET. 2004. *Diagnóstico Inicial Empresas Segundo Acuerdo de Producción Limpia*.
- ASTM. 1988. *Metals Handbook*. American Society of Metals International. 9th Ed. Metals Park Ohio, USA.
- BIR. 2008. Report on the Environmental Benefits of Recycling. Imperial College. London
- CE - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.2006. Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la industria de procesos de metales férreos (Documento BREF).España.
- CEPIS-OPS, 2005. Opciones de Minimización y Reutilización de Residuos de Fundiciones. [www.cepis.org](http://www.cepis.org).
- CONAMA, 1998. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: rubro Fundiciones. Santiago, Chile.

CONSEJO DE PRODUCCIÓN LIMPIA. 2006. Acuerdos de Producción Limpia: Gestión y Práctica. [www.produccionlimpia.cl](http://www.produccionlimpia.cl).

CONSEJO DE PRODUCCIÓN LIMPIA 2005. Evaluación de Impactos Primer APL Fundiciones.

EPA, 1999. Environmental guideline: beneficial re-use of ferrous foundry by-products – draft guideline. Brisbane, Australia. The State of Queensland, Environmental Protection Agency, March 1999.

IHOBE, 1998. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: arenas de moldeo en fundiciones férreas. Gobierno Vasco, España, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

IHOBE, 1998. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: escorias de acerías. Gobierno Vasco, España, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

IHOBE, 1998. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: mecanizado de metal. Gobierno Vasco, España, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

IPPC. 2009 Documento BREF: Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Sector Forja y Fundición. Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación

JI S., L. WAN, Z FAN, 2001. The Toxic Compounds and Leaching of Spent Foundry Sands. *Water, Air and Soil Pollution* 132: 347 – 364. Netherlands.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MMAMRM). 2009. Documento BREF Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Forja y Fundición. Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC). España

STEPHENS, W. A., K. E. MARTIN. 1986. Case Studies in Constructive Use of Foundry Waste for Landfill Construction. 9th Annual Madison Waste Conference, September 9-10, pp. 178-203.

WMRC, 2002. Pollution Prevention in the Primary Metals Industry: a Manual for Technical Assistance Providers. Champaign, Illinois, USA Waste Management and Research Center. ([www.wmrc.uiuc.edu/manuals/primmetals/intro1.htm](http://www.wmrc.uiuc.edu/manuals/primmetals/intro1.htm)).

**ANEXO 1****EJEMPLO DE CLASIFICACION LER (LISTADO EUROPEO DE RESIDUOS) A UTILIZAR EN DECLARACION SINADER****10 09 Residuos de la fundición de piezas férreas**

10 09 03 Escorias de horno

10 09 05\* Machos y moldes de fundición sin colada que contienen sustancias peligrosas

10 09 06 Machos y moldes de fundición sin colada distintos de los especificados en el código 10 09 05

10 09 07\* Machos y moldes de fundición con colada que contienen sustancias peligrosas

10 09 08 Machos y moldes de fundición con colada distintos de los especificados en el código 10 09 07

10 09 09\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas

10 09 10 Partículas procedentes de los efluentes gaseosos distintas de las especificadas en el código 10 09 09

10 09 11\* Otras partículas que contienen sustancias peligrosas

10 09 12 Otras partículas distintas de las especificadas en el código 10 09 11

10 09 13\* Ligantes residuales que contienen sustancias peligrosas

10 09 14 Ligantes residuales distintos de los especificados en el código 10 09 13

10 09 15\* Residuos de agentes indicadores de fisuración que contienen sustancias peligrosas

10 09 16 Residuos de agentes indicadores de fisuración distintos de los especificados en el código 10 09 15

10 09 99 Residuos no especificados en otra categoría

**10 10 Residuos de la fundición de piezas no férreas**

10 10 03 Escorias de horno

10 10 05\* Machos y moldes de fundición sin colada que contienen sustancias peligrosas

10 10 06 Machos y moldes de fundición sin colada distintos de los especificados en el código 10 10 05

10 10 07\* Machos y moldes de fundición con colada que contienen sustancias peligrosas

10 10 08 Machos y moldes de fundición con colada distintos de los especificados en el código 10 10 07

10 10 09\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas

10 10 10 Partículas procedentes de los efluentes gaseosos, distintas de las especificadas en el código 10 10 09

10 10 11\* Otras partículas que contienen sustancias peligrosas

10 10 12 Otras partículas distintas de las especificadas en el código 10 10 11

10 10 13\* Ligantes residuales que contienen sustancias peligrosas

10 10 14 Ligantes residuales distintos de los especificados en el código 10 10 13

10 10 15\* Residuos de agentes indicadores de fisuración que contienen sustancias peligrosas

10 10 16 Residuos de agentes indicadores de fisuración distintos de los especificados en el código 10 10 15

10 10 99 Residuos no especificados en otra categoría

**(\*) Los residuos indicados en color rojo corresponden a residuos peligrosos**