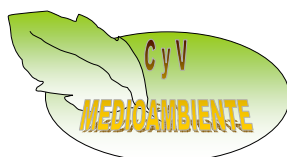




**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA: SECTOR
GALVANIZADO (L1-24-2012)**

**Asociación Chilena de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas
ASIMET A.G.**

Preparado por



Marzo 2013

CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Objetivos	5
1.2	Beneficiarios y destinatarios	6
1.3	Metodología.....	8
2.	RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO SECTORIAL	12
2.1	Antecedentes de la Asociación Gremial.....	12
2.2	Caracterización económica del sector	13
2.3	Aspectos productivos y de producción limpia.....	15
2.4	Construcción de indicadores.....	50
2.5	Reglamentación pertinente a la actividad	54
2.6	Requisitos de los mercados	67
2.7	Identificación de las mejores técnicas disponibles (MTD).....	68
2.8	Innovación	108
2.9	Factores y variables que determinan la competitividad.....	109
3.	BIBLIOGRAFIA	111

Índice de Tablas

Tabla 2-1.	Estratificación de Empresas diagnosticadas	14
Tabla 2-2	Insumos y equipamiento principal del proceso de galvanizado	18
Tabla 2-3	Residuos y emisiones generados en el proceso de galvanizado	30
Tabla 2-4	Principales Residuos Generados en el Proceso de Galvanizado	30
Tabla 2-5	Composición media de baños de decapado agotados galvanizado en caliente.....	32
Tabla 2-6	Componentes principales de las emisiones	35
Tabla 2-7	Consumo anual de materia prima y principales insumos	36
Tabla 2-8	Consumo anual totalizado de energía y combustible.....	39
Tabla 2-9	Generación total anual de residuos sólidos.....	40
Tabla 2-10	Consumo de agua y generación de ácido agotado (base año 2012).....	44
Tabla 2-11	Resumen Aspectos Ambientales con su respectivos indicadores y factores de emisión.	51
Tabla 2-12	Resumen de MTD identificadas	70
Tabla 2-13	Relación posición de las piezas y arrastre	78
Tabla 2-14	Reducción de consumo de agua según sistema enjuague.....	84
Tabla 2-15	Caudal de enjuague necesario según operación	84
Tabla 2-16	Reducción esperada con enjuague estanco	85
Tabla 2-17	Características de los sistemas de captación de material particulado	107
Tabla 2-18	Ventajas y desventajas de los sistemas de Tratamiento de Partículas.....	107

Índice de Figuras

Figura 2-1 Diagrama general del proceso de galvanizado.....	17
Figura 2-2 Relación entre tiempo de decapado y composición del baño de decapado a 20°C.....	23
Figura 2-3 Relación entre la concentración de ácido y la temperatura.....	24
Figura 2-4 Diagrama general del proceso según IHOBE	29
Figura 2-5 Existencia de bodegas.....	37
Figura2-6 Mantención de registros de bodegas	37
Figura 2-7 Análisis de la Gestión de Materia Primas e Insumos	38
Figura 2-8 Análisis de Procedimientos Existentes	38
Figura 2-9 Análisis de medidas de eficiencia energética	40
Figura 2-10 Análisis de la gestión de residuos peligrosos.....	41
Figura 2-11 Análisis de la gestión de residuos no peligrosos.....	41
Figura 2-12 Análisis de las condiciones de manejo de residuos	42
Figura 2-13 Destino de Residuos Sólidos	42
Figura 2-14 Valorización de Residuos Sólidos.....	43
Figura 2-15 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (1).....	44
Figura 2-16 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (2)	45
Figura 2-17 Análisis de la Gestión de Emisiones Atmosféricas.....	46
Figura 2-18 Análisis de la Gestión de Ruidos.....	47
Figura 2-19 Análisis de la Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional	48
Figura 2-20 Análisis de los Aspectos de Gestión Ambiental	49
Figura 2-21 Autorizaciones y permisos requeridos para residuos sólidos	59
Figura 2-22 Identificación características de peligrosidad	60
Figura 2-23 Permisos requeridos según destino para residuos no peligrosos	61
Figura 2-24 Permisos requeridos según destino para los residuos peligrosos.....	63
Figura 2-25 Metodología de identificación de MTD	69
Figura 2-26 Sistema de enjuague simple y en cascada a contracorriente.....	83
Figura 2-27 Regeneración del baño de fluxado	97

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 galvanizado asociadas gremialmente en la Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánicos, ASIMET han considerado necesario el desarrollar un compromiso voluntario de incorporar los estándares de producción limpia en su gestión productiva, a través de la suscripción y adhesión de un Acuerdo de Producción Limpia.

A fin de que este sector avance hacia la suscripción de un 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 los hornos de galvanizado y al uso de baños de limpieza; el manejo de residuos líquidos provenientes de los baños agotados de limpieza de piezas; el manejo de residuos sólidos que va desde elementos reciclables (alambres, restos metálicos), subproductos (ceniza y mate de zinc) hasta residuos peligrosos (lodos, envases vacíos de sustancias peligrosas entre otros). A lo anterior se suman aspectos relacionados con la evaluación de cumplimiento de salud y seguridad ocupacional.

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 empresas de galvanizado 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.

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 a cargo de encargados ambientales y/o meros sistemas operativos y prácticas que inciden en la variable ambiental.
- 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.
- 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 de Galvanizado, que actualmente se agrupan en el Círculo de Galvanizadores de ASIMET, asociación que actualmente cuenta con más de 200 empresas asociadas.

Los beneficiarios directos del proyecto son 10 instalaciones, equivalentes a 7 empresas del sector. Los destinatarios directos e indirectos del proyecto corresponden a 10 empresas, las que corresponden al universo de empresas de galvanizado a nivel país.

Listado de instalaciones participantes en la Etapa de Diagnóstico y Propuesta de APL.

Nº	Nombre	Razón social	RUT	Ubicación	Tamaño
1	CINTAC	CINTAC	96.705.210-8	Santiago, Región Metropolitana	Grande
2	ZETAENE	ZETAENE S.A.	96.655.560-2	Santiago, Región Metropolitana	Mediana
3	B. BOSCH VESPUCIO	GALVANIZADORA B.BOSCH	84.716.400-k	Santiago, Región Metropolitana	Grande
4	B. BOSCH BUENAVENTURA	GALVANIZADORA B.BOSCH	84.716.400-k	Santiago, Región Metropolitana	Grande
5	B. BOSCH GALVA 8	GALVANIZADORA B.BOSCH	84.716.400-k	Coronel, Octava Región	Grande
6	B. BOSCH GALVA SUR	GALVANIZADORA B.BOSCH	84.716.400-k	Puerto Varas, Décima Región	Grande
7	GYMSA	GALVANIZADORA Y METALES S.A.	96.562.040-0	Santiago, Región Metropolitana	Grande
8	MYGSA	MYGSA INGENIERÍA S.A.	76.188.148-5	Santiago, Región Metropolitana	Grande
9	GVS	GALVANIZADORA VIALSUR S.A.	76.052.581-2	Santiago, Región Metropolitana	Micro
10	ABASOLO VALLEJO	ABASOLO VALLEJO S. A.	96.543.050-4	Chillán, Octava Región	Mediana

Beneficios esperados

Los beneficios esperados al implementar el Acuerdo de Producción Limpia de las empresas galvanizadoras 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 del proceso 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, sobretudo del tipo peligrosos (lodos de galvanizado, ácidos, aceites, etc.), 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

En una primera reunión con las empresas, realizada el 7 de diciembre de 2012, se concordaron aspectos metodológicos y posibles aspectos críticos.

Se desarrolló un evento de difusión y sensibilización inicial con las empresas que participaron del diagnóstico, con fecha 17 de diciembre de 2012. En dicho evento se analizó la importancia e implicancias positivas del desarrollo de un APL; asimismo se evaluó una propuesta del 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 y al Círculo.

Actividad 2.2 Reunión con profesionales del sector público y privado

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

Actividad 2.3 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
- 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.

Las encuestas fueron enviadas a las instalaciones en forma previa al desarrollo del diagnóstico para su conocimiento (a lo menos 2 semanas antes) con el fin de facilitar el proceso y resolver posibles dudas para su completitud en la visita.

ETAPA 3. Análisis de Información y Desarrollo del Diagnóstico

Actividad 3.1 Reunión inicial coordinación diagnóstico

Se programó y desarrolló una reunión interna previa al trabajo en terreno, a fin de concordar y ajustar el cronograma de visitas.

Actividad 3.2 Levantamiento de información en terreno

Se planificó y desarrolló un programa de visitas en terreno a 10 instalaciones, lo cual se realizó entre el 26 de diciembre de 2012 y el 24 de enero de 2013, 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 3.3 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.

Etapas 4 Difusión del Diagnóstico Preliminar y Entrega Diagnóstico Final

Actividad 4.1 Difusión y validación diagnóstico sectorial

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.

Etapas 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

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos	Mes de inicio	Mes de término
ETAPA 1 COORDINACIÓN Y DIFUSIÓN INICIAL				
1.1 Coordinación de actividades y taller inicial	Desarrollo de reunión de coordinación inicial y primer taller con empresas	Acta de Acuerdos. Primer taller de difusión inicial dictado	Dic 2012	Dic 2012
ETAPA 2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA				
2.1 Recopilación de antecedentes	Identificación y recopilación de antecedentes necesarios para desarrollar el diagnóstico	Información sobre el sector, normativas y soluciones basadas en buenas prácticas y las mejores tecnologías disponibles	Dic 2012	Dic 2012
2.2 Reuniones con profesionales sector público y privado	Direccionar estudio según el estado del arte del sector	Evaluación de problemáticas según visión gremial, pública y privada.	Dic 2012	Dic 2012
2.3 Diseño de encuesta y Validación	Herramienta de levantamiento de información	Instrumento elaborado y validado	Dic 2012	Dic 2012
ETAPA 3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO				

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos	Mes de inicio	Mes de término
3.1 Reunión inicial coordinación diagnóstico			Dic 2012	Dic 2012
3.2 Levantamiento información en terreno	Diagnóstico empresas en terreno	Aplicación de encuesta de diagnóstico y visitas	Dic 2012	Enero 2013
3.3 Análisis y síntesis de información	Preparación de resultados del diagnóstico. Definición de indicadores.	Diagnostico desarrollado	Enero 2013	Feb 2013
ETAPA 4 DIFUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR Y ENTREGA DIAGNÓSTICO FINAL				
4.1 Difusión y validación diagnóstico sectorial	Difusión de resultados del Diagnostico	Difusión realizada. Lista de asistencia	Marzo 2013	Marzo 2013
ETAPA 5 DESARROLLO, SOCIALIZACIÓN Y ENTREGA DE LA PROPUESTA DE APL				
5.1 Desarrollo de metas, acciones e indicadores	Redacción de compromisos a negociar con el sector público	Textos entregados a la A.G.	Feb 2013	Marzo 2013
5.2 Validación de propuesta APL	A realizar en taller de trabajo para la revisión por parte de los empresarios	Aprobación de la propuesta	Marzo 2013	Marzo 2013
5.3 Preparación de documento final	Ajustes para entrega a la Asociación y posterior validación por CPL	Entrega de documentos	Marzo 2013	Marzo 2013

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
Presidente:	Ernesto Escobar E
Vicepresidente:	Gastón Lewin Gómez

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.

Este acuerdo, implicó 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.

Las empresas de galvanizado, socias de la AG, que participarán en el proyecto representan aproximadamente el 80% del mercado nacional y conforman el único Círculo de Empresas Galvanizado en Caliente del país.

El Círculo de Galvanizadores de Chile, se constituyó en octubre del 2011. En sus inicios han planteado abordar los siguientes objetivos:

- Enfrentar el ingreso de productos galvanizados desde mercados subsidiados como el asiático.
- Proteger el cumplimiento de normas evitando competencias desleales con productos externos.
- Cambiar la percepción sobre la industria de galvanizado y consolidarla como ambientalmente amigable.
- Difundir el galvanizado y aumentar la tasa de acero galvanizado per cápita a 10 Kg/hab. Año.
- Efectuar charlas técnicas, capacitaciones, y otras acciones que ayuden a cumplir los objetivos anteriormente descritos y apoyar cualquier propuesta adicional que presenten los participantes del Círculo.
- Ser anfitriones de la tercera versión de la Conferencia Latinoamericana de Galvanizado, LATINGALVA, realizada en Octubre de 2012

2.2 CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DEL SECTOR

En Chile, la actividad económica dedicada al galvanizado se desarrolla bajo la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, CIIU Grupo 3819 “Fabricación de productos metálicos, no especificados en otra parte, exceptuando maquinaria y equipo”¹.

Esta Clasificación CIIU proviene de la siguiente definición:

División 38	=	Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo
Agrupación 381	=	Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo

De esta manera, el sector galvanizado se enmarca dentro de las actividades finales o subactividades efectuadas por el rubro metalúrgico-metalmecánico en general, tendiente a modificar las propiedades de la superficie de metales por medio del depósito de metales como el zinc, en este caso particular.

El proceso específico realizado en las empresas corresponde a galvanizado en caliente, utilizado para proteger al acero de la corrosión y abrasión, ya que se produce un recubrimiento protector al sumergir productos de acero en un baño de zinc fundido. La película de zinc que se forma sobre el acero o hierro lo protege de dos maneras: protección de barrera y protección galvánica

Aunque el galvanizado se utiliza extensivamente en la fabricación de una gran variedad de productos que requieren protección contra la corrosión, sus usos principales están en el acero

¹ CIIU 3819: Fabricación de productos metálicos, n.e.p., exceptuando maquinaria y equipo. Este grupo incluye las industrias que se dedican a esmaltar, barnizar y laquear, y a galvanizar, chapar y pulir artículos metálicos.(CIIU) UN Serie M, N°4 Rev.2.INE.

estructural utilizado en obras públicas y viales, torres de transmisión y comunicaciones y estructuras en áreas: Químicas, construcción, tratamiento de aguas, transporte, recreación, marina, agrícola, e incluso minera, entre otros.

A nivel país existe un total de 10 empresas con 12 plantas productivas que realizan procesos de galvanizado, con una capacidad instalada cercana a 200.000 TM/año, 10 de estas instalaciones, equivalentes a 7 empresas participaron en el diagnóstico sectorial (83% del universo) representando cerca del 80% de la producción nacional del sector. Las empresas se ubican en las regiones VIII, X y RM, predominando esta última.

El mercado del galvanizado en los últimos años ha sido del orden de las 90.000 a 100.000 TM/año, no observándose factores de estacionalidad. De acuerdo a información del sector, el consumo de galvanizado en Chile es de cerca de 7,6 kg/habitante-año y se espera elevarlo a 10 kg/habitante-año.

Desde el año 2002 al 2007 la producción nacional aumentó de 60.000 a 100.000 TM/año, observándose una baja entre los años 2008 y 2009 hasta cerca de 85.000 TM, comenzando a repuntar nuevamente a partir del año 2010.

Las empresas diagnosticadas del sector presentan ventas sobre 60 MM US\$, y se estima que sus exportaciones equivalen al 2% de las ventas. El PIB sectorial es de 2,6% (son parte del PIB del Sector Metalúrgico y Metalmecánico).

Los procesos realizados por las empresas son de prestación de servicios a terceros o bien para producción propia, ya que varias de las empresas desarrollan además actividades de metalmecánica. Los servicios desarrollados por las empresas diagnosticadas incluyen:

- Galvanizado en caliente de tubos y perfiles
- Galvanizado en caliente de estructuras
- Galvanizado en caliente de piezas de menor tamaño

Tabla 2-1. Estratificación de Empresas diagnosticadas

Tamaño	%
Microempresas	14%
Medianas Empresas	29%
Grandes Empresas	57%

Los clientes corresponden a variados sectores, entre los que destacan: construcción, equipamiento vial, comunicaciones, distribución eléctrica, minería, forestal, pesca, acuícola y maestranzas. La antigüedad promedio de las empresas es de 18 años (variando entre 1 y 60 años) y la mayoría trabaja, en promedio, en dos turnos diarios.

2.2.1 Fuerza laboral

El número de trabajadores contratados fue determinado a partir de datos de las empresas encuestadas, y asciende a cerca de 1000 trabajadores en total, de los cuales 530 trabajan directamente en los procesos de galvanizado. Del total de los trabajadores de galvanizado se

indica que un 94% 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 83% del universo de empresas del sector, el número total de trabajadores del sector galvanizado bordearía aproximadamente los 420 trabajadores. Por otra parte, un 57% de los trabajadores tiene enseñanza media, un 20% media profesional, y un 5% 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 asociadas a buenas prácticas de operación, ya que el esfuerzo de incorporar modificaciones en el proceso será con participación del personal que se mantiene en la empresa, con un bajo riesgo de que, cada cierto tiempo, se tenga la necesidad de entrenar personal por nuevas contrataciones.

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 de galvanizado diagnosticadas un 70% (7) se ubica en la Región Metropolitana, dos en la Octava Región y una en la Décima Región. Prácticamente todas las instalaciones se ubican en parques industriales. En general, se indica que no existen mayores problemas con la localización actual de las mismas.

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 importante 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 cierto nivel de implementación de normas internacionales, principalmente relacionadas a calidad (ISO 9000) 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.
- La disminución de las tasas de accidentalidad, siniestralidad y enfermedades profesionales.
- 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

En términos generales, esta industria se caracteriza por ser manufacturera y de servicios, por lo que puede ser clasificada, entre otras variables, por su servicio principal y el tamaño de la empresa. En general la actividad involucra tanto etapas de preparación como tratamiento y terminado de superficies. La siguiente figura presenta un resumen de un proceso tipo, el cual incluye algunas variantes, relacionadas a la mayor o menor vida útil de las soluciones de proceso.

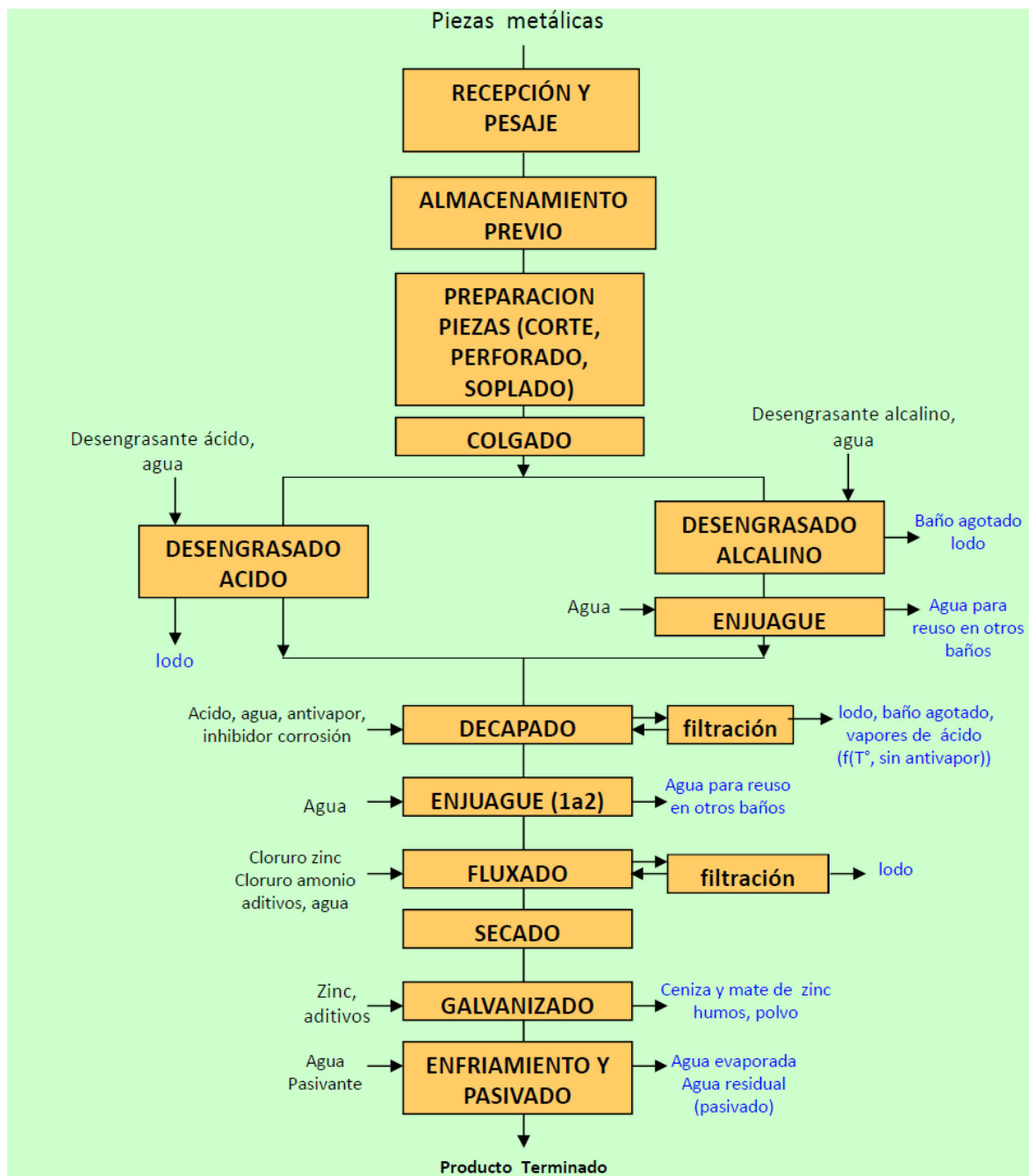


Figura 2-1 Diagrama general del proceso de galvanizado

Debido al tipo de servicios prestados, el sector utiliza variados insumos y equipos, los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-2 Insumos y equipamiento principal del proceso de galvanizado

Insumos	Equipamiento
Agua Gas Energía eléctrica Ácido clorhídrico Compuestos químicos para galvanizado	Equipos de corte y perforado previo de piezas Tinas para baños de desengrase, decapado, enjuagues y fluxado Cámaras de secado Hornos de galvanizado

Etapas del proceso de galvanizado en caliente²

A continuación se detallan las principales operaciones del proceso. Existen algunas variantes en el mismo, dependiendo de los tipos de tratamiento químico previo y también del tipo de pieza metálica a galvanizar.

- **Recepción y Almacenamiento**

En el área del almacenamiento inicial o patio de acopio se depositan temporalmente las piezas metálicas (estructuras metálicas, tubos, perfiles o piezas pequeñas); los insumos (sustancias químicas y otros) se almacenan en bodegas de insumos generales o en bodegas de sustancias peligrosas.



Preparación de piezas

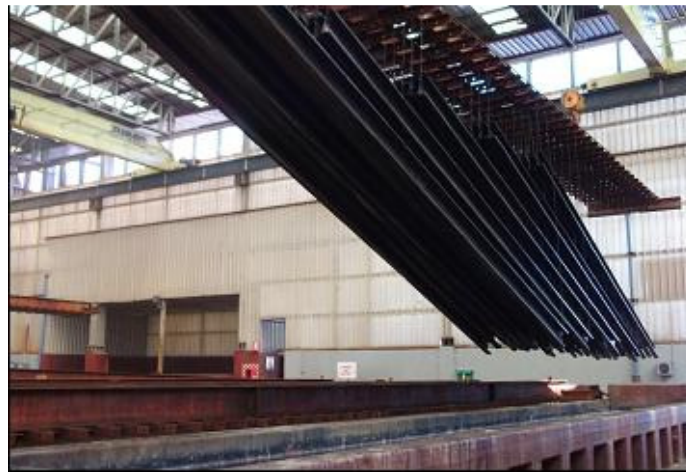
El proceso de preparación depende del tipo de piezas a galvanizar normalmente puede consistir de operaciones de perforación o cortes de estructuras conformadas por perfiles (para permitir un buen drenaje de las soluciones limpiadoras y el zinc) y remoción de restos menores de pintura si procede, aunque la mayoría de las empresas exige que el material llegue limpio. Por lo anterior, el proceso no considera limpieza abrasiva (como granallado o arenado).

² Basado en IHOBE 2000, e información de las empresas evaluadas



Colgado

El colgado del material y la forma en que se disponga éste en las vigas de proceso es de alta relevancia para mantener los niveles de calidad de apariencia, uniformidad y espesores del recubrimiento. El material a tratar es dispuesto, mediante alambres o ganchos de modo de permitir el escurrimiento adecuado de los líquidos en cada baño de proceso y en el baño de zinc fundido, a fin de retirar las piezas de la manera más limpia posible. En el caso de piezas pequeñas, éstas se colocan en contenedores ranurados que facilitan el escurrimiento.



Desengrase

Inicialmente se realiza un tratamiento de limpieza por desengrase para eliminar los residuos de aceites y grasas, tales como aceites de corte procedentes de procesos de fabricación anteriores (laminado en frío, embutición, mecanizado, entre otros.). Un buen desengrase evita el arrastre de aceites y grasas a las fases de tratamiento posteriores, facilitando además la valorización de los residuos/subproductos obtenidos. El objetivo del desengrase es preparar la superficie metálica para un posterior tratamiento.

Los baños de desengrase pueden ser alcalinos o ácidos, e incluyen en su composición agentes tensoactivos que emulsionan los aceites y las grasas adheridos a la superficie de la pieza. La

efectividad del baño de desengrase depende fundamentalmente de la concentración de los agentes desengrasantes, temperatura del propio baño y duración del tratamiento. En algunos casos se utilizan desengrases decapantes, baños en los que se realiza simultáneamente el desengrase y el decapado.

Dentro de las instalaciones visitadas para el diagnóstico sectorial se encontraron todas las variantes de la operación que se describen a continuación, aunque predomina el desengrase ácido.

- **Desengrase ácido**

Los baños de desengrase ácidos se componen de ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico y/o o-fosfórico, solubilizantes y agentes anticorrosivos. Este tipo de baños forman emulsiones de aceite estables, por lo que no es posible una adecuada separación de aceites y grasas para su eliminación periódica, salvo con la adición de productos especiales que encapsulan los aceites y ayudan a precipitarlos, para su posterior remoción. La mayoría de las empresas actualmente utilizan este tipo de baño, junto al uso de productos que ayudan a la remoción de grasas y permiten aumentar la vida útil del baño al punto de evitar su descarte.

La temperatura de trabajo de estos baños de desengrase de este tipo suele ser entre 20 y 40°C.



- **Desengrase alcalino**

El proceso de desengrase alcalino se realiza a mayor temperatura. Se distingue entre los desengrases alcalinos de alta temperatura (alrededor de 85°C) y los de baja temperatura (a partir de 40°C).

La composición básica de los baños de desengrase es el hidróxido sódico al que suelen añadirse otras sustancias con propiedades alcalinas como carbonato sódico, silicatos sódicos, fosfatos alcalinos, bórax, etc. Asimismo, se añaden agentes tensoactivos específicos, emulsionantes y dispersantes que facilitan la limpieza. Este tipo de baños es más eficaz que el anterior, pero en este caso es necesaria la existencia de una etapa de lavado intermedia previa al proceso de decapado, para evitar la neutralización paulatina del baño de decapado debido al arrastre de solución del desengrase.



Los sistemas de desengrase alcalinos pueden ajustarse para que se formen emulsiones menos estables. De esta forma, es posible la separación de los aceites y grasas, mediante dispositivos especiales, prolongándose la vida del baño. Además, en este caso es factible la utilización de instalaciones de ultrafiltración. Sin embargo, este tipo de baños genera casi 10 veces más lodo que un desengrase ácido.

- **Desengrase decapante**

La utilización de este tipo de baños está restringida a aquellos casos en los que las piezas a galvanizar tengan pequeñas cantidades de aceites y grasas adheridas a su superficie. En este caso se añaden al propio baño de decapado sustancias desengrasantes, teniendo lugar ambos procesos de forma simultánea. Su utilización puede presentar problemas, tanto en lo que respecta a su eficacia, como a la hora de valorizar los baños, debido a la presencia de aceites y grasas emulsionados y a su mayor arrastre a las etapas siguientes del proceso.



Lavado

Luego del desengrase se recomienda una etapa de lavado si se utiliza un sistema de tipo alcalino. En el caso del desengrase ácido no se requiere un lavado posterior.

Se aconseja realizar un lavado intermedio de las piezas antes de que éstas pasen al siguiente proceso de decapado, ya que la solución de desengrase alcalino que arrastran las piezas contiene aceites y grasas y componentes del propio baño que se incorporarían al baño posterior de decapado, acortando su vida. Además, los restos de aceites y grasas en los baños agotados de decapado dificultan su tratamiento y disminuyen las posibilidades de minimización y/o reutilización. En caso de que el desengrase no haya sido completamente eficaz y queden restos de aceites y grasas adheridos a las piezas, éstos se eliminarán como gases al introducirse en el baño de zinc.

Decapado

- **Decapado de piezas de acero**

El decapado permite eliminar el óxido y la cascarilla de la superficie de la pieza mediante la utilización de soluciones ácidas. Su objetivo es eliminar la cascarilla sin que se llegue a atacar la superficie del acero. Para ello es necesaria la adición de inhibidores para que no haya prácticamente ataque al metal base. Los factores más importantes que influyen a la hora de

mantener el baño de decapado son: concentración de ácido, temperatura del baño y la duración del tratamiento. El tiempo de decapado depende del grado de oxidación superficial de las piezas y de la concentración de la solución de ácido.

En los procesos de galvanizado se utiliza fundamentalmente el ácido clorhídrico (HCl). La concentración del baño de decapado normalmente es de un 14-16% en peso de ácido clorhídrico, aunque se encontraron procesos que utilizan hasta 18%.



La actividad del baño de decapado va disminuyendo al aumentar su concentración en hierro, por lo que se realizan adiciones periódicas de ácido para mantenerla. Asimismo, es necesario reponer las pérdidas producidas tanto por evaporación como por arrastre de las piezas, compensándose estas pérdidas mediante adición de agua. El baño puede mantenerse hasta que alcanza el límite de solubilidad del cloruro ferroso (FeCl_2) en el ácido clorhídrico, por lo que una vez que se ha llegado a este límite ya no es posible seguir decapando. Igualmente, si el contenido de hierro de la solución de decapado es superior a los 140-150 g/l, el baño de decapado está agotado, siendo necesaria su renovación (ver figura 2.2).

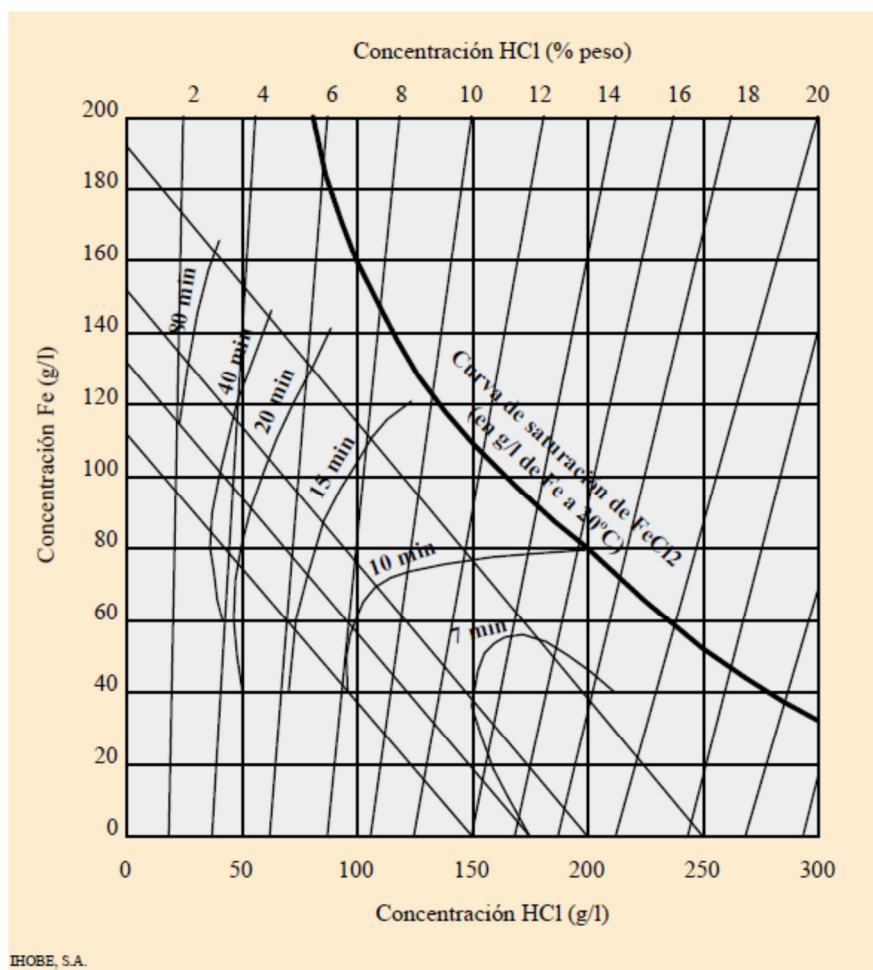


Figura 2-2 Relación entre tiempo de decapado y composición del baño de decapado a 20°C
Fuente IHOBE 2000

Por otro lado, la velocidad de la reacción de decapado aumenta en función de la concentración de ácido clorhídrico. Así, una alta concentración de ácido (≈ 200 g/l HCl o 18% en peso) el decapado es muy rápido por lo que suele darse un ataque al material base. Por debajo de los 150 g/l de clorhídrico, el tiempo de decapado es más uniforme y permite una gestión óptima de la acidez del baño.

Cabe destacar la gran influencia de la temperatura de la solución de decapado sobre la velocidad de decapado. Así, un incremento de la temperatura de 10°C a 20°C permite casi duplicar la velocidad de decapado. Tomando como base de partida la necesidad de una velocidad de reacción más o menos homogénea de la reacción de decapado y el mantenimiento de los valores de protección e higiene en el trabajo válidos en Alemania³, existe una recomendación de concentración inicial de decapado en función de la temperatura que se presenta en la figura 2.3.

³ Los valores en Alemania establecen unas emisiones de máximo 7 mg HCl/m^3 en procesos de decapado. Fuente IHOBE 2000

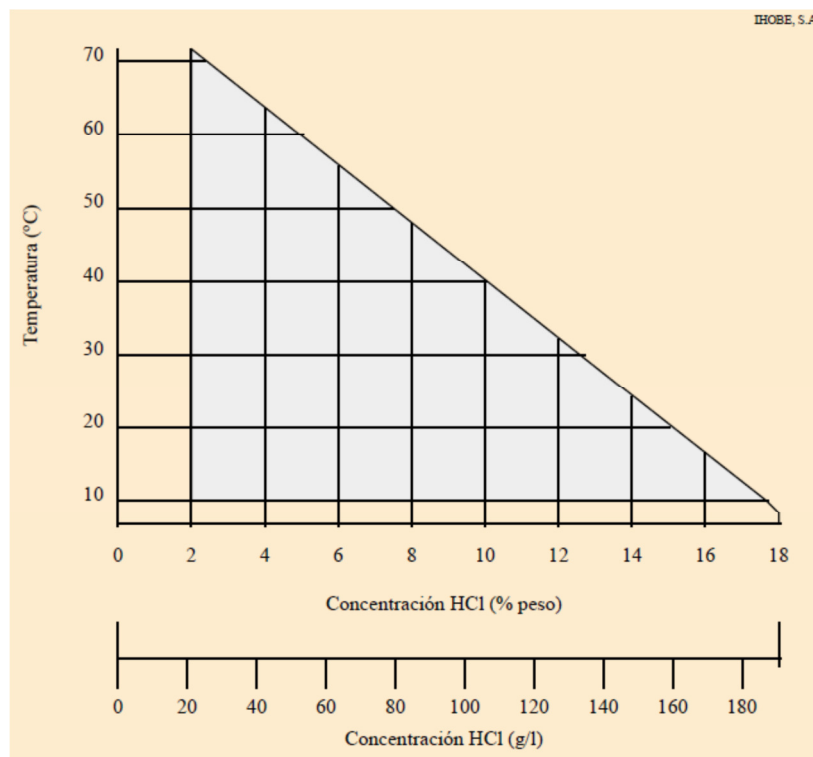


Figura 2-3 Relación entre la concentración de ácido y la temperatura
Fuente IHOBE 2000

Normalmente se añaden inhibidores al baño de decapado para que una vez se haya eliminado el óxido y la cascarilla de la pieza no se produzca el ataque del ácido a su superficie (sobredcapado), así como para evitar un consumo excesivo de ácido. Asimismo, también se hace uso de productos antivapor para reducir la emisión de vapores de ácido desde los baños y se recomienda realizar una filtración continua de los baños para remover el exceso de Fe y aumentar su vida útil.

- **Desgalvanizado**

Algunas piezas que no quedan bien galvanizadas o cuyo recubrimiento de zinc debe ser renovado requieren pasar por una etapa de desgalvanizado a fin de remover la capa de zinc en un baño de decapado.

En algunos casos, tanto las piezas previamente galvanizadas como las no galvanizadas se decapan en el mismo baño, por lo que los baños de decapado agotados contienen cantidades no despreciables de zinc (a veces pueden incluso superar los 60 g/l).

Lavado

Luego del decapado se realiza un lavado de las piezas, con el fin de evitar que éstas arrastren ácido y sales de hierro a las etapas posteriores de fluxado y al baño de zinc. El arrastre de hierro al baño de zinc fundido provoca la formación del mate de cinc, consumiéndose una mayor cantidad de este metal. Teóricamente, por cada gramo de hierro que se arrastra y llega al baño se forman 20 gramos de mate de cinc, por lo que es indispensable que el lavado sea lo suficientemente eficaz y se controlen los tiempos de escurrido. Estos baños de lavado, al momento de su reemplazo,

pueden utilizarse en la preparación de nuevos baños de decapado. Normalmente se utilizan dos baños de lavado o enjuague, recomendándose sistemas en contracorriente.

Fluxado

El fluxado permite disolver y absorber cualquier resto de impurezas y mantener limpia la superficie hasta que la pieza se sumerja en el baño de zinc, favoreciendo además la mojabilidad de la superficie por el zinc fundido.

Normalmente suelen utilizarse sales de cloruro de cinc (ZnCl_2) y cloruro de amonio (NH_4Cl), con una proporción del 60% de ZnCl_2 y el 40% de NH_4Cl , siendo el contenido en sales de estos baños de unos 400 g/l⁴. La presencia de cloruro de amonio provoca la formación de humo al sumergir las piezas en el baño de zinc fundido. En algunos casos se recomienda la sustitución del cloruro de amonio por cloruro potásico para disminuir la producción de humo.

El cloruro de amonio, también provoca un efecto de decapado suplementario sobre la superficie de la pieza. Este efecto es debido a la liberación de ácido clorhídrico en el baño de cinc, dicha liberación tiene lugar de manera creciente al descomponerse el cloruro de amonio a temperaturas superiores a los 200°C. Este efecto decapante se acentúa más entre 250-300°C. En este intervalo de temperatura el equilibrio de la reacción química de la descomposición del cloruro de amonio está totalmente desplazado hacia la derecha. ($\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$).

Existen tres métodos para realizar la operación de Fluxado:

Proceso seco antiguo: las sales procedentes de un decapado de ácido clorhídrico se secan y actúan como mordiente. Se deja secar la pieza por encima del baño de decapado antes de llevarlo a la cuba de inmersión de zinc fundido. Este proceso sólo puede utilizarse en caso de que el baño de decapado sea de ácido clorhídrico.

Proceso seco: después del decapado se realiza un lavado con agua, luego se sumerge la pieza en el baño de fluxado y posteriormente se seca antes de su inmersión en el baño de galvanizado. Una parte significativa del proceso de fluxado (limpieza) tiene lugar durante el secado, por consiguiente debe asegurarse que se lleva a cabo de forma eficiente. La cantidad de sales depositadas sobre la superficie de las piezas depende de la concentración del baño de flux y la eficiencia de la limpieza depende fundamentalmente del tiempo de secado y la temperatura.

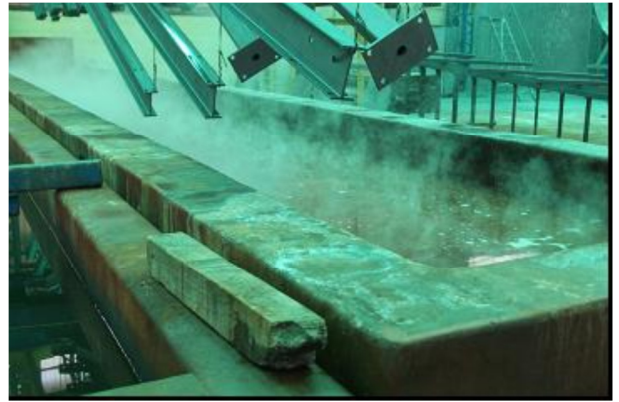
Proceso húmedo: la pieza se lleva directamente de la cuba de lavado al baño de galvanizado en el que hay una capa flotante de sales fundidas sobre el cinc. Este proceso puede modificarse de forma que se pase la pieza primero por un prefluxado, como en el proceso seco. La pieza limpia y decapada se hace pasar a través de una capa de sales e inmediatamente se sumerge en el cinc sin necesidad de secado. Cuando se extrae la pieza el mordiente elimina el exceso de cinc de ésta, permitiendo una mayor velocidad de extracción y por lo tanto la velocidad de producción será mayor. Sin embargo, si se utiliza este método es necesario enfriar las piezas para eliminar cualquier traza de sales.

⁴ Fuente IHOBE 2000

La elección del proceso de fluxado varía según el tipo de piezas, pero no afecta al espesor y a la protección del recubrimiento final.

Todas las empresas diagnosticadas realizan actualmente el denominado proceso en seco, es decir, disponen de un baño de flux separado. Este tipo de proceso es el que menos emisiones produce cuando se introducen las piezas en el baño de zinc fundido⁵. Adicionalmente se ha incorporado el uso de aditivos que optimizan el proceso y se ha incluido el uso de sistemas de recirculación y filtración que permiten remover el hidróxido de hierro formado aumentando indefinidamente la vida útil del baño.

El baño de fluxado suele mantenerse dentro de un rango de temperatura entre 25 y 70°C. Asimismo, el pH se ajusta en torno a un valor de 4-5 (valor recomendado), para que los iones de hierro arrastrados de etapas anteriores precipiten como hidróxido de hierro y se mantenga el poder decapante del baño. De esta forma se descarta prácticamente la posibilidad de que se arrastren iones de hierro al baño de cinc fundido, evitándose la formación de mate de cinc, producto no deseado. Para lo anterior se hace uso de peróxido de hidrogeno y amoniaco.



Luego del fluxado se realiza un secado de las piezas a fin de minimizar las salpicaduras de cinc que se producen por la evaporación inmediata del agua residual en las piezas al introducir éstas en el baño de zinc fundido.

Galvanizado

Un adecuado desengrase, decapado y fluxado permite que el zinc fundido reaccione químicamente con la superficie de acero de una pieza sumergida, produciendo capas de Zn-Fe de composición y espesor variable en la interfase. Si la reacción ha sido controlada adecuadamente, la parte externa de la superficie de la pieza tendrá la misma composición que la del baño de zinc. El recubrimiento se une metalúrgicamente al metal base.

La temperatura normal de galvanizado es de 445-465°C, siendo al comienzo la velocidad de reacción muy rápida. El espesor principal del recubrimiento se forma durante este periodo inicial por lo que suele ser difícil el obtener una capa fina de recubrimiento. Posteriormente, la reacción se ralentiza y el espesor del recubrimiento no aumenta en gran medida. El tiempo de inmersión suele ser de un par de minutos.

⁵ Fuente IHOBE



La velocidad de extracción de la pieza debe ser lenta, de lo contrario pueden producirse gotas y grumos en el recubrimiento. De la misma forma, la velocidad de inmersión debe ser lo más rápida posible sin que se ocasionen salpicaduras, con objeto de exponer al mismo tiempo toda la pieza y darle un espesor uniforme.

Antes de la introducción de las piezas en el baño de zinc, así como antes de extraerlas, se elimina con rasquetas la capa de óxido de cinc que se forma sobre la superficie del baño (ceniza de cinc), para evitar su deposición sobre las piezas.

Para eliminar el zinc sobrante tras el galvanizado, las piezas pequeñas se centrifugan en tambores o cestos; mientras que para las piezas grandes el cinc sobrante se extrae mediante “rascadores” o por vibración (o bien por soplado en el caso de tubos o perfiles).

La temperatura de las paredes del baño no debe superar los 480-490°C, ya que se produciría un ataque del zinc líquido sobre las paredes de hierro del baño, produciéndose grandes cantidades de matas de cinc, reduciéndose además mucho la duración del recipiente en el que tiene lugar el galvanizado.

El tamaño de la tina de galvanizado depende del tipo, tamaño y número de piezas a galvanizar, siendo su geometría tal que la exposición de cinc fundido a la atmósfera sea la mínima posible.

La pureza del zinc utilizado en el baño de galvanizado no es una variable crítica. Sin embargo, debe tenerse cuidado si se utiliza cinc refundido, ya que el contenido en hierro puede ser excesivamente alto, dando lugar a eficiencias menores en el proceso de recubrimiento, formándose grandes cantidades de mate de zinc. Asimismo, se indica que no se obtiene ningún beneficio si se utiliza zinc de alta pureza ya que se acelerará el ataque a las paredes, reduciendo la vida útil del recipiente.

Enfriamiento y Pasivación

Una vez realizado el proceso de galvanizado de la pieza, ésta puede dejarse enfriar a temperatura ambiente, o ser enfriada en un baño con agua. Este último proceso es esencial para evitar que se manche la superficie por los residuos del fluxado, sobre todo si la pieza se ha pasado por un proceso húmedo.

Adicionalmente para piezas pequeñas, luego del galvanizado, las piezas pequeñas pasan por un proceso de centrifugado para eliminar el exceso de zinc.

El enfriamiento con agua también se utiliza cuando se quiere enfriar rápidamente la pieza, para “congelar” el recubrimiento, es decir, evitar que las capas de aleación continúen creciendo sobre la superficie reactiva de acero una vez que la pieza ha sido extraída del baño. Esto es importante sobre todo para piezas grandes de fundición que acumulan importantes cantidades de calor.

Para evitar manchas de corrosión blanca sobre el galvanizado, se realiza un proceso de pasivación de la superficie, normalmente mediante el uso de una solución de dicromato o de silicatos. Ambas soluciones normalmente se mezclan en el agua de enfriamiento. Los pasivadores en base a silicatos no presentan los problemas ambientales que generan los que contiene cromo y tienen mayor resistencia a la lluvia ácida. La operación de pasivación no se realiza a piezas que posteriormente serán pintadas.

Dentro de las empresas diagnosticadas se observó el uso de agua de enfriamiento con y sin pasivantes del tipo dicromato.



Control de calidad producto final y almacenamiento

La mayoría de las empresas mantienen en forma temporal los productos terminados en bodegas o áreas destinadas exclusivamente al almacenaje, protegidos contra la intemperie



De acuerdo a la información consultada, la secuencia de operaciones más apropiada para el galvanizado de piezas, es la siguiente:

- Desengrase
- Lavado estanco
- Decapado
- Lavado estanco
- Fluxado
- Secado
- Galvanizado
- Enfriamiento

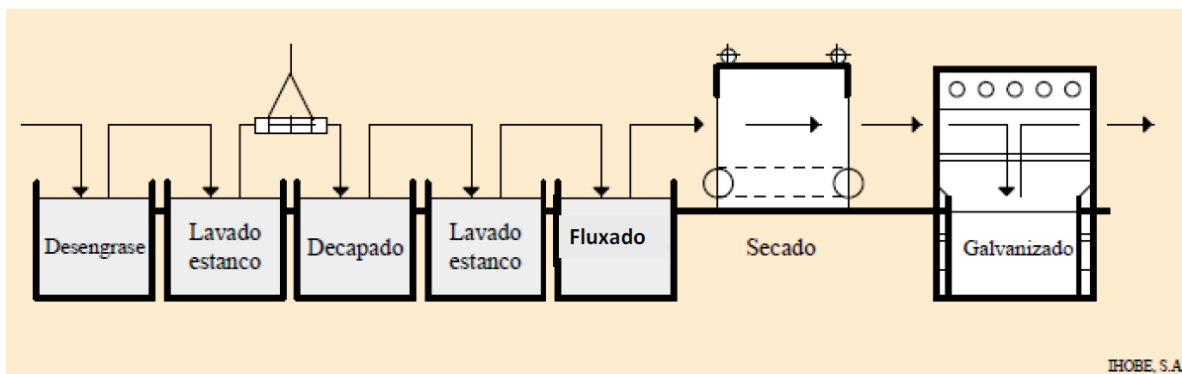


Figura 2-4 Diagrama general del proceso según IHOBE

2.3.3 Aspectos Ambientales

Como aspectos ambientales relevantes del proceso de galvanizado se destacan la generación de residuos líquidos (baños agotados), residuos sólidos (lodos, alambres) además de emisiones a la atmósfera (gases, humos y vapores). Por otra parte también se generan algunos subproductos como mate, ceniza de zinc y salpicaduras de zinc.

Tabla 2-3 Residuos y emisiones generados en el proceso de galvanizado

Etapa	Residuos y emisiones generados
Colgado	Alambres
Desengrase	Baño de desengrase agotado, lodos de desengrase, vapores, envases de aditivos.
Decapado	Baño agotado, lodos de decapado, vapores ácidos, envases de aditivos
Enjuague	Aguas de enjuague
Fluxado	Baño de flux agotado, lodo galvánico, humos de amonio envases de aditivos,
Galvanizado	Mate, salpicaduras, cenizas de zinc, tierra de zinc Gases (amoniaco), humos de cloruro de amonio y cloruro de zinc, polvos
Enfriamiento	Aguas de enfriamiento

Fuente: Basado en IHOBE, y datos de empresas diagnosticadas

Residuos sólidos y líquidos

Desde el punto de vista de gestión de residuos, los baños agotados, indicados en la tabla previa, son manejados mayoritariamente como residuos sólidos en razón al envase que los contiene, además de algunos residuos de procesos de mantención como aceites usados. Sólo en algunos casos los baños agotados se manejan como residuos líquidos.

La información de peligrosidad de los residuos generados ha sido determinada por las empresas en base al análisis de las hojas de datos de seguridad, asociadas a cada compuesto y, en algunos casos en base a análisis de peligrosidad.

Tabla 2-4 Principales Residuos Generados en el Proceso de Galvanizado

Residuo	Clasificación	Destino Actual	Normativa Aplicable
Restos de metal (chatarra, alambres)	No Peligroso	Reciclaje	RES. Nº 5.081/1993
Baño Desengrase agotado con aceites y grasas	Peligroso A4090	Eliminación en relleno seguridad previo tratamiento	D.S.148/2003
Ácido clorhídrico agotado de decapado	Peligroso A1060	Eliminación en relleno seguridad previo tratamiento	D.S.148/2003

Emisiones Atmosféricas

La generación de emisiones atmosféricas en el rubro se centra en la presencia de material particulado, gases y humos desde el horno de galvanizado, y emisiones variables de vapores de ácido desde baños de proceso, las

Ceniza de Zinc	No Peligroso B1080	Reciclaje	RES. Nº 5.081/1993
Polvo de Zinc y viruta de zinc (operación de soplado)	No Peligroso	Reciclaje	RES. Nº 5.081/1993
Polvo de Filtro mangas	Peligroso A4100	Eliminación en relleno seguridad	D.S.148/2003
Enjuagues	Peligroso	Se reutilizan internamente para baños	D.S.148/2003
Mate de Zinc	No Peligroso B1100	Reciclaje	RES. Nº 5.081/1993
Aceites y Grasas	Peligroso A3020	Eliminación para valorización energética	D.S.148/2003
Baño flux agotado	Peligroso A1050	Eliminación en relleno seguridad	D.S.148/2003
Lodos de fluxado	Peligroso A1050	Eliminación en relleno seguridad	D.S.148/2003
Envases de sustancias químicas peligrosas	Peligroso A4130	Eliminación en relleno seguridad	D.S.148/2003

cuales sólo son importantes cuando se utilizan baños a temperaturas mayores a la ambiente.

Ruido

Pueden generarse problemas de ruido, básicamente producto del movimiento de materiales en el proceso, los que se evalúan tanto desde el punto de vista de seguridad ocupacional (DS 594) como de emisión hacia el exterior del ambiente de trabajo (DS 146). En general los niveles de ruido están dentro de lo indicado por la normativas y en todas las instalaciones se provee a los trabajadores con equipos de seguridad apropiados, si se requieren.

Otros aspectos ambientales

Otros aspectos relevantes para el sector, desde un punto de vista ambiental, sanitario y de higiene laboral, dicen relación con potenciales riesgos referidos a operación con sustancias peligrosas y exposición a altas temperaturas en el proceso.

A continuación se entrega la caracterización de algunos de estos residuos y emisiones.

- **Baños de desengrase agotados**

La vida útil del baño de desengrase, así como la cantidad de aguas residuales procedentes del desengrase varían de empresa a empresa, dependiendo del tipo de desengrase usado, rendimiento del baño, grado de suciedad de las piezas y presencia de otras sustancias extrañas, entre otros.

Los baños de desengrase ácidos agotados contienen: ácido clorhídrico y/o fosfórico diluido, emulsionantes, agentes anticorrosivos y aceites y grasas. Por otro lado, los baños de desengrase alcalinos agotados contienen: hidróxido de sodio, carbonatos, fosfatos, silicatos, agentes tensoactivos y aceites y grasas.

El tratamiento de eliminación autorizada de estos baños agotados se efectúa en instalaciones con tratamiento físico-químico, donde inicialmente se produce la rotura de las emulsiones, obteniéndose dos fases, una fase acuosa pobre en aceite que recibe un tratamiento posterior (por lo general una precipitación, neutralización, etc.), y otra fase rica en aceite que puede valorizarse energéticamente.

Es posible prolongar la vida de los baños de desengrase retirando de forma periódica los aceites y grasas no emulsionados. Estos aceites y grasas no emulsionados flotan sobre la superficie y pueden retirarse mecánicamente. El residuo extraído contiene los aceites y grasas removidos, solución del baño de desengrase, y partículas de óxido y cascarilla. Este residuo se elimina como peligroso. En el caso de los desengrases ácidos, actualmente existen aditivos que permiten aumentar su vida útil en forma casi indefinida.

- **Baños de decapado agotados**

Durante el uso del baño de decapado aumenta la concentración de hierro y metales, y disminuye la concentración de ácido, manteniéndose constante la concentración de cloruros. El ácido se repone hasta cierto punto, pero llega un momento en que se alcanza el límite de solubilidad del hierro en la solución, (alrededor de 150 g/l), por lo que es necesaria una renovación del baño.

Los baños de decapado agotados contienen: ácido residual libre, cloruros de hierro y de zinc, componentes de la aleación de los aceros e inhibidores de decapado. En caso de que el desengrase de las piezas se realice en conjunto con el decapado, se incluyen también aceites y grasas. Generalmente, para la preparación de los baños de decapado se utiliza ácido clorhídrico técnicamente puro. Éste puede contener diferentes cantidades de metales pesados o metaloides. Estas sustancias adicionales no repercuten por lo general en el proceso de decapado.

Algunas empresas utilizan tinajas separadas para decapar piezas normales de producción, y para operaciones de desgalvanizado. Esto genera dos tipos de residuos: baños agotados con alto contenido en hierro y con pequeñas cantidades de zinc y baños agotados con alto contenido en zinc y pequeñas cantidades de hierro, estos últimos suelen contener además inhibidores de decapado.

La tabla siguiente muestra la composición media de los baños de decapado agotados según su utilización, distinguiendo entre aquellos en los que se decapan todo tipo de piezas (mezcla), aquellos que decapan sólo las piezas normales de proceso (altos de hierro) y por último aquellos que se utilizan para el decapado de piezas con recubrimiento previo de zinc que es necesario eliminar (altos en zinc).

Tabla 2--5 Composición media de baños de decapado agotados galvanizado en caliente

Componente	Baño agotado (mezcla)	Baño agotado (alto en hierro)	Baño agotado (alto en zinc)
Hierro (g/L)	< 140	>140	<15
Cinc (g/L)	20-40	5-10	160-200

HCl (ácido residual libre) (g/L)	30-50	30-50	<10
-------------------------------------	-------	-------	-----

Los baños de decapado agotados son eliminados en instalaciones autorizadas previo tratamiento físico-químico de precipitación y neutralización.

- **Residuos procedentes del fluxado**

El mantenimiento del baño de flux requiere comprobar periódicamente el contenido en ácido libre, la gravedad específica y la formación de lodos de hidróxido de hierro, lo cual es un indicador de un alto contenido en sales de hierro. Todo ello reduce, a partir de ciertas concentraciones, de forma considerable el efecto del baño de flux.

En la mayoría de las empresas estos baños se regeneran. No obstante, cada cierto tiempo podría ser necesaria la eliminación de los baños regenerados.

La vida de los baños de flux, cuando no se realiza su regeneración de forma periódica, suele ser de unos 5 o 6 años⁶. Los baños de flux agotados son soluciones salinas ácidas con cloruro de amonio, cloruro de cinc y/o cloruro potásico. Estos baños son eliminados en instalaciones autorizadas previo tratamiento físico-químico. La filtración continua de estos baños aumenta su vida útil en forma casi indefinida.

- **Residuos/subproductos procedentes del galvanizado**

Mate de zinc

El mate de zinc es una aleación cuya composición aproximada es 95% de zinc y 5% de hierro, el cual se acumula en el fondo del baño de zinc. Se produce por el arrastre de restos del decapado y del fluxado al baño de galvanizado, los que hacen reaccionar los componentes de hierro y/o acero de la superficie de la pieza con el zinc fundido. Aunque también puede ocurrir esporádicamente que algunas piezas caigan al fondo del baño de galvanizado, dando lugar también a la producción de mate.

La reacción del zinc con las paredes del baño es poco significativa ya que se forman rápidamente capas de protección de aleación Zn-Fe, y el acero no contribuye a la formación de mate a no ser que la temperatura exceda los 480°C. Por encima de esta temperatura el ataque es muy rápido, y no solamente se generan grandes cantidades de mate de cinc, sino que también se reduce drásticamente la vida útil del recipiente del baño.

⁶ Fuente IHOBE 2000



El mate se elimina periódicamente mediante técnicas mecánicas. Su formación puede minimizarse mediante:

- Evitar el sobredecapado de las piezas.
- Controlar las temperaturas de galvanización.
- Mantener una temperatura constante en el baño.
- Realizar un lavado previo al fluxado para evitar el arrastre de líquido de decapado.

El mate tiene un potencial de valorización muy alto debido a su elevado contenido en zinc, considerándosele un subproducto, por lo que su destino son las fundiciones de zinc.

Cenizas de zinc

La ceniza es el óxido de zinc que se forma sobre la superficie del baño de galvanizado. Su contenido de zinc puede superar el 80%. Se produce por el contacto de la superficie del zinc fundido con el aire, generándose una película de zinc oxidada. También se forma por reacción con restos de sales que puedan contener las piezas, por lo que podría contener cloruro de cinc y óxido de cinc, además de otros óxidos metálicos que pueda haber como impurezas en el baño. Por lo indicado, se requiere limpiar la superficie del baño de galvanizado mediante métodos mecánicos antes de que la pieza se sumerja o extraiga del baño para evitar que ésta se recubra de una capa de este óxido.



Salpicaduras de zinc

Cuando las piezas que se introducen en el baño de zinc fundido no están completamente secas, se produce la evaporación inmediata del agua adherida. Este fenómeno provoca salpicaduras desde el baño de zinc cuya magnitud es inversamente proporcional al grado de sequedad. La composición de estas salpicaduras es fundamentalmente óxido de cinc, debido al contacto del metal con el aire. Generalmente, estas salpicaduras se vuelven a introducir al baño de galvanizado

- **Emissiones del horno de galvanizado**

Durante la inmersión de la pieza en el baño de galvanizado, se genera una reacción entre las sales de fluxado adheridas a la pieza y el zinc fundido, produciéndose emisiones en forma de gas (HCl, NH₃) o de humos (NH₄ Cl, ZnCl₂), cuya composición dependerá de la del baño de fluxado. En la tabla siguiente se indican los componentes principales de estas emisiones suponiendo que se emplean sales de fluxado convencionales.

Tabla 2-6 Componentes principales de las emisiones

Componente	Porcentaje en emisiones
Zn	5-20%
Cl ⁻	30-50%
NH ₃	15-40%
Al	<10%
Fe	<1%

Fuente IHOBE 2000

El contenido de polvo en el humo emitido por un proceso de galvanizado sin control de emisiones puede llegar a superar los 100 mg/m³. Los gases generados en el baño de zinc fundido se recogen, en la mayoría de las instalaciones, mediante un sistema de captación de humos provisto de un dispositivo de filtración de éstos. Los polvos que se recogen en los sistemas de captación de humos son retirados y enviados a instalaciones de eliminación autorizadas de residuos peligrosos, aunque también se indica que es posible valorizarlos, previa molienda, como materia prima para la elaboración de insumos para el baño de fluxado.

- **Otras emisiones: vapores de ácidos**

Los baños de decapado emiten vapores de ácido clorhídrico que se difunden en el ambiente, los cuales aumentan en forma proporcional con la temperatura del baño; sin embargo, como la mayor parte de ellos operan a temperatura ambiente, no suele ser necesaria la instalación de un sistema de aspiración.

2.3.4 Evaluación de las empresas diagnosticadas

- **Consumos de materias primas e insumos de proceso**

La principal materia prima utilizada corresponde al zinc. Dentro de los principales insumos se encuentran el ácido clorhídrico, seguido en cantidades bastante menores por alambres, sales de flux y aditivos químicos. Los consumos anuales y mensuales informados se detallan en la tabla 2.7.

Tabla 2-7 Consumo anual de materia prima y principales insumos

Material	Total anual (2012)	Consumo mensual promedio	Unidad
Zinc	5.289	441	ton
Ácido clorhídrico	1.701	142	ton
Sales flux	76.375	6.365	kg
Aditivo desengrase	43.360	3.613	L
Alambre	96.000	8.000	kg
Amoniaco	6.836	570	kg
Peróxido de hidrogeno	440	37	kg
Acelerante de decapado	500	42	kg
Estaño	300	25	kg
Aluminio	480	40	kg
Plomo	1.500	125	kg
Soda caustica	3.475	290	kg

Fuente: información entregada por empresas

El indicador zinc consumido/ton procesada tiene un valor promedio de 72 kg/ton, variando entre 52 y 87 kg/ton. En el caso del ácido clorhídrico, el indicador promedio es de 26 kg/ton procesada (variando entre 14 a 65 kg/ton).

- **Condiciones de almacenamiento generales**

Al analizar las condiciones actuales de almacenamiento, las 10 instalaciones cuentan con bodega de materias primas y bodega de insumos y llevan registros de control de los mismos; (ver Figuras 2.5 y 2.6). 8 de las instalaciones indican contar con lugares de almacenamiento de sustancias peligrosas pero sólo 6 mantienen registros de control.

Respecto a la existencia de sitios de acopio de residuos, se determinó que 8 instalaciones cuentan con patio de acopio o bodega para residuos no peligrosos y sólo 6 poseen bodegas de residuos peligrosos. En cuanto a la existencia de registros para los ingresos a dichas bodegas sólo 6 instalaciones los llevan. Este último tema se retoma en la sección de manejo de residuos sólidos.

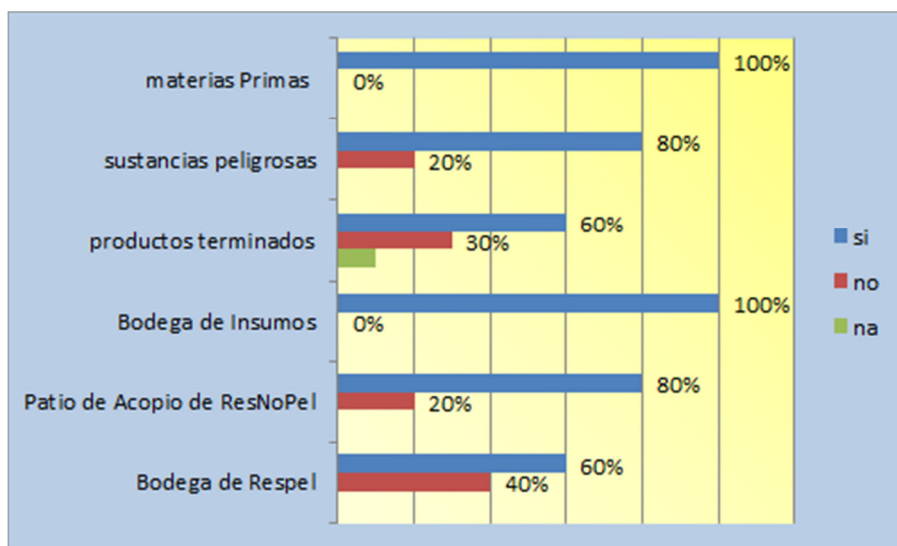


Figura 2-5 Existencia de bodegas

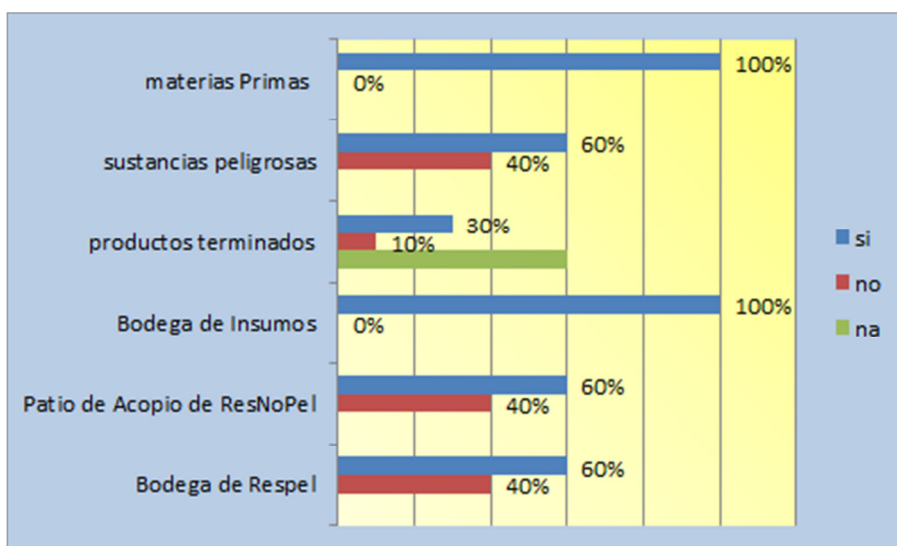


Figura2-6 Mantención de registros de bodegas

- Condiciones de almacenamiento de materias primas e insumos

8 de las instalaciones indica que sus bodegas incluyen sistemas de contención de derrames en el almacenamiento de insumos y sólo 6 consideran criterios de incompatibilidad de sustancias químicas en el almacenamiento (donde se reconoce la presencia de algunas sustancias peligrosas). Como dato adicional se determinó que la mayoría cuenta con las hojas de seguridad de sus principales insumos. 8 instalaciones evalúan la calidad de los materiales al momento de su recepción y todas mantienen al día el inventario de materias primas e insumos, y stock de acuerdo a necesidades de producción.

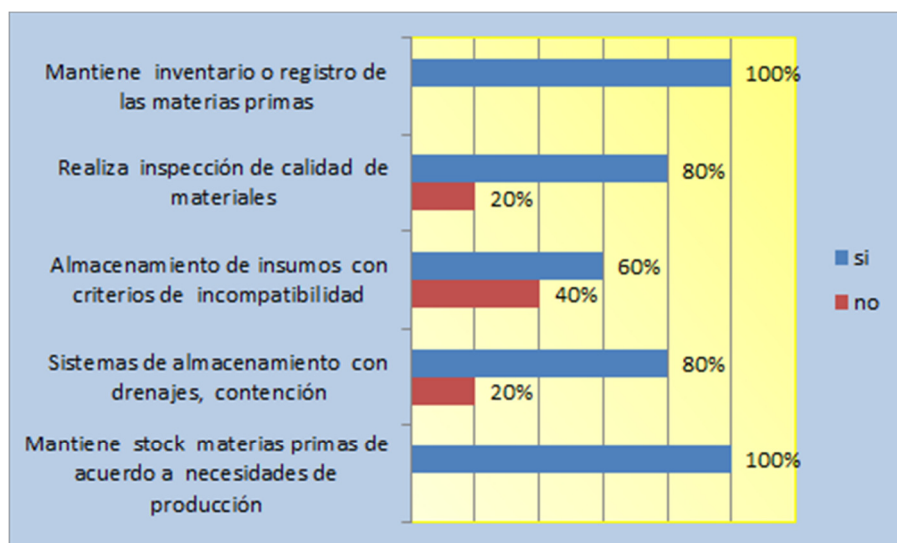


Figura 2-7 Análisis de la Gestión de Materia Primas e Insumos

- **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.

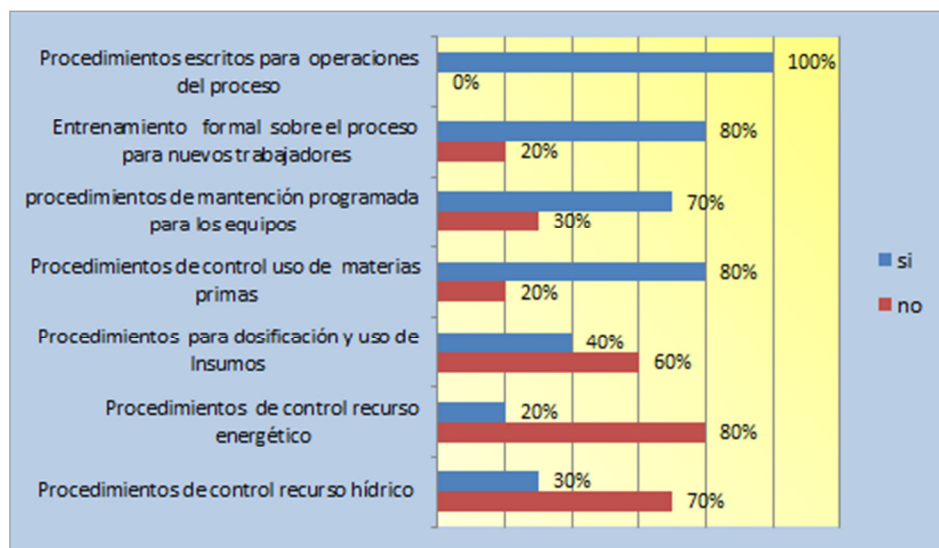


Figura 2-8 Análisis de Procedimientos Existentes

Se observa que el 100% de las instalaciones cuentan con procedimientos formales para sus procesos y un 80% da entrenamiento formal a sus nuevos trabajadores. También se observa que

un porcentaje importante (70 a 80%) cuenta con procedimientos de mantención preventiva y cuenta con procedimientos de control de uso de materia prima e insumos. Sin embargo, se indica falta de procedimientos para racionalizar el uso de insumos y para el control de uso de energía y agua.

- **Uso de energía y combustibles**

En relación al uso de energía en los hornos de galvanizado, la fuente principal es gas, seguida de energía eléctrica. Adicionalmente existe un consumo menor de petróleo (principalmente para equipos electrógenos de respaldo en todas las instalaciones). Sólo una empresa cuenta con un horno eléctrico. La Tabla 2.8 resume los consumos totales informados por las empresas, y el valor promedio de consumo por ton de materia prima procesada

Tabla 2-8 Consumo anual totalizado de energía y combustible

Ítem	Consumo anual	Consumo mensual promedio	Unidades	Indicador promedio	Unidad
Energía Eléctrica ⁷	3.585.744	325.977	kWh	38 (±26)	kWh/ton
combustible (GAS)	3.218.121	292.556	m ³ eq	57 (±44)	m ³ eq/ton
combustible (diésel)	36.380	3.307	L	0,12 (±0,07)	L/ton

Se observa que los consumos son bastante variables entre empresas, situación que se ratifica en los indicadores evaluados y sus desviaciones respecto de un valor promedio incluso dentro de un mismo tamaño de empresas. Por otra parte, es importante señalar que más de la mitad de las instalaciones encuestadas realizan también actividades metalmecánicas, siendo el galvanizado una subactividad dentro de las mismas; por ello, en el caso de los consumos de energía eléctrica reportados éstos corresponden al total de actividades dentro de la instalación y ninguna entregó información de consumos diferenciados por área. Sin embargo, desde los datos entregados por las pocas empresas que sólo realizan actividades de galvanizado se obtiene un indicador cercano al 50% del valor promedio obtenido.

El costo promedio del consumo de energía eléctrica de las instalaciones es de 66,5 \$/KWh (variando ente \$41 y \$83), con lo cual se estima un costo total superior a 238 MM\$ al año, desde los datos informados.

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 2.8. Del total de instalaciones, 4 indican haber comenzado a incorporar sistemas de iluminación de bajo consumo y sólo 2 llevan registros de consumos en el proceso, ninguna ha implementado programas de eficiencia energética a la fecha).

⁷ No se incluye la empresa que usa horno de galvanizado con energía eléctrica.

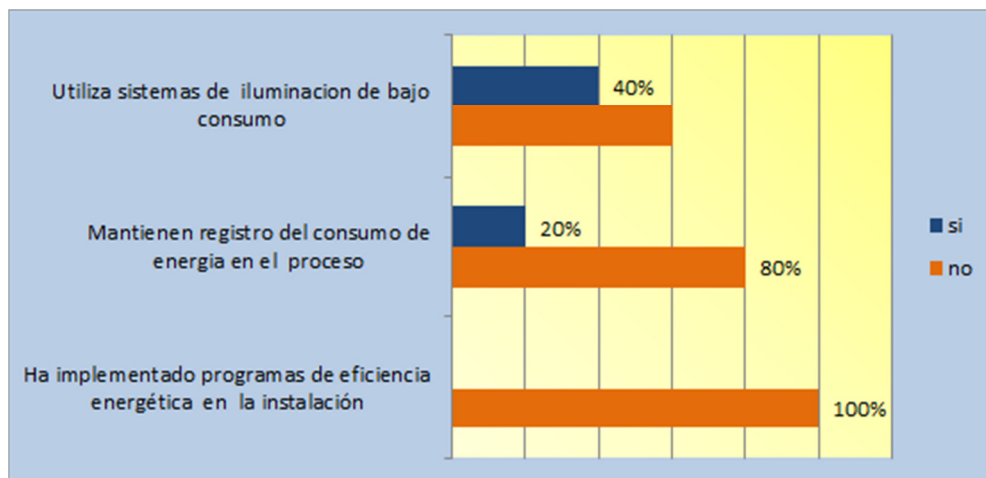


Figura 2-9 Análisis de medidas de eficiencia energética

- **Gestión de residuos y emisiones**

Residuos Sólidos

Los principales residuos sólidos generados corresponden a ceniza y mate de zinc (considerados subproductos), lodos de galvanizado y alambres, los que en conjunto equivalen a más del 95% del total de residuos generados que se reportan, además de cantidades menores de otros residuos como polvo de filtro de mangas, envases y EE contaminados (ver tabla 2.9). En este punto es importante mencionar que parte de las empresas no contaba con registros de sus residuos al momento del diagnóstico, por lo que la cantidad informada representa sólo al 60% de las empresas.

De acuerdo a los datos entregados por las empresas, la generación de ceniza y mate de zinc sería equivalente, en promedio, a un 30% del zinc que ingresa al proceso.

Tabla 2-9 Generación total anual de residuos sólidos

Residuo/subproducto	Total anual	Generación Mensual	Unidad
Ceniza de zinc	226	21	Ton
Mate	96	9	Ton
Alambre	178	16	Ton
Lodo galvanizado	137	12	Ton
Polvo y mangas	20.739	1.885	Kg
Envases de químicos vacíos	5.957	542	Kg
EPP contaminados	3.720	338	Kg
Tubos fluorescentes	217	20	Kg
Total	226	21	Ton

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

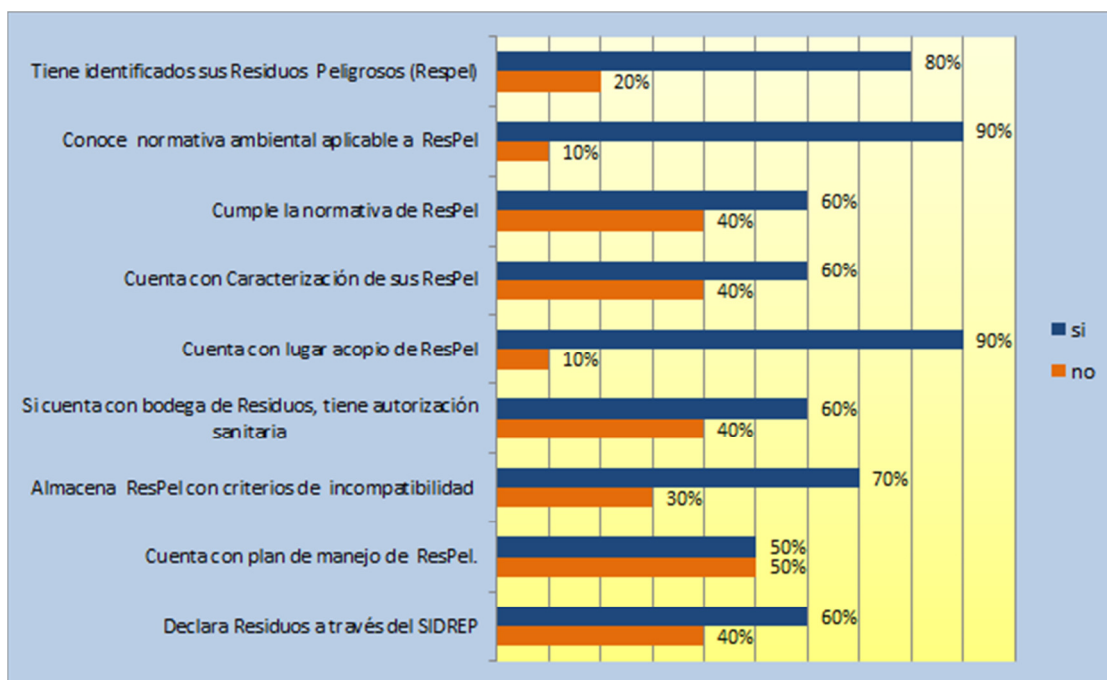


Figura 2-10 Análisis de la gestión de residuos peligrosos

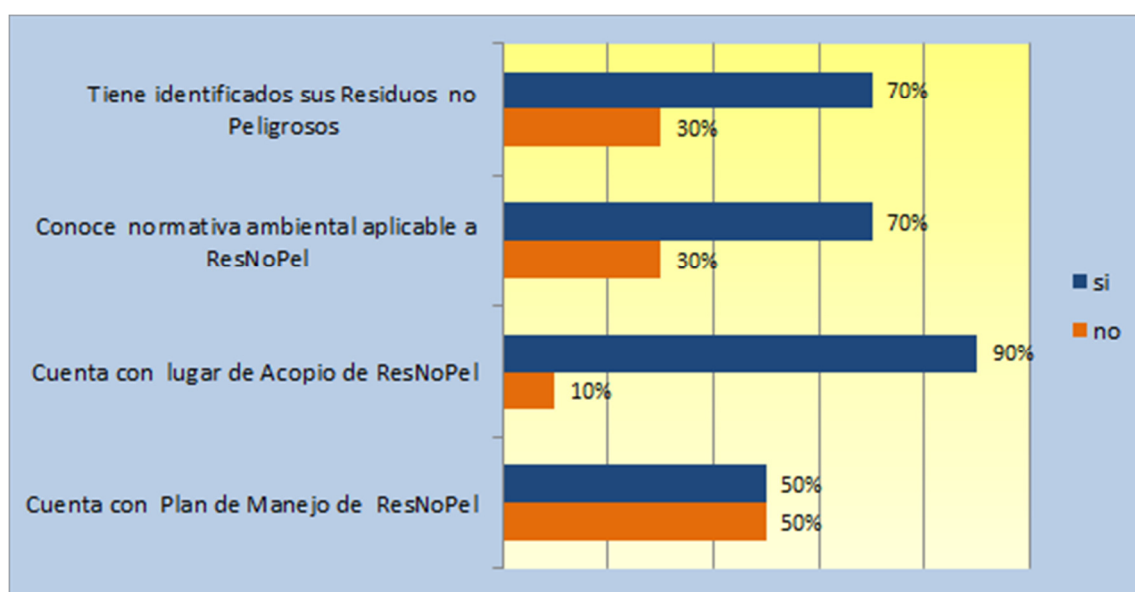


Figura 2-11 Análisis de la gestión de residuos no peligrosos

Aún no existe un grado de conocimiento apropiado en varios aspectos ligados a la gestión de residuos sólidos, lo cual se basa en los siguientes hallazgos:

Sólo un 80% de las instalaciones, tiene identificados cuales de sus residuos son peligrosos y un 70% para los no peligrosos. Un 90% de las empresas indica conocer las normativas asociadas a los residuos sólidos peligrosos (pero sólo el 60% los tiene caracterizados), y un 70% para los no peligrosos.

9 instalaciones disponen de bodegas de acopio para residuos peligrosos, y de ellas 6 estarían autorizadas. Un 70% considera criterios de incompatibilidad en el almacenamiento. 5 instalaciones indican contar con plan de manejo y 6 declaran sus residuos a través de SIDREP. En el caso de los residuos no peligrosos un 90% cuenta con un lugar de acopio definido (bodega o sector en patios) y un 50% declara contar con un plan de manejo para los mismos.

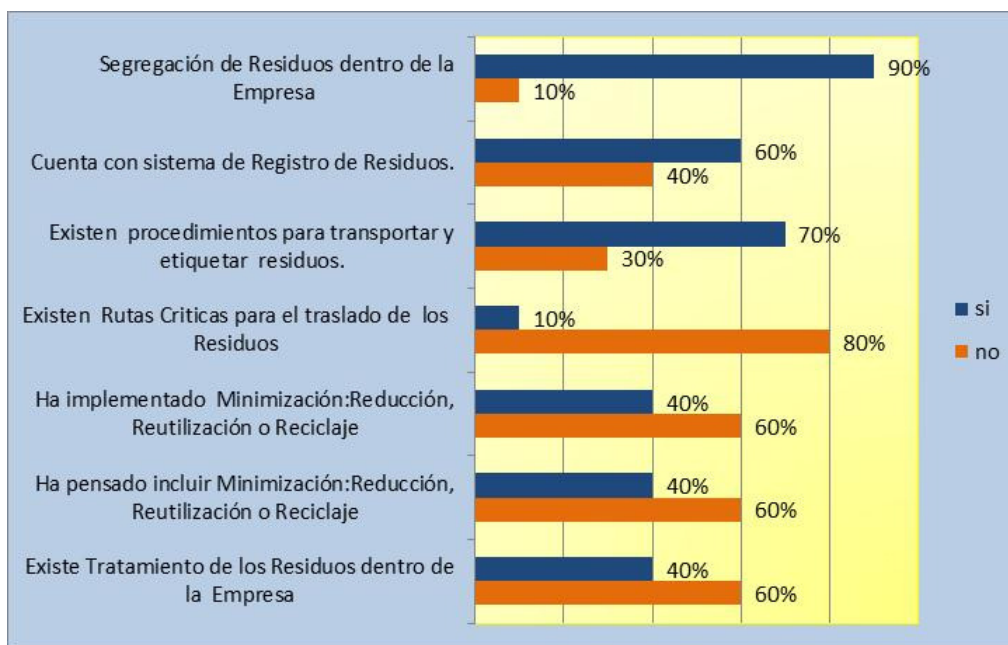


Figura 2-12 Análisis de las condiciones de manejo de residuos

Un 90% realiza algún tipo de segregación, pero sólo un 70% cuenta con procedimientos para el etiquetado y almacenamiento temporal de los residuos y un 60% cuenta con sistema de registro periódico de los mismos. Por otra parte, un 40% indica haber implementado algún tipo de práctica de minimización y el mismo porcentaje indica realizar algún tratamiento previo a sus residuos.

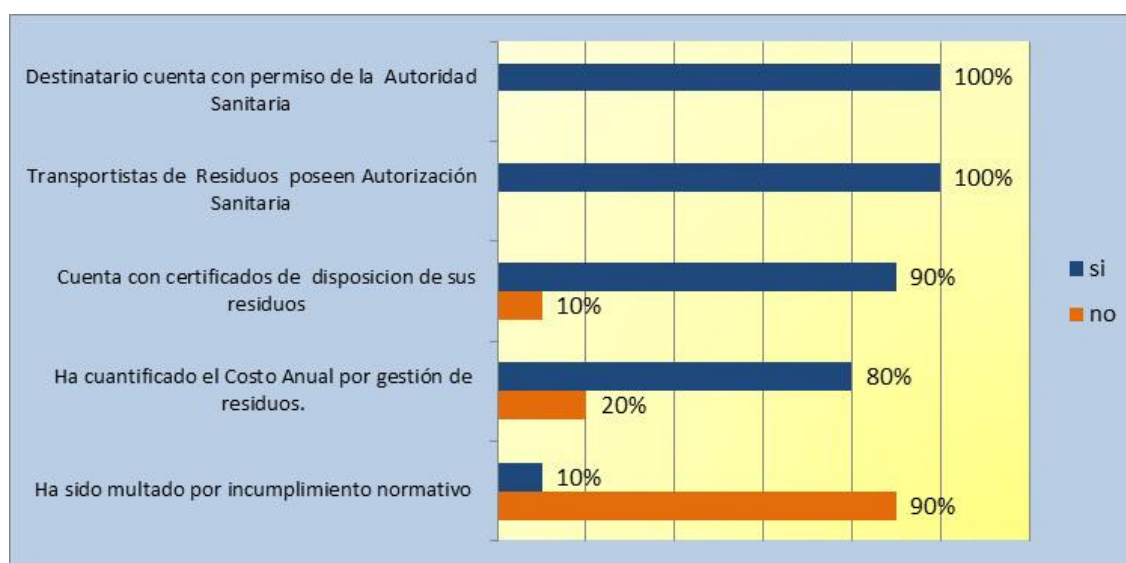


Figura 2-13 Destino de Residuos Sólidos

En cuanto al destino de los residuos, el 100% indica gestionar los residuos con transportistas y destinatarios autorizados y 9 instalaciones declaran contar con certificados de eliminación. Todas las empresas presentan más de un destino de disposición y/o reciclaje de residuos. Un porcentaje menor de empresas indica utilizar la gestión municipal para el retiro de parte de sus residuos peligrosos (entre ellos EPP contaminados).

Es importante mencionar que, en el caso de los residuos peligrosos, los principales destinos son Hidronor y Hera Ecobio. Para las empresas de menor tamaño existe un alto costo de transporte 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. El costo de transporte también es crítico para las empresas ubicadas en regiones.

Los costos de eliminación de residuos sólidos varían entre 2,5 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. A ello debe sumarse normalmente el costo de transporte por viaje, el cual puede en algunos casos estar incorporado en el costo de gestión del residuo o bien cobrarse aparte (llegando a valores de más de 30 UF por viaje). Por lo anterior, este tema se considera relevante de abordar dentro de acciones asociativas, en pos de buscar mayores alternativas de valorización. Las 4 empresas que entregaron un mayor detalle de la cantidad y costo de gestión de sus residuos sólidos totalizan un gasto de más de 45 MM\$ al año por este concepto.

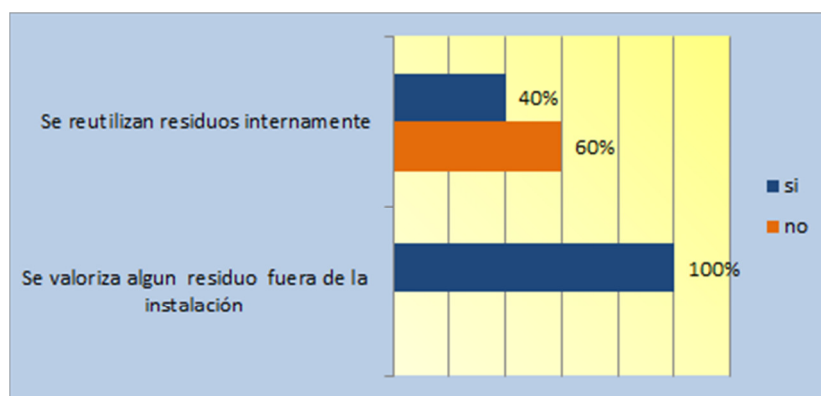


Figura 2-14 Valorización de Residuos Sólidos

Respecto a la valorización de algunos residuos, 4 instalaciones indican reutilizar zinc recuperado y el total de ellas valorizan residuos, como la ceniza y el mate de zinc, considerados subproductos.

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, solo el 60% de las empresas mantiene registros para ellos. Esta situación debe ser considerada dentro de las primeras tareas de la implementación del APL.

Uso de agua y generación de residuos líquidos

En los procesos de galvanizado se hace un uso intensivo del agua y se generan residuos líquidos provenientes de los baños agotados, la mayoría de los cuales se gestionan actualmente como residuos sólidos. Sin embargo, en 2 instalaciones se indicó la descarga de RILes al sistema de alcantarillado (aunque una de ellas comenzó a cambiar ya la modalidad de manejo a residuo

sólido). El consumo de agua informado por las empresas se detalla en la siguiente tabla, junto a la cantidad de baños agotados de ácido. Sólo una empresa informó la cantidad generada de aguas de enfriamiento y baño de flux agotado (datos no mostrados).

Tabla 2-10 Consumo de agua y generación de ácido agotado (base año 2012)

Ítem	Consumo anual	Consumo mensual promedio	Unidades	Indicador promedio	Unidad
Consumo total agua	51.532	4.685	m ³	0,57 (±0,23)	m ³ /ton
Acido agotado generado	3.517	320	m ³	26 (±16)	m ³ /ton

Fuente: datos reportados por 8 instalaciones

9 de las instalaciones cuentan con agua potable proveniente de red pública, y una posee agua de pozo, 8 de las instalaciones están conectadas a la red pública de alcantarillado (las 2 restantes cuentan con sistema particular).

Al igual que en el caso de la energía eléctrica, las instalaciones no entregaron datos de consumos diferenciados por área o procesos. El costo promedio del agua es de 880 \$/m³, con lo que se estima un gasto anual de más de 45 MM\$ por este concepto e el total de instalaciones que entregaron dicha información.

En el tema de gestión de residuos líquidos, la totalidad de las instalaciones indica generarlos (provenientes de baños agotados), aunque 4 indican no conocer las normativas asociadas y solo 6 han realizado algún tipo de caracterización de aguas residuales (ver figuras 2.15 y 2.16), dos de ellas descargan al alcantarillado (una de ellas con tratamiento previo realizado por empresa externa), en tanto el resto gestiona todos los baños agotados y aguas de proceso como residuos sólidos. Siete de las instalaciones indican haber incorporado alguna alternativa de minimización de estos residuos.

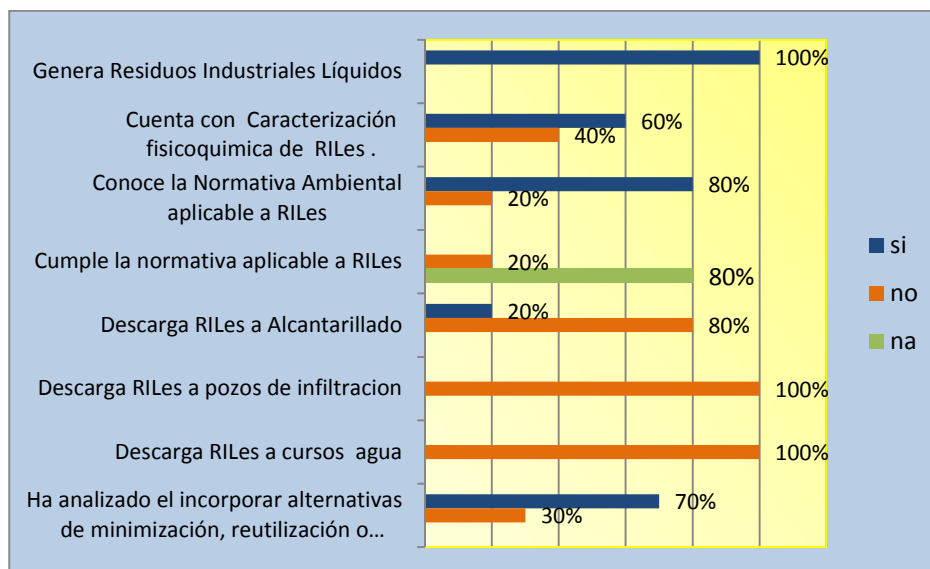


Figura 2-15 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (1)

El principal residuo líquido es el baño de ácido agotado. El costo informado por 6 instalaciones para la gestión de este residuo supera los 280 MM\$ al año, lo cual valida la importancia de buscar alternativas de minimización o valorización.

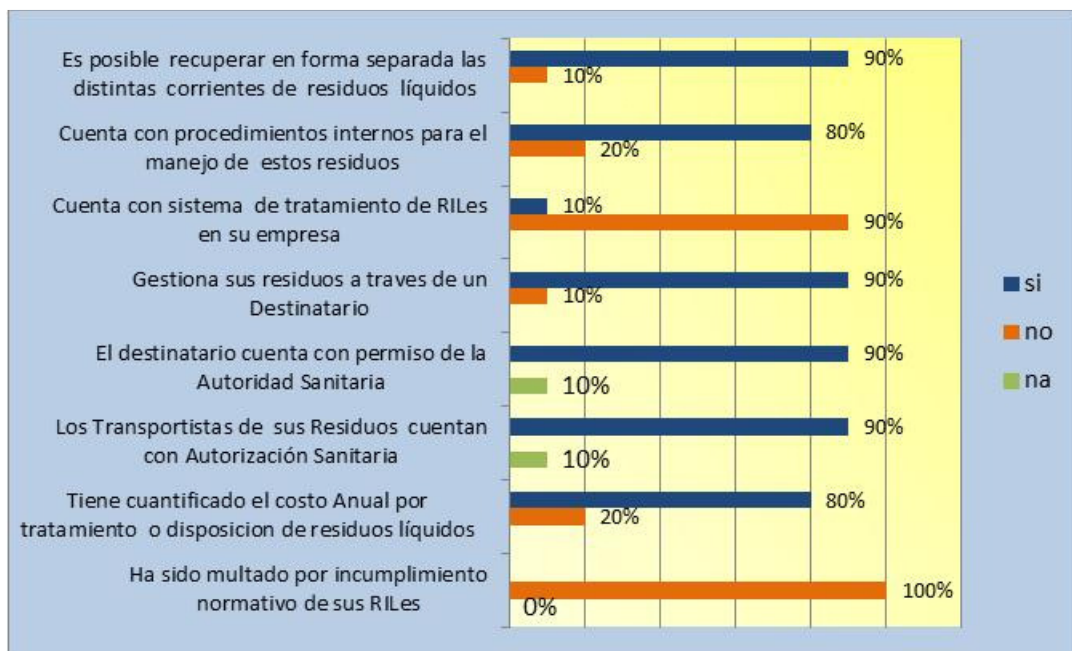


Figura 2-16 Análisis de la Gestión de Residuos Líquidos (2)

Sólo 2 de las instalaciones indican no contar con procedimientos para el manejo de residuos líquidos. 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 corresponden fundamentalmente a humos y gases generados en el horno de galvanizado y, en mucho menor medida vapores desde los baños de decapado, ya que la mayoría de las instalaciones utilizan baños de ácido a temperatura ambiente.. También se generan emisiones por el uso de equipos electrógenos de respaldo.

El 100% de las instalaciones reconoce la generación de emisiones y un 90% indica conocer las normativas asociadas a las emisiones atmosféricas; 6 instalaciones indican haber caracterizado sus emisiones, aunque sólo dos indican contar con un sistema de registro de emisiones.

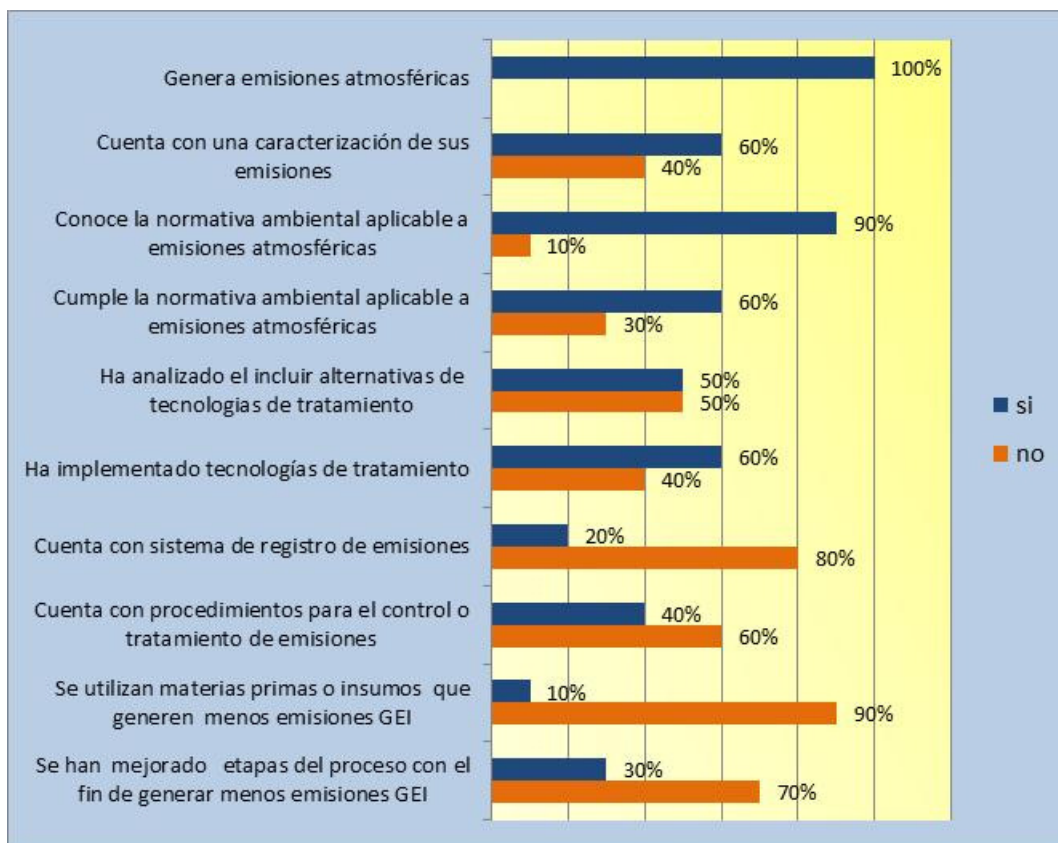


Figura 2-17 Análisis de la Gestión de Emisiones Atmosféricas

Un 60% ha incorporado tecnologías para el control de emisiones e indica cumplir la normativa respectiva, pero sólo 2 indican mantener un sistema de registro de emisiones. Es importante mencionar que 2 de las 4 instalaciones que aún no cuentan con sistemas de tratamiento de emisiones se encuentran en regiones, donde aún no existen requerimientos explícitos al respecto.

Adicionalmente sólo 3 empresas indican haber realizado algún tipo de mejora para generar menos gases efecto invernadero (GEI).

Emisiones acústicas

Del total de empresas, el 100% indica conocer la normativa relativa a ruidos y un 60% mantiene registros actualizados de mediciones (principalmente dentro del ambiente de trabajo). Todas cuentan con mediciones de ruido dentro del ambiente de trabajo (DS 594). Asimismo, un 60% ha realizado monitoreo de ruido ambiental (de acuerdo al DS 146). 9 instalaciones indican que cumplen la normativa vigente. Esto puede ser ratificado en función de las actividades del proceso de galvanizado donde prácticamente no existen equipos generadores de ruidos, y éste se puede generar particularmente por el movimiento de los materiales a galvanizar

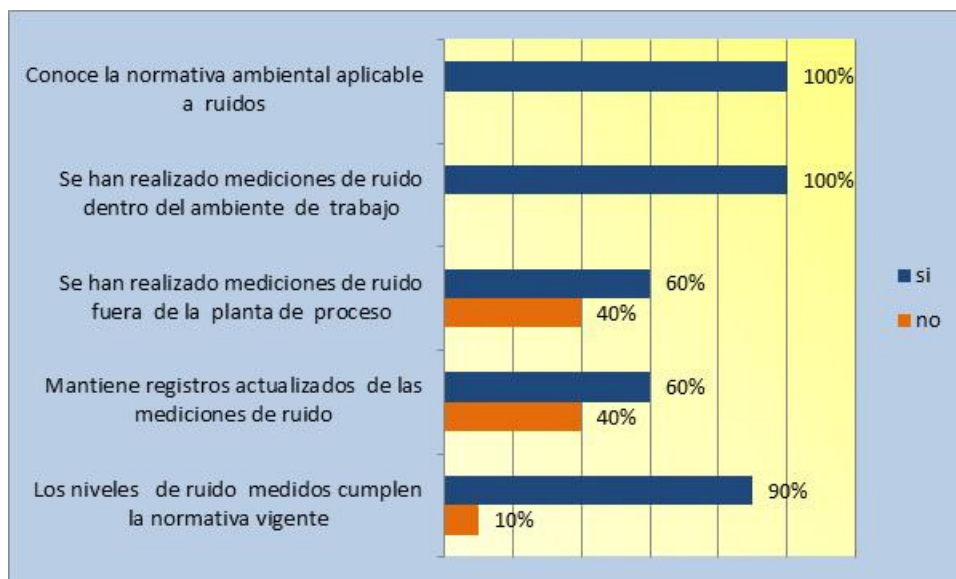


Figura 2-18 Análisis de la Gestión de Ruidos

Aspectos de salud y seguridad ocupacional

En relación con los aspectos de salud y seguridad ocupacional, se observa un mayor grado de avance por parte de las empresas. El total de las empresas está afiliada a una institución de seguridad, cuenta con un reglamento de higiene y seguridad, mantiene registros de tasas de accidentabilidad, cuenta con planes de prevención de riesgos además de planes de contingencia ante incendios o sismos. Un 90% cuenta con prevencionista de riesgos.

Un 90% cuenta con comité paritario,. Un 80% de las instalaciones ha recibido visitas de fiscalización y un 30% indica que ha recibido sanciones por incumplimiento en este ámbito. En cuanto al examen pre-ocupacional, 6 instalaciones lo realizan.

La tasa de accidentabilidad promedio de la actividad de galvanizado al 2012 bordea el 2,4% (con un mínimo de 0% y un máximo de 6,1%).

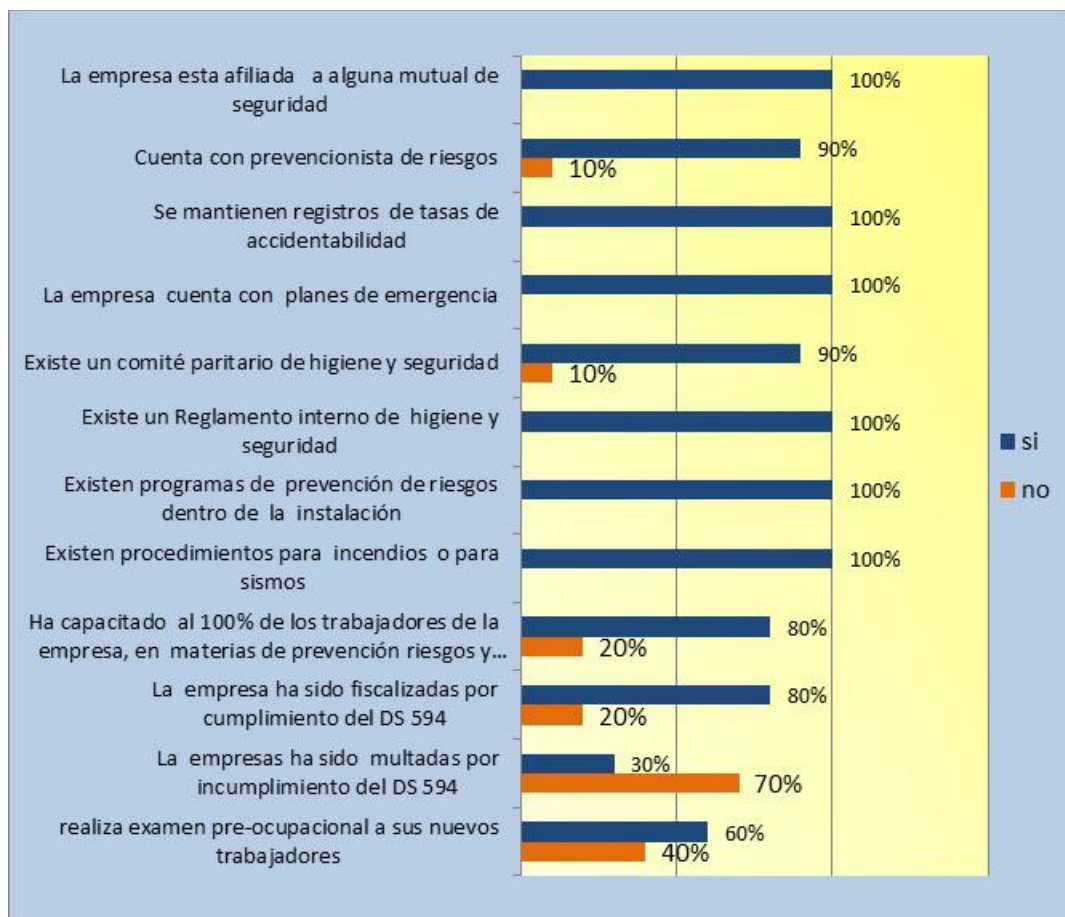


Figura 2-19 Análisis de la Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional

Adicionalmente, el 80% 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.

En particular, en las visitas realizadas a las instalaciones se detectó en un 50% falta de señalética y demarcación de zonas de tráfico en pisos, así como trabajadores sin algunos EPP necesarios en 3 instalaciones, y condiciones de piso resbaladizo en una instalación.

- **Aspectos de gestión ambiental general**

Dentro de algunos aspectos de gestión ambiental general consultados en las instalaciones se determinó que no más del 60% ha capacitado a parte de sus operarios en temas de manejo de sustancias peligrosas y no más del 70% en manejo de residuos peligrosos y prevención de la contaminación. Se indica la presencia de estándares y procedimientos ambientales en un 50% de las instalaciones. No se verifican problemas con la localización de las instalaciones ya que todas se ubican en parques industriales.

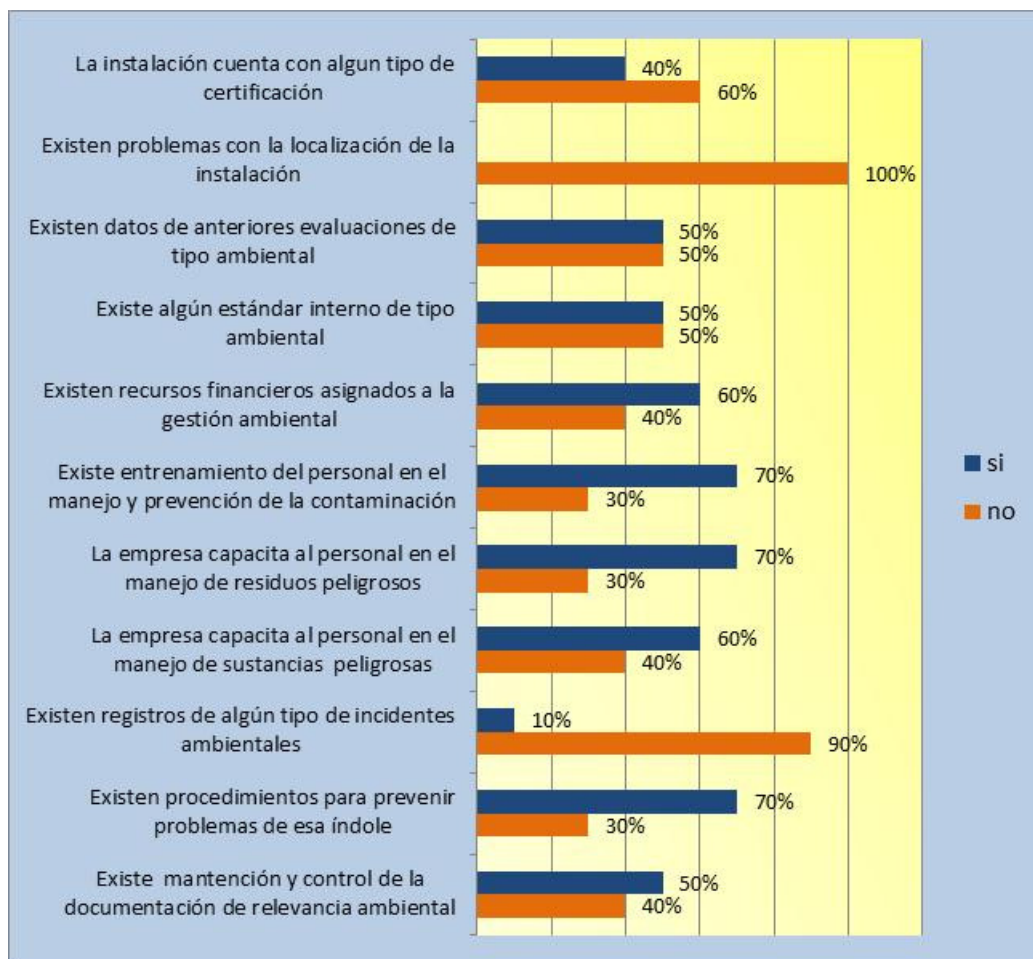


Figura 2-20 Análisis de la Aspectos de Gestión Ambiental

2.3.5 IDENTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS INCORPORADAS

Dentro de las empresas del sector diagnosticadas, se han implementado algunas buenas prácticas que tienden a la reducción de residuos, como las siguientes:

- La mayoría de las empresas cuenta con sistemas de manejo de sus residuos sólidos (en diferentes grados de desarrollo), particularmente los residuos peligrosos, los que son enviados a eliminación en instalaciones autorizadas.
- Gran parte de las empresas actualmente reusa los alambres para el colgado de piezas y los envía a reciclaje. Se observa también la inclusión de prácticas de devolución de envases a los proveedores, bajo un concepto de responsabilidad extendida del productor voluntaria.
- Se ha avanzado en la minimización de los consumos de agua y, prácticamente en todas las instalaciones, se reutilizan las aguas de enjuague en la preparación de nuevos baños de decapado o desengrase. Varias de las instalaciones han incorporado sistemas de enjuague en contracorriente. En varias de las instalaciones se aumenta la vida útil de los baños de flux y también de decapado mediante filtración.
- Varias empresas han incluido el uso de diferentes aditivos orientados a: mejorar separación de grasas en decapado, otros reducen vapores de ácidos, aumentan vida útil de baños de decapado o de flux, reducen humos en el galvanizado (MTD)

- Un alto porcentaje de las empresas maneja sus baños agotados y aguas de lavado como residuos sólidos, destinándolas a instalaciones de eliminación autorizadas.
- En todas las instalaciones se recupera el mate y la ceniza de zinc como subproductos, los que posteriormente son comercializados para la recuperación de zinc. En este aspecto se observan desarrollos propios para optimizar la recolección de estos materiales. Adicionalmente, algunas empresas recuperan parte del zinc desde las cenizas para su reuso en el proceso.
- Se ha avanzado en el uso de combustibles más limpios ya que todas las instalaciones cuentan con hornos que utilizan gas y, en un caso, energía eléctrica.

2.3.4 SITUACIONES AÚN NO RESUELTAS

Existen algunas problemáticas detectadas que persisten en las empresas, como las que se indican a continuación

- Algunas empresas no conocen claramente las normativas que deben ser cumplidas en cuanto al manejo de residuos sólidos, emisiones atmosféricas y residuos líquidos. En general éstas no tienen claramente caracterizados sus residuos.
- Se verifica que algunas empresas no mantienen registros periódicos de generación de residuos.
- 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. Muchas empresas no cuentan con las autorizaciones necesarias para los sitios de almacenamiento y, en algunos casos, no se observa una clara separación de los sitios de almacenamiento de residuos peligrosos de los no peligrosos.
- Algunas empresas aún no cuentan con sistemas de control de emisiones en los hornos de galvanizado.
- Falta información en las empresas sobre alternativas de segregación de residuos y su posterior valorización, empresas de transporte y de reciclaje o disposición final autorizada, sobretodo en regiones.
- Se indica como problemática la alta cantidad de ceniza y mate generado, los cuales contienen una gran proporción de zinc que no puede aprovecharse en el proceso.

2.4 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.

La construcción de los indicadores propuestos a continuación se basa en información recabada desde información de las empresas del sector junto a las visitas a terreno realizadas. Es necesario recalcar que a nivel de este diagnóstico inicial es muy difícil establecer valores base para cada indicador propuesto debido a la falta de algunos registros en parte de las empresas, o por información pendiente no entregada. Por ello, el valor base real de los indicadores a medir dentro del APL podrá ser determinado dentro del diagnóstico inicial de cada una de las instalaciones.

Los indicadores propuestos permitirán medir el logro de la aplicación de la Producción Limpia dentro del sector en las etapas futuras del proyecto y están asociados a variables económicas, ambientales y sociales.

Se proponen una serie de indicadores ambientales a partir de la aplicación de una Mejor Técnica Limpia (MTL), o Mejor Técnica Disponible (MTD). Estos indicadores serán adaptados en la propuesta de metas y acciones de acuerdo aplicables al sector.

Los indicadores se definen inicialmente en función el tiempo (por ejemplo ton/año), pero también se evaluarán en función de la producción anual. En los casos que corresponda, se incluye un valor del factor de conversión a kg de CO₂ 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 2-11 Resumen Aspectos Ambientales con su respectivos indicadores y factores de emisión.

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO ₂ eq.
Emisiones	Indicador Reducción de emisiones totales por contaminante (ton/año y ton emisiones/ton producción) • Emisiones antes de MTL o MTD • Emisiones después de MTL o MTD • Reducción por medidas de MTL o MTD • Reducción por medidas de fin de tubo • Reducción total • % Reducción total Indicador Reducción de emisiones unitarias por contaminante (PM₁₀, COV): • Emisiones unitarias antes de MTL o MTD(t/año) / (toneladas producidas/año) (1) • Emisiones unitarias después de MTL o MTD (t/año) / (toneladas producidas/año) (2) • Reducción unitaria por medidas de producción limpia (t/año) / (toneladas producidas/año) • Reducción unitaria por medidas de fin de tubo (t/año) / (toneladas producidas/año) • % de Reducción unitaria total (%) = 100 x ((2)-(1)) / (2)	Multiplicar cantidad de combustible utilizado por: Gas Natural: 1.89 KgCO₂/m³ Energía eléctrica 0.517 Kg CO₂/Kwh (SIC)
Residuos líquidos	Indicador Reducción de emisiones totales por contaminante: • Emisiones antes de MTL o MTD (t/año) • Emisiones después de MTL o MTD (t/año) • Reducción por medidas de MTL o MTD (t/año) • Reducción por medidas de planta de tratamiento de Riles (t/año) • Reducción total (t/año) • % Reducción total (t/año)	

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO ₂ eq.
	Indicador: Reducción de emisiones unitarias por contaminante (parámetros específicos del sector según DS 609: (aceites y grasas, trazas de metales como Zn, Fe entre otros) • Emisiones unitarias antes de MTL o MTD (t/año) / (toneladas producidas/año) (1) • Emisiones unitarias después de MTL o MTD (t/año) / (toneladas producidas/año) (2) • Reducción unitaria por medidas de producción limpia (t/año) / (toneladas producidas/año) • Reducción unitaria por medidas de fin de tubo (t/año) / (toneladas producidas/año) • % de Reducción unitaria total (%) = ((2)-(1)) / (2) x 100.	
Residuos Sólidos	Indicador Reducción de la Generación de Residuos • Generación de residuos peligrosos antes de MTL o MTD (t/año) • Generación de residuos no peligrosos antes de MTL o MTD (t/año) • Generación de residuos peligrosos después de MTL o MTD (t/año) • Generación de residuos no peligrosos después de MTL o MTD (t/año) • Reducción de residuos peligrosos generados (t/año) • Reducción de residuos no peligrosos generados (t/año) • % Reducción de residuos peligrosos generados • % Reducción de residuos no peligrosos generados Indicador de valorización de Residuos especificando el residuo • % de residuos valorizados antes de MTL o MTD (1) • % de residuos valorizados después de MTL o MTD (2) • % de Aumento tasa de residuos valorizados por MTL o MTD = ((2)-(1)) / (2) x 100. Indicador de uso de Envases • Nº Envases reciclados o retornados al proveedor antes de MTL o MTD (Nº/año)	Se determinará según tipo de residuo Para ceniza y mate, valorizados para la recuperación de zinc aplica: Reducción de 1800 KgCO₂/ton Zn recuperado⁸ Para alambres, valorizados para la recuperación de hierro aplica: Reducción de 2150 KgCO₂/ton Zn recuperado⁹

⁸ La generación de CO₂ en procesos de extracción primaria de Zn es de 2360 kg/ton, para la extracción desde material reciclado la generación se reduce a 56 kg/ton. Fuente BIR 2008

⁹ La generación de CO₂ 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

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO ₂ eq.
	- Nº Envases reciclados o retornados al proveedor después de MTL o MTD (Nº/año) - Tasa de envases reciclados o retornados al proveedor antes de MTL o MTD (Nº/Producción en t/año) (1) - Tasa de Envases reciclados o retornados al proveedor después de MTL o MTD (Nº/Producción en t/año) (2) % de Aumento tasa de Envases reciclados o retornados al proveedor = $((2)-(1)) / (2) \times 100$. Indicador de Disposición Final de Residuos - Residuos destinados a disposición final antes de MTL o MTD (t/año) % de residuos destinados a disposición final antes de MTL o MTD - Residuos destinados a disposición final después de MTL o MTD (t/año) % de residuos destinados a disposición final después de MTL o MTD (t/año)	
Higiene Laboral	Indicador según multas: - Nº multas por incumplimiento de normas de higiene laboral antes de MTL o MTD - Nº multas por incumplimiento de normas de higiene laboral después de MTL o MTD % de mejora en menor número de multas.	No aplica
Seguridad Laboral	Indicador de Accidentalidad y Riesgo: - Tasa de Accidentalidad: Número de accidentes del trabajo con tiempo perdido, en un período considerado (se propone un año) por cada cien trabajadores. - Tasa de Riesgo: Número de días efectivamente perdidos en un año por cada cien trabajadores, a causa o con ocasión de un accidente del trabajo. - Tasa de Fatalidad: Número de accidentes fatales ocurridos en doce meses por cada cien mil trabajadores.	No aplica
Consumo de Agua de Proceso	Indicador de reducción de consumo: - Consumo de agua antes de MTL o MTD (m³/año) - Consumo de agua después de MTL o MTD (m³/año) - Reducción consumo de agua (m³/año) % de reducción de consumo de agua. - Reducción unitaria por medidas de producción limpia (t/año) / (toneladas producidas/año)	Agua Potable a T° Ambiente 4 KgCO₂/m³.
Consumo de	Indicador de reducción de consumo:	Energía Eléctrica.

Aspecto Ambiental	Indicador	Factor de Conversión CO ₂ eq.
Energía	Consumo de energía antes de MTL o MTD (KWh/año) Consumo de energía después de MTL o MTD (KWh/año) Reducción consumo de energía (KWh/año) % de reducción de consumo de energía	SIC 0,517 kgCO ₂ e/kwh.

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).

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.
- Decreto Supremo (D.S.) Nº 95/01. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Establece aspectos de presentación de proyectos para la obtención de una Resolución de Calificación Ambiental, RCA.

- 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 Nº 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 Nº1122, Ministerio de Justicia, “Código de aguas” ,D.O. 29/10/81
- D.S. Nº655, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, “Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial”, D.O. 07/03/41
- DFL Nº 725/67, del Ministerio de Salud, Código Sanitario, específicamente los artículos 78 al 81 sobre los desperdicios y basuras.
- DFL Nº 1/89, del Ministerio de Salud, que determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (Nº 22, 25, 26, 40 y 44: instalaciones, obras y lugares
- destinados a la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos.
- D.S. Nº 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. Nº46, 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 Exenta N° 2505/2003 Superintendencia de Servicios Sanitarios, que establece procedimientos para la calificación de establecimiento industrial.
- Resolución N° 1442 de 2004 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la cual establece el formato de “Caracterización de RILES”.

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. Nº146/98 Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, Elaborada a Partir de la Revisión de la Norma de Emisión Contenida en el Decreto Nº 286, de 1984, del Ministerio de Salud. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- D.S. Nº 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. Nº 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. Nº 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. Nº 40 de 1969, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, que aprueba el “Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales”
- D.S. Nº 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. Nº 725/67 Código Sanitario (Art. 90–93). Ministerio de Salud.
- D.F.L. Nº 1/89 Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1 Nº44). Ministerio de Salud.
- D.F.L. Nº1/94 Código del Trabajo (Art. 153–157). Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- D.S. Nº 20/80 Modifica D.S. Nº 40/69. Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- D.S. Nº 50/88 Modifica D.S. Nº 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.
- NCh 382/89 Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.
- NCh 2.120/89 Sustancias peligrosas.
- NCh 2.190/93 Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia.
- NCh 2.245/93 Hoja de datos de seguridad.
- NCh 385/Of. 55 / D.S. 954 Seguridad en el Transporte de Materiales Inflamables y Explosivos. Ministerio de Economía
- NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314 Medidas de Seguridad en el Empleo y Manejo de Materias Primas Inflamables. Ministerio de Economía
- NCh 758/Of. 71 / Res. 110 Sustancias Peligrosas, Almacenamiento de Líquidos Inflamables. Medidas Particulares de Seguridad. Ministerio de Economía
- NCh 389/Of. 72 7 D.S. 1.164 Sustancias Peligrosas. Almacenamiento de Sólidos, Líquidos y Gases Inflamables. Medidas Generales de Seguridad. Ministerio de Obras Públicas
- NCh 1.411/4 Of. 78 / D.S. 294 Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales. Ministerio de Salud

Respecto al grado de cumplimiento normativo por parte de las empresas del sector, se puede indicar que en las empresas pequeñas y microempresas se detecta un alto grado de desconocimiento respecto de las normativas y permisos a cumplir, sobretudo en lo referente a emisiones y residuos sólidos y, en algunos casos, en el manejo de sustancias peligrosas.

2.5.2 Proyectos que Requieren Resolución de Calificación Ambiental (RCA)

Todos los proyectos de sistemas de tratamiento de residuos industriales líquidos (RILes), o modificaciones de los mismos, deben ingresar al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), según lo establecido en el Artículo Nº 10 letra o, de la Ley 19.300 y al Artículo 3 letra o.7, del Reglamento del SEIA, a fin de obtener los permisos ambientales requeridos a través de una Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Asimismo, los sistemas de tratamiento de residuos sólidos, también deben ingresar al SEA, según lo indicado en el Artículo 3 letra o.8 del mismo Reglamento. El proceso a seguir corresponde a la presentación de una Declaración de Impacto ambiental¹⁰.

Es importante recalcar que la información detallada en una RCA¹¹, respecto del manejo, registro y control de los residuos, debe ser coincidente con la información que se entrega al solicitar las distintas autorizaciones y permisos requeridos por la autoridad. A su vez, todo lo anterior debe corresponder con las prácticas que efectivamente desarrolla la empresa.

¹⁰ Los procesos desarrollados dentro del sector no generan impactos negativos de una envergadura que amerite la presentación de estudios de impacto ambiental.

¹¹De acuerdo a lo indicado en la Ley Nº 20.417/10, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), es el encargado de evaluar los proyectos que ingresen al SEIA.

2.5.3 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, según se indica en la figura siguiente.

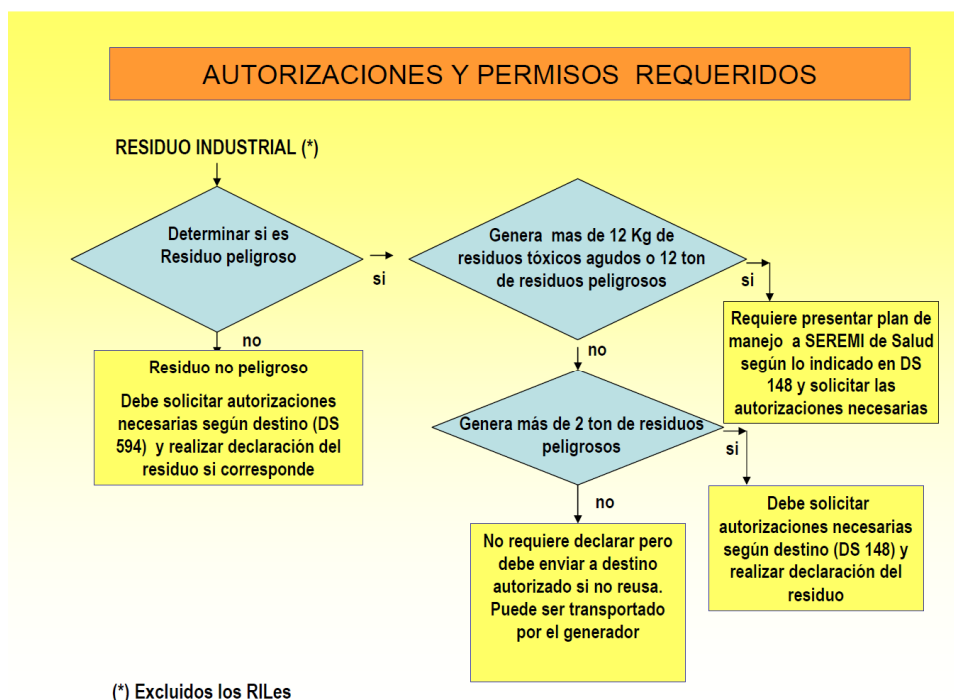


Figura 2-21 Autorizaciones y permisos requeridos para residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

Es posible clasificar los residuos peligrosos y no peligrosos de acuerdo a los listados incluidos en el D.S. Nº 148/2003, siguiendo el siguiente diagrama de decisión:

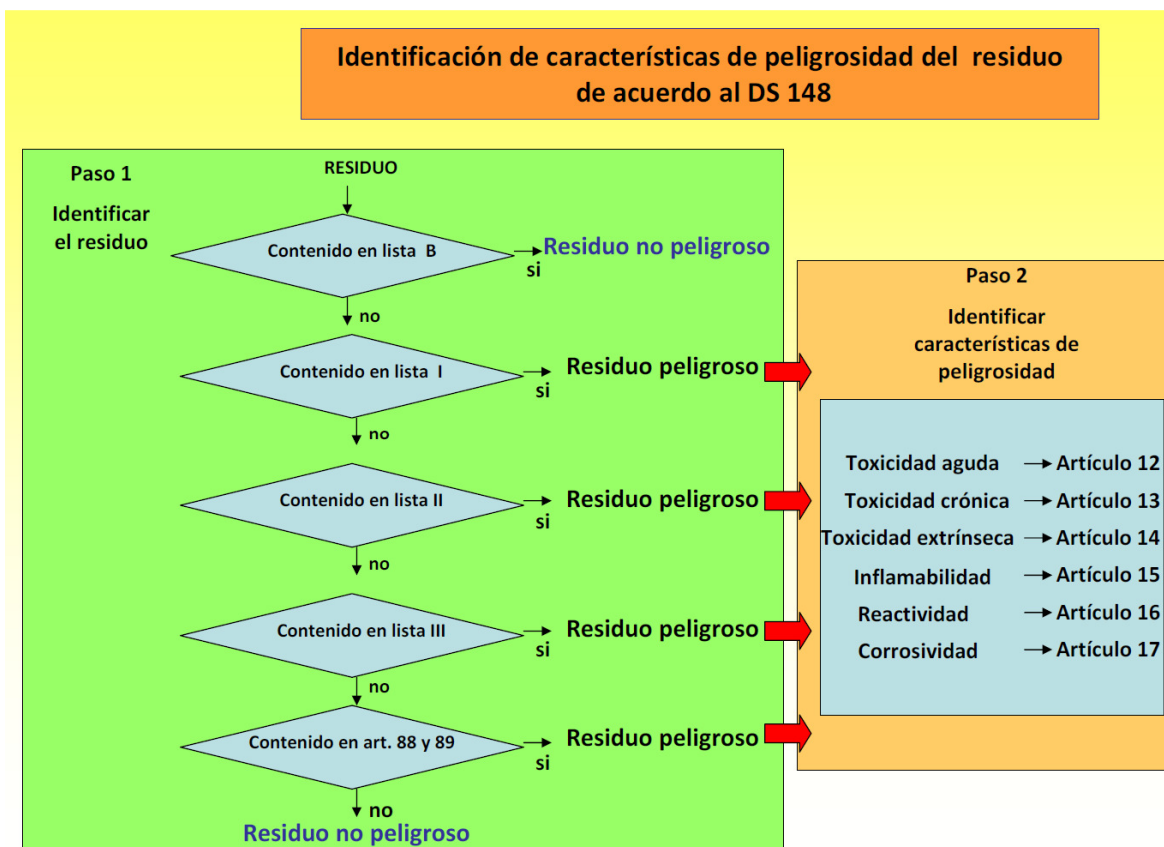


Figura 2-22 Identificación características de peligrosidad

Fuente: Elaboración propia basado en DS 148

a) Residuo No Peligroso:

- Si el residuo es no peligroso, sigue las directrices indicadas por el D.S. Nº 594/99. En la Región Metropolitana debe ser declarado de acuerdo a las directrices de la Resolución 5081.
- 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.

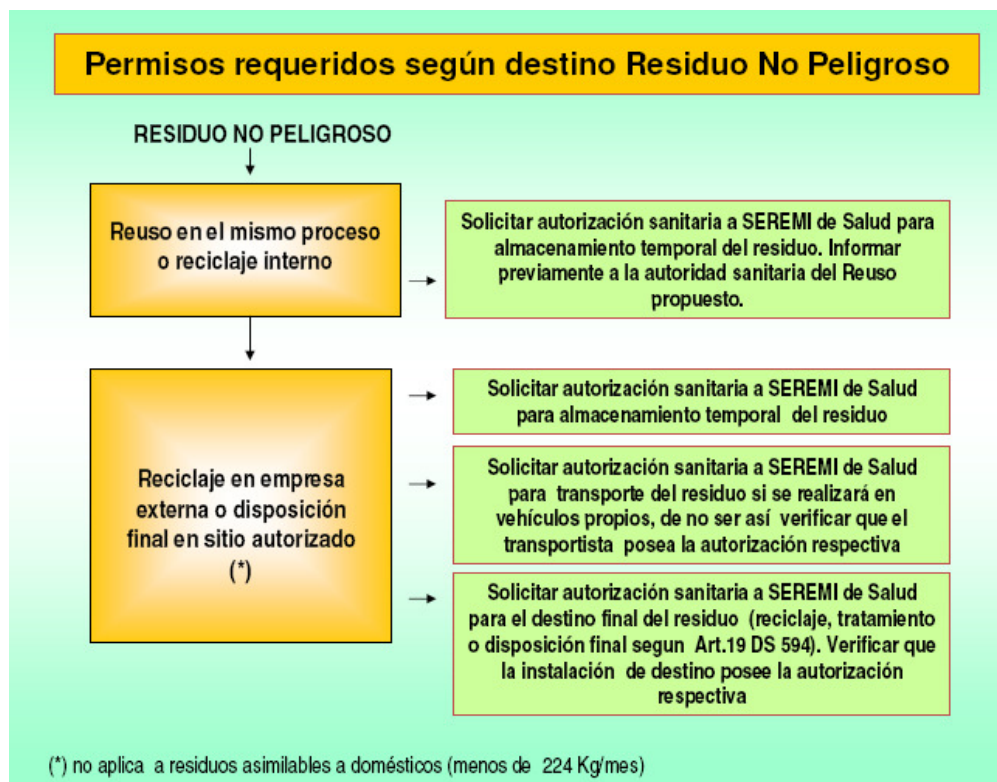


Figura 2-23 Permisos requeridos según destino para residuos no peligrosos

Fuente: Elaboración propia

La Resolución 5081 aplica a los establecimientos industriales de la Región Metropolitana que generan como resultado de sus procesos u operaciones, desechos o residuos sólidos de tipo industrial, como así también a transportistas y destinatarios autorizados. Para los efectos de esta Resolución, se entiende por Desecho Sólido Industrial, “todo desecho o residuo sólido o semi sólido, resultante de cualquier proceso u operación industrial que no vaya a ser utilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial”. “El carácter de desecho sólido de los últimos, lo aporta el contenedor o recipiente que lo contiene”.

Esta resolución dispone que la evacuación de todo desecho sólido industrial deba ser declarada. Para ello, desde el momento de abandonar el establecimiento generador y hasta su destino final, debe acompañarse del correspondiente documento de declaración. Para apoyar lo anterior, la Seremi de Salud RM mantiene un registro de generadores, transportistas y destinatarios de desechos sólidos industriales autorizados, correspondiendo a esta institución, la fiscalización y sanción de los infractores del Código Sanitario¹².

Según la definición de desecho sólido industrial que entrega esta Resolución, 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.

¹² Ver listados en <http://www.asrm.cl/paginasSegundoNivel/NivelTecnico.aspx?param1=394¶m2=394¶m3=3>

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, ya sea en línea (a través del sitio <http://sidrep.minsal.gov.cl>) o por papel (documento disponible en www.minsal.cl, el que debe ser timbrado en la SEREMI de Salud correspondiente). No están obligados a declarar los generadores de menos de 2 toneladas/año de residuos peligrosos.

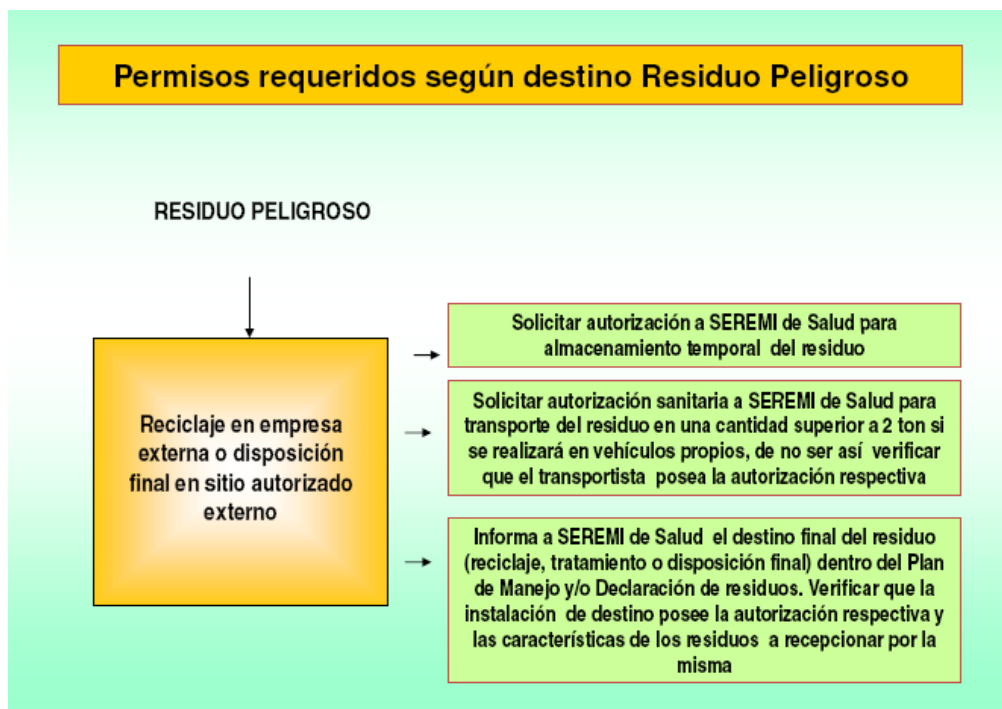


Figura 2-24 Permisos requeridos según destino para los residuos peligrosos

Fuente: Elaboración propia

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 generó¹³.

Modificaciones a la Normativa de Residuos Sólidos

No obstante lo anteriormente expuesto, en la actualidad se está desarrollando algunas modificaciones que podrían hacer variar la situación actual del manejo de los residuos, los que se detallan a continuación¹⁴.

- **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

¹³ para mayor información refiérase a Artículo 8 DS 148/2003.

¹⁴ Fuente: información del Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Salud

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 2013.

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 Único de Registro de Residuos**

Adicionalmente el MMA está trabajando para implementar un sistema de información integral de residuos. El sistema de registro operaría como ventanilla única para ingresar información de todos los residuos industriales generados, incluyendo peligrosos y no peligrosos, lo cual eventualmente podría cambiar la situación antes mencionada para los RESNOPEL. Se espera que con la entrada en operación de este sistema se simplifiquen los procesos de autorizaciones de destino de los residuos no peligrosos, en caso de la RM (donde actualmente se utiliza la Resolución 5081) y se clarifique la situación e regiones, donde actualmente no existen prácticamente requerimientos para declarar.

El sistema de declaración de Residuos No Peligrosos, SINADER, de acuerdo a información entregada por el Ministerio del Medio Ambiente, comenzaría a operar en marcha blanca en marzo del 2013, para que la empresas declaren en forma voluntaria sus residuos. Después de un año la declaración sería obligatoria.

- **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.

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 DS 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 siete de las diez 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 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 SO₂ deberán implementar un sistema de monitoreo continuo de sus emisiones. Dentro de los próximos 4 meses debiera estar publicándose el protocolo de monitoreo. A partir de esa fecha 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 (SO₂) para las fuentes estacionarias de 30 ng/J. Se establece además metas de emisión para los mayores emisores (con aporte de SO₂ 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 existirán 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 establecen 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.

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, existe un cumplimiento parcial respecto a la normativa relacionada principalmente a residuos sólidos, residuos líquidos, emisiones a la atmósfera 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 dentro del acuerdo de producción limpia que se propone.

2.6 REQUISITOS DE LOS MERCADOS

De acuerdo a la información del sector, el mercado de los productos galvanizados es múltiple: En el sector eléctrico, se puede mencionar las torres de transmisión y subestaciones. En el caso del sector metalmecánico, en plantas de celulosa, edificios en general (papel, cemento), infraestructura portuaria, e industria del salmón. En el rubro de las telecomunicaciones, su uso se aplica en monopostes, torres y antenas. Por último, el aumento de las capacidades de producción ha permitido a la industria ingresar, también, al mercado minero, con el túnel liner, anclajes, pernos para fortificación de túneles, estructuras, galpones de bodega, parrillas de piso y correas transportadoras, entre otros¹⁵.

La industria del galvanizado general en Chile, y en general en América Latina, se ha beneficiado de la afluencia de empresas multinacionales que participan en las telecomunicaciones, la energía y la infraestructura del transporte y el desarrollo industrial. Estas empresas han impulsado a los galvanizadores a aumentar la capacidad de las plantas para satisfacer sus demandas.

En el caso de las empresas diagnosticadas se verifica lo indicado previamente, aunque en el caso de las instalaciones ubicadas en regiones, se determinó en dos casos el predominio de mercados específicos: industria forestal en el caso de la Octava Región y cultivos marinos en la Décima Región.

En general, las instalaciones de galvanizado han tendido y tienden a ubicarse en zonas geográficas donde tanto el consumo de acero como el problema de corrosión son mayores. Esto puede explicar la concentración de estas empresas en la Región Metropolitana, y también la presencia de algunas instalaciones en la zona 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 cierta dificultad, básicamente en lograr suficientes volúmenes de ventas que justifiquen la inversión en el 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.

Se observa, además, que varias de las empresas con menor infraestructura recurren a aquellas con mayor capacidad de proceso para realizar trabajos específicos y posteriormente ofrecerlos a empresas externas.

¹⁵ Fuente: Asimet, Revista Metalindustria 92, junio-julio 2012

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 este mismo ámbito, las empresas del sector, agrupadas en el Círculo de Galvanizadores, están trabajando actualmente en el desarrollo de estándares a nivel nacional.

Un punto relevante se relaciona con la situación económica de ciertos sectores demandantes, los que han afectado en forma importante a parte del sector, sobretodo a las empresas más pequeñas, 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.

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

- Ventas y demanda Indexadas a los cambios en la Economía,
- Plazos de entrega más cortos.
- 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 Europea¹⁶ 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.

¹⁶ 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.

- 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 la o 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, ligados fundamentalmente a pérdidas, generación de residuos y emisiones. 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 (ver Figura 2.25).

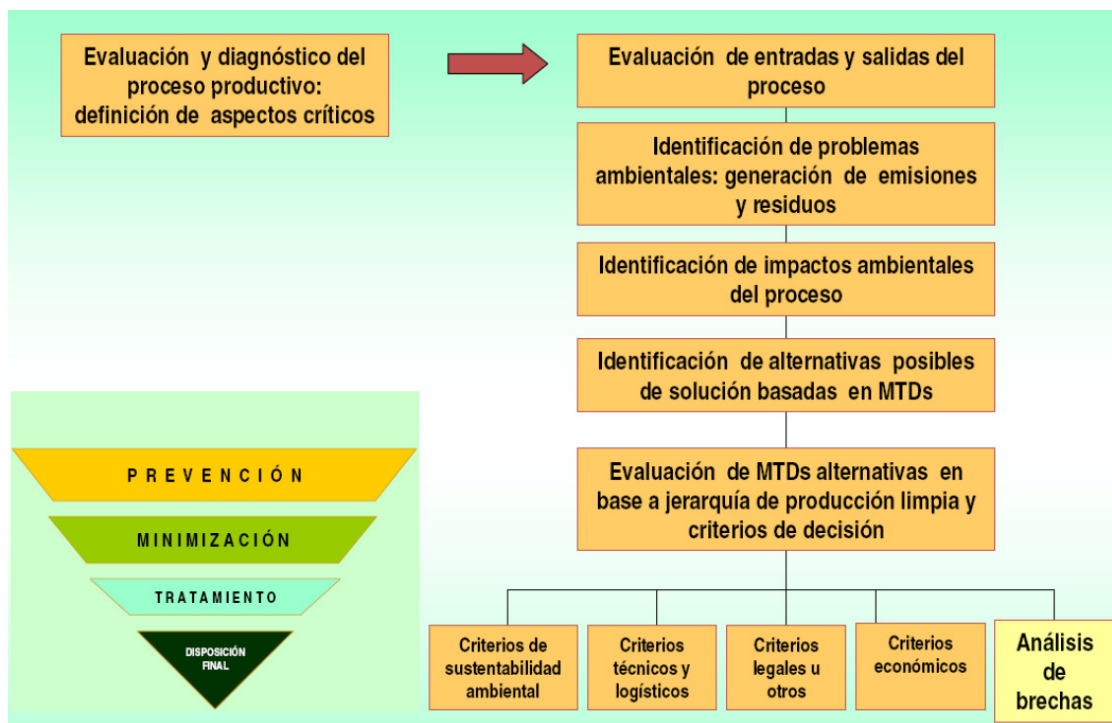


Figura 2-25 Metodología de identificación de MTD

Fuente: elaboración propia

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 producido¹⁷. 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 plantee 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 galvanizado, clasificadas por operación principal, las que están basadas tanto en información entregada por las empresas como en documentos de MTD desarrollados a nivel internacional¹⁸. 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 2-12 Resumen de MTD identificadas

DESCRIPCION DE LA MTD			PRINCIPALES IMPACTOS					
Etapas	Medidas	Objetivo	Reducción consumo agua	Reducción consumo químicos.	Reducción consumo energía	Reducción arrastre	Reducción residuos	Aumento potencial valorización
General	Buenas prácticas	Reducen pérdidas, optimiza uso de materiales e insumos	X	X	X		X	X

¹⁷ Fuente: Ministerio del Medio Ambiente España 2005.

¹⁸ Fuente: CE-MMA 2006, IHOBE 2000, MMAMRM 2009

DESCRIPCION DE LA MTD			PRINCIPALES IMPACTOS					
Etapas	Medidas	Objetivo	Reducción consumo agua	Reducción consumo químicos.	Reducción consumo energía	Reducción arrastre	Reducción residuos	Aumento potencial valorización
Trasporte piezas	Optimización de uso de soportes para piezas metálicas	Evitar contaminación del baño por caída de piezas y reducir arrastre	X	X		X	X	
Trasporte piezas	Uso de tambores o contenedores perforados para el procesamiento de pequeñas piezas	Evitar derrame o arrastre de solución	X	X		X	X	
Enjuague	Optimización del uso de baños de enjuague	Disminuir el consumo de agua y reducir el arrastre mediante sistemas de enjuague en cascada o estancos	X	X		X		
Enjuague	Sistemas medición consumo y calidad de agua de proceso	Controlar el consumo y características del agua para evaluar alternativas de minimización	X				X	
Enjuague	Sistemas reutilización de agua	Reutilizar agua para minimizar consumo de agua fresca	X				X	
Baños de proceso y enjuagues	Aplicación de sistema de agitación en los baños	Optimizar proceso y tiempo de enjuague	X	X		X		
Baños de solución	Control de temperatura de los baños	Asegurar la temperatura óptima de los baños			X	X		
Baños de solución	Control de las pérdidas de calor en los baños que requieren temperatura alta	Reducir las pérdidas de calor en soluciones de proceso (que requieren alta temperatura)			X	X		
Baños	Control de la viscosidad de la solución de los baños	Reducir el arrastre entre baños	X	X		X		
Baño de Decapado	Aumento vida útil de baños de decapado	Alargar la vida de los baños de decapado mediante inhibidores del decapado		X			X	
Baño de Decapado	Optimización de la concentración de ácido	Reducir el consumo de ácido		X			X	
Baño de fluxado	Regeneración de baños de fluxado	Reducir el consumo de sales de fluxado y aumento de vida útil		X				
Baño de galvanizado	Minimización del uso de zinc utilizado en el baño de galvanizado	Reducir el consumo de zinc mediante minimización y valorización de mate, salpicaduras y ceniza de zinc		X				
Gestión de residuos	Segregación de residuos	Optimiza condiciones para valorización						X
Gestión de residuos	Procedimientos de manejo de residuos no peligrosos	Optimiza condiciones para valorización						X
Gestión de residuos	Procedimientos de manejo de residuos peligrosos	Asegura un adecuado manejo y destino final de estos residuos.						X
Gestión de residuos	Recuperación externa del ácido clorhídrico en baños de decapado agotados	Reducir la disposición de los residuos generados						X
Gestión de residuos	Recuperación de compuestos de hierro y de cinc presentes en los baños de decapado agotados	Reducir la disposición de los residuos generados						X
Todas	Segregación de los residuos	Aumentar la cantidad de residuos con posibilidades de reutilización o reciclaje						X
Gestión de emisiones atmosféricas	Sistemas de extracción localizada	Control de emisiones de vapores						

DESCRIPCION DE LA MTD			PRINCIPALES IMPACTOS					
Etapas	Medidas	Objetivo	Reducción consumo agua	Reducción consumo químicos.	Reducción consumo energía	Reducción arrastre	Reducción residuos	Aumento potencial valorización
Gestión de emisiones atmosféricas	Técnicas de referencia para el control de emisiones	Control de emisiones de humos, gases y polvo					X	

2.7.1 Buenas Prácticas Aplicables al Proceso en General

La implementación de buenas prácticas aplicables al proceso 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
- Solicitar siempre fichas técnicas y hojas de seguridad. - Reevaluar la cantidad de materiales usados. - Sustituir materiales peligrosos, ahorra costos de manipulación, almacenaje y gestión de residuos. - Gestionar la devolución del material de envase y embalaje o vender a terceros.
MANEJO DE INVENTARIOS
- 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. - Controlar los materiales para que no caduquen por tiempo o cambio de línea de producción.. - Utilizar mejor los espacios: reducir el número de recipientes parcialmente llenos (reagrupar), reducir el número de envases usados. - Implementar pedidos justo a tiempo para que la mayor cantidad de materia prima y producto pase directamente al proceso o al cliente.
ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS
- Evaluar las condiciones de calidad del material que ingresa al proceso - El almacenamiento de materiales a procesar debe evitar condiciones que aumenten su oxidación - El almacenamiento de productos químicos incompatibles debe hacerse en zonas diferentes. - Almacenar los insumos y materiales según lo indique el fabricante

• 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
• Mantener todos los recipientes y envase completamente cerrados (herméticos).
• Capacitar a todos los trabajadores en materia de detección, contención y saneamiento de emergencia de escapes de sustancias almacenadas
• Utilizar ventilación o un sistema de extracción, para garantizar recirculación de aire.
• Transportar los cilindros de gas (oxígeno, acetileno) en forma vertical y mediante carros, ajustando la tapa de protección de los cilindros
• No almacenar cilindros cerca de líneas de alta tensión o sistemas calientes, tuberías de vapor, calentadores o material combustible
• 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 al drenaje de aguas residuales), y debe tener buena iluminación, libre de obstáculos, limpio y ordenado para facilitar el manejo y transporte de materiales
• Si se generan cantidades importantes de residuos, se debe designar a un responsable para su gestión.
• 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.
PREVENCIÓN DE FUGAS Y DERRAMES
• Usar los recipientes recomendados por el fabricante de las materias primas.
• Asegurarse que todos los recipientes sigan un programa de mantenimiento y que se encuentren en buenas condiciones.
• Almacenar materiales peligrosos en áreas de menor probabilidad de drenaje.
• Definir zonas de contención alrededor de estanques y áreas de almacenamiento.
• Definir procedimientos operativos y administrativos para las actividades de carga, descarga y transferencia de materiales.
• Elaborar informes de todas las fugas y sus costos asociados.
• Realizar estudios de prevención de fugas durante las fases de diseño y operación de la empresa.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO
• Realizar inspecciones periódicas de maquinaria, equipos e instalaciones.
• Programar Mantenimiento Preventivo, revisiones y mejoras.
• Realizar capacitación programada del personal de mantenimiento.
• Revisar especificaciones técnicas para reposición o adquisición de nuevos equipos y maquinaria, considerando mayores rendimientos y menores consumos
• Seleccionar lubricantes que cumplan estándares y establecer rutas de lubricación.
• Sistematizar el Programa de mantenimiento, Hojas de Vida, órdenes de Trabajo, Instructivos de Reparación y Manuales del Fabricante.
• Programar y manejar el presupuesto de mantenimiento.
• Solicitar herramientas, piezas y accesorios de calidad y mantenerlos en óptimas condiciones.
• Después de efectuar reparaciones en equipos, se les deben realizar inspecciones y pruebas de funcionamiento
• Realizar seguimiento de los costos de mantenimiento para cada equipo incluyendo los residuos y emisiones generadas
INSTRUCTIVOS DE OPERACIÓN
• 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.
• Descripción general del proceso y específica de los trabajos relacionados por lote de producción.
• Establecer procedimientos ante una emergencia.
• Mantener registros actualizados de los residuos y emisiones generados por línea de producción y los costos asociados
• Mantener al día las especificaciones técnicas y de seguridad de materiales, maquinaria y equipos.
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
• Efectuar una evaluación previa del material de entrada a un proceso con el fin de evitar el reprocesamiento de material que no cumple con las especificaciones

• Evitar el funcionamiento innecesario de equipos
• Verificar las condiciones de operación de los equipos y hacer las correcciones que sean necesarias. Implementar programas de mantención preventiva.
• Optimizar la ubicación de los equipos para evitar grandes distancias de transporte
• Llevar registros de los consumos por equipo

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

2.7.1.1 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 funcionamientos, 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 las eventos producidos, de los mantenimientos realizados, fechas de revisiones, entre otros. Elaborar registros de incidencias para cada línea o área de producción donde anotar las 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.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo energía
- Reducción consumo insumos

Inversión/Costos

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.

2.7.1.2 Uso de sistemas de medición y reducción de 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:

- Minimizar las pérdidas de energía reactiva, mediante su control anual, asegurándose de que el cos ϕ del cociente entre el voltaje y los picks de corriente se mantiene permanentemente por encima de 0,95.
- Realizar regularmente, mantenimiento de los rectificadores y los contactos del sistema eléctrico.
- Instalar rectificadores con el menor factor de conversión posible.
- Evaluar el instalar equipos eléctricos (motores, bombas, etc.) que sean energéticamente eficientes.
- Trabajar con los baños de proceso en las condiciones óptimas de funcionamiento (composición, concentración, temperatura, pH, entre otros).
- Mantener la demanda eléctrica por debajo de la potencia contratada, para asegurar que las puntas de carga no exceden el máximo.
- 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%

Inversión/Costos

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.

2.7.1.3 Control de oxidación en el almacenamiento de Piezas Metálicas

La superficie de las piezas metálicas es susceptible de sufrir corrosión, bien sea durante su almacenamiento previo al tratamiento, como después del mismo, antes de su entrega al cliente. Evitar esta oxidación de las superficies permite reducir el impacto ambiental causado por los procesos de decapado o de reprocesado de piezas.

Los principales factores del ambiente que inciden en este proceso de oxidación son la humedad, temperatura y las atmósferas ácidas. Por ello, controlando estos factores se puede reducir el riesgo de oxidación de las superficies.

Para prevenir la oxidación de la superficie de la pieza puede llevarse a cabo una de estas medidas, o su combinación:

- eliminar o reducir el tiempo de almacenamiento entre operaciones,
- lograr una buena ventilación del área para controlar la humedad, temperatura y/o el pH de la atmósfera de almacenamiento,
- empaquetando las piezas con un material protector preventivo de las rozaduras y de la corrosión

También durante el almacenamiento, previo a la entrega del producto terminado, en lo posible, se debe proteger la superficie tratada, evitando su degradación o ensuciamiento.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos (para el proceso de decapado)
- Reducción consumo de agua

Inversión/Costos

- Costo alto: bajo

2.7.1.4 Control del contenido de aceites y grasas en piezas metálicas

En determinados casos, es posible simplificar el desengrase de las piezas a tratar tomando en consideración las etapas previas de mecanizado y almacenaje. Es relevante poseer información de los tipos de grasas y aceites utilizados en las piezas mecanizadas. Se debe tener en cuenta que determinados aceites, pueden llevar en su composición productos inhibidores de la corrosión (tales como aminas, boratos, nitritos), o tóxicos (fenoles, formoles), complejantes (por ejemplo, EDTA, NTA), además de contener metales pesados (Mo, entre otros) o aditivos (azufrados, clorados, sulfonados, nonilfenoles, entre otros).

Para la instalación que solo realiza galvanizado y por tanto recibe las piezas mecanizadas de terceros, no es simple obtener esta información, pero se recomienda el conocimiento al menos de aquellos componentes tóxicos o que puedan dificultar el posterior tratamiento de las aguas residuales (consultar el tipo de productos utilizados).

En aquellos casos en los que la propia empresa lleva a cabo el mecanizado previo de las superficies a tratar, algunas posibilidades de reducción de aceites y grasas aplicados en las etapas de mecanizado de piezas son:

- usar lubricantes volátiles¹⁹
- utilizar aceites exentos de componentes tóxicos o peligrosos: nitritos, fenoles, compuestos clorados o fuertemente complejantes (EDTA, NTA)
- utilizar aceites en base vegetal (frente a los minerales)
- emplear la mínima cantidad de lubricantes

Las ventajas de esta medida son la reducción en el consumo de insumos de desengrase, reducción en el consumo energético del proceso y consumo de agua.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de insumos químicos (para el proceso de desengrase)
- Reducción consumo de energía
- Reducción consumo de agua

Adicionalmente, se ha desarrollado e introducido en varios procesos de galvanizado de piezas en Europa la operación de desengrase biológico posterior a un desengrase alcalino, donde las bacterias transforman los aceites en CO₂ y agua, bajo aporte adicional de nutrientes.

Las ventajas que se consiguen son una mejor humectación de la pieza en los decapados posteriores y un menor índice de rechazos, además de minimizar el arrastre de aceites a otras etapas del proceso

¹⁹ Tener presente que, en el caso que se empleen lubricantes volátiles, habrá que tener en consideración la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) a la atmósfera.

2.7.2 Medidas generales para el transporte de piezas

2.7.2.1 Optimización del uso de soportes para piezas metálicas

En las líneas de los soportes, se deben disponer las piezas de tal forma que se minimice su sobrecarga, su pérdida y se maximice la eficiencia del paso. Asimismo, se recomienda la utilización de colgadores que reduzcan el fenómeno de arrastre. Otro aspecto a tener en cuenta es la sujeción de las piezas a fin de que:

- la superficie de la pieza reciba correctamente el baño en el proceso
- se minimice el arrastre
- se evite la caída de piezas, que podría incrementar la contaminación metálica del baño

A continuación, se indican algunos valores en relación a la posición y el arrastre:

Tabla 2-13 Relación posición de las piezas y arrastre

Posición de las piezas y tipo de escurrido	Arrastre por unidad de superficie (L/m ²)
Superficie vertical bien escurrida	0,016
Superficie vertical escurrida	0,08
Superficie vertical muy poco escurrida	0,16
Superficie horizontal bien escurrida	0,03
Superficie horizontal muy poco escurrida	0,40
Superficie cóncava, muy poco escurrida	0,32-0,97

En el caso de los soportes para piezas, se debe reducir en origen el arrastre de las soluciones de proceso por una combinación de las siguientes técnicas:

- Disponer las piezas en los soportes evitando la retención del líquido de proceso, colocándolas en ángulo o verticales y con las concavidades dirigidas hacia abajo.
- En instalaciones manuales, al sacar el soporte del baño, girarlo y moverlo para favorecer su escurrido; en instalaciones automáticas, pueden introducirse sistemas de vibración del bastidor sobre el baño, que favorecen el drenaje de líquido.
- Extraer lentamente la pieza; cuanto más rápida se hace la extracción del baño, más gruesa es la película que moja la superficie y que, por tanto, se arrastra hacia el enjuague siguiente.
- Dejar suficiente tiempo de escurrido según las condicionantes del baño. Debido al peso que deben soportar los operarios; en instalaciones manuales, es aconsejable colocar barras que cuelgan los bastidores sobre el baño en las que dejar descansar el bastidor extraído.
- Insertar una bandeja de escurrido o un estanque de transferencia para retener el arrastre, en el caso de que entre los estanques adyacentes exista un espacio importante o cuando se tenga que cruzar un pasillo.
- Retornar el exceso de solución de baño a su estanque mediante el uso de sistemas de enjuague por spray, niebla o aire; esto es factible para aquellos baños de proceso que tienen pérdidas de nivel de líquido por evaporación ($T > 40^{\circ}\text{C}$); al aplicar este tipo de enjuague sobre el propio baño, se consigue retornar gran parte del arrastre producido y se mantiene el nivel del baño; con esta medida, se reduce el arrastre hasta un 30-50%.

- El retorno de arrastre al baño, además de ser factible mediante los enjuagues por spray de agua o de aire, puede alcanzarse mediante la implementación de estanques estanco de enjuague (ver sección 2.7.3), de recuperación (si el baño trabaja a una temperatura >40°C y tiene lugar la evaporación del mismo) o enjuagues tipo “ECO”(si la temperatura del baño es inferior a aquella); con los enjuagues de recuperación se consigue recuperar y, por tanto, reducir, hasta un 70% del arrastre, en función de la temperatura del baño; en el caso de los enjuagues de tipo “ECO”, la reducción del arrastre es del 50%.
- El tiempo de referencia de escurrido debe definirse para cada proceso en particular. Un valor de referencia comúnmente aceptado es 10 seg. **Como valor de emisión asociado se estima que, pasar de un tiempo de escurrido de 3 seg. a 10 seg. puede reducir el valor de arrastre en un 40%.**

Se deben tener las siguientes consideraciones al momento de optar este grupo de medidas:

- Se puede aumentar el tiempo del proceso al incrementar los tiempos de escurrido.
- En instalaciones manuales, puede haber dificultades para controlar los tiempos de escurrido.
- Se requiere formación permanente del personal.

Principales impactos de la medida

- Reducción de consumo de productos químicos.
- Reducción consumo de agua de enjuague 30%-50%.
- Reducción de arrastre en un 30%-50%.

Inversión/Costos

- Costo bajo: Si se requiere solo entrenamiento y cambio operativo dentro del proceso.
- Costo medio-alto: Si requiere cambio en el diseño de estanques.

2.7.1.2 Uso de tambores o contenedores perforados para el procesamiento de pequeñas piezas

Es fundamental diseñar y utilizar un tipo de tambor o contenedor de acuerdo al tipo de piezas a tratar, favoreciendo su escurrido; por ello, es importante disponer de diferentes tipos de contenedores para utilizarlos según el tipo de trabajo a desarrollar.

Como referencia, se considera que un tambor produce un arrastre 10 veces superior a un soporte, por unidad de superficie tratada²⁰. En el caso de operaciones con tambor, en las que el nivel de arrastre es importante, se recomienda prevenirlo por una combinación de las siguientes técnicas:

- Inspeccionar periódicamente todas aquellas partes que puedan retener líquido del baño (sobre todo su interior así como los agujeros de escurrido).
- Controlar que los orificios y el grosor de las paredes sean óptimos para minimizar el efecto por capilaridad.
- Asegurar que los tambores presenten los orificios libres, evitando su obturación.
- Controlar que se dispone de la mayor proporción de agujeros para facilitar el escurrido, sin afectar su resistencia mecánica
- realizar mantenimiento periódico de los tambores.
- Al extraer el tambor del baño, hacer una extracción lenta para maximizar su escurrido.
- Girar unos 90º intermitentemente en ambos sentidos, una vez extraído, siempre y cuando el proceso lo permita.
- Insertar, bien sea manual o automáticamente, una bandeja de escurrido o un estanque de transferencia para retener el arrastre en el caso de que entre los estanques adyacentes exista un espacio importante.
- insertar tapajuntas inclinadas hacia el baño entre las estanques de la línea; de esta manera, se evita pérdida de líquido al suelo; asegurarse de que el material de los tapajuntas es adecuado a las características químicas del baño a recoger.
- Inclinarse el tambor hacia el baño, si es posible y el proceso lo permite.

El tiempo de escurrido debe definirse para cada proceso en particular. Sin embargo se sugieren tiempos superiores a 10 segundos, procurando girar el tambor sobre el baño, en los dos sentidos de giro, siempre que el proceso lo permita.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos
- Reducción consumo de agua de enjuague 20%-30%
- Reducción de arrastre en un 20%-30%
- Menor concentración en aguas lavado

Inversión/Costos

- Costo bajo: Si se requiere solo entrenamiento y cambio operativo menor dentro del proceso
- Costo medio-alto: Si requiere cambio en el diseño de estanques

²⁰ Valores de referencia del arrastre, dependiendo de la pieza y del electrolito:

- Superficies planas y contorneadas: 0,05-0,10 l/kg
- Superficies cóncavas: 0,10-0,30 l/kg

2.7.3 Enjuague

2.7.3.1 Optimización del uso de baños de enjuague

Independientemente del sistema de enjuague de que disponga la empresa, es posible mejorar la eficacia del lavado y, en ocasiones, reducir el consumo de agua.

Las acciones propuestas son:

- Controlar el tiempo de contacto entre la superficie a lavar y el agua en el estanque; la eficacia del enjuague se incrementa con un tiempo de contacto suficiente entre agua y superficie a lavar; habitualmente, es necesaria la experimentación para establecer el tiempo de enjuague más adecuado.
- Disponer la entrada y salida de los conductos del agua en los estanques de manera tal que la renovación de la misma sea máxima; esto se consigue colocando el tubo de entrada de agua, en un extremo del estanque, hasta el fondo, mientras que la salida debe ubicarse en el extremo opuesto del estanque, en la superficie; además, para que el desagüe sea efectivo, como la entrada de agua tiene cierta presión, es recomendable disponer una salida amplia en forma horizontal; con esta medida, se mejora hasta un 50% la eficacia del enjuague, obteniéndose reducciones del consumo de ese mismo orden. Sin embargo, en estanques muy largos donde la distancia entre la entrada y la salida de agua es considerable (distancia superior a 4 m), esta medida no tiene demasiado efecto sobre la renovación del enjuague, ya que el tiempo de permanencia del agua es alto produciéndose una buena mezcla del enjuague con el paso de las piezas.
- Provocar una pequeña turbulencia del agua de enjuague para provocar un enjuague más eficaz, por ejemplo, aportando aire en el fondo del estanque; la mejor técnica para incrementar la eficacia del enjuague por agitación es mediante burbujas de aire; de esta manera, se consigue retener los compuestos en el agua, evitando su arrastre hacia el siguiente estanque del proceso.
- Disponer de suficiente volumen de agua durante el tiempo de contacto entre la superficie y el sistema de enjuague; además del tiempo de contacto, es importante un volumen de agua suficiente para tener un enjuague eficaz.

La combinación de estas acciones mejora la eficacia de las operaciones de enjuague y contribuye a disminuir la cantidad de agua necesaria, permitiendo reducciones del consumo de agua del orden del 20-50% mediante la combinación de estas técnicas.

En términos específicos, existe una relación directa entre arrastre y el caudal de enjuague requerido (o, lo que es lo mismo, necesidad o calidad de enjuague); esto es, cuantas veces hay que diluir en un enjuague una determinada especie química de un baño para evitar la contaminación de otros baños o su acción sobre la superficie de la pieza. Aumentar el caudal de enjuague no es el único medio disponible para mejorar la calidad del enjuague. También se consigue reducir el caudal de enjuague disminuyendo el arrastre.

Por ello, la definición de un enjuague eficiente es aquel en el que se lava respetando la calidad de enjuague definido o impuesto por el proceso, con la mínima cantidad de agua

(independientemente de límites en su consumo). Así, el control de la calidad del enjuague se traduce en controlar dos variables: minimizar el consumo de agua y disminuir el arrastre de baño hacia los enjuagues.

La relación entre las variables señaladas es la siguiente:

$$Rd = \frac{Q}{q} = \frac{C_0}{C_r}$$

Dónde:

Q = caudal de agua de enjuague (L/h)

q = arrastre (L/h)

Rd = razón de dilución (calidad de enjuague requerida)

C₀ = concentración en el baño previo

C_r = concentración en el enjuague

Los valores de Rd en baños de desangrase o decapado pueden oscilar normalmente entre 500 y 2000. La calidad de enjuague es inversamente proporcional a la concentración del baño y a la carga de trabajo procesada (arrastre); si se mantiene el caudal de enjuague constante, cuanto más concentrado el baño, como consecuencia del arrastre, menor calidad de enjuague y, cuanto más carga de trabajo y/o superficie tratada, también por ello, se reduce la calidad del enjuague.

En resumen, se debe:

- establecer, empíricamente, los diversos valores de arrastre producidos según las piezas tratadas mayormente,
- determinar la calidad de enjuague necesaria para cada operación de lavado,
- ajustar el caudal de enjuague según lo anterior, con lo cual éste será variable, en función del arrastre producido,
- implementar, en la medida de lo posible, estructuras y sistemas de enjuague que reduzcan el caudal necesario, siempre y cuando no supongan un incremento en la concentración de determinadas sales o de la conductividad del efluente vertido.

A continuación se detallan distintos sistemas de enjuague y su efecto en el consumo de agua. Se considera como punto de referencia las condiciones de un enjuague simple (un único estanque de lavado después de un baño de proceso), que la mezcla del arrastre en el agua es completa y prácticamente instantánea (aspecto éste que no siempre es cierto), por lo que, en todos los casos, se recomienda:

- Agitación vigorosa del enjuague con aire, si no provoca excesiva espuma del arrastre de los tensoactivos de la tina precedente.
- Introducir el agua limpia por el fondo de la tina.
- Fijar la salida del agua sucia en el extremo opuesto al de la entrada.

Se debe tener en cuenta que reducir el consumo de agua de proceso mediante la optimización de los sistemas de enjuague implica un aumento de la concentración en sales de difícil precipitación (y, por tanto, de la conductividad) en el efluente final. Por este motivo, será necesario estudiar en cada caso concreto las posibilidades de reducción del caudal en relación a los niveles de vertido para las diferentes sales y conductividad. En caso necesario, deberá optarse

por otras técnicas para reducir el consumo de agua, sin que ello suponga un incremento de la concentración de sales en el efluente generado, como pueden ser las técnicas de reducción o recuperación del arrastre.

a) *Enjuague cascada múltiple*

Los sistemas de enjuague múltiples son los más adecuados para reducir el consumo de agua, manteniendo la calidad de enjuague requerida. Los valores de reducción de consumo de agua, respecto a enjuagues simples, son del orden del 95% o superiores.

Entre los diferentes sistemas múltiples, se recomienda aquellos que funcionan en cascada a contracorriente. El sistema consiste en hacer entrar agua limpia por la última posición del enjuague y hacerla pasar en cascada hasta el primer estanque, desde donde el agua se vierte (o, si es factible, se recupera devolviéndola al baño de proceso para compensar las pérdidas por evaporación). El sentido de las piezas es contrario al de la entrada de agua; por ello, el sistema se denomina “*en cascada a contracorriente*”.

En este caso, el caudal de agua necesario viene dado por la siguiente expresión, donde n corresponde al número de tinas conectadas en el sistema:

$$Q = q^n \sqrt[n]{Rd}$$

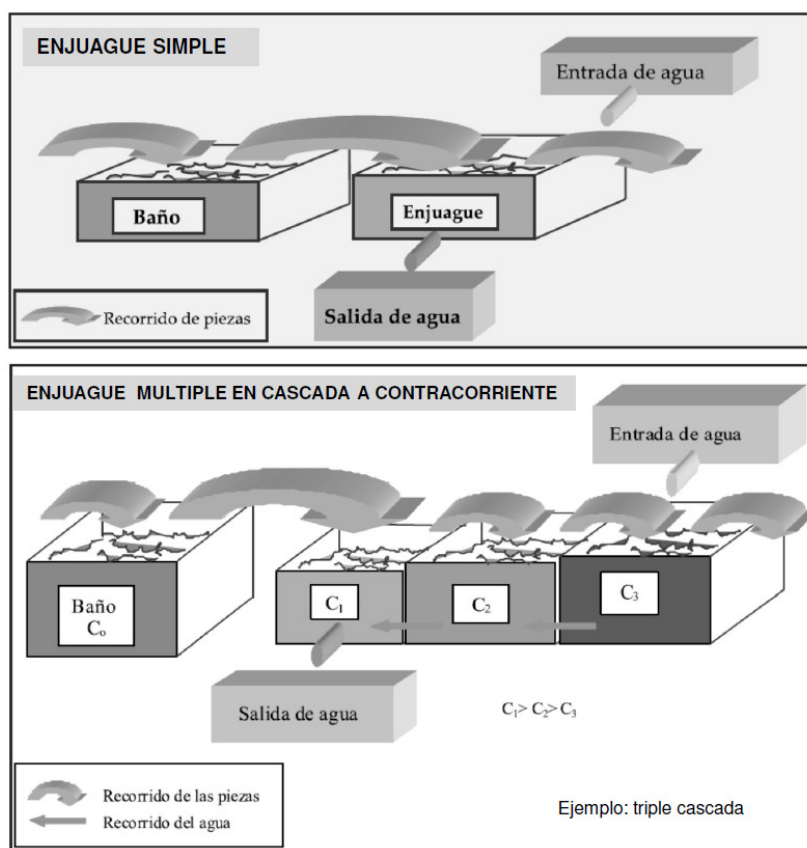


Figura 2-26 Sistema de enjuague simple y en cascada a contracorriente

Fuente MMAMRM 2009

A continuación, se indica, a modo comparativo, la reducción de consumo de agua lograda en función del número de tinas de enjuague:

Tabla 2-14 Reducción de consumo de agua según sistema enjuague

Sistema de enjuague	Caudal de enjuague Q (L/h)	Porcentaje reducción caudal respecto enjuague simple (%) *
Simple	2.000	0%
Doble en cascada	44	97.8%
Triple en cascada	12	99.4%
Cuádruplo en cascada	5,7	99.7%

(*): Suponiendo un arrastre, $q = 1$ L/h y un $R_d=2000$ Fuente MMAMRM 2009

En el caso de enjuagues múltiples en cascada a contracorriente, el caudal de enjuague se reduce drásticamente entre la primera y segunda posición de enjuague. Con lo que, habitualmente, se consiguen suficiente reducción del caudal de enjuague con solo dos posiciones de lavado. En contrapartida, estos sistemas de enjuague incrementan la concentración del efluente generado.

Tabla 2-15 Caudal de enjuague necesario según operación

Operación	Rd	Caudal de agua según sistema enjuague (L/h)		
		Simple	Doble	Triple
Desengrase	500-1000	500-1.000	22-32	8-10
Decapado	1000-2000	1.000-2.000	32-45	10-13

Fuente MMAMRM 2009

Recuperación de arrastre:

Para la recuperación del arrastre se propone el enjuague en cascada a contracorriente en circuito cerrado. Estos son enjuagues de recuperación conectados en cascada a contracorriente con retorno del primer enjuague hacia el baño, para procesos que trabajan en caliente. Ajustando el caudal el caudal de recuperación de tal manera que se compensen las pérdidas por evaporación del baño, el valor de recuperación del arrastre está por sobre el 80-90%. El consumo de agua queda reducido a las pérdidas por evaporación del baño; no hay vertido de aguas residuales.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de agua de enjuague en más de 95% comparado con enjuagues simples
- Reducción de arrastre sobre el 80%
- Reducción consumo de productos químicos
-

Inversión/Costos

- Costo medio-alto: En función de la instalación de nuevos estanques

b) Enjuague estanco (estático)

El sistema consiste en ubicar uno o más enjuagues estáticos después del baño, sin aporte en continuo de agua. Periódicamente debe procederse a vaciar la primera posición de enjuague y

rellenarla con el contenido de la segunda y ésta con la de la tercera, y así sucesivamente. El volumen vaciado del primer enjuague, el más concentrado, se almacena en un depósito y, si es posible, puede emplearse para compensar las pérdidas por evaporación del baño (si éste trabaja a $T > 40^{\circ}\text{C}$).

Debido a que retiene buena parte del arrastre del baño de proceso, además de reducir el consumo de agua en enjuagues posteriores, permite la recuperación del arrastre. Por lo general, mediante esta técnica, la reducción del arrastre es del orden del 70%, dependiendo de la capacidad de devolución de líquido recuperado al baño original.

Los valores de concentración que se alcanzan con este enjuague, dependiendo de la temperatura de evaporación del baño, suelen situarse entre el 10-20% de la concentración del baño. Ello se traduce, en necesidades de consumo de agua del enjuague siguiente un 80% inferiores (1/5) a las que habría sin el estanque de recuperación.

Esta técnica es especialmente recomendada cuando, la implementación de enjuagues múltiples en cascada, puede suponer un incremento excesivo de la concentración de sales de difícil precipitación en el efluente y, por tanto, un incremento excesivo de la conductividad.

Esta recuperación del arrastre, será superior si la evaporación del baño es mayor (el baño trabaja a mayor temperatura) o, si hay más de un enjuague estanco.

A continuación, se indica, a modo comparativo, la reducción de consumo de agua lograda en función del sistema de enjuague

Tabla 2-16 Reducción esperada con enjuague estanco

Sistema de enjuague	Caudal de enjuague Q (L/h)	Porcentaje reducción del caudal respecto enjuague simple (%) [*]
Simple	10.000	0%
Enjuague estanco + enjuague simple	2.000	80%
Doble enjuague estanco + enjuague simple	400	96%

(^{*}): Suponiendo un arrastre, $q = 10 \text{ L/h}$ y un $R_d = 1000$ Fuente MMAMRM 2009

Este sistema, a diferencia del enjuague de cascada múltiple, tiene el inconveniente que va empeorando progresivamente la calidad de los enjuagues, hasta que se produce el vaciado del primero y el trasvasije y reposición con agua limpia del último. Por ello, se recomienda realizar esta operación diariamente o, mejor aún, de forma automática en continuo.

Al tratarse de un enjuague sin renovación del agua, es importante aplicar algún tipo de agitación del agua para mejorar la eficacia de lavado; esta medida no es necesaria para instalaciones a tambor, en los que el movimiento del agua es producido por el propio tambor al entrar al estanque.

A diferencia del enjuague múltiple en cascada, en el que existe un vertido de agua, el uso de enjuagues estancos de recuperación también permite reducir el caudal de enjuague (en menor volumen) y, en contrapartida, no produce aumentos de concentración en las sales o conductividad del efluente. Lo anterior, se produce debido a que además de reducir el caudal de enjuague, este

tipo de lavado reduce en gran medida el caudal de arrastre, siendo éste el responsable de la aportación de contaminantes (y de sales) al agua de lavado.

Recuperación de arrastre

Este sistema permite la recuperación de sales para baños de proceso en caliente; el enjuague se va concentrando de las sales procedentes del baño de proceso y llega a situarse a una concentración del 10-25% de la del baño. Para compensar las pérdidas por evaporación del baño, se recupera el líquido de este estanque de recuperación. Un estanque de enjuague por recuperación puede recuperar un 70% del arrastre producido. El volumen a retornar viene determinado por el rango de evaporación del baño, así como la velocidad de extracción del aire sobre el baño, la agitación del mismo, entre otros. Como consecuencia, se debe aplicar de técnicas de aspiración de gases y vapores y de eficiencia de lavado. Por este motivo, sólo puede aplicarse en baños que trabajan a cierta temperatura (superior a los 40 °C); de otro modo, para evitar que el enjuague estanco alcance concentraciones cercanas a las del propio baño, se debe retirar periódicamente una pequeña cantidad de líquido, aportando agua limpia; el líquido extraído debe entonces almacenarse y gestionarse en forma de residuo peligroso.

Algunas empresas son reticentes al uso de los enjuagues estancos de recuperación, a pesar de los beneficios que pueden aportar, por miedo a contaminar el baño de proceso con productos de degradación, contaminación metálica, entre otros. En todos los casos, la implementación de este sistema presupone un mayor control y mantenimiento preventivo del baño afectado.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de agua en 80%
- Reducción de arrastre sobre el 70%
- Reducción consumo de productos químicos

Inversión/Costos

- Costo bajo: Por la instalación de estanque estanco

2.7.3.2 Sistemas medición de consumo y calidad del agua de proceso

Un aspecto importante para optimizar el consumo de agua consiste en controlar todos los puntos donde se utiliza y registrar la información de forma regular (por hora, diario, por turno o semanal) de acuerdo con el uso y las necesidades de control de dicha información. El consumo debe referirse a alguna unidad que permita su comparación y referencia, como por ejemplo: superficie (m²) o peso de piezas (kg, ton) tratadas. Este dato es de alta relevancia pues de acuerdo a información de factores de uso internacional, el consumo de agua en procesos de galvanizado en Europa actualmente no supera los 25 L/ton procesada²¹.

Entre las principales razones de un consumo excesivo de agua, se tiene:

- alimentación de agua innecesaria en posiciones de enjuague, por ejemplo en líneas detenidas sin producción en momentos concretos del día (almuerzo, cambio de turno, entre otros), o por planificación de la producción.
- exceso de enjuague en determinadas posiciones, por encima de las necesidades reales de

²¹ Fuente ICZ LATIZA

calidad necesaria

- lavado excesivo de suelos, bidones, instalaciones.
- pérdidas de agua diversas: grifos abiertos innecesariamente o mal cerrados, fugas, goteos.

Entre las acciones propuestas para el control y minimización del agua existen algunas relacionadas con adquisición de equipamiento y otras con la mejora de procedimientos:

- Utilizar caudalímetros para regular el flujo de agua mediante válvulas.
- Emplear equipos automáticos de medición de proceso como pueden ser conductivímetros, pHmetros, etc.; estos deben ir conectados a electroválvulas que permitan la entrada de agua nueva si se ha alcanzado el valor prefijado del parámetro en cuestión (por ejemplo, un nivel de conductividad o pH no deseados).
- En instalaciones automáticas, instalar electroválvulas conectadas a temporizadores, de manera que, si la instalación se detiene durante un período determinado, se cierran las entradas de agua a través de las electroválvulas.
- Emplear válvulas aforadas, de tal forma que se pueda fijar un consumo máximo de agua por línea o proceso; de esta manera, aunque los operarios abran más los grifos, el caudal permanecerá constante. Esta técnica es adecuada si el proceso productivo es bastante homogéneo y no existe gran variación del tipo de piezas a lavar; de lo contrario, puede ser necesario un mayor caudal de enjuague para garantizar un proceso eficiente, siendo la técnica no recomendable.
- Lavar instalaciones y áreas con equipos a presión, reutilizando las aguas, en la medida de lo posible;
- Llevar un correcto mantenimiento de instalaciones y equipos, con un programa de control y supervisión y formación del personal.

Con estas medidas, pueden alcanzarse reducciones del consumo de agua, entre el 20-45%.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo agua en 20-45%
- Reducción de la generación de residuos líquidos

Inversión/Costos

- Costo medio-alto al incluir equipos de control

2.7.1.3 Sistemas de reutilización de agua

Una posibilidad para reducir el consumo de agua en el proceso es la reutilización de las aguas de algunos estanques de enjuague en otros enjuagues o en otras áreas del proceso.

a) *Técnica de Skip*

Uno de los sistemas más sencillos que puede emplearse para disminuir el consumo de agua es la denominada “Técnica de skip”. Esta técnica consiste en utilizar un mismo caudal de enjuague para diferentes operaciones de enjuague que, químicamente sean compatibles o sirvan para neutralizar la pieza antes de entrar en el siguiente baño de proceso.

Por ejemplo, es posible utilizar un enjuague posterior a una etapa de decapado ácido como enjuague previo a otro baño ácido que sea químicamente compatible o para preparar un nuevo baño, o bien utilizar las aguas de ese decapado ácido como aguas de enjuague posteriores a un desengrase alcalino previo al decapado.

Con esta simple medida, es posible reducir el número de entradas de agua de enjuague, consiguiéndose una reducción del consumo de agua, así como neutralizar en parte las aguas del lavado previo al baño.

Para poder aplicar esta técnica, es necesario que los arrastres puedan minimizarse suficientemente, ya que el agua que entra en la segunda posición de enjuague vendrá contaminada con el arrastre del baño anterior; en caso contrario, el efecto pretendido con la técnica puede quedar devaluado por el incremento del arrastre de la segunda posición de enjuague.

Otro factor a tener en cuenta para la posible aplicación de esta técnica es el riesgo de formación de precipitados que acabarían contaminando la cuba de enjuague en cuestión, así como el incremento en la conductividad por un mayor incremento relativo de sales.

La implementación de esta técnica permite eliminar el consumo de agua en una de las posiciones de enjuague, con el ahorro añadido en depuración de aguas y gestión de lodos residuales. Por ello, el valor asociado de reducción del consumo de agua entre las dos posiciones de enjuague estará entre el 30-50%.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo agua en 30-50%

Inversión/Costos

- Costo bajo solo por inclusión de estanques

b) Resinas de intercambio iónico en la regeneración del agua de enjuague

El sistema consiste en hacer pasar las aguas por columnas con resinas intercambiadoras de cationes por hidrogeniones (H^+), y aniones por hidroxilos (OH^-), retornando el agua con bajo contenido en iones. El sistema retorna el agua al estanque de enjuague puesto que el diseño de la instalación funciona en circuito cerrado.

Los enjuagues recirculados con resinas de intercambio iónico, según la operación a la que se destinen, pueden trabajar durante largo tiempo, a conductividades inferiores a $50 \mu S/cm$, e incluso, por debajo de $5 \mu S/cm$ si se trata de enjuagues finales. No es adecuado su uso en presencia de agentes oxidantes fuertes y elevadas concentraciones de materia orgánica.

Estos sistemas van provistos de una instalación para su regeneración (ácido clorhídrico o sulfúrico para resina catiónica, e hidróxido de sodio para aniónica).

La regeneración del equipo en la propia empresa genera un solución acuosa que contiene los contaminantes previamente retenidos en la resina, más una elevada conductividad. Bajo estas condiciones dicha solución debe almacenarse en contenedores adecuados y eliminarse, por conveniencia, como un residuo peligroso. Para eliminar la posible contaminación orgánica en los sistemas de enjuague y su posible arrastre hacia otros baños, estos sistemas incluyen filtros de carbón activado. Esta técnica no es recomendable para enjuagues de desengrase.

Mediante el sistema de regeneración de agua por resinas, se obtienen caudales de filtración de gran calidad y, al trabajar en circuito cerrado, se consigue una situación cercana al “vertido cero” de las aguas de enjuague, si la regeneración de las resinas se efectúa externamente.

Principales impactos de la medida

- Reducción del consumo agua limpia en un 80%.
-

Inversión/Costos

- Costo alto por inversión en sistema de intercambio iónico

2.7.4 Optimización de la operación de baños de proceso y baños de enjuague

2.7.4.1 Sistema de agitación de baños

En aquellos baños donde sea factible, se recomienda agitar las soluciones de proceso para asegurar la renovación de la solución sobre la superficie de las piezas a tratar. Se recomienda también la agitación en los baños de enjuague para aumentar su eficiencia. Con ello, la eficiencia del enjuague puede ir desde el 50%, en el caso de no existir agitación, hasta el 95% con agitación.

Asimismo, la agitación es especialmente útil en aquellos baños de proceso en los que se calienta la superficie de la pieza, manteniéndose la temperatura más constante.

Los posibles sistemas de agitación son:

- sistemas mecánicos de agitación de las propias piezas
- difusión de aire comprimido

- difusión de aire a baja presión (soplantes o supresores)
- sistemas hidráulicos de agitación del baño

Se recomienda el uso de la agitación mecánica de las piezas en los baños de proceso. El uso de sistemas de agitación por aire puede originar problemas de emisión a la atmósfera, tanto en el lugar de trabajo como en el medio ambiente. La agitación por aire puede también crear importantes pérdidas de energía procedentes del baño (pérdida de calor) y ruido de los elementos empleados (compresores y sopladores). La agitación hidráulica tiene mayor rendimiento que la de los sistemas por aire con lo que la calidad del proceso se ve mejorada.

Sin embargo, la agitación por aire favorece la evaporación del baño, con lo que se facilita la recuperación del arrastre; esta alternativa es especialmente recomendable cuando el arrastre sea importante aunque como consecuencia, será necesario dotar al proceso de un sistema de extracción de vapores y gases.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos
- Reducción consumo de agua
- Reducción de arrastre (si se opta por la agitación por aire)

Costo medio al implementar sistemas de agitación

2.7.4.2 Control de la temperatura de los baños

Algunos baños de proceso requieren trabajar a cierta temperatura para funcionar de manera adecuada. Entre los sistemas más habituales para calentar los baños se encuentra:

- Calentamiento directo del baño, mediante calentadores eléctricos sumergidos o mediante quemadores de gas o gasoil aplicados a la tina de proceso
- circuitos de agua caliente a presión
- Circuitos de agua sin presión
- Con fluidos térmicos (aceite)

Debido a que el arrastre es la principal fuente de generación de contaminantes, se recomienda seleccionar aquellos procesos que trabajen a mayor temperatura para que, de esta manera, el rango de evaporación sea el máximo y pueda así recuperarse la mayor cantidad de arrastre posible. Otros factores, como el grado de ataque del baño sobre la superficie tratada o la emisión de contaminantes a la atmósfera deben también considerarse para reducir su impacto.

La utilización de intercambiadores de calor puede ser económicamente ventajosa para aprovechar el calor desprendido por soluciones o enjuagues calientes que deben ser cambiados periódicamente por soluciones o enjuagues nuevos.

En todos los casos, es importante monitorizar la temperatura del baño y mantenerla dentro del rango óptimo del proceso, en su valor máximo admisible.

Con estas medidas, puede alcanzarse un ahorro en el consumo de energía eléctrica del 10-15%.

Principales impactos de la medida

- Reducción de arrastre
- Reducción consumo eléctrico en 10-15%.

Inversión/Costos

- Costo medio: si se utiliza calentamiento directo del baño
- Costo alto: si implica un cambio estructural de los estanques para el calentamiento de las soluciones

2.7.4.3 Control de pérdidas de calor en los baños que requieren alta temperatura

El reducir las pérdidas de calor del baño reduce el consumo energético. La reducción de las pérdidas de calor del baño debe hacerse teniendo en cuenta el garantizar una buena evaporación, para permitir el máximo rango de recuperación del arrastre producido.

Como medidas a aplicar, se proponen:

- Aislar térmicamente los estanques de aquellos procesos que trabajan por sobre o bajo la temperatura ambiente.
- No utilizar sistemas de agitación por aire para soluciones de proceso en caliente debido a la formación de emisiones contaminantes a la atmósfera. Si es necesaria la agitación por aire, se requiere la instalación de sistemas de captación y extracción de vapores, con o sin tratamiento, según el tipo de emisión. Las extracciones de gases, en caso de ser necesarias, favorecen también las pérdidas de líquido por evaporación, por lo que su implementación facilita la recuperación del arrastre.
- Buscar alternativas para recuperar el calor entre diferentes etapas de proceso; por ejemplo, el agua empleada en refrigerar un baño puede utilizarse para calentar otras soluciones de proceso que trabajen a menor temperatura, o para enjuagues finales, reutilizando de esta manera la energía procedente de otras etapas que generen calor.
- Dado que el arrastre es la principal fuente generadora de contaminantes, habrá que analizar,

caso por caso, la adecuación de las medidas propuestas y establecer unas opciones u otras, pero procurando priorizar, siempre que se pueda, la reducción y recuperación del arrastre. Por tanto, deberá existir un equilibrio entre la reducción de pérdidas de calor en soluciones de proceso y la existencia de cierta evaporación del baño para recuperar el arrastre, siempre que no exista una excesiva cantidad de emisiones atmosféricas de vapor de agua que arrastra productos químicos del baño.

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

Principales impactos de la medida

- Reducción de arrastre
- Reducción consumo eléctrico en 10-20%

Inversión/Costos

- Costo medio al incluir sistemas de recuperación de calor

2.7.4.4 Reducción del arrastre entre baños por control de viscosidad

El arrastre es la principal causa de la generación de contaminantes dentro del sector de Tratamiento de Superficies Metálicas. Por ello, se da prioridad a las alternativas que tiendan a su reducción en origen frente a otro tipo de mejoras.

En general, el arrastre de solución de baño de proceso conlleva:

- pérdida de materias primas,
- necesidad de lavado,
- mayor riesgo de contaminaciones cruzadas entre procesos,
- necesidad de tratamiento de residuos líquidos y, consecuentemente,
- consumo de reactivos para el tratamiento de residuos líquidos,
- consumo de energía,
- importante generación de lodos (en muchos casos, peligrosos) y
- mantenimiento de las instalaciones implicadas.

El conocimiento de los condicionantes que contribuyen al arrastre es clave para su reducción. Las principales son tamaño y forma de las piezas, viscosidad y concentración química del baño, tensión superficial del baño y temperatura del baño. Con todos estos factores se establece que el arrastre es directamente proporcional a la superficie de la pieza y a la viscosidad, concentración y tensión superficial del baño e inversamente proporcional a su temperatura.

Entre las principales técnicas de reducción del arrastre cabe considerar es reducir la viscosidad de la solución de proceso, lo que se puede lograr:

- disminuyendo la concentración de los componentes del baño o empleando procesos de baja concentración en la medida que ello no afecte la eficiencia de la operación,
- añadiendo agentes humectantes que reduzcan la tensión superficial del baño; esta medida puede reducir el arrastre hasta un 50%. (medida válida sólo si no se genera espuma en el baño)

- garantizando que la temperatura del baño es máxima, dentro del rango óptimo del proceso y la conductividad requerida; a mayor temperatura menor viscosidad y, por tanto, menor arrastre; (se debe evaluar como beneficio adicional el que incrementa el rango de evaporación del baño, lo cual permite la introducción de enjuagues estancos de recuperación, que contribuyen de una forma muy efectiva a la recuperación del arrastre).

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de agua en 50%
- Reducción de arrastre sobre el 50%
- Reducción consumo de productos químicos

Inversión/Costos

- Costo: bajo - medio

2.7.4.5 Aumento vida útil baños de desengrase

Para la etapa de desengrase existen alternativas disponibles en el mercado como son los tradicionales desengrases alcalinos y aditivos al ácido en la etapa de decapado posterior .

El desengrase alcalino requiere altas temperaturas para trabajar, genera mucho más lodos que los aditivos de desengrase ácido , es mucho más peligroso al operador, reduce la vida útil del ácido del decapado por neutralización, requiere enjuague adicional , y los vapores que genera por su alta temperatura se condensan en las estructuras aumentando la probabilidad de generar corrosión, con el consiguiente mayor costo de mantención.

El uso de aditivo al ácido en los decapados es solo un tensoactivo que retira los aceites de la superficie del acero y los emulsiona hasta saturar la solución, momento en que se debe descartar el baño. Estos aditivos, además de inhibir la eficiencia del ácido por alta concentración de materia orgánica, generan un alto grado de no calidad o rechazo por el arrastre a las etapas posteriores de los aceites que se mantienen permanentemente en la superficie. Estos restos de aceite también aumentan la generación de humos al momento de galvanizar.

El uso de Desengrasante ácido HYDRONET disponible en el mercado nacional presenta las siguientes ventajas:

- No se satura, por lo tanto nunca se descarta
- Trabaja a temperatura ambiente, no requiere calentamiento.
- Transforma la grasa en una arena que se deposita al fondo del tanque
- No genera olores ni emanaciones ni vapores.
- Al ser ácido, predecapa el acero.
- Es compatible con el decapado con HCL por lo que no requiere enjuague.
- Tiempo de trabajo de 3 a 10 minutos
- Se consume a razón de 0,6 a 1,5 Kgs/ton. Dependiendo del tipo de material y aceite.
- Es muy seguro al operador, no produce lesiones por contacto.
- Genera menos lodos que desengrase Alcalino
- Requiere mantención del baño una vez por año aproximadamente, frente a 3 o 4 veces con el desengrase alcalino.

Adicionalmente, el reemplazar un desengrase alcalino por un desengrase ácido, permite aumentar la cantidad de decapados o colocar un segundo enjuague previo al fluxado, en caso que exista solo uno.

El aporte ambiental y operacional de este producto está en:

- Reducir los descartes del baño
- Reducir descartes del enjuague, (reducir huella de agua.)
- Ahorro energético del calentamiento, (reducción de huella de carbono).
- Reducir costos de operación.
- Reducir los consumos de HCL en el decapado en hasta 20 %.
- Aumenta vida útil y reduce periodicidad de descarte.
- No genera evaporación, por lo que reduce la formación de corrosión por condensación de agua.

2.7.4.6 Aumento vida útil baños de decapado

El empleo de inhibidores es una medida de minimización para alargar la vida del baño de decapado. El espesor de las capas de óxido y cascarilla sobre una pieza de acero a ser galvanizada no suele ser homogéneo, por lo que las piezas deberán permanecer en el baño de decapado hasta que haya sido eliminado el último rastro de óxido y cascarilla. Es decir, superficies ya brillantes (completamente decapadas) siguen estando expuestas al ácido (sobredcapado), lo cual repercute en un aumento del consumo de ácido. Para evitar que las superficies de acero sigan decapándose una vez eliminado el óxido y la cascarilla, se utilizan los inhibidores de decapado.

En las empresas de galvanizado por inmersión se emplean normalmente inhibidores de decapado a base de hexametilentetramina, con lo cual la erosión de material puede reducirse de esta forma hasta en un 98%, mientras que el ahorro en ácido debido al empleo de inhibidores del decapado dependerá en gran medida del grado de oxidación y de formación de cascarilla que presenten las piezas.

No obstante, algunos inhibidores del decapado, por ser sustancias orgánicas, pueden incidir negativamente en las alternativas de valorización para baños de decapado agotados. Por lo tanto, la decisión de emplear o no inhibidores del decapado para minimizar el consumo de ácido y con ello la cantidad de baño agotado que se genera, deberá tomarse dependiendo del proceso de valorización y/o eliminación aplicado en cada empresa.

En el mercado existe el Inhibidor IRONSAVE, del cual se indica no contener hexametilentetramina, las cuales presentan riesgos al mezclarse con el HCl.

El producto presenta las siguientes características y ventajas:

- Evita el sobredcapado del acero.
- Permite superficies del acero decapadas más lisas por lo que reduce el consumo de zinc
- Permite dejar aceros en el baño de decapado hasta por 36 horas sin ataque al metal base.
- Reduce la hidrogenación del acero.
- Contribuye a aumentar la vida útil del ácido.
- Fácil de usar y dosificar

- Se consume a Razón de 0,1 Kg por tonelada procesada con un consumo de HCL de 20 Kg/ton
- Su efecto dura toda la vida útil del ácido.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de ácido

Inversión/Costos

- Costo bajo, sólo por compra de insumos inhibidores

Adicionalmente, se puede aumentar la vida útil del baño, realizando una filtración periódica del mismo, a fin de retirar restos de material sólido que se va acumulando.

El uso de este sistema permite prolongar de 6 a 10 veces la vida útil de un decapado. Básicamente consiste en un sistema de filtración que permite retener parte del hierro del decapado que se precipita con aditivos específicos (ejemplo PRO-PHX, disponible en el mercado, en base a silicato de sodio). Esto retarda la saturación de los ácidos, permitiendo su recarga

2.7.4.7 Optimización de la concentración de ácido en baños de decapado

En los procesos de galvanizado se utilizan fundamentalmente como ácidos de decapado el ácido clorhídrico (HCl) y en mucha menor proporción el ácido sulfúrico (H₂SO₄).

La concentración del baño de decapado es de un 14-16% en peso en caso de utilizar ácido clorhídrico, siendo la temperatura de trabajo de 60-80°C.

La velocidad de la reacción de decapado aumenta en función de la concentración de ácido clorhídrico. Así, a alta concentración de ácido (>200 g/L HCl) el decapado es extremadamente rápido por lo que suele darse un ataque al material base. Por debajo de los 150 g/l de clorhídrico, el tiempo de decapado es más uniforme y permite una gestión óptima de la acidez del baño. Adicionalmente existe un menor riesgo desde el punto de vista de la salud laboral.

Por ejemplo, la reducción de la concentración de HCl desde 190 a 150 g/l permite reducir en más de un 20% el consumo de ácido y realizar la operación de decapado en condiciones más controladas en cuanto al tiempo de reacción. .

Cabe destacar la gran influencia de la temperatura de la solución de decapado sobre la velocidad de decapado. Así, un incremento de la temperatura de 10°C a 20°C permite casi duplicar la velocidad de decapado. A efecto de reducir el impacto de emisiones de ácido en los procesos se utilizan aditivos antivapor.

Los productos antivapor (por ejemplo ANTIVAPOR D) disponibles en el mercado nacional poseen las siguientes características:

- Controla en origen la emanación de vapores ácidos
- Reduce hasta en un 70% los contaminantes ácidos en el ambiente
- Reduce la Hidrogenación del acero, reduce la fragilización. Efecto muy deseable en galvanizado de pernos y cadenas.

- Dura toda la vida útil del Baño
- Reduce los costos por mantención, al reducir el ataque ácido a puentes grúas, estructuras soportantes, cubierta de techos.
- Mejora el ambiente de trabajo. Permite eliminar el uso de máscaras respiratorias
- Elimina la necesidad de extracción forzada y lavado de los gases del decapado.
- No es una barrera mecánica de espuma, sino que actúa químicamente sobre el tamaño de las burbujas de Hidrógeno, reduciéndolas.
- Se consume a Razón de 0,2 Kg por tonelada procesada con un consumo de HCL de 20 Kgs./ton

Tomando como base de partida la necesidad de una velocidad de reacción más o menos homogénea de la reacción de decapado, se recomienda una concentración inicial de decapado en función de la temperatura. Para ello, se ha propuesto el diagrama que fue presentado en la figura 2.3 de la sección 2.1

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos (para el proceso de decapado)
- Reducción consumo de agua

Inversión/Costos

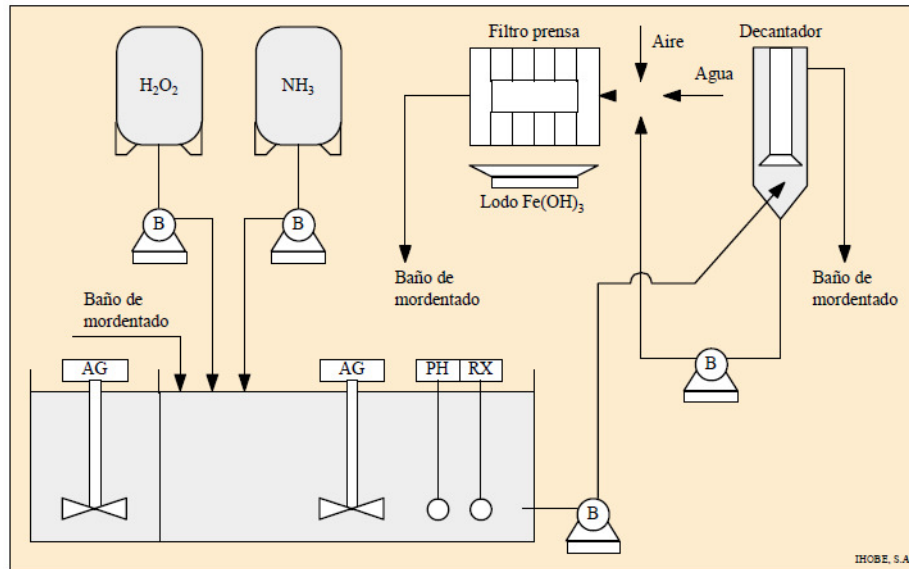
- Costo bajo, requiere sólo un adecuado control de la dosificación del ácido.

2.7.4.8 Regeneración de baños de fluxado

Para compensar las pérdidas por arrastre y mantener constante la concentración de sales se añaden regularmente mezclas de sales y agua al baño de fluxado. En éste se acumula cloruro de hierro (II), debido a las sales de hierro adheridas a las piezas. Para evitar que se incremente la formación de mate de cinc en el baño de galvanizado es necesario cambiar o regenerar de vez en cuando el baño de fluxado.

Para regenerar el baño de fluxado se añade en principio NH_4OH (solución acuosa de amoníaco) o NH_3 gaseoso en la solución compuesta de una mezcla de ZnCl_2 y NH_4Cl , ajustando el pH a un intervalo situado entre 3 y 5. A continuación precipita el hierro bivalente como hidróxido de hierro (III), mediante la inyección de aire o por adición de oxidantes (normalmente H_2O_2). Para la mantención del baño se bombea en forma continua hacia un filtro prensa donde se retiene y deshidrata el lodo, mientras la solución de fluxado clarificada se devuelve al baño.

Como operación alternativa suele procederse al lavado de los lodos, con objeto de reducir su toxicidad, mediante la adición de agua que se hace pasar a través de los lodos en el filtro prensa. La solución resultante se devuelve al baño de fluxado. El diagrama siguiente muestra una instalación de regeneración automática.



B=bomba; Ag=Agitación; pH=Phmetro; RX=conductímetro

Figura 2-27 Regeneración del baño de fluxado

Fuente: IHOBE 2000

Mediante la filtración continua con filtro de placas, se puede controlar el hierro en el fluxado por debajo de 1 gr/Lt. , lo que contribuirá a bajar la generación de mate. En este punto es fundamental la capacitación a los operadores de la importancia de usar adecuadamente los reactivos que se adicionan para precipitar el hierro.

Como ventaja ambiental se destaca el eliminar el descarte de baños saturados con hierro.

Adicionalmente es posible el uso de aditivos que mejoran el rendimiento de esta etapa y siguientes en el proceso, entre los que se cuentan en el mercado:

FILM FLUX, aditivo basado en solución de cloruro de níquel, que permite:

- Eliminar los riesgos de usar níquel en Polvo.
- Reducir los, costos por uso de aleación Zinc-Níquel.
- Reemplazar la adición de zinc metálico en la cuba de galvanizado.
- Controlar el efecto Sandelin
- Reducir el consumo de zinc mediante la reducción de espesores.
- Mejorar el brillo del galvanizado.
- Reducir la generación de Mate y Ceniza
- Mejorar la ductilidad del depósito de
- Aumentar fluidez del zinc, reduciendo las gotas al sacar la pieza del zinc fundido.

METFIL, aditivo basado en cloruro de amonio y cloruro de sodio

- Reduce las explosiones por humedad del material

- Reduce los humos al momento de galvanizar.
- Reduce la generación de ceniza.
- Contribuye en la reducción del consumo de zinc.
- Seguro al operador.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de sales de fluxado

Inversión/Costos

- Costo: alto (si es un sistema automático)

2.7.4.9 Minimización del uso de zinc en el baño de galvanizado

a) *Minimización y valorización de mate de zinc*

Las cantidad de mate de cinc generada puede minimizarse mediante un adecuado lavado intermedio de las piezas tras el decapado, para evitar el arrastre de sales de hierro, así como mediante el control de la temperatura del baño de cinc y evitando un sobrecalentamiento local del baño.

También el empleo de sales de fluxado, de baja producción de humo, que a diferencia de los que contienen cloruro de amonio realizan un efecto decapante limitado en el baño de cinc, deriva en una menor producción de mate de cinc al reducir el arrastre de sales de hierro. Sin embargo, el empleo de este tipo de sales repercute en algunos casos negativamente en la calidad del recubrimiento. A intervalos regulares se elimina el mate del baño de zinc y puede comercializarse en fundiciones para su recuperación

b) *Minimización de las salpicaduras de zinc*

Al sumergir piezas húmedas en el baño de zinc caliente, debido a la súbita evaporación del agua, el zinc líquido sale del baño en forma de salpicaduras.

La minimización de las salpicaduras de cinc se consigue llevando a cabo un secado previo de las piezas y además considerando procedimientos para un buen drenaje del agua desde las mismas. Normalmente, el baño de galvanizado está separado del exterior por unas mamparas laterales que evitan que las salpicaduras se depositen en el suelo de la instalación. Las salpicaduras quedan sobre el borde del estanque y si el grado de suciedad que presentan es bajo, pueden ser devueltas directamente al baño de zinc; en caso de que el zinc salpicado esté demasiado sucio y no pueda ser restituido al baño, puede entregarse a fundiciones.

c) *Minimización de la ceniza de zinc*

Las cenizas de zinc se forman por reacción de las sales de fluxado, adheridas a la pieza, con el zinc fundido del baño, así como por reacción del zinc fundido de la superficie con el aire de la atmósfera, permaneciendo estas cenizas en la superficie del baño. Reduciendo la concentración de sales en el baño de fluxado, es posible minimizar la cantidad de sales incorporadas y con

ello la cantidad de ceniza de cinc que se genera. Sin embargo, una reducción considerable de esta concentración repercutirá negativamente en la calidad del recubrimiento.

Como aditivos recomendados en esta etapa se cuentan:

FLUX ZINC, producto que permite:

- Recuperar hasta 40% del Zinc metálico contenido en la ceniza
- Precipitar el mate fino.
- Reducir la generación de ceniza y el contenido metálico de la ceniza.
- Reducir consumo de zinc.

ALAMBRE DE ALUMINIO

- Evita la formación de óxido de zinc sobre la superficie del baño.
- Mejora el Brillo.
- Ayuda a reducir la formación de cenizas

La ceniza de cinc se compone principalmente de cinc y de pequeñas cantidades de hierro, aluminio, óxido de cinc y cloruro de cinc. La ceniza de cinc es valorizada por ello en fundiciones o utilizada para la obtención de cloruro de cinc.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos (para el proceso de galvanizado)

Inversión/Costos

- Costo bajo

2.7.5 Medidas asociadas a la valorización o eliminación de residuos

2.7.5.1 Segregación

La correcta segregación de los diferentes tipos de residuos generados por la empresa, 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.

Por ello, es importante separar, en la propia empresa, 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 líquidos 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 (metal, madera, cartón, chatarra, plástico, entre otros).

- Esta segregación de residuos presupone disponer de contenedores específicos ubicados en cada área de trabajo
- Se debe adecuar y señalizar una zona destinada al almacenamiento de los residuos. Se requiere señalizar correctamente cada contenedor de 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 retirada.
- Informar, formar e incentivar al personal de la empresa sobre la necesidad de segregar y reutilizar o valorizar los residuos.

Actualmente las empresas del sector realizan una adecuada segregación de residuos valorizables como el mate y las cenizas de zinc.

Principales impactos de la medida

- Identificación de residuos valorizables
- Reducción residuos peligrosos que deben ser eliminados debido a una adecuada separación

Inversión/Costos

- Costo bajo, relacionado sólo a contar con contenedores apropiados y sitios de almacenamiento

2.7.5.2 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 residuos reaprovechables; sin embargo aún existen problemas con algunos residuos, básicamente en lo que se refiere a registros de cuantificación e identificación de destinos de valorización

2.7.5.3 Procedimientos para el Manejo de Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos de la actividad (lodos, trapos de limpieza y elementos de protección personal contaminados, residuos de aditivos químicos, y los envases que los contenían entre otros) deben ser segregados y manejados para lograr su adecuada disposición o reciclaje seguro

para lo cual debe elaborarse un plan de manejo, el cual servirá de base para la confección de un manual interno de manejo. 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 generado.
- 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 en conjunto con las materias primas siempre y cuando cumplan las medidas de seguridad 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 pueden valorizarse 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 cenizas, traducido en una baja concentración de metales
- Poder calorífico apropiado, de preferencia mayor a 5.000 [kcal/kg].
- Baja viscosidad, menores a 160 [mm²/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 estimado del orden de 6 a 8 UF/ton en promedio), a lo que deben sumarse los costos de transporte por lo que por cada tonelada de residuo peligroso que se reduce se ahorran alrededor de \$ 150.000.

2.7.5.4 Valorización del ácido clorhídrico presente en los baños de decapado agotados

a) *Regeneración térmica*

Durante el proceso de decapado, al disolverse la cascarilla en el ácido clorhídrico, se forma cloruro de hierro (II) y cloruro de hierro (III), según las siguientes reacciones químicas:



La regeneración térmica del ácido clorhídrico se basa en la siguiente reacción química:



Esta conversión del cloruro de hierro (II) en ácido clorhídrico y óxido de hierro se produce por hidrólisis a alta temperatura en presencia de oxígeno (pirohidrólisis). Para su reutilización química se aplican diferentes procesos.

- Procedimiento de lecho fluidizado
- Proceso de tostación por pulverización
- Hidrólisis bajo presión a alta temperatura

La presencia de Zinc, así como de otras sustancias no deseadas como aceites, grasas, inhibidores del decapado o sustancias de decapado desengrasantes dificultan la regeneración térmica. Asimismo el contenido de cinc tolerable varía de un procedimiento a otro.

b) *Electrólisis*

En principio es posible recuperar en estado sólido mediante electrólisis los metales contenidos en el decapado agotado. Al conectar una tensión eléctrica a dos electrodos sumergidos dentro de un

electrolito, son atraídos los iones metálicos por el electrodo negativo (cátodo), donde se reducen (por ganancia de electrones), depositándose como metal. Esta tecnología está desarrollada técnicamente para recuperar el zinc de baños de decapado de bajo contenido en hierro. La electrólisis debe realizarse por membrana para evitar la generación de cloro molecular, por lo que es una tecnología de alto costo.

c) Obtención de pigmentos inorgánicos y rellenos

Los baños de decapado de hierro con un contenido relativamente alto de zinc podrían utilizarse en la industria química para la fabricación de pigmentos blancos o de rellenos sobre base de baritina (sulfato de bario) y sulfato de cinc (entre un 29 y 40-60%).

d) Fabricación de cloruro férrico

Si el contenido en zinc de los baños de decapado agotado es despreciable es posible valorizarlos para la fabricación de floculante de cloruro férrico.

En ese caso, los baños se agotan con chatarra de hierro. El hierro II se oxida a hierro III con ayuda de cloro molecular. El precipitado se lava, se filtra y se seca para su uso en diferentes procesos de depuración de aguas.

2.7.5.5 Recuperación de compuestos de hierro y de cinc presentes en baños de decapado agotados

a) *Precipitación del cloruro de cinc de baños de decapado de cinc agotados*

De los baños de decapado de cinc agotados bajos en hierro puede obtenerse por precipitación cloruro de zinc, para ello es necesario depurar el baño de decapado de los metales no deseados (como Fe, Al) mediante reacciones de precipitación con control del pH.

El cloruro de zinc recuperado se utiliza para la fabricación de pilas secas de zinc-carbón. Esta valorización exige un contenido de cinc en el baño de decapado de cinc de como mínimo un 10-12%, así como una relación hierro:zinc de 1:10 como máximo. El baño de decapado no puede contener amonio y sólo pequeñas cantidades de aceite, grasas y agentes tensoactivos. La presencia de inhibidores del decapado no es limitante, ya que estos se oxidan durante el proceso.

b) *Extracción por disolvente*

El proceso consiste en la extracción por disolvente (extracción líquido-líquido), en el cual se mezcla la fase acuosa que contiene las sustancias a ser extraídas con un agente de extracción, normalmente sustancias orgánicas prácticamente insolubles en la fase acuosa y que presentan una alta afinidad con la sustancia a extraer. Una vez transferida esta sustancia al producto extractor, se efectúa una separación (por ejemplo, separación gravitacional) entre la fase acuosa empobrecida y el agente extractor.

La extracción por disolvente de iones metálicos presentes en soluciones acuosas se lleva a cabo con compuestos orgánicos que actúan como intercambiadores de cationes. Estos agentes extractores captan los iones metálicos de la solución acuosa liberando un protón o un ion de sodio. La selección se produce utilizando diferentes agentes extractores y/o en base a las condiciones específicas de proceso. Esta técnica aún no tiene demostrada su viabilidad económica.

Principales impactos de la medida

- Valorización externa para recuperación de materia prima
- Reciclaje externo de residuos

Inversión/Costos

- Costo por definir, realizable sólo en industria especializada

2.7.6 Gestión de emisiones atmosféricas

Dentro del sector existen algunas operaciones que generan impacto por sus emisiones atmosféricas, en particular los humos y gases provenientes del horno de galvanizado y los vapores de ácido desde baños de decapado

2.7.6.1 Capotas extractoras

Para los baños que operan a altas temperaturas, se debe proveer la instalación con sistemas y equipos de reducción de las emisiones generadas. Los principales beneficios que otorga esta MTD incluyen la el control de emisiones dentro de ambientes de trabajo y una mejora de la seguridad laboral de los trabajadores implicados en las operaciones.

La instalación de **sistemas de extracción localizada** por aspiración capta los humos y gases en su origen. No obstante, para asegurar su efectividad, deben considerarse dos principios básicos:

- Instalar el sistema de extracción lo más cerca posible del lugar de emisión;
- Evacuar el aire contaminado hacia zonas donde no pueda contaminar el aire limpio que entra en la zona de operación.

Es recomendable cubrir los estanques de proceso que emitan gases y vapores a la atmósfera, mientras no se utilizan los baños o en el caso de procesos donde la inmersión de las piezas es de un mayor tiempo.

Si es necesario que produzca la evaporación del baño para permitir la recuperación del arrastre a partir de enjuague estático (estanco) se debe priorizar esta acción e implementar capotas de extracción de vapores. En cuanto al tipo de capotas, deberá analizarse la pertinencia de incorporar un sistema automatizado.

En algunos casos, en instalaciones de tratamiento de reducidas dimensiones y diversos baños de proceso que generan emisiones no contaminantes a la atmósfera, es factible ubicar la línea entera en una dependencia aislada del resto del proceso, recogiendo todos los gases y vapores de forma conjunta.

La instalación de capotas extractoras en los bordes de las tinas, que capten y extraigan las emisiones contaminantes no es muy habitual ya que los procesos de tratamiento duran poco tiempo, con lo que están entrando y saliendo continuamente piezas del baño. En este caso, se necesita un sistema de extracción y conducción de los gases y vapores recogidos fuera del interior de la planta.

2.7.6.2 Minimización de emisiones

Las emisiones producidas por las sales de fluxado dependen, además de la composición de las sales, de la cantidad de éstas que se incorporan al baño de cinc. La cantidad de sales incorporadas depende solamente de la concentración de sales en el baño de fluxado. La reducción del contenido de sales en dicho baño disminuye la cantidad de emisiones. Esta

reducción se debe llevar a cabo hasta un límite, a partir del cual disminuye la calidad del recubrimiento. Por lo general, sería suficiente con una concentración de sales de 300-350 g/l.

Por otro lado, la cantidad de sustancias tóxicas emitidas depende del contenido de cloruro de amonio en el mordiente. El cloruro de amonio es altamente fumígeno, por lo que este problema ha llevado al desarrollo de sales de fluxado de baja producción de humos en los que el cloruro de amonio ha sido sustituido por cloruros alcalinos. Sin embargo, se debe evaluar este tipo de sales para determinar si no varía la calidad del recubrimiento.

Para el mejoramiento del control y extracción de humos se recomiendan sistemas eficientes y de bajo costo como el uso de cortinas enrollables que permitirán direccionar los humos del galvanizado hasta una campana extractora superior utilizando el fenómeno físico de convección térmica. Esto reduce la potencia y tamaño de los motores de extracción con el consiguiente ahorro de inversión y costo operacional.

2.7.6.3 Valorización de los polvos de los filtros

El polvo retenido por los filtros del aire de salida se compone fundamentalmente de cloruro de amonio y cloruro de cinc. Este polvo puede ser directamente devuelto al baño de fluxado o utilizado como materia prima por los fabricantes de sales para la preparación de nuevos mordientes, siempre y cuando no contenga aceites y grasas (el contenido máximo tolerable de aceites y grasas es de un 3%).

2.7.6.4 Técnicas de referencia para el abatimiento de emisiones atmosféricas

Como complemento a la información entregada en forma precedente para la extracción de humos y gases, se describen brevemente algunas técnicas de control o mitigación de emisiones atmosféricas, las que se consideran **técnicas de referencia**, pues se encuentran ampliamente desarrolladas. La inclusión o no de una de estas técnicas dependerá de los contaminantes a remover, eficiencia de remoción requerida y las características del flujo contaminante. Entre ellos se cuentan:

Filtros de mangas

Son los sistemas de mayor uso actualmente en la industria mediana, debido principalmente a la eficiencia de recolección y a la simplicidad de funcionamiento. Las partículas de polvo forman una capa porosa en la superficie de la tela, siendo éste el principal medio filtrante. La selección de un filtro de mangas, en cuanto a la superficie del medio filtrante, se basa en la “velocidad de filtración”. Esta velocidad, también es conocida como “razón Aire- Tela (A/C)”.

Lavadores húmedos

Generalmente se utilizan para captar partículas inferiores a 5 mm y gases. Son aptos para trabajar con gases y partículas combustibles y/o de alta temperatura y humedad. Para alta eficiencia con partículas pequeñas se requiere bastante energía, lo que implica altas caídas de presión. En forma parcial son capaces de remover gases, por lo que puede existir un problema de corrosión, y necesitar materiales especiales. Son aplicables sólo para grandes empresas.

Para el tratamiento de gases se sugieren lavadores de gases, los que mediante recirculación en circuito cerrado del agua de lavado, permiten reaprovechar el líquido en la etapa de fluxado. Estos

equipos deben ser de material antiácido, de tiro forzado ascendente, con elementos auxiliares en su interior, que permitan aumentar el área de contacto entre el líquido y los humos.

Precipitadores electrostáticos

Un precipitador electrostático es un equipo de control de material particulado, que utiliza fuerzas eléctricas para remover las partículas fuera del flujo de gases y llevarlas a un colector. Los precipitadores electrostáticos tienen eficiencias de 99.9% en remoción de partículas del orden de 1 a 10 μm . Sin embargo, para partículas de gran tamaño (20-30 μm) la eficiencia baja, por lo que se requiere de preferencia tener un equipo de pretratamiento, tal como un ciclón o multiciclón.

Los precipitadores electrostáticos son utilizados para tratar altos caudales de gases, con altas concentraciones de material particulado, ya que el costo de operación es elevado y sólo con un alto nivel de funcionamiento supera a otras alternativas más económicas y de eficiencia similar (lavadores húmedos). Son aplicables sólo para grandes empresas.

Tabla 2-17 Características de los sistemas de captación de material particulado²²

Tipo	Tamaño de partículas [μm]	Caída Presión [H_2O]	Eficiencia Esperada [%]	Temp. Máx. [$^{\circ}\text{C}$]
Ciclón	> 10	1-3	80 (bajo 20 μm)	500
Lavador Venturi	> 0,3-1	15-30	90-99 (bajo 5 μm)	250+
Filtros de Mangas	>0,5-1	1-10	95-99 (bajo 5 μm)	200-250
Precipitador electrostático	> 0,01	0,25-0,5	80-99,99 (bajo 5 μm)	500

Tabla 2-18 Ventajas y desventajas de los sistemas de Tratamiento de Partículas

Sistema Colector	Ventajas	Desventajas
Filtros de mangas	Alta eficiencia de captación de partículas Finas. Operación simple. Insensible a cambios en el acondicionamiento del flujo de gases. Problemas de corrosión. No hay peligros de explosión con flujos combustibles. Son compactos y fáciles de instalar.	Sensibles a temperaturas del flujo. Requerimiento medio de energía (caída de presión). Vida de las mangas decrece con la temperatura de trabajo. Altos requerimientos de operación.
Lavadores Húmedos	No hay fuentes secundarias de polvos. Bajo requerimiento de espacio. Capacidad para captar gases y partículas. Bajo costo de capital. Capacidad de manejar flujos de altas temperaturas y humedad. Capacidad de captar partículas finas.	Crea problemas de RILES. Producto se capta húmedo. Problemas de corrosión. Altos requerimientos de potencia. Alto costo de operación.
Precipitadores Electrostáticos	Altas eficiencias de captación de partículas. Captación y disposición seca. Bajas caídas de presión. Diseñados para funcionamiento continuo. Capacidad de operar a altas temperaturas. Grandes caudales de gases a tratar (aplicable a grandes empresas)	Alta Inversión. Sensible a cambios en el flujo a tratar (Caudal, temperatura, cargas, concentraciones, etc.). Gran requerimiento de espacio. Peligro de explosiones con flujos combustibles. Alto costo de operación.

²² Fuente: ACERCAR-BID, 2004

2.8 INNOVACIÓN

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). Sin embargo la mayor barrera actual son las inversiones que, en algunas ocasiones, es necesario realizar.

En las empresas diagnosticadas se ha identificado la inclusión de alternativas de innovación, basadas en la recuperación y reuso de baños de proceso, recuperación de aguas de enjuague, y avances ligados al reciclaje de diversos materiales, incluyendo el desarrollo de tecnología propia y herramientas para optimizar el proceso y la separación de los materiales valorizables.

Las empresas de menor tamaño del sector califican positivamente para solicitar algún tipo de 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 I&D.

Los instrumentos de fomento disponibles para las empresas Mipyme son:

- Fondo de Asistencia Técnica en Producción Limpia (FAT PL)
- Programa de Preinversión en Medio Ambiente
- Programa de Preinversión en Eficiencia energética
- Proyectos Asociativos de Fomento (PROFO)
- Programa de Preinversión en Eficiencia Energética
- Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP)
- Consultoría Especializada
- Innovación Empresarial Individual
- Misiones tecnológicas
- Pasantías tecnológicas
- Programa de Difusión y Transparencia Tecnológica
- Innovación Pre competitiva
- Crédito CORFO Inversión
- Crédito CORFO Medioambiental
- Crédito CORFO Regional

Adicionalmente, y en el caso de requerir el desarrollo de algún proyecto de Innovación, las empresas podrían postular a financiamiento de proyectos de innovación y transferencia tecnológica de INNOVA.

Para mayores detalles consultar en www.corfo.cl, o www.innova.cl

2.9 FACTORES Y VARIABLES QUE DETERMINAN LA COMPETITIVIDAD

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 de galvanizado a un mayor número de productos, tanto en tamaño, forma y cantidad para una mayor penetración de mercado nacional y de exportación, 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 galvanizado). 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.

En algunos casos, 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 Galvanizadores.

La falta de capital resulta ser la barrera más importante en la adopción tecnológica de avanzada. 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 la 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. El riesgo asociado a la adquisición de nuevas tecnologías no constituye una barrera, debido a la experiencia de los profesionales del sector.

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 han sentido 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, la ubicación geográfica de algunas de estas empresas es un factor negativo a hora de definir el manejo de residuos peligrosos, debido a los altos costos de transporte en que deben incurrir en razón de que una parte importante de los sitios autorizados se encuentran en la zona central del país.

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.

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.

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 generan residuos o emisiones, entre otros.

BIBLIOGRAFIA

ACERCAR-BID, 2004. Oportunidades de Producción Más Limpia en el Sector de Metalmecánica. Guía para Empresarios Colombia.

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.

CONAMA, 2001. Guía para la Prevención de la Contaminación Industrial: Industria de Electrodepósito de Metales

CONAMA, MINSAL, 2005. Guía de Criterios para la Aplicación del Reglamento de Residuos Peligrosos (D.S. 148/2003 MINSAL) en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

CONAMA, MINSAL, GTZ 2005. Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Residuos Peligrosos. Proyecto Gestión de Residuos Peligrosos en Chile.

CONSEJO DE PRODUCCIÓN LIMPIA. 2006. Acuerdos de Producción Limpia: Gestión y Práctica. www.produccionlimpia.cl.

CONSEJO DE PRODUCCION LIMPIA. 2006. Manual para el Estudio de Impacto Ambiental y Económico de un Acuerdo de Producción limpia. Series de Guías Metodológicas.

ICZ LATIZA. Guía para Galvanizado en Caliente

IHOBE, 2000. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: Galvanizado en Caliente. Gobierno Vasco, España, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO.2009. Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de tratamiento de superficies metálicas y plásticas. España.

TEJEDOR C. 2010. Sistemas de Extracción Localizada. Riesgo Laboral nº 34 noviembre. Disponible en www.riesgolaboral.org.

ANEXO 1 FORMATO DE ENCUESTA
ENCUESTA DIAGNOSTICO SECTORIAL Y PROPUESTA DE PRODUCCION LIMPIA, SECTOR
GALVANIZADO

INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

Nombre empresa	
Representante Legal	
Dirección	
Correo Electrónico	
Página Web	
Tamaño (1)	
Principales clientes	
Perspectivas de crecimiento (%)	
Condiciones de localización (Industrial,Mixto,Residencial)	
Calificación de la empresa (Molesta;Inofensiva, no tiene)	
Antigüedad de la empresa (AÑOS)	
Número Trabajadores Total	
Contrato Indefinido	
Temporal	
Subcontratos	
Nivel Educacional Trabajadores	
Enseñanza Básica	
Enseñanza Media	
Enseñanza Media profesional	
Enseñanza Superior	
Jornada de trabajo / Nº turnos	
Capacidad Instalada	

PROCESOS

Indicar Tipo de procesos que realiza

NIVEL DE PRODUCCION

Productos	PRODUCCION 2012	Unidades (kg, ton)

MATERIAS PRIMAS E INSUMOS (listar en orden de importancia o cantidad)

Materia Prima	Usos	Consumo Anual 2012 (indicar en kilos, litros)	Proveedor	Posee HDS de los materiales (SI/NO/NA)

USO DE AGUA COMBUSTIBLE, ENERGIA, LUBRICANTES

Recursos	Origen	Usos.	Consumo total año 2012
Agua (metros cúbicos)			
Energía Eléctrica (kWh)			
combustible (GAS)			
combustible (diesel)			
combustible (otro)			
Lubricantes			

CUANTIFICACION DE CONSUMO DE AGUA

Área en que se utiliza	Consumo año 2012 m3	Consumo M\$
Procesos		
Solo Equipos específicos (indicar cuales)		
Servicios del personal		
Limpieza de instalaciones		
Otros		
Total anual (promedio)		

CUANTIFICACION DE CONSUMO DE ENERGIA

Área en que se utiliza	Consumo año 2012 kWh	Consumo M\$
Equipos de oficinas		
Iluminación		
Equipos de procesamiento		
Otros		
Total anual (promedio)		

si no conoce el detalle coloque solo el total

indicar tipo de tarifa energía eléctrica	
--	--

CONSUMO DE COMBUSTIBLE (bencina___, diesel___otro (indicar___))

Área en que se utiliza	Consumo año 2011 (Lt, Kg, m3)	Consumo M\$
Equipos específicos		
equipo electrógeno		
Vehículos		
Otros		
Total anual (promedio)		

DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Adjuntar diagrama de proceso con principales etapas, equipos, materias primas, insumos, recursos, productos y residuos. emisiones

EXISTENCIA DE SITIOS DE ALMACENAMIENTOS EN LA EMPRESA

Bodegas existentes	SI/NO	Capacidad de almacenamiento	Cuenta con Registros de control (si/no/NA)	Cuenta con autorización (SI/NO/NA)
Bodegas de materias Primas				
Bodega de sustancias peligrosas				
Bodega de productos terminados				
Bodega de Insumos				
Patio de Acopio de Residuos Industriales no Peligrosos				
Bodega de Residuos Industriales Peligrosos				

	SI-NO-NA (NO APLICA)	Otros Antecedentes
ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE INSUMOS		
Mantiene un inventario o registro de las materias primas que ingresan?		
Se realiza una inspección de la calidad de las materias primas al recepcionarlas?		
El almacenamiento de materias primas considera criterios de incompatibilidad de sustancias químicas?		
Cuenta con sistemas de almacenamiento especiales tales como (drenajes en el piso, sistemas de contención, aireación)		
Se mantiene un stock de materias primas de acuerdo a necesidades de producción?.		
Procedimientos en Procesos	SI-NO-NA (NO APLICA)	Otros Antecedentes
Existen procedimientos escritos para las distintas operaciones del proceso?		
Existe entrenamiento formal sobre el proceso para los nuevos trabajadores?		
Existen procedimientos de mantención programada para los equipos?(1)		
Existen procedimientos para controlar el uso de las distintas materias primas, en el proceso?.		
Existen procedimientos para controlar la dosificación y uso de Insumos, tal como sustancias de limpieza de maquinarias y equipos?		
Existen procedimientos para controlar el uso del recurso energético en el proceso?		
Existen procedimientos para controlar el uso del recurso hídrico en el proceso?		

Requerimientos de permisos sanitarios	SI-NO-NA (NO APLICA)	Otros Antecedentes
Cuenta con suministro de agua potable desde sanitaria		
Cuenta con suministro de agua de pozo		
Cuenta con suministro de agua de otras fuentes		
Si tiene agua de pozo cuenta con análisis de calidad del agua en cuanto a requisitos químicos, físicos y microbiológicos según la norma de agua potable.		
Si el agua es de pozo, cuenta con aprobación del Seremi de Salud, en cuanto a sus requerimientos químicos, físicos y microbiológicos.		
el suministro es de otra fuente? (ej aljibe)		
la calidad de este suministro esta certificada?		

La cantidad de artefactos sanitarios corresponde a los indicados de acuerdo a número de trabajadores		
Si su sistema de alcantarillado es público ¿existe conexión a la red de alcantarillado?		
Si su sistema es particular ¿está aprobado por el Seremi de Salud?		

	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
USO ENERGIA y EFICIENCIA ENERGETICA		
cuenta con equipos electrógenos de respaldo		
Utiliza sistemas de iluminación de bajo consumo?		
Mantiene un registro del consumo de energía en el proceso/ actividad y áreas administrativas?		
Se han implementado programas de eficiencia energética en la instalación?		
Las medidas implementadas han permitido reducir los consumos de energía ?		
Utiliza fuentes de energía no convencionales?		

RESIDUOS

	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
GESTION DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Tiene identificados sus Residuos Peligrosos (ResPel)		
Conoce normativa ambiental aplicable a ResPel		
Cumple la normativa de ResPel		
Cuenta con Caracterización de sus ResPel		
Cuenta con lugar acopio de ResPel		
Si cuenta con bodega de Residuos, tiene autorización sanitaria		
Almacena ResPel con criterios de incompatibilidad		
Cuenta con plan de manejo de ResPel.		
Declara Residuos a través del SIDREP		
Tiene identificados sus Residuos no Peligrosos		
Conoce normativa ambiental aplicable a ResNoPel		
Cuenta con lugar de Acopio de ResNoPel		
Cuenta con Plan de Manejo de ResNoPel		
Segregación de Residuos dentro de la Empresa		
Cuenta con sistema de Registro de Residuos.		
Existen procedimientos para transportar y etiquetar residuos.		
Existen Rutas Críticas para el traslado de los Residuos		
Ha implementado Minimización:Reducción, Reutilización o Reciclaje		
Ha pensado incluir Minimización:Reducción, Reutilización o Reciclaje		
Existe Tratamiento de los Residuos dentro de la Empresa		
Existe programa de mantención de los sistemas de tratamiento		
Gestiona residuos a Destinatario Autorizado		
Destinatario cuenta con permiso de la Autoridad Sanitaria		
Transportistas de Residuos poseen Autorización Sanitaria		
Cuenta con certificados de disposición de sus residuos		

Ha cuantificado el Costo Anual por gestión de residuos.		
Ha sido multado por incumplimiento normativo		

En caso de existir registros o datos de caracterización de residuos y emisiones, adjuntarlos como parte de la información del diagnóstico.

TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	Generación Promedio Anual 2012		
	Cantidad (kilos, ton)	Costo Gestión de Residuos	Indicar Destino Final y si Realiza declaración

VALORIZACION DE RESIDUOS	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
Se reutiliza algún residuo internamente?		
Se valoriza algún residuo fuera de la instalación . Indique como.		
Existen propuestas para valorizar otros residuos, cuales?		

En caso de existir registros o datos más específicos, adjuntarlos como parte de la información del diagnóstico.

GESTION DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS (RILes)	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
Genera Residuos Industriales Líquidos		
Cuenta con Caracterización fisicoquímica de RILes .		
Conoce la Normativa Ambiental aplicable a RILes		
Cumple la normativa aplicable a RILes		
Descarga RILes a Alcantarillado		
Descarga RILes a pozos de infiltración		
Descarga RILes a cursos agua		
Ha analizado el incorporar alternativas de minimización, reutilización o reciclaje		
Es posible recuperar en forma separada las distintas corrientes de residuos líquidos		
Cuenta con procedimientos internos para el manejo de estos residuos		
Cuenta con sistema de tratamiento de RILes en su empresa		
Gestiona sus residuos a través de un Destinatario		
El destinatario cuenta con permiso de la Autoridad Sanitaria		
Los Transportistas de sus Residuos cuentan con Autorización Sanitaria		
Tiene cuantificado el costo Anual por tratamiento o disposición de residuos líquidos		
Ha sido multado por incumplimiento normativo de sus RILes		

TIPOS DE RESIDUOS LIQUIDOS	Origen	Generación Anual Promedio 2012 (litros, metros cúbicos)	Lugar de Destino Final	costo de disposición

Si existen informes de mediciones y registros adjuntar al diagnóstico

GESTION DE EMISIONES ATMOSFERICAS	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
¿Genera emisiones atmosféricas?		
Cuenta con una caracterización de sus emisiones?		
Conoce la normativa ambiental aplicable a emisiones atmosféricas?		
Cumple la normativa ambiental aplicable a emisiones atmosféricas?		
Ha analizado el incluir alternativas de tecnologías de tratamiento ?.¿Cuáles?.		
Ha implementado tecnologías de tratamiento ?		
Cuenta con sistema de registro de emisiones?. Cuales?		
Cuenta con procedimientos para el control o tratamiento de emisiones?. Cuales?.		
Se utilizan materias primas o insumos que generen menos emisiones de GEI (gases efecto invernadero?. Cuales.		
Se han mejorado etapas del proceso con el fin de generar menos emisiones GEI		

Si existen informes de mediciones y registros adjuntar al diagnostico

TIPOS DE DE EMISIONES ATMOSFERICAS	Origen	Generación Anual Promedio 2012	sistema de mitigacion o eliminación
gases			
compuestos volátiles (COV)			
equipos electrógenos			
otros (indicar en detalle)			

APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
La instalación cuenta co algún tipo de certificación? En caso afirmativo indicar cual		
Existen problemas con la localización de la empresa/planta?. ¿Cuáles?.		
Existen datos de anteriores evaluaciones de tipo ambiental?		
Existe algún estándar interno de tipo ambiental?		
Existen recursos financieros asignados a la gestión ambiental?		
Existe entrenamiento del personal en el manejo y prevención de la contaminación?		
La empresa capacita al personal en el manejo de residuos peligrosos?		
La empresa capacita al personal en el manejo de sustancias peligrosas?		
Existen registros de algún tipo de incidentes ambientales?		
Existen procedimientos para prevenir problemas de esa índole?		
Existe mantención y control de la documentación de relevancia ambiental? ¿Cuáles?.		

EMISIONES DE RUIDO	SI-NO-No Sabe- NA (no aplica)	OBSERVACIONES
Conoce la normativa ambiental aplicable a ruidos?		
Se han realizado mediciones de ruido dentro del ambiente de trabajo		
Se han realizado mediciones de ruido fuera de la planta de proceso		
Mantiene registros actualizados de las mediciones de ruido?		
Los niveles de ruido medidos cumplen la normativa vigente?		

SANEAMIENTO BÁSICO DE LOS LUGARES DE TRABAJO (BASADO EN D.S.594/1999 MINSAL)

ITEM y ARTÍCULO DE REFERENCIA	SI	NO
CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN		
Cuenta la construcción de la empresa con los permisos establecidos en la ordenanza general de urbanismo y construcción. (A.4)		
Los pavimentos y/o revestimientos de pisos son sólidos y antideslizantes. Si se utiliza productos corrosivos o tóxicos existen recubrimientos que sean resistentes a estos productos en el piso. Si existen procesos en húmedo se cuenta con sistemas de drenaje de líquidos. (A.5)		
Las paredes interiores, cielos y otras estructuras se mantienen en buen estado de higiene y conservación. (A.6)		
Pasillos y espacio entre maquinaria o equipos se mantienen despejados, con fácil acceso y desplazamiento (A.7-8)		
PROVISIÓN DE AGUA POTABLE		
La empresa cuenta con agua potable. (A.12)		
Si el agua es de pozo se cuenta con las aprobaciones del SS, en cuanto a sus requerimientos químicos, físicos y biológicos. (A.13)		
ARTEFACTOS SANITARIOS		
La cantidad de artefactos corresponde a los indicados de acuerdo a número de trabajadores		
Si su sistema es público ¿existe conexión a la red de alcantarillado?		
Si su sistema es particular ¿está aprobado por el Seremi de Salud?		
DE LA DISPOSICIÓN DE RISES Y RILES		
La empresa no descarga a la red pública de desagües de aguas servidas sustancias de tipo, corrosivas, explosivas o inflamables o que tengan carácter peligroso. (A.16)		
La acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales dentro del local o lugar de trabajo, cuenta con la autorización sanitaria. (A.18)		
La empresa realiza el tratamiento o disposición final de sus residuos industriales fuera de la misma, sea directamente o a través de la contratación de terceros, y cuenta con autorización sanitaria. (A.19)		
DE LOS SERVICIOS HIGIÉNICOS Y EVACUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS		
Las aguas servidas de carácter doméstico son conducidas al alcantarillado público, o en su defecto, su disposición final se efectúa por medio de sistemas o plantas particulares (A.26).		
VENTILACIÓN		
El lugar de trabajo mantiene, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones confortables (A.32)		
Los agentes de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se captan en su origen para impedir su dispersión por el local de trabajo. (A.33)		
Se provee un volumen de 10 m3, como mínimo por trabajador, salvo que se justifique una renovación del aire por medio mecánico. En este caso recibe aire fresco y limpio a razón de 20 m3 por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo.... (A.34)		
CONDICIONES DE SEGURIDAD		
Los elementos estructurales de la construcción del local, maquinarias, instalaciones, herramientas y equipos, se mantienen en condiciones seguras y en buen funcionamiento para evitar daño a las personas. (A.36)		
Se cuenta con señalización visible y permanente, indicando las vías de escape y zonas de seguridad ante emergencias. (A.37)		
Están debidamente protegidos todas las partes móviles, transmisiones y puntos de operación de maquinarias y equipos. (A.38)		
Las instalaciones eléctricas y de gas de los lugares de trabajo están construidas, instaladas, protegidas y mantenidas de acuerdo a las normas establecidas por la autoridad competente. (A.39)		
El almacenamiento de materiales se realiza por procedimientos y en lugares apropiados y seguros para los trabajadores. (A.42)		
PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		
El lugar de trabajo cuenta con extintores de incendio, del tipo adecuado a los materiales inflamables que en él existan o se manipulen. (A.45)		
Los extintores se ubican en sitios de fácil acceso, libres de obstáculos, debidamente señalizados, y en funcionamiento máximo. (A.47)		
Todo el personal está instruido y entrenado sobre la manera de usar los extintores en caso de emergencia. (A.48)		

ITEM y ARTÍCULO DE REFERENCIA	SI	NO
Los extintores son sometidos a revisión, control y mantención preventiva según normas chilenas oficiales, por lo menos una vez al año, haciendo constar esta circunstancia en la etiqueta correspondiente. (A.51)		
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL		
Los trabajadores cuentan con elementos de protección personal adecuados al riesgo a cubrir y el adiestramiento para su correcto empleo; se mantienen en perfecto estado de funcionamiento y se usan en forma permanente mientras se encuentre expuesto al riesgo. (A.53)		
Los elementos de protección personal cumplen con las normas y exigencias de calidad según su naturaleza, (A.54)		
RUIDO OCUPACIONAL		
La exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante se controla de modo que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador está expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente superior a 85 dB(A) lento, medidos en la posición del oído del trabajador. (A.74)		
La exposición ocupacional a ruido impulsivo se controla de modo que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora peak superior a 95 dB(C)Peak, medidos en la posición del oído del trabajador.(A.79)		
ILUMINACIÓN		
El lugar de trabajo, está iluminado con luz natural o artificial que dependerá de la faena o actividad que en él se realice. (A103).		
Otros: ORDEN Y LIMPIEZA EN LOS LUGARES DE TRABAJO		
Existen suficientes depósitos para residuos, producto de trabajo.		
Se dispone de lugar habilitado para almacenar elementos y equipos innecesarios		
Los trabajadores colaboran para mantener el orden		
En los puestos de trabajo se mantienen solo los elementos necesarios		
Las estanterías están fijadas y calculadas para soportar la carga requerida		
Los apilamientos en estanterías están calculados en altura para evitar derrumbes.		