

---

**COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA**

---

**GUÍA PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL**

**GALVANOPLASTIA**

**SANTIAGO**  
**Febrero de 2000**

---

**Proyecto FDI-CORFO / INTEC-CHILE**



## INDICE

1.	INTRODUCCION.....	7
2.	ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN.....	9
2.1	Caracterización de la Industria.....	9
2.2	Descripción de los Procesos Productivos.....	13
2.2.1	Pretratamientos Superficiales.....	13
2.2.2	Procesos de Terminación.....	14
3.	GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES.....	16
3.1	Fuentes y caracterización de los residuos líquidos.....	16
3.2	Fuentes y caracterización de los residuos sólidos.....	17
3.3	Fuentes y caracterización de emisiones atmosféricas.....	17
3.4	Principales impactos ambientales generados por el sector.....	18
3.4.1	Contaminación atmosférica.....	19
3.4.2	Contaminación del agua.....	19
3.4.3	Contaminación del suelo.....	21
4.	PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS.....	22
4.1	Introducción.....	22
4.2	Reducción en origen.....	24
4.2.1	Buenas prácticas.....	24
4.2.2	Mejoramiento de Procesos.....	26
4.3	Reciclaje.....	31
4.4	Implementación de sistemas de gestión ambiental.....	32
5.	MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN (END-OF-PIPE).....	33
5.1	Control de Residuos Industriales Líquidos.....	33
5.1.1	Tecnologías Convencionales.....	33
5.1.2	Tecnologías Emergentes.....	34
5.2	Control de Contaminación Atmosférica.....	38
5.3	Control de Residuos Industriales Sólidos.....	38
6.	ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.....	39
6.1	Medidas de reducción en origen.....	39
6.2	Medidas de Tratamiento integrado a la producción.....	40
6.3	Tratamientos al final del proceso (o “end of pipe” ).....	40
6.4	Instrumentos Financieros de Apoyo a la Gestion Ambiental.....	41
6.4.1	Créditos Bancarios.....	43
7.	PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	44
7.1	Aplicabilidad de Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.....	44
7.2	Concepto de Residuo Peligroso.....	44
7.3	Procedimiento de Determinación de Residuos Peligrosos.....	45
7.4	Aplicación Al Rubro.....	45
7.5	Componentes del Plan de Manejo.....	45
8.	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	47
9.	LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA.....	49
9.1	Normativas que regulan la localización de las industrias.....	49
9.2	Normativas que regulan las emisiones atmosféricas.....	50
9.3	Normativas que regulan las descargas líquidas.....	52
9.4	Normativas aplicables a los residuos sólidos.....	53
9.5	Normativas aplicables a los ruidos.....	54
9.6	Normativas de seguridad y salud ocupacional.....	54
9.7	Normas referenciales del Instituto Nacional de Normalización.....	57
9.7.1	Normas relativas al agua.....	58
9.7.2	Normativas de salud y seguridad ocupacional2.....	58

10.	PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION	60
10.1	Certificado de Calificación Técnica .....	61
10.2	Informe Sanitario.....	61
10.3	Permisos Municipales.....	62
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
12.	BIBLIOGRAFIA.....	66

## PRESENTACION

La Región Metropolitana de la República de Chile concentra la mayor parte de la actividad económica del país. La base industrial de la región es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo.

Comprometido con formular y desarrollar una política ambiental tendiente a resolver estos problemas y con el propósito de promocionar un desarrollo industrial sustentable, la Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAMA, ha venido desarrollando una serie de instrumentos entre los que se encuentran las Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. El objetivo principal de estas guías, a ser distribuidas a todas las empresas de cada rubro estudiado, es orientar al sector en materia ambiental, entregándole herramientas de prevención y control de la contaminación. A su vez, pretende contribuir a las actividades de fiscalización que realiza la Autoridad, optimizando la calidad de las mismas, si bien las guías en sí no son un instrumento de fiscalización.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana han sido seleccionados en base a criterios, tales como la representatividad dentro del sector manufacturero y los impactos ambientales que generan.

El presente documento entrega una reseña sobre los impactos ambientales provocados por los residuos generados por las Industrias de Galvanoplastía. A su vez, identifica las medidas de prevención de los potenciales impactos; los métodos de control de la contaminación (end of pipe) recomendados, los costos asociados; y los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional. Como marco legal, entrega la información referente a la normativa medioambiental vigente en el país, y los procedimientos de obtención de permisos requeridos por la industria.

En la elaboración de las guías han participado consultores nacionales en conjunto con una contraparte técnica conformada por: CONAMA, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente y la Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánicos, ASIMET A.G. La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de CONAMA, Dirección Región Metropolitana.

La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en el rubro Galvanoplastía, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de CONAMA RM y la División de Tecnologías Ambientales de INTEC-CHILE, en base a estudios realizados en el marco de los proyectos “Manejo de un Plan de Gestión Ambiental, Segunda Etapa” y “Fiscalización, Control de la Contaminación y Gestión Ambiental en la Región Metropolitana”, de asistencia técnica del Gobierno de los Países Bajos (Holanda), y el proyecto “Generación de Capacidades Nacionales en Tecnologías Aplicables a Residuos Industriales Líquidos”, financiado por el Fondo de Desarrollo e Innovación, FDI, de la

Corporación de Fomento de la Producción, CORFO y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica, GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH.

## 1. INTRODUCCION

En Chile, la actividad económica dedicada a la Galvanoplastia 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”<sup>1</sup>.

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, este rubro 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 y no metales, por medio del depósito (electrodepósito) de metales tales como cadmio, cobre, níquel, cromo, estaño, oro, plata, zinc.

En Chile, las industrias asociadas a electrodeposición de metales, son en general pequeñas y medianas industrias y abordan un sinnúmero de procesos de acabado, entre ellos cabe destacar zincado, cromado, cadmiado, plaqué, etc. Los procesos realizados por las empresas se desarrollan para prestación de servicios a terceros o bien para producción propia.

En otro aspecto, los procesos de electrodepósito tales como el anodizado de aluminio son principalmente aplicados en la industria de carpintería metálica para la construcción, en aplicaciones náuticas, para componentes eléctricos y aeronáuticos. En general, se trata de grandes instalaciones.

Dentro de las modificaciones efectuadas a la superficie de las piezas es posible mencionar:

- mejoramiento de aspecto
- aumento de la resistencia a la corrosión
- aumento de la resistencia a procesos de manchado
- aumento de la resistencia al ataque de sustancias químicas
- aumento de la resistencia al desgaste, a la fricción
- otorgar mayor dureza

Los productos mayoritariamente tratados con procedimientos de recubrimiento de superficies corresponden a: piezas de maquinarias industriales en general y de transporte, electrodomésticos, grifería, adornos, joyería, muebles, etc.

---

<sup>1</sup> 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.....” Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) UN Serie M, N°4 Rev.2.INE

Según lo anterior, el mercado que atiende el sector de Galvanoplastía en Chile se encuentra principalmente en:

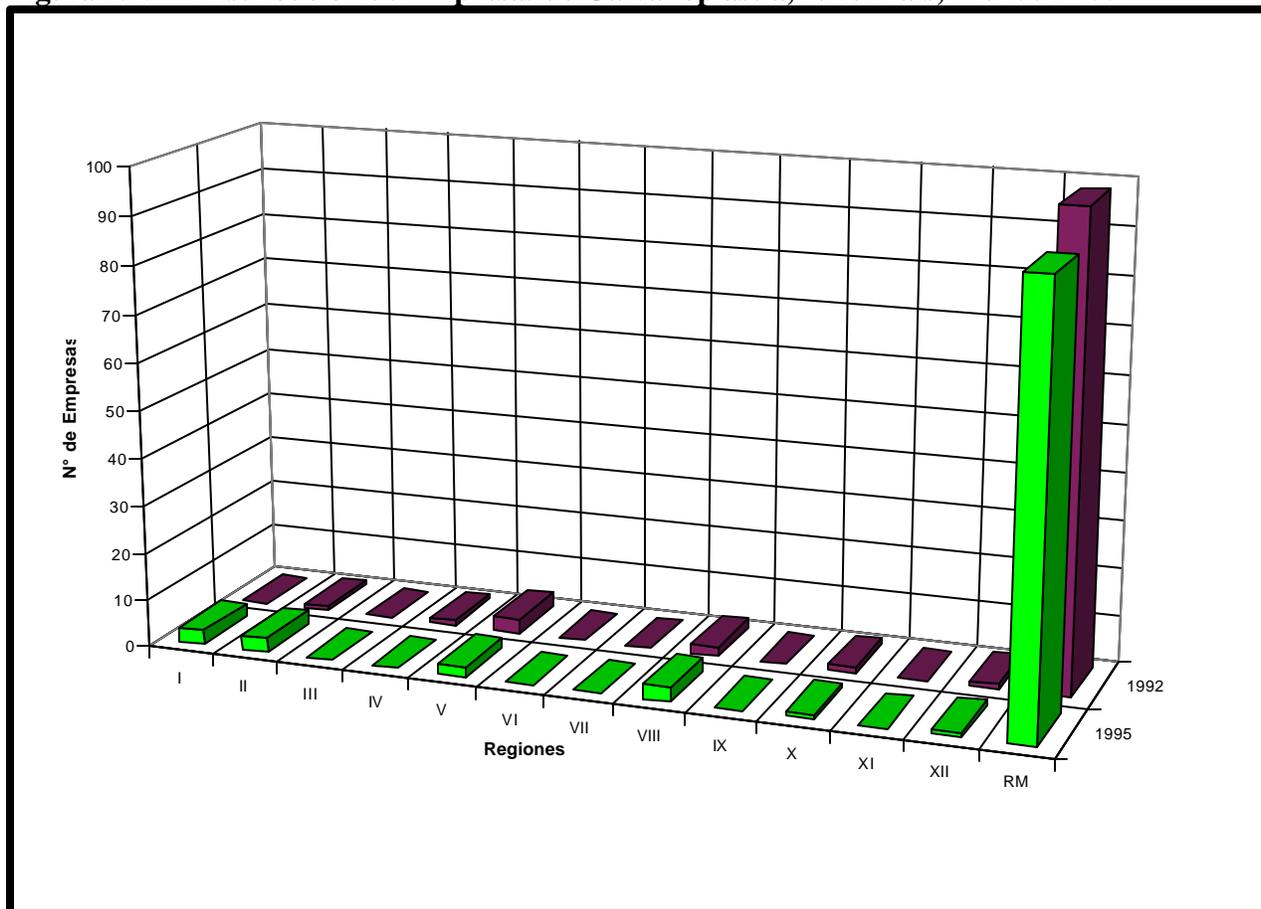
- industria automotriz
- industria de electrodomésticos
- industria de grifería
- industria sanitaria
- industria de muebles
- industria de artículos eléctricos/electrónicos
- industria de la construcción

## 2. ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN

### 2.1 Caracterización de la Industria<sup>2</sup>

El Directorio Industrial del Instituto Nacional de Estadísticas INE, más antecedentes elaborados por INTEC-CHILE, dan cuenta de la existencia de aproximadamente 70 empresas de Galvanoplastía localizadas en la Región Metropolitana. La distribución de empresas a nivel país es la presentada en Figura 2.1.

**Figura 2.1: Distribución de Empresas de Galvanoplastía, Nivel País, Ine 1992-1995**



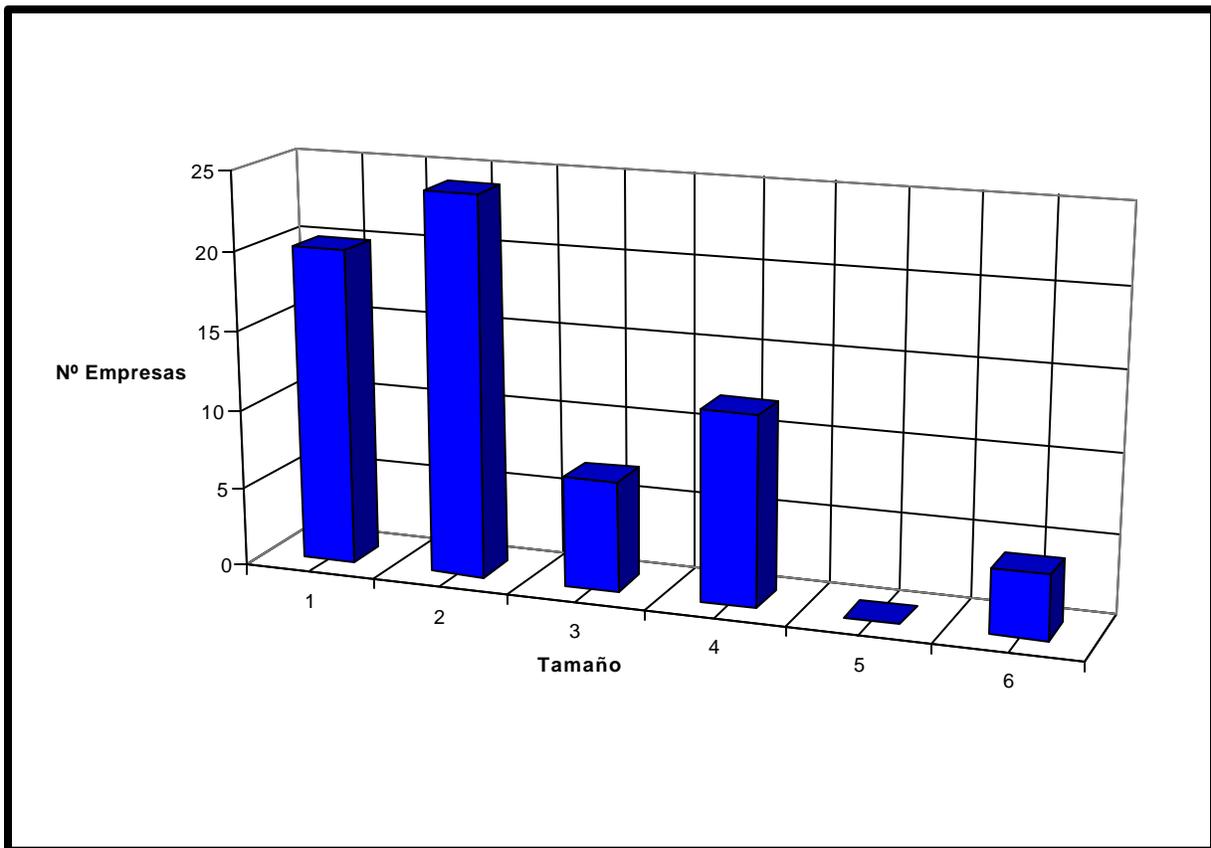
Fuente: INE, Directorio Industrial 1992-1995

<sup>2</sup> Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ "Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos". 1997-2000.

De acuerdo a estos antecedentes, la mayor cantidad de empresas de Galvanoplastía se encuentra localizada en la Región Metropolitana, seguida por la Octava y Quinta regiones y en menor medida la Primera y Segunda, regiones.

La distribución estimada de empresas por tamaño<sup>3</sup> es presentada en la Figura 2.2, pudiéndose apreciar que estas se encontrarían mayoritariamente distribuidas en los tamaños 1 y 2.

**Figura 2.2: Distribución de Empresas de Galvanoplastía por Tamaño, Región Metropolitana, 1999**



Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

<sup>3</sup> Tamaño 1= 5-9 empleados  
Tamaño 2= 10-19 empleados  
Tamaño 3= 20-49 empleados  
Tamaño 4= 50-99 empleados  
Tamaño 5= 100-199 empleados  
Tamaño 6= 200-499 empleados  
Tamaño 7= 500-999 empleados  
Tamaño 8= > 1000 empleados

La distribución de empresas de Galvanoplastía en la Región Metropolitana es presentada en la Figura 2.3. Así entonces es posible observar que los grandes núcleos se encuentran en las comunas del centro-sur, Santiago, San Miguel, San Ramón y San Joaquín.

## Mapa

## 2.2 Descripción de los Procesos Productivos

En la industria de Galvanoplastia se efectúa un depósito metálico específico sobre piezas metálicas o plásticas, con el fin de otorgar un acabado que dependerá del uso a que se destine el producto final.

En general, los procedimientos tienen como finalidad modificar las propiedades de la superficie de los metales y éstas pueden estar asociadas a motivos decorativos o funcionales dentro de los cuales se encuentran:

- Aumento de resistencia a la corrosión
- Aumento de resistencia al ataque de sustancias químicas
- Incremento de la resistencia a la fricción y al rayado
- Mejoramiento de propiedades eléctricas
- Mejoramiento de propiedades ópticas
- Ofrecer sustrato de anclaje de pinturas

### 2.2.1 Pretratamientos Superficiales

Esta etapa involucra los primeros baños químicos, en los cuales el objetivo es acondicionar la superficie para recibir los sustratos metálicos u óxidos que posteriormente se le incorporen.

Dentro de las etapas que considera se encuentran: desengrase, decapado o electropulido y desoxidado.

#### a) Desengrase

Esta etapa tiene por objeto eliminar los aceites y grasas desde la superficie, a fin de que no interfieran en las etapas siguientes.

Las soluciones utilizadas son normalmente alcalinas. Dependiendo del tipo de acabado se escoge soluciones leve o fuertemente alcalinas, estas últimas provocan un efecto decapante en la superficie. Cuando estas se utilizan normalmente no se aplica un decapado posterior y se dirige a la etapa siguiente de desoxidado.

Hay casos donde se utiliza desengrases ácidos y su aplicación depende del tipo de aceite o grasa que pudiera estar presente en la superficie del metal. Además, en otras ocasiones pueden ser utilizados procesos más avanzados de desengrase, tales como desengrase electrolítico o ultrasonido.

Este proceso necesariamente debe ser seguido de un enjuague para remover la solución desengrasante de la superficie del metal y evitar contaminación de los baños siguientes.

b) Decapado

El decapado tiene por objeto aumentar la profundidad (a nivel microscópico) de las irregularidades de la superficie. De esta forma se producen dos efectos que son fundamentales para los procesos siguientes. La luz, al proyectarse en la superficie rebota en las cavidades entregando un reflejo opaco (objetivo que se persigue con el anodizado de una pieza). En segundo lugar, produce una superficie que presenta mejores características para anclar un sustrato diferente en los procesos siguientes.

Esta etapa normalmente se efectúa con ácidos o álcalis. En este caso se trata de un decapado químico.

c) Abrillantado

Este proceso se utiliza en forma separada al anterior proceso de decapado (nunca se aplican ambos) y tiene por finalidad dar un acabado a la pieza, tipo espejo. Es muy utilizado para la fabricación de luminarias, como por ejemplo, reflectores de semáforos. Dependiendo del nivel de brillo con que haya quedado la pieza en las etapas previas, esta etapa puede ser omitida.

Normalmente, se utiliza una combinación de ácidos fuertes (sulfúrico, fosfórico, clorhídrico, fluorhídrico).

d) Desoxidado

Este proceso consiste en la remoción del óxido generado en los procesos previos o de aquel óxido que pudiera haber estado inicialmente en la pieza.

Se realiza en una solución de ambiente ácido, la que puede ser en base a ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico o fluorhídrico, dependiendo del metal que se trate y de los riesgos de contaminación que produzcan en los procesos siguientes.

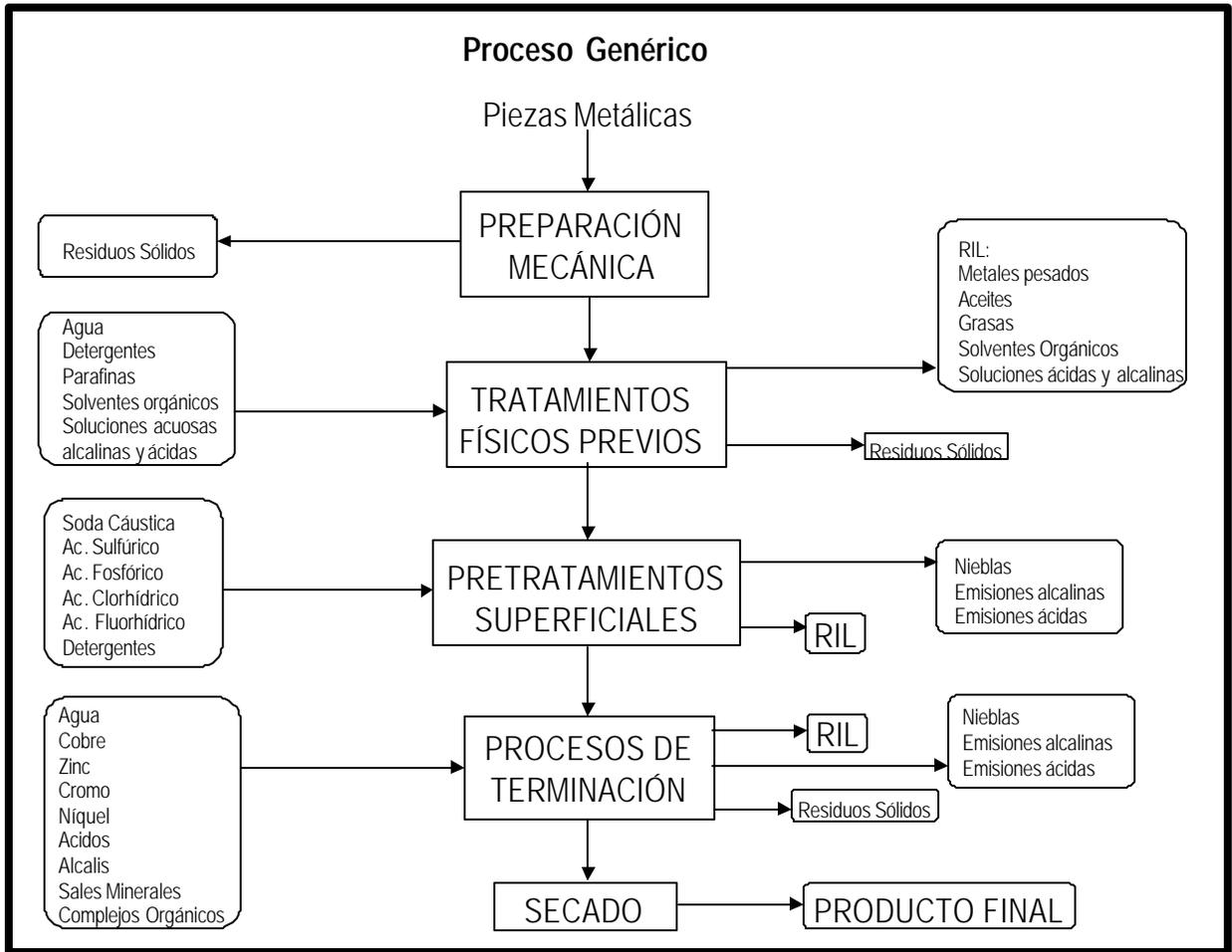
### 2.2.2 Procesos de Terminación

En el proceso de electrólisis, los ánodos (anodizado) o cátodos (depósito electrolítico) se suspenden de barras exteriores, las cuales van conectadas a sistemas que conducen la corriente eléctrica proveniente del rectificador o generador.

Debido a la diversidad de procesos de electrodeposición metálica, se mencionan a continuación: Niquelado electrolítico, Cromado, Cobrizado, Zincado, Plaqué, Cadmiado, Dorado, Stripping.

En la Figura 2.4 se presenta el diagrama de flujo del Proceso Genérico de Galvanoplastia.

**Figura 2.4: Proceso Genérico de Galvanoplastia**



### 3. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES

Los residuos generados por el rubro industrial de Galvanoplastia se consideran potencialmente contaminantes debido a sus características, encontrándose conformados mayoritariamente por metales pesados tales como zinc, níquel, cromo hexavalente, cobre, cadmio los cuales son considerados, entre otros aspectos, inhibidores de tratamientos biológicos de residuos líquidos y dañinos para la salud.

Esta potencialidad contaminante tiene su justificación al considerar los volúmenes de agua utilizados en los procesos, sobre todo en los de lavado o enjuague que presentan contaminantes en descargas continuas. Relacionado con lo anterior, la operatividad relativa a la descarga de estas aguas residuales también incide, pues el peso total de estos compuestos químicos es inferior a los acumulados en los estanques de electrodeposición, que comúnmente, son asociados a procesos batch (discontinuos).

#### 3.1 Fuentes y caracterización de los residuos líquidos

La industria de **Galvanoplastia** lleva involucrado consumo de agua, tanto en los baños de proceso como en las etapas de lavado y enjuague. Las descargas de estas aguas residuales están compuestas por efluentes que se caracterizan por su carga contaminante tóxica en términos de su contenido de cianuro, metales pesados como el cromo hexavalente, ácidos, álcalis.

El proceso de recubrimiento metálico, en general, es muy poco efectivo ya que sólo una pequeña cantidad de las sustancias utilizadas en éste se deposita en la pieza. Hasta un 90% de las sustancias puede evacuarse a través de las aguas residuales.

En particular, los residuos líquidos provenientes de procesos de cromado, se caracterizan por su contenido de ácido crómico libre y bicromatos en solución neutra o débilmente ácida. Si se utilizan baños ácidos de cobre, níquel, plata, etc., las aguas ácidas generadas contienen los metales correspondientes en concentraciones trazas, más los diversos compuestos asociados a productos anexos agregados al baño.

En general, los residuos líquidos descargados por este tipo de industria, provienen de:

- Aguas de lavado, enjuague y enfriamiento
- Baños de proceso agotados
- Mantención de baños de proceso (ejemplo: filtración)
- Baños de remoción y acondicionamiento: contaminados, agotados
- Soluciones de sistemas de lavado/extracción de gases

En la Tabla 3.1 se presentan rangos de concentraciones y valores de parámetros físico-químicos factibles de encontrar en una caracterización de residuos industriales líquidos, en una empresa de

Galvanoplastia de la Región Metropolitana vs “Norma de Emisión D.S. 609/98 para la Regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.”

**Tabla 3.1: Caracterización de Residuos Líquidos en una Empresa de Galvanoplastia en la Región Metropolitana**

<b>PARÁMETRO</b>		<b>Norma N° 609</b>
pH	5,0 – 10,0	5,5 – 9,0
Temperatura	9,0 – 12,0	35°C
	<b>CONCENTRACIÓN (mg/l)</b>	<b>Norma N° 609 (mg/l)</b>
Sólidos	14,0 – 60,0	300
Suspendidos	<5,0 – 160	150
Aceites y grasas	1,0 – 3,4	1,0
Cianuro	7,0 – 28,0	3,0
Cobre	17,0 – 40,0	10,0
Cromo Total	19,0 – 40,0	0,5
Cromo	5,0 – 30,0	4,0
Hexavalente	6,0 – 7,0	5,0
Níquel		
Zinc		

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

### 3.2 Fuentes y caracterización de los residuos sólidos

Los residuos sólidos generados en el rubro de Galvanoplastia lo constituyen los lodos (o borras) resultantes de los baños de proceso y enjuague, así como también los lodos provenientes de algún sistema de tratamientos de las aguas residuales. La composición de estos lodos o borras es variada, pudiendo contener metales como níquel, cobre, cromo, zinc y otros metales pesados.

En este tipo de industria, cuando se obtienen residuos líquidos que contienen variadas especies químicas (metales pesados, cianuro, entre otros), se obtienen lodos de iguales características a los residuos líquidos que los generaron, lo que dificulta su reutilización o reciclaje. Sin embargo, la segregación o separación de corrientes de efluentes, permite la producción de un monolodo con la posibilidad de reutilización o reciclaje en la industria metalúrgica.

### 3.3 Fuentes y caracterización de emisiones atmosféricas

Las emisiones a la atmósfera de la industria de Galvanoplastia se producen en las distintas etapas del proceso productivo y se caracterizan de acuerdo a la naturaleza de los compuestos químicos utilizados

en ellos. Así, en los procesos de decapado, en donde se utiliza ácido nítrico se producen gases nitrosos y nítricos, debido a la naturaleza oxidante del ácido. Del mismo modo constituye fuente de contaminación el arrastre del ácido en forma de neblina o gotas, que se encuentran contenidas en los vapores de las soluciones de limpieza.

Por otra parte, la utilización de ácido clorhídrico provoca las emisiones del ácido, debido a la alta presión de vapor ejercida a temperatura ambiente.

En la electrólisis se generan gases de hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo, lo que permite que estos gases arrastren gotas de solución en su ascenso y difusión en el aire. En la preparación mecánica de las piezas, se produce la emisión de partículas de polvo.

Las cantidades de emisiones atmosféricas producidas en el rubro Galvanoplastia no son relevantes desde el punto de vista ambiental global, sin embargo existe un efecto importante desde el punto de vista de salud ocupacional, pues los trabajadores están expuestos directamente a las nieblas y aerosoles emitidos, cuando no existen aspiradores o absorbentes sobre los baños de proceso y cuando no se utilizan implementos de seguridad.

### **3.4 Principales impactos ambientales generados por el sector**

Los impactos ambientales ocasionados por los residuos producidos en el rubro de Galvanoplastia tienen directa relación con la naturaleza tóxica de muchos de los compuestos químicos involucrados, los cuales son los elementos base de esta industria. En particular es necesario hacer especial mención a los metales pesados tales como el cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{+6}$ ) y la especie química cianuro. Así entonces, los procesos llevados a cabo en este tipo de industria significan un importante aporte en el deterioro del medio ambiente.

Estos residuos contaminantes, presentes en los efluentes líquidos descargados, sólidos generados y vapores emitidos a la atmósfera, afectan el medio físico circundante así como la salud de las personas. Los efectos producidos abarcan desde el deterioro de los sistemas de recolección de aguas servidas; el deterioro de sistemas de tratamientos microbiológicos, inhibiendo el desarrollo microbiano; hasta el efecto en la salud de los trabajadores expuestos y la población en general.

A continuación, en la Tabla 3.2 se visualiza un resumen de los residuos y su origen en la industria de Galvanoplastia.

**Tabla 3.2: Residuos de Galvanoplastia**

RESIDUO	RIESGO <sup>(*)</sup>	CORRIENTE	PROCESO
Alcali (Hidróxido)	Corrosividad	Residuo Líquido	Limpieza y electrodeposición
Acidos (nítrico, sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico)	Corrosividad	Residuo Líquido	Limpieza, acondicionamiento, electrodeposición, baño de brillo
Detergentes	Toxicidad	Residuo Líquido	Limpieza
Aceites y Grasas	Toxicidad	Residuo Líquido, solvente agotado	Limpieza
Metales Pesados	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, filtros agotados, lodos, nieblas	Electrodeposición
Cianuro	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, otras aguas, lodos	Electrodeposición, remoción, tratamiento calórico, desmanchado
Cromatos	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, lodos, otros	Electrodeposición, cromado, recubrimiento

(\*) Riesgo para el desarrollo de la vida humana, animal y el medio ambiente en general

Fuente: The Metal Finishing Industry. Guides to Pollution Prevention. EPA. 1992

### 3.4.1 Contaminación atmosférica

Las emisiones al aire o atmósfera se producen en las diferentes etapas del proceso y dependen de su naturaleza. Ejemplos de lo anterior son las nieblas, que no constituyen una contaminación del ambiente externo, pero que sí afecta el ambiente interno desde el punto de vista de salud ocupacional. En la preparación mecánica de las piezas, se produce la emisión de partículas de polvo.

### 3.4.2 Contaminación del agua

En el rubro Galvanoplastia existen cuatro tipos de efluentes, dos de ellos, tales como soluciones ácidas y alcalinas pueden contener metales pesados (exceptuando el cromo hexavalente). Estos efluentes no son tóxicos, pero pueden contaminar los cuerpos de agua. Cuando son descargados en un sistema de recolección de aguas servidas pueden inhibir los procesos biológicos de tratamiento. Los otros dos tipos de efluentes corresponden a residuos tóxicos tales como los efluentes cianurados y los que contienen cromo hexavalente, los cuales al ser vertidos en cuerpos receptores, sin tratamiento previo los afectan gravemente.

Si bien es cierto, los procesos involucrados en la industria de Galvanoplastia son variados, éstos producen residuos industriales líquidos cuya composición o caracterización química no es contaminante por sí sola, hay que tener en cuenta por tanto los efectos sinérgicos de tales compuestos al momento de ser mezclados en un mismo sistema de descarga o recolección.

La Tabla 3.3 presenta los efectos de ciertos contaminantes sobre la salud.

**Tabla 3.3: Efectos de los Contaminantes sobre la Salud**

PARAMET	EFEECTO POR RESPIRACION	EFEECTO POR INGESTA
---------	-------------------------	---------------------

<b>RO</b>		
Cadmio	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio Disfunción renal	Tumores testiculares Disfunción renal Hipertensión Arterioesclerosis Inhibición en el crecimiento Cáncer
Cromo	Cáncer pulmonar Cáncer gastrointestinal Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar Ulceras Perforaciones de tabique nasal Complicaciones respiratorias
Plomo	Interferencia en el proceso de formación de elementos sanguíneos Daños al hígado y riñón Efectos neurológicos	Afecciones a la piel Anemia Disfunción neurológica Daños al riñón
Níquel	Enfermedad respiratoria Defectos y malformaciones en el nacimiento Cáncer pulmonar Cáncer nasal	
Cianuro	Daños en sistema respiratorio Letal	Daños en sistema respiratorio Letal

Fuente: Seminario Legislación y Fiscalización, Proyecto FDI-CORFO “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. INTEC-CHILE. 1995-2000

En la Tabla 3.4 se presentan los efectos de ciertos contaminantes sobre los sistemas o instalaciones de recolección de aguas servidas.

**Tabla 3.4: Efectos de los Contaminantes sobre Instalaciones del Sistema de Recolección de Aguas Servidas (Alcantarillado)**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>EFECTO</b>
pH	Daño a los colectores, por efecto de exceso de acidez o alcalinidad. Inhibición del crecimiento microbiano en los sistemas de tratamiento biológico de las aguas servidas
Temperatura	Aumento de las velocidades de reacción químicas y bioquímicas, ocasionado por un aumento de temperatura. Volatilización de compuestos orgánicos presentes en los residuos líquidos, con gasificación y producción de emanaciones tóxicas y mal olor. La presencia de gases aumenta la presión en las tuberías
Sólidos Suspendidos	Se produce la acumulación de sedimentos al interior de las tuberías, produciendo efectos de obstrucción de escurrimiento de fluidos
Aceites y Grasas	Se produce acumulación y se dificulta el escurrimiento de fluidos. Además, disminuye la transferencia de oxígeno en el cuerpo receptor

Sulfato	Se produce la precipitación de sales insolubles que atacan las tuberías de cemento
Metales pesados y tóxicos	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el crecimiento microbiano
Detergentes	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el desarrollo microbiano

Fuente: Seminario "Legislación, Control y Manejo de los Riles". AIDIS. 1994

En la Tabla 3.5 se presentan los efectos de ciertos contaminantes descargados en las aguas superficiales.

**Tabla 3.5: Efectos de los Contaminantes sobre Aguas Superficiales**

PARÁMETRO	EFEECTO
pH	Efectos sobre las aguas destinadas a consumo humano, bebida animal, riego, recreación, estética, vida acuática
Temperatura	Las altas temperaturas desfavorecen la dilución de oxígeno la masa de agua, alterando el desarrollo de la vida acuática
Sólidos Suspendidos	Se produce la acumulación de sedimentos que ocasionan embancamiento y depósitos en terrenos de uso agrícola
Aceites y Grasas	Efectos sobre la absorción de oxígeno atmosférico en el agua, afectando los procesos de fotosíntesis de algas, plantas y organismos acuáticos en general
Metales pesados y tóxicos	Interfieren en los procesos naturales de autodepuración biológica de cuerpos receptores
Detergentes	Interfieren en los procesos de absorción de oxígeno, creando ambientes anaerobios

Fuente: Seminario "Legislación, Control y Manejo de los Riles". AIDIS. 1994

### 3.4.3 Contaminación del suelo

Descargas no controladas de residuos líquidos en planta e inadecuada disposición de lodos no inertizados que contienen compuestos tóxicos, pueden producir contaminación de suelos y napas subterráneas.

Los efectos de los contaminantes infiltrados al suelo son similares a los ocasionados por descarga de residuos líquidos contaminados a las aguas superficiales.

## **4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS**

### **4.1 Introducción**

Las opciones de prevención de la contaminación, dentro del marco de la gestión ambiental de una empresa se pueden jerarquizar según el grado de facilidad de su implementación y costos asociados. Es así, como la más alta prioridad se le asigna a la prevención de la contaminación a través de las buenas prácticas, la reducción en la fuente y el reciclaje.

Las buenas prácticas, la prevención o reducción en origen y el reciclaje en la fuente, disminuyen o eliminan la necesidad de reciclaje fuera de la planta o el tratamiento, en parte, de los residuos y su posterior disposición. La reducción de residuos es siempre más barata que su recolección, tratamiento y disposición. También permite disminuir los riesgos ambientales para los trabajadores, la comunidad y el ambiente en general.

En la Tabla 4.1 se presentan algunas opciones de gestión ambiental para el rubro Galvanoplastía, en orden creciente de un ranking de costos asociados.

**Tabla 4.1: Opciones de Gestión Ambiental en Galvanoplastía**

JERARQUÍA DE OPCIONES DE GESTIÓN AMBIENTAL		DESCRIPCIÓN DE LA OPCIÓN	COSTO RELATIVO		
REDUCCIÓN EN ORIGEN	Buenas Prácticas	Desarrollo de políticas del personal: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación y entrenamiento del personal</li> <li>• Uso de incentivos al personal</li> </ul>	\$		
		Desarrollo de manuales y procedimientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de documentación adecuados</li> <li>• Optimización de operaciones de manejo, almacenamiento de materias primas y control de inventario</li> <li>• Programación de la producción</li> <li>• Mantenimiento preventivo de equipos</li> </ul>			
		Medidas de prevención de pérdidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de calidad y certificación de materias primas</li> <li>• Manejo de derrames y goteras</li> </ul>			
		Reparación de pisos			
	Mejoramiento de Procesos	Modificación de lay-out	\$		
		Prolongamiento de la vida del baño: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtración continua</li> <li>• Uso de sacos anódicos para filtrar los ánodos</li> <li>• Monitoreo de baños</li> <li>• Instalar porta gancheras/piezas sobre el baño de electrodeposición</li> </ul>			
		Mejoramiento del manejo en el consumo de agua y sustancias químicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de lavado o enjuague en contracorriente o cascada</li> <li>• Implementación de baño de economía o eco</li> <li>• Implementar criterio de enjuague</li> <li>• Implementar sistemas sencillos de cierre y apertura de válvulas</li> <li>• Implementar lavado intermitente</li> <li>• Aumentar escurrimiento de piezas</li> <li>• Instalar puentes de polipropileno</li> <li>• Dosificar los baños con el contenido necesario de sustancias químicas</li> </ul>			
		Implementar tratamiento de detoxificación integrado a la producción <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detoxificación de cromo hexavalente</li> <li>• Detoxificación de cianuro</li> </ul>			
		RECICLAJE		Aguas de lavado y agua de baños agotados	\$\$\$
		PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO		Precipitación química o Tecnologías alternativas	\$\$\$\$\$
DISPOSICIÓN FINAL-DESTRUCCIÓN	Disposición en vertederos especiales	\$\$\$\$\$\$\$			

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

## 4.2 Reducción en origen

### 4.2.1 Buenas prácticas

En general, la implementación de buenas prácticas de gestión de operaciones al interior de la empresa se basa en la puesta en práctica de una serie de procedimientos o políticas organizacionales y administrativas, destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal en actividades tendientes a lograr la minimización de los residuos.

Dentro de estas prácticas se incluyen:

- Las políticas de personal

Capacitación y entrenamiento permanente del personal que trabaja en un proceso industrial, referida específicamente a la mantención de condiciones del proceso ambientalmente confiables, opciones de segregación de residuos, seguridad industrial, uso óptimo de equipos, manejo de materiales y salud ocupacional. Es vital que los empleados sepan por qué se les exige una forma de trabajo y qué se espera de ellos. La experiencia de los empleados es vital. Normalmente, los empleados antiguos comprenden el proceso muy bien y los errores que resulten en la generación de residuos son poco e infrecuentes.



Uso de incentivos al personal, no solamente monetarios. Los empleados se comprometen más con la aplicación de medidas de prevención si saben que obtendrán algún beneficio.



- Medidas para incluir mejoras en los procedimientos, es decir, desarrollo de manuales y procedimientos

Sistemas de documentación adecuados, para procedimientos, manuales de operación, partiendo desde listas de chequeo o figuras de llamado de atención para los operarios, hasta manuales dirigidos al personal profesional, destinados éstos a clarificar y/o modificar operaciones para hacerlas más eficientes y controlar pérdidas. En general, este ítem es la principal debilidad de las industrias.



Optimización de operaciones de manejo, almacenamiento de materias primas y control de inventario (sistema FIFO: lo primero que entra es lo primero que sale). Se trata de mantener stock mínimo de materiales, sobretodo si éste es perecible, para evitar pérdidas innecesarias. Utilizar materias primas en cantidades exactas para cada trabajo. Evitar tráfico excesivo en las zonas de almacenamiento y producción.



Programación de la producción y mantención preventiva de los equipos con el fin de evitar emergencias, accidentes, escapes y derrames o fallas de los equipos, mediante chequeo y revisión de bombas, válvulas, estanques, filtros, equipo de seguridad, etc. Establecer un manual centralizado de catálogos y documentos relacionados con los equipos de proceso. Verificar periódicamente que las partes y piezas de los equipos se encuentran en buen estado.



- Medidas de prevención de pérdidas

Efectuar control de calidad de materias primas al momento de recibirlas, para verificar si cumplen las especificaciones requeridas. Solicitar a los proveedores que certifiquen la calidad de sus productos y llevar a cabo la devolución de los materiales si éstos no cumplen los requerimientos deseados.

Es importante mencionar que en la implementación de este tipo de gestión se entrecruzan los principios desarrollados en las Normas ISO 9000 (aseguramiento de calidad) e ISO 14000 (gestión ambiental).

- Reparación de pisos

En las empresas de Galvanoplastía es habitual encontrar infiltraciones de piso y suelo, por falta de protección o por una escasa mantención de éstos. Los pisos han sido mayoritariamente corroídos por la naturaleza química de los compuestos que drenan a estas superficies ya sea con ocasión de arrastre de electrolito desde las piezas, al ser transportadas o bien por derrames de los baños. Así entonces, a largo plazo se producen contaminaciones peligrosas de los suelos y las napas o aguas freáticas debido a la acumulación de metales pesados y otras especies químicas.

Se recomienda la mantención del buen estado del piso o recubrimiento del suelo, apoyado por la implementación de buenas prácticas y modificaciones de proceso mencionadas en el presente manual. Sin embargo, de ser económicamente factible, es más recomendable la utilización de pisos recubiertos con material epóxico.

#### **4.2.2 Mejoramiento de Procesos**

La reducción en origen implica dentro de otros aspectos, cambios en proceso: sustitución de materias primas e insumos contaminantes; cambios tecnológicos, introducción de tecnologías limpias; mejoramiento de las prácticas de operación; y cambios en productos: diseño con menor impacto ambiental, incremento de la vida útil del producto.

Como opciones factibles de implementar en empresas de Galvanoplastía se encuentran:

a) **Modificación de lay-out**

El proceso de Galvanoplastía está constituido por distintas etapas que se suceden. Lo ideal es que estas etapas estén dispuestas en lo que podría llamarse una línea de producción, es decir, que los estanques o baños se encuentren unos a continuación de los otros, de modo que las piezas no deban recorrer un largo camino entre una etapa y otra. Esto disminuirá las pérdidas de líquido durante los traslados y permitirá por ejemplo, implementar técnicas de enjuague que optimicen la recuperación de materiales minimizando las pérdidas y disminuyendo el volumen de efluentes generados durante el proceso.

b) **Prolongamiento de la vida del baño**

El volumen de residuos y los costos de reemplazo de baños pueden ser disminuidos al prolongar la vida útil del baño de electrodeposición, a través de:

- Filtración continua de los baños de electrodeposición. Este procedimiento se utiliza con la finalidad de eliminar sustancias nocivas y contaminantes
- Para evitar la contaminación con sustancias sólidas, por ejemplo sustancias insolubles en las aleaciones, los ánodos se pueden filtrar por medio de un saco anódico que filtra directamente, al

cubrirlo. Otra fuente de sustancias sólidas es el polvo de tratamiento mecánico, por esto es importante separar la línea de Galvanoplastia del sector de taller metalmeccánico

- **Monitoreo:** Seguimiento periódico de variables como el pH, el contenido de metales y controlar por método de Celda Hull, la composición correcta del baño. Este sistema permite conocer la necesidad de adicionar uno de los constituyentes químicos o remover contaminantes y con ello prolongar la vida del baño, sin efectuar un control químico total. Este control puede ser efectuado por los proveedores de materias primas o bien por laboratorios externos, mediante técnicas de análisis químico
- Aumentar el escurrimiento de los líquidos adheridos a las piezas, sobre los baños con el fin de reducir el arrastre y la contaminación posterior, al próximo baño, mediante instalación de porta-gancheras o bien que el operador mantenga manualmente, la pieza escurriendo sobre el baño de electrodeposición. Esto es válido también para los baños de enjuague. También se puede mejorar la posición de la pieza en la ganchera, de modo de facilitar el escurrido. De ser necesario, se pueden modificar los porta-gancheras de modo que las piezas se puedan colocar inclinadas de manera conveniente sin que se caigan.

c) **Mejoramiento del manejo en el consumo de agua y de sustancias químicas**

- Implementar estanques de lavado en contracorriente o cascada con el fin de reducir el consumo de agua. En este sistema la pieza se mueve en dirección opuesta a la calidad de flujo de agua de lavado. Esto consiste en que agua limpia es alimentada en el estanque más alejado del baño de proceso y luego esta agua alimenta por rebalse el estanque de lavado más cercano al baño de proceso. El agua por rebalse disminuye el consumo de agua de lavado. La pieza es sumergida primero en el estanque con agua menos pura y en el estanque con agua más limpia, después y al final, dependiendo del número de estanques
- Introducir un enjuague “estanco” o “eco” o “economía” (batch, sin entrada y salida de agua), con el fin de reducir el consumo de sustancias químicas y disminuir el arrastre de estas entre baños. El electrolito acumulado en este estanque se utiliza para regenerar el baño de electrodeposición, es decir se regresa electrolito (recicla) al baño de electrodeposición manteniendo su nivel
- Implementar sistemas sencillos de apertura y cierre de válvulas, para el control de suministro de agua
- Implementar lavado intermitente del material con pulverizadores de agua, lo que sustituiría unas etapas en cascada
- Dejar escurrir el electrolito y el agua de enjuague en los baños, desde la superficie de las piezas, antes de transportarlas al baño siguiente, con el fin de evitar la contaminación de los baños siguientes y con ello reducir el consumo de químicos y agua

- Instalar puentes de polipropileno, en posición inclinada, entre estanques, a fin que el electrolito escurra al estanque desde donde proviene, disminuyendo el arrastre. Esto es válido para estanques de electrolito como de enjuague
- Dosificar los baños con el contenido necesario de sustancias químicas, con el objetivo de reducir la generación de lodos y de productos químicos para detoxificar o neutralizar los residuos líquidos

d) Tratamiento de detoxificación integrado a la producción

Una posibilidad de tratar directamente el arrastre de un baño de proceso (activo) es la detoxificación en un baño de tipo Lancy.

Este método de detoxificación químico directo fue creado los años 50's, pero en la actualidad no es aplicado en las empresas de Galvanoplastia. Lancy propuso este método como "tratamiento integrado a la producción".

Sin embargo, para empresas pequeñas y no automatizadas este método es una posibilidad de detoxificar efluentes de baños tóxicos tales como cromo hexavalente, cianuro u otros, directamente cuando no existe un tratamiento de efluentes final ("end of pipe").

El método de detoxificación directa requiere la inmersión de las piezas, directamente después del baño de proceso, en un baño estanco de enjuague y luego directamente en una solución detoxificante concentrada. Esta solución debe contener los productos químicos detoxificantes en una dosificación en exceso, que cause una reacción completa y rápida con la película de arrastre sobre las piezas.

La solución parcialmente agotada es bombeada a un recipiente donde las sales insolubles que se forman pueden ser decantadas. Cuando la reacción no es completa en el baño de Lancy, se puede completar en este recipiente.

Antes que la solución del recipiente sea retornada en el estanque de Lancy, los productos químicos en exceso son renovados hasta el nivel necesario, con un dosificador. A causa del relativamente gran volumen del recipiente, variaciones en el arrastre no afectan la concentración de las sustancias detoxificantes.

- Particularidades técnicas del proceso

En un baño de enjuague, la película adherente tóxica está diluida con un gran volumen de agua. Esta solución diluida sería detoxificada en un tratamiento final adicional, debido a que las reacciones químicas normalmente ocurren en forma lenta, en soluciones diluidas. En este sentido, se requiere

un tiempo de reacción bastante largo o bien, necesita un gran exceso de reactivos químicos para convertir los productos cuantitativamente.

En este caso el pH puede ser ajustado, idealmente, al pH de la solución a detoxificar ya que el baño Lancy es directamente acoplado al baño de proceso.

En una detoxificación convencional adicional final, existen normalmente mezclas que no pueden ser tratadas a un pH óptimo. Esto necesita la aplicación de sustancias químicas más caras para optimizar la precipitación de hidróxidos de metales.

#### - Consumo de productos químicos

Excepto por las pérdidas debido al arrastre de la solución de enjuague, los productos detoxificantes son consumidos estequiométricamente y no necesitan un gran exceso, como en el modo convencional de tratamiento de efluentes. Los pequeños volúmenes del baño de Lancy permiten ajustar el pH alcalino con menor cantidad de soda cáustica que la necesaria durante un tratamiento final de gran volumen de agua. En este sentido, el ajuste de pH con soda provoca la precipitación de calcio y magnesio.

El proceso se inicia cuando las piezas salen del baño de proceso de cromado e ingresan a un baño de recuperación o de economía. Enseguida ingresan a un estanque de tratamiento o “baño Lancy.

#### i) Lancy: Detoxificación de Cromo Hexavalente

De acuerdo a la Figura 4.1, las piezas salen del baño de proceso electrolítico de cromado y luego ingresan a un baño de recuperación (estanco) o de economía (eco). Enseguida ingresan a un estanque de tratamiento o “baño Lancy”, que consiste en una solución saturada de bisulfito de sodio que produce la reducción de cromo hexavalente a trivalente. Luego la pieza es sumergida en un estanque con soda cáustica al 20% para precipitar el cromo trivalente.

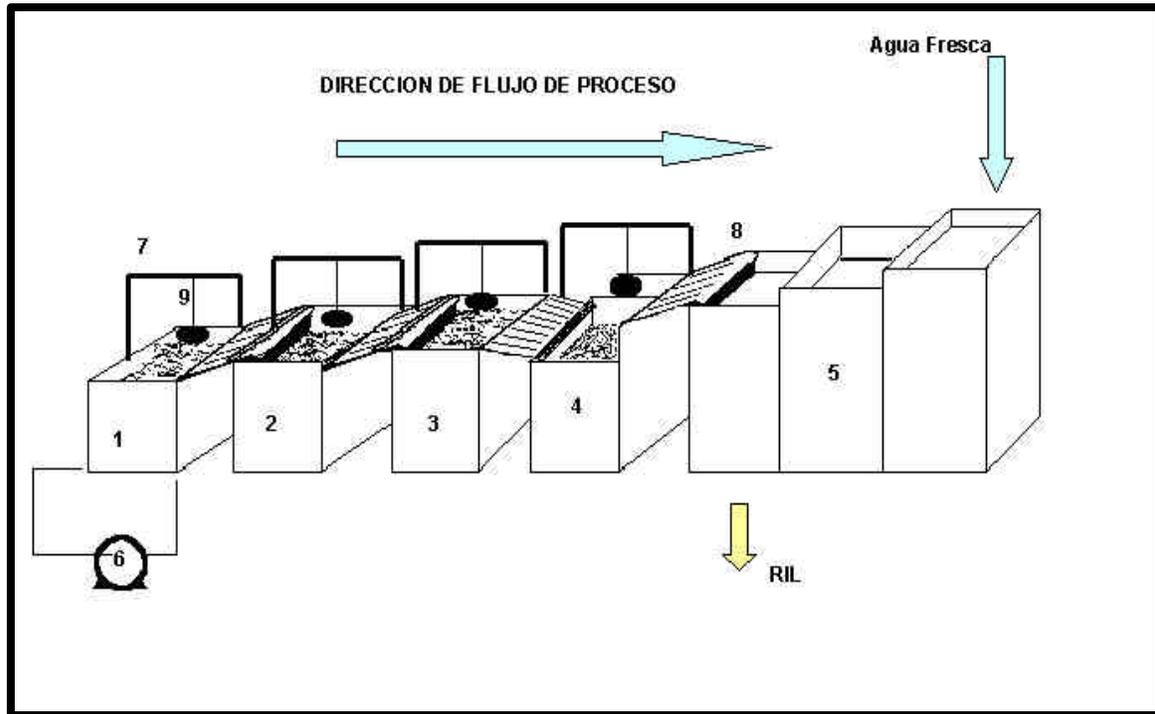
Luego, la pieza se sumerge en un baño de enjuague en cascada y continúa su trayectoria de proceso.

#### ii) Lancy: Detoxificación de Cianuro

De acuerdo a la Figura 4.1 presentada, las piezas salen del baño de proceso electrolítico de zincado y luego ingresan a un baño de recuperación (estanco) o de economía (eco). Enseguida ingresan a un estanque de tratamiento o “baño Lancy”, que consiste en una solución saturada de hipoclorito de sodio que produce la detoxificación de cianuro a cianato. Luego la pieza es sumergida en un estanque con soda cáustica al 20% para precipitar el cianato. Luego la pieza es sumergida en un estanque con agua de lavado, cuyo efluente es descargado al alcantarillado sin cianuro. El lodo obtenido es un cianato, el cual no es tóxico



**Figura 4.1: Sistema de Detoxificación Integrado a la Producción, Lancy**



Fuente: INTEC-CHILE, Proyecto FDI-CORFO/GTZ "Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos". 1995-2000

- 1.- Baño de Electrodeposición
- 2.- Baño de Economía o Estanco o Eco
- 3.- Baño de Detoxificación Lancy (para cromo o cianuro, por ejemplo)
- 4.- Baño de Precipitación de Hidróxido de Sodio
- 5.- Baño de Enjuague en Cascada Triple
- 6.- Bomba de filtrado
- 7.- Porta-gancheros para drenado de piezas
- 8.- Puentes de polipropileno
- 9.- Piezas en porta-gancheros

### 4.3 Reciclaje

La recuperación de materias primas puede ser llevada a cabo mediante la utilización de un baño de enjuague estanco o de economía o eco o de recuperación, ya mencionado anteriormente, el cual es localizado a continuación del baño de electrodeposición y en donde la pieza es sumergida previo al baño de enjuague. En este baño económico el electrolito puede ser almacenado y utilizado luego para la regeneración del baño de electrodeposición y con ello disminuir el consumo de materias primas.

Se puede utilizar agua desmineralizada para preparación de baños de electrolito o en procesos de lavado o enjuague final, para evitar manchas o concentración de contaminantes en la superficie de las

piezas. Los contaminantes naturales del agua, tales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, cloruros, carbonatos y fosfatos pueden irse acumulando en procesos de reciclaje.

#### **4.4 Implementación de sistemas de gestión ambiental**

Para que las empresas sean realmente eficaces en su comportamiento ambiental, las acciones deben ser conducidas dentro de un sistema de gestión estructurado e integrado a la actividad general de la industria. Ello con el objeto de ayudar al cumplimiento de sus metas ambientales y económicas basados en el mejoramiento continuo. A nivel internacional los estándares ISO 14.000 regulan la gestión ambiental dentro de la empresa, en lo que respecta a la implementación de un sistema de gestión ambiental y auditorías ambientales a la empresa, entre otros. En particular, la Norma ISO 14.000 “Sistemas de Gestión Ambiental”, especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Esta norma se aplica a toda organización o empresa que desee:

- Mejorar la calidad de procesos y productos aumentando la eficiencia
- Disminuir los costos, producto de un uso más eficiente de la energía y los recursos
- Aumento de la competitividad
- Acceso a nuevos mercados
- Reducción de riesgos
- Mejoramiento de las condiciones laborales y de salud ocupacional
- Mejora de las relaciones con la comunidad, autoridades y otras empresas

La implementación de sistemas de gestión ambiental, permitirá a la empresa anticiparse a las regulaciones ambientales más estrictas, permitiendo que el ajuste a la nueva realidad legislativa se realice de manera gradual y mediante cambios en los procesos de producción, no sólo recurriendo a grandes inversiones en plantas de tratamiento de residuos.

## **5. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN (END-OF-PIPE)**

Actualmente existen diferentes métodos para el control de la contaminación o los también denominados tratamientos al final del proceso (end of pipe). La selección del sistema más adecuado dependerá de las características particulares de los efluentes a ser tratados, entre éstas los caudales, composiciones y concentraciones.

Sin embargo, un factor decisivo en la selección de uno de estos sistemas será los costos asociados a la inversión y a la operación de tales sistemas, a los cuales la pequeña y mediana empresa de Galvanoplastía pueda acceder.

Con el propósito de entregar una breve reseña de sistemas, a continuación se mencionan algunas características de éstos.

### **5.1 Control de Residuos Industriales Líquidos**

Los residuos líquidos pueden ser tratados utilizando tecnologías convencionales o bien tecnologías emergentes. Dentro de las tecnologías convencionales se encuentran los procedimientos químicos que promueven neutralización, precipitación, sedimentación y filtración. El residuo líquido tratado corresponde a un residuo no tóxico, pero que contiene sales neutras. Estos tratamientos tienen asociada la generación de sólidos, los cuales contienen en gran parte, cal y óxidos de metales insolubles.

Por otra parte, dentro de tecnologías emergentes pueden ser utilizadas la evaporación, intercambio iónico, osmosis inversa, ultrafiltración, entre otras.

#### **5.1.1 Tecnologías Convencionales**

La aplicación de tecnologías que minimicen los tóxicos generados en procesos de Galvanoplastía, debe estar orientada al comportamiento de los componentes químicos obtenidos como residuos líquidos. En tal sentido, es posible dividir las aguas residuales producidas en tres grandes grupos:

- Residuos Líquidos que contienen cianuros simples o bien complejos cianurados, los cuales pueden ser tratados por medio de la adición de sulfato de hierro o mediante utilización de la descomposición del ion cianuro oxidado con cloro
- Residuos Líquidos que contienen ácido crómico, el cual que puede ser tratado con anhídrido sulfuroso o bisulfito de sodio
- Residuos Líquidos que contienen metales en solución ácida, cuya eliminación se puede efectuar por simple precipitación con formación de los hidróxidos metálicos

Cabe mencionar, que los lodos producidos en estos tratamientos se componen principalmente de sales básicas o hidróxidos metálicos. Estos residuos se secan difícilmente y en su disposición final se debe tener en cuenta el impacto que producirían en las napas subterráneas.

Para este tipo de tratamiento el equipamiento consiste, principalmente, en estanques de reacción, sistemas de bombeo, equipos de sedimentación, equipos de clarificación y filtros prensa.

### 5.1.2 Tecnologías Emergentes

Las tecnologías emergentes en el tratamiento de residuos líquidos de Galvanoplastia se basan fundamentalmente en procesos de separación y la mayoría de las veces requieren previamente, de la separación de efluentes o aguas residuales o bien modificaciones de planta. Se suma a ello, la necesidad de contar con una adecuada capacitación del personal, para la operación y mantención de los equipos.

Dentro de estas tecnologías se pueden mencionar:

- Evaporación
- Intercambio Iónico
- Técnicas de membrana: Osmosis Inversa, Ultrafiltración

#### a) Evaporación

En esta tecnología, el residuo líquido es sometido a ebullición hasta su concentración, de modo que el vapor obtenido es condensado y puede ser reutilizado para procesos de lavado o enjuague.

*Aplicación:*

Recuperación de baños de cromo caliente, baños de níquel a temperatura ambiente, baños de cianuro.

Las concentraciones de impurezas pueden ser reducidas por la instalación de una columna de intercambio iónico o filtro de carbón activado.

*Ventajas:*

La evaporación no es una técnica reciente y al ser aplicada como tratamiento, permite obtener un agua de alta calidad. Además, desde el punto de vista equipos, los evaporadores se encuentran comercialmente disponibles para casi todos los tipos de procesos involucrados en la Galvanoplastia.

Sin embargo, los evaporadores utilizados deben ser construidos de materiales especiales con el fin de evitar los efectos corrosivos naturales del tipo de compuestos asociados a los procesos del rubro. Se trata de un procedimiento simple y práctico, que permite un real ahorro y recuperación de los químicos y caudales de agua manejados.

*Desventajas:*

Alto requerimiento energético que se necesita para efectuar la evaporación y concentración de las impurezas contenidas en los flujos líquidos contaminados.

b) Intercambio Iónico

Existen dos tipos de unidades de intercambio: catiónicos y aniónicos. La unidad catiónica contiene un tipo específico de resina para remover los iones cargados desde la solución. Los cationes son reemplazados por iones hidrógeno que son desplazados desde la resina. Luego de un tiempo, la capacidad de la resina decrece, debiendo ser regenerada, por ejemplo con ácido sulfúrico.

La unidad de intercambio aniónico contiene una resina que remueve los iones cargados negativamente, tales como cromatos y cianuro. Estos se reemplazan con iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>), que se desplazan desde la resina, debiendo ser regenerada con una base fuerte como el hidróxido de sodio.

*Aplicación:*

La tecnología de Intercambio Iónico es adecuada para el tratamiento o recuperación de materiales a partir de soluciones muy diluidas. Esta tecnología es utilizada para purificar las aguas drenadas de los procesos de lavado, pudiendo posteriormente, reciclarse las aguas purificadas.

Otras aplicaciones son la concentración de efluentes previo a un tratamiento convencional o bien para remover contaminantes a nivel de trazas después de este tipo de tratamiento.

*Ventajas:*

La ventaja de esta tecnología radica en que ambos procesos, el de recuperación de materiales y agua conducen a la obtención de agua de alta pureza, siempre que se trate de soluciones diluidas. Desde el punto de vista instrumental, se trata de un equipo compacto y automatizado. El uso de un sistema de intercambio iónico continuo se justifica para grandes volúmenes a tratar.

*Desventajas:*

Alto costo asociado a las resinas de intercambio iónico y al costo de los químicos utilizados para la regeneración de dichas resinas. Se suma además, los costos de disposición final del efluente obtenido. Los sistemas de múltiples columnas de lecho fijo requieren de una labor intensiva y de un alto costo, a pesar de ser completamente automáticos y de fácil operación.

Sin embargo, la tecnología es atractiva desde el punto de vista de su disponibilidad en el mercado internacional y para la aplicación en este rubro. Sin embargo, cabe señalar que esta técnica no remueve aditivos orgánicos y el efluente a tratar, debe ser filtrado para remover partículas y aceites que pueden dañar la resina.

c) Técnicas de membrana

Las Tecnologías de Membrana, tales como la osmosis inversa y ultrafiltración, son particularmente utilizadas en el tratamiento/recuperación de metales en sistemas de ciclo cerrado, provenientes de los residuos líquidos de las aguas de lavado. Esto es particularmente observable en empresas de países desarrollados.

Todas las tecnologías de membrana tienen en general, las mismas ventajas:

- Bajo costo de capital dada la característica modular de las unidades, hacen de ella una alternativa favorable en instalaciones de pequeña escala
- Bajo requerimiento de espacio: el equipo es compacto y opera continuamente, requiriendo un mínimo de estanques
- Bajo costo de trabajo u operación: el proceso es simple de operar y es totalmente automatizado, lo que hace innecesario la plena atención del operador
- Bajo uso de energía: los residuos líquidos no están sometidos a requerimientos de cambios de fase en el proceso
- No hay generación de lodos: ninguna o pequeñas cantidades de químicos son usados y no resultan lodos del tratamiento bajo esta técnica

Las técnicas de membrana se utilizan usualmente, para concentrar los efluentes totales de una planta, con el fin de facilitar un posterior tratamiento químico.

| Osmosis Inversa

La Osmosis Inversa es un proceso de separación a presión a través de una membrana, en la cual el flujo de residuo líquido alimentado a presión, es separado en un agua reconocida como producto, denominado permeado o permeato, que contiene muy pocas sales y un concentrado o rechazo, rico en sales. Esta separación se debe a una permeación selectiva del agua a través de una membrana semipermeable.

*Aplicación:*

Recuperación de aguas de lavado.

*Ventajas:*

Bajo costo de energía, pues ésta es sólo requerida para el bombeo del fluido.

*Desventajas:*

Las limitaciones específicas de este tipo de tratamiento son:

- La osmosis inversa sólo logra altas concentraciones cuando la presión utilizada supere la presión osmótica de la solución. De esta manera, el grado de concentración logrado dependerá de la máxima presión de operación. En el caso de baños a temperatura ambiente se requiere un pequeño evaporador de ciclo cerrado
- La capacidad de separación de la membrana se degrada con el tiempo, por lo que debe ser reemplazada en forma periódica
- Existe un rango de pH (entre 2,5 – 11) para una buena operación y duración de las membranas

## | Ultrafiltración

En esta técnica, la solución a tratar es filtrada a través de un filtro muy fino con el propósito de remover sólidos, emulsiones y compuestos orgánicos de alto peso molecular.

*Aplicación:*

Se utiliza en la regeneración de limpiadores alcalinos, refrigerantes o baños que requieran la remoción de partículas y aceites emulsificados. Además, se usa en el tratamiento de reducción de volumen de refrigerantes agotados, limpiadores y aguas de lavado.

*Ventajas:*

Se produce una remoción eficiente de aceites emulsificados y otros compuestos orgánicos de alto peso molecular.

*Desventajas:*

Aplicación limitada para recuperación de metales disueltos en aguas residuales de lavado. Requiere una periódica eliminación de sólidos capturados en el proceso.

## **5.2 Control de Contaminación Atmosférica**

Las emisiones atmosféricas pueden ser controladas utilizando equipamiento relacionado a lavadores de niebla; torres lavadoras empacadas o con atrapa nieblas tipo lamellas; filtros colectores de polvo y en ocasiones pulverizadores de agua.

Los procesos de tratamiento están asociados a ventilación de estanques de proceso, extracción de gases y recirculación de agua de los sistemas lavadores. El equipamiento puede consistir en campanas de captación de vapores y gases, ventiladores para extracción, lavador de gases y chimenea.

## **5.3 Control de Residuos Industriales Sólidos**

Los residuos sólidos generados en este tipo de proceso están asociados a los lodos y estos pueden ser detoxificados, neutralizados, precipitados, sedimentados y filtrados.

El residuo tratado corresponde a un residuo no tóxico, pero que contiene sales neutras, por ejemplo hidróxidos. En el caso de cromo, la especie trivalente es no tóxica por lo que puede ser dispuesta en vertederos regulares. Sin embargo, un problema puede ser la movilidad de metales pesados en los lodos, no depositados en forma controlada, los cuales emigrarían a las napas subterráneas.

## 6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN<sup>4</sup>

### 6.1 Medidas de reducción en origen

#### a) Enjuagues en contracorriente

En la Tabla 6.1 se presentan antecedentes de costo de inversión por concepto de implementación de estanques de lavado en contracorriente (cascada), en una empresa de Galvanoplastía de la Región Metropolitana:

**Tabla 6.1: Costos Asociados a la Implementación de Sistemas de Enjuague en Cascada Triple en una Empresa de Galvanoplastía**

ANTECEDENTES	
6 estanques de fibra de vidrio, revestido con resina epóxica. Capacidad: 1,5 m <sup>3</sup> y dividido en tres compartimentos	\$ 1.680.000
Vida útil de los estanques:	8 años

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

#### b) Baños de economía

En la Tabla 6.2 se presentan antecedentes de costo de inversión por concepto de implementación de baños de economía, en una empresa de Galvanoplastía de la Región Metropolitana:

**Tabla 6.2: Costos Asociados a la Implementación de Baños de Economía**

ANTECEDENTES	
5 Estanques de polietileno. Capacidad: 350 lt.	\$ 112.560
5 Estructuras metálicas de soporte de los estanques	\$ 20.000
Vida útil de los estanques y estructuras:	3 años

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

<sup>4</sup> Mayores antecedentes acerca de procesos de tratamiento de superficie, tratamientos de efluentes, equipamiento, químicos, pueden ser revisados en los siguientes sitios de Internet:

<a href="http://www.nei.com.br">http://www.nei.com.br:</a>	Revista NEI, Noticiário de Equipamentos Industriais, Brasil
<a href="http://www.finishing.com">http://www.finishing.com:</a>	Industria de tratamientos de superficie, a nivel mundial
<a href="http://aesf.org">http://aesf.org:</a>	The American Electroplaters and Surface Finishers Society. Inc.
<a href="http://www.nmfr.org">http://www.nmfr.org:</a>	National Metal Finishing Resource Center
<a href="http://www.surface-finishing.com/main.htm">http://www.surface-finishing.com/main.htm:</a>	VerticalNet, Inc. Acquires Industry On Line, Inc

## 6.2 Medidas de Tratamiento integrado a la producción

En la Tabla 6.3 se presentan antecedentes de costo de inversión por concepto de implementación de sistema de tratamiento integrado a la producción, Sistema Lancy para detoxificar cromo hexavalente, en una empresa de Galvanoplastía de la Región Metropolitana:

**Tabla 6.3: Costos Asociados a la Implementación de Sistema Lancy para Cromo Hexavalente**

ANTECEDENTES	
2 Estanques de fibra de vidrio. Capacidad: 1.5 m <sup>3</sup>	\$ 760.000
Consumo de bisulfito de sodio:	\$ 9.000/mes
Consumo de hidróxido de sodio:	\$ 28.350/mes

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

Por otra parte, en la Tabla 6.4 se presentan antecedentes de costo de inversión por concepto de implementación de sistema de tratamiento integrado a la producción, Sistema Lancy para detoxificar cianuro, en una empresa de Galvanoplastía de la Región Metropolitana.

**Tabla 6.4: Costos Asociados a la Implementación de Sistema Lancy para Cianuro**

ANTECEDENTES	
2 Estanques de fibra de vidrio. Capacidad: 0.56 m <sup>3</sup>	\$ 500.000
Consumo de hipoclorito de sodio	\$ 3.600/mes
Consumo de hidróxido de sodio	\$ 8.600/mes

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

## 6.3 Tratamientos al final del proceso (o “end of pipe” )

A continuación en las siguientes tablas, se presentan los costos asociados a tratamientos de control de la contaminación, para el rubro Galvanoplastía:

**Tabla 6.5: Costos Asociados a la Implementación de Sistemas de Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos**

TIPO DE TRATAMIENTO	CAUDAL A TRATAR	INVERSIÓN (US\$)
Precipitación con separación de efluentes	1 m <sup>3</sup> /hr	15.000
Precipitación sin separación de efluentes	1 m <sup>3</sup> /hr	25.000
Osmosis Inversa/Ultrafiltración	1 m <sup>3</sup> /hr	90.000

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

**Tabla 6.6: Costos asociados a la Implementación de Sistemas de Control de Contaminación Atmosférica**

TIPO DE TRATAMIENTO	CAUDAL DE AIRE (SOPLADO)	INVERSIÓN (US\$)
Ventilación, Extracción y Lavador	3.400 m <sup>3</sup> /hr	60.000

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

**Tabla 6.7: Costos Asociados al Tratamiento Externo de Residuos Industriales Sólidos (Lodos)**

TIPO DE TRATAMIENTO	LODO	COSTO (US\$)
Externo	1 tonelada	200

Fuente: Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE. Proyecto FDI-CORFO/GTZ “Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos”. 1995-2000.

#### 6.4 Instrumentos Financieros de Apoyo a la Gestión Ambiental.

La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) posee varios instrumentos de apoyo financiero para que el sector industrial (PYME) introduzca medidas tendientes a mejorar la Gestión Ambiental. Para gastos de asesorías técnicas se han creado los siguientes mecanismos de financiamiento.

A continuación se listan los principales instrumentos y su aplicación ambiental:

- Fondo de Asistencia Técnica (FAT): Consultoría ambiental, Auditorías Ambientales, Estudios Técnico Económicos para la implementación de soluciones, Estudios de Impacto Ambiental o Declaraciones de Impacto Ambiental, Estudios de Reconversión y Relocalización Industrial, Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental.

Las empresas que pueden acceder a este beneficio son aquellas con ventas anuales no superiores a UF 15.000, pudiendo acogerse a este sistema sólo una vez.

- Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas (PAG): Para mejorar la competitividad de las empresas productivas, generando una mayor productividad y calidad a través de la realización de consultorías de procesos. Es un cofinanciamiento de CORFO que cubre parte del costo de la contratación de asesorías especializadas por parte de empresas productivas.

Pueden acceder empresas productivas Chilenas, que no hubiesen utilizado el programa anteriormente y que demuestren ventas netas anuales iguales o superiores a US\$3.000.000 y que no excedan de US\$30.000.000 en el último año.

- Proyectos de Fomento (PROFO): Programas Grupales de Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental, Mercado de Residuos (bolsa) Plantas Centralizadas de Tratamiento de Residuos, Programas Colectivos de Mejoramiento de Procesos, Programas Colectivos de Relocalización Industrial.

Los beneficiarios son pequeños o medianos empresarios de giros similares o complementarios con ventas anuales no superiores a las UF 100.000.

- Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC): Fondo destinado al financiamiento de proyectos de innovación e infraestructura tecnológica. Puede ser utilizado para la introducción de tecnologías limpias, tecnologías “end of pipe”, misiones tecnológicas (Charlas de Especialistas Internacionales). Permite financiar hasta un 80 % del costo total del proyecto mediante una subvención de proyecto y crédito.

Subvención de hasta un 60% del costo, con un máximo de US\$ 300.000 y crédito en UF, a tasa de interés fija con un período de gracia equivalente a la duración del proyecto.

- Programa SUAF-CORFO: Subvención que CORFO ofrece a las empresas para la contratación de un consultor especialista en materias financieras quién elaborará los antecedentes requeridos por el Banco Comercial o empresa de Leasing para aprobar una operación crediticia.

Las empresas deben poseer ventas netas anuales menores a UF 15.000, comprobado por las declaraciones del IVA, no deben haber cursado operaciones financieras en los últimos 6 meses, no debe tener protestos ni ser moroso de deuda CORFO o SERCOTEC.

#### **6.4.1 Créditos Bancarios**

- Financiamiento de Inversiones de Medianas y Pequeñas Empresas (Línea B.11): Programas de descontaminación, Servicios de Consultoría, Inversiones.
- Financiamiento de Inversiones de Pequeñas Industrias Crédito CORFO-Alemania (Línea B12): Relocalización Industrial.
- Cupones de Bonificación de Primas de Seguro de Crédito y de Comisiones de Fondos de Garantía para Pequeñas Empresas.(CUBOS): Garantías para otorgar financiamiento (hipotecas, prendas) que cubren en un % el riesgo de no pago

Las empresas deben tener ventas netas anuales que se encuentren entre las UF 2.400 y las UF 15.000 (IVA excluido) con un mínimo de 12 meses de antigüedad en el giro y un patrimonio neto de UF 800. El monto mínimo de la operación es de UF 150 con un máximo de UF 3.000.

## 7. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

El **Plan de Manejo de Residuos Peligrosos** (en adelante PMRP) está contemplado en la Propuesta de Reglamento sobre el Manejo Sanitario de los Residuos Peligrosos, reglamento que se encuentra (a febrero de 2000) en sus etapas finales de elaboración por parte del Ministerio de Salud. Un PMRP tiene por objetivo la definición de procedimientos y planificación de actividades relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos, desde su generación hasta su disposición final o eliminación, de forma tal de resguardar la salud de las personas y minimizar los impactos al ambiente.

### 7.1 Aplicabilidad de Plan de Manejo de Residuos Peligrosos

Refiriéndose al documento del Ministerio de Salud (1998) se tiene que el esquema de decisión para determinar la pertinencia o no del PMRP es el presentado en la Figura 7.1.

**Figura 7.1:** Aplicabilidad de PMRP



Un generador tendrá que realizar un PMRP tanto si genera 12 o más kg/año de residuos peligrosos tóxicos agudos y/o si produce 12.000 o más kg/año de residuos peligrosos.

### 7.2 Concepto de Residuo Peligroso

El artículo 5 de la Propuesta de Reglamento de Residuos Peligrosos del Ministerio de Salud (1998) define: “Un residuo o una mezcla de residuos se considerará como peligroso si en función de sus características de peligrosidad: toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad por lixiviación, inflamabilidad, reactividad y/o corrosividad, puede presentar riesgo para la salud pública, provocando o contribuyendo al aumento de la mortalidad o a la incidencia de enfermedades y/o presentando efectos adversos al medio ambiente cuando es manejado o dispuesto en forma inadecuada”.

### 7.3 Procedimiento de Determinación de Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos pueden venir casi en cualquier forma, haciendo dificultosa la determinación. Es posible encontrarlos en formas de líquido, semi-sólido, sólido, o lodos. Pueden haber una serie de consideraciones prácticas que pueden ayudar a la determinación de la condición de peligrosidad. Existen dos aproximaciones en la definición de residuo peligroso:

- a) **Identificación por Listado:** El sistema de listado identifica a sustancias específicas o procesos específicos.
- b) **Identificación Analítica:** Se identifican cuatro características para residuos peligrosos: toxicidad por lixiviación, corrosividad, reactividad e inflamabilidad. Para cada uno de ellos existen ensayos de laboratorios adoptados, los cuales están basados en la normativa de Estados Unidos.

### 7.4 Aplicación Al Rubro

Se debe determinar primero si existen residuos peligrosos y después determinar la cantidad de los mismos. En base a lo anterior, un análisis tipo que debería hacer el generador de residuos en el rubro de Galvanoplastia es:

- a) Identificación de Materias Primas
- b) Identificación de Residuos
- c) Clasificación de Residuos (Peligrosos o no)
- d) Calificación

Las materias primas utilizadas y los tipos de residuos ya han sido definidos en los primeros capítulos de esta guía. Es necesario revisar los puntos (c) y (d) para evaluar la aplicabilidad de un PMRP en este rubro.

### 7.5 Componentes del Plan de Manejo

Un PMRP se compone de doce partes fundamentales de acuerdo a lo presentado en la Tabla 7.3.

**Tabla 7.3: Componentes de un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos**

Sección	Tema	Detalle
1	Descripción de actividades	Descripción de las actividades que se desarrollan con el proceso productivo, sus flujos de materiales e identificación de los puntos en que se generan residuos peligrosos
2	Cantidad y características de residuos	Estimación de la cantidad anual de cada tipo de residuos peligrosos generados e identificación de las características de peligrosidad
3	Minimización	Plan de minimización de la cantidad y/o peligrosidad de los residuos peligrosos

<b>Sección</b>	<b>Tema</b>	<b>Detalle</b>
4	Almacenamiento	Diseño del sitio de almacenamiento de residuos peligrosos
5	Recolección y Transporte	Definición de los procedimientos para recoger, transportar, embalar y etiquetar los residuos
6	Profesional encargado PMRP	Definición del perfil del ingeniero civil, ingeniero de ejecución o del profesional o técnico del encargado de manejo de los residuos peligrosos generados por la instalación, así como del personal encargado de operar el sistema de manejo
7	Manejo y transporte interno	Definición de los equipos, rutas y señalización que deberán emplearse para el manejo y transporte interno de los residuos peligrosos. Debiendo considerar que el equipamiento deberá ser adecuado con el volumen, peso y forma del residuo.
8	Hojas de seguridad	Hojas de seguridad para los diferentes tipos de residuos generados en la instalación
9	Capacitación	Plan de capacitación que deberán seguir las personas que laboren en las instalaciones donde se manejan residuos peligrosos
10	Plan de contingencia	Plan de contingencia
11	Eliminación	Identificación de los procesos de eliminación a los que serán sometidos los residuos generados por la instalación o actividad
12	Registro PMRP	Definición de un sistema de registro de la generación de los residuos peligrosos, en donde se consigne al menos la cantidad en peso y/o volumen generada diariamente, la identificación de las características de peligrosidad del residuo e identificación del sitio en que se encuentra a la espera de transporte, tratamiento y/o disposición final

## 8. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Los problemas más importantes de salud y seguridad ocupacional en la industria de Galvanoplastia se detallan a continuación:

Efectos del Cadmio: Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio, disfunción renal, tumores testiculares, disfunción renal, hipertensión, arteriosclerosis, inhibición en el crecimiento, cáncer

Efectos del Cromo hexavalente: Cáncer pulmonar, cáncer gastrointestinal, enfermedades de la piel, úlceras, perforaciones de tabique nasal, complicaciones respiratorias

Efectos del Plomo: Interferencia en el proceso de formación de elementos sanguíneos, daños al hígado y riñón, efectos neurológicos, afecciones a la piel, anemia

Efectos del Níquel: Enfermedad respiratoria, defectos y malformaciones en el nacimiento, cáncer pulmonar, cáncer nasal

Efectos del Cianuro: Daños en sistema respiratorio, mortalidad

Las medidas para mejorar la salud ocupacional y las condiciones de trabajo son las siguientes:

- Entrenamiento y capacitación a los trabajadores
- Mecanización del trabajo pesado
- Cubrimiento de los baños con espuma plástica, esferas, chips que reduzcan los procesos de evaporación de líquidos contaminantes
- Mantener los baños de cianuro y las materias primas de este compuesto, lejos de los ácidos, así se evita la generación de gases de ácido cianhídrico, que puede ocasionar muerte
- Al efectuar mezclas de ácido-agua, siempre adicionar el ácido sobre el agua, nunca adicionar agua sobre ácido, pues es una reacción exotérmica, con gran generación de energía
- Al efectuar mezclas de álcalis (bases), siempre agregar primero el agua al estanque en no más de 2/3 de su capacidad y luego adicionar el álcali sobre el agua, lentamente con agitación forzada de aire
- Traslado a aquellos trabajadores que presentan problemas a la piel, alergias u otro tipo de síntoma
- Distribución de ropa de protección (guantes, máscaras, botas), tapones para los oídos, etc.
- Facilidad para mantener una buena higiene y lavado de los trabajadores
- Reducción del nivel de ruidos
- Optimización de las condiciones de trabajos, áreas climatizadas, áreas ventiladas (50 a 100 m<sup>3</sup>/min por m<sup>2</sup> de superficie de baño de proceso), lugares para vestirse y agua potable
- Adaptación de la jornada de trabajo

Las medidas para mejorar la seguridad ocupacional son las siguientes:

- Entrenamiento e instrucción de los trabajadores en las técnicas y principios de un trabajo seguro
- Rotación de trabajos y mejoramiento de la organización

- Pisos ásperos antideslizantes, para evitar resbalones y protección de seguridad de las máquinas
- Distribución de ropas de protección (botas, guantes, ropa, anteojos y máscaras)

En Chile, estas materias están reguladas por el Decreto N° 745 del Ministerio de Salud de 1993, que establece normas y condiciones de trabajo, tanto desde el punto de vista sanitario como de las características ambientales de los lugares donde se desarrollan las actividades laborales.

## 9. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA

El presente capítulo identifica la totalidad de normativas ambientales aplicables a la industria, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas, residuos sólidos, ruido y seguridad y salud ocupacional. Asimismo, se identifican las normas chilenas INN referentes al tema.

Es necesario establecer como regulación marco y general a todas las distinciones anteriormente señaladas, las siguientes:

### • Ley N° 19.300/94

Título : Ley de Bases Generales del Medio Ambiente  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 09/03/94

### • D.S. N° 30/97

Título : Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 03/04/97

### 9.1 Normativas que regulan la localización de las industrias

#### • D.S. N° 458/76

Título : Aprueba nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (art. 62 y 160).  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 13/04/76

#### • D.S. N° 718/77

Título : Crea la comisión mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 05/09/77

#### • D.S. N° 47/92

Título : Ordenanza general de urbanismo y construcciones.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 19/05/92

• **Resolución N° 20/94**

Título : Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.  
Repartición : Gobierno Regional Metropolitano.  
Diario Oficial : 04/11/94

## 9.2 Normativas que regulan las emisiones atmosféricas

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (art. 89 letra a).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68.

• **D.S. N° 144/61**

Título : Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/05/61

• **D.S. N° 32/90**

Título : Reglamento de funcionamiento de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos que indica en situaciones de emergencia de contaminación atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 24/05/90

• **D.S. N° 322/91**

Título : Establece excesos de aire máximos permitidos para diferentes combustibles.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 20/07/91

• **D.S. N° 185/91**

Título : Reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado, y arsénico en todo el territorio nacional.  
Repartición : Ministerio de Minería.  
Diario Oficial : 16/01/92

• **D.S. N° 4/92**

Título : Establece norma de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales y grupales ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 02/03/92

• **D.S. N° 1.905/93**

Título : Establece norma de emisión de material particulado a calderas de calefacción que indica, ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/11/93

• **D.S. N° 1.583/93**

Título : Establece norma de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales que indica, ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 26/04/93

• **D.S. N° 2.467/93**

Título : Aprueba reglamento de laboratorios de medición y análisis de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes estacionarias.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/02/94

• **D.S. N° 812/95**

Título : Complementa procedimientos de compensación de emisiones para fuentes estacionarias puntuales que indica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/05/95

• **D.S. N° 131/96**

Título : Declaración de zona latente y saturada de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 01/08/96

**Nota:** A raíz de la declaración de la Región Metropolitana como zona saturada para PM10, PTS, CO, O<sub>3</sub> y latente por NO<sub>2</sub>, la CONAMA ha iniciado la elaboración del correspondiente Plan de Prevención y Descontaminación. Dicho plan, implicará la adopción de normas de emisión y otras medidas aplicables a las industrias de la R.M. con el objeto de cumplir con las metas de reducción de emisiones para los contaminantes ya mencionados.

• **Resolución N° 1.215/78: artículos 3, 4 y 5**

Título : Normas sanitarias mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

**• Resolución N° 15.027/94**

Título : Establece procedimiento de declaración de emisiones para fuentes estacionarias que indica.

Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

Diario Oficial : 16/12/94

**Nota:** Actualmente, CONAMA se encuentra elaborando una norma de emisión para el contaminante arsénico (de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de la Ley N° 19.300.

**• D.S. N° 16/98**

Título : Establece Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Diario Oficial : 06/06/98

### 9.3 Normativas que regulan las descargas líquidas

**• Ley N° 3.133/16**

Título : Neutralización de residuos provenientes de establecimientos industriales.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 07/09/16

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (art. 69 - 76).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1/90**

Título : Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. 1, N° 22 y 23).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 21/02/90

**• D.S. N° 351/93**

Título : Reglamento para la neutralización de residuos líquidos industriales a que se refiere la Ley N° 3.133.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 23/02/93

#### • Norma Técnica Provisoria/92

Título : Norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos.  
Repartición : Superintendencia de Servicios Sanitarios.  
Diario Oficial : No publicada.

Nota: Actualmente CONAMA se encuentra elaborando, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, determinado por la Ley N° 19.300 y el D.S. N° 93/95 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, una norma de emisión relativa a las descargas de residuos líquidos industriales a aguas superficiales.

#### • D.S. N°609/98

Título : Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 20/07/98

### 9.4 Normativas aplicables a los residuos sólidos

#### • D.F.L. N° 725/67

Título : Código Sanitario (art. 78 - 81).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

#### • D.F.L. N° 1.122/81

Título : Código de Aguas (art. 92).  
Repartición : Ministerio de Justicia.  
Diario Oficial : 29/10/81

#### • D.F.L. N° 1/89

Título : Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. N° 1).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

#### • D.L. N° 3.557/80

Título : Establece disposiciones sobre protección agrícola (art. 11).  
Repartición : Ministerio de Agricultura.  
Diario Oficial : 09/02/81

#### • D.S. N° 745/92

Título : Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (art. 17, 18, 19).  
Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 08/06/93

• **Resolución N° 7.077/76**

Título : Prohíbe la incineración como método de eliminación de residuos sólidos de origen doméstico e industrial en determinadas comunas de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

• **Resolución N° 5.081/93**

Título : Establece sistema de declaración y seguimiento de desechos sólidos industriales.  
Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.  
Diario Oficial : 18/03/93

## 9.5 Normativas aplicables a los ruidos

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (art. 89 letra b).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

• **D.S. N°146/98**

Título : Establece norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el Decreto N°286, de 1984, del Ministerio de Salud.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia  
Diario Oficial : 17/4/98

• **D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

## 9.6 Normativas de seguridad y salud ocupacional

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (art. 90 - 93).  
Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa  
(art. 1 N°44).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

**• Ley N° 16.744/68**

Título : Accidentes y enfermedades profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 01/02/68

**• D.F.L. N°1/94**

Título : Código del Trabajo (art. 153-157).  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 24/01/94

**• D.S. N° 40/69**

Título : Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 07/03/69

**• D.S. N° 54/69**

Título : Aprueba el reglamento para la constitución y funcionamiento de los  
comités paritarios de higiene y seguridad.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 11/03/69

**• D.S. N° 20/80**

Título : Modifica D.S. N° 40/69.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 05/05/80

**• Ley N° 18.164/82**

Título : Internación de ciertos productos químicos.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 17/09/82

**• D.S. N° 48/84**

Título : Aprueba reglamento de calderas y generadores de vapor.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 14/05/84

**• D.S. N° 133/84**

Título : Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas y equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeñe en ellas u opere tales equipos.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 23/08/84

**• D.S. N° 3/85**

Título : Aprueba reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 25/04/85

**• D.S. N° 379/85**

Título : Aprueba reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo destinados a consumos propios.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 19/03/86

**• D.S. N° 29/86**

Título : Almacenamiento de gas licuado.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/12/86

**• D.S. N° 50/88**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 21/07/88

**• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

• **D.S. N° 95/95**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 16/09/95

• **D.S. N° 369/96**

Título : Extintores portátiles.

Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/08/96

• **D.S. N° 90/96**

Título : Reglamento de seguridad para almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.

Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 05/08/96

• **D.S. N° 298/94**

Título : Reglamento sobre el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos.

Repartición : Ministerio de Transportes.

Diario Oficial : 11/02/95

**Nota:** Este reglamento, incorpora las siguientes NCh del INN, haciéndolas obligatorias:

NCh 382/89 : Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.

Diario Oficial : 29/11/89

NCh 2.120/89 : Sustancias peligrosas.

Diario Oficial : 07/11/89

NCh 2.190/93 : Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia

Diario Oficial : 09/06/93

NCh 2.245/93 : Hoja de datos de seguridad.

Diario Oficial : 18/01/94

## 9.7 Normas referenciales del Instituto Nacional de Normalización

En relación con las normas INN, cabe hacer presente que se trata de normas que han sido estudiadas de acuerdo con un procedimiento consensuado y aprobadas por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, persona jurídica de derecho privado, de carácter fundacional.

El cumplimiento de estas normas (norma, norma chilena y norma oficial) es de carácter voluntario y por lo tanto no son susceptibles de fiscalización. Sin embargo, estas normas pueden ser reconocidas por el Ministerio respectivo, como norma oficial de la República de Chile, mediante un Decreto Supremo. Además pueden ser incorporadas a un reglamento técnico adoptado por la autoridad en cuyo caso adquieren el carácter de obligatorias y susceptibles de fiscalización.

### 9.7.1 Normas relativas al agua

#### • Norma NCh 1.333/Of. 87

Título : Requisitos de calidad de agua para diferentes usos.  
Repartición : Instituto Nacional de Normalización.  
Diario Oficial : 22/05/87

### 9.7.2 Normativas de salud y seguridad ocupacional<sup>2</sup>

#### • Norma NCh 388/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Prevención y extinción de incendios en almacenamiento de inflamables y explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

#### • Norma NCh 385/Of. 55 / D.S. 954

Título : Seguridad en el transporte de materiales inflamables y explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/08/55

#### • Norma NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Medidas de seguridad en el empleo y manejo de materias primas inflamables.  
Repartición : Ministerio de Economía

---

<sup>2</sup> La repartición y fecha corresponden al Decreto Supremo citado en cada norma, y por el cual se oficializó la respectiva Norma Chilena. Para conocer el contenido de cada Norma, dirigirse al INN.

Diario Oficial : 30/11/55

• **Norma NCh 758/Of. 71 / Res. 110**

Título : Sustancias peligrosas, almacenamiento de líquidos inflamables.  
Medidas particulares de seguridad.

Repartición : Ministerio de Economía

Diario Oficial : 25/08/71

• **Norma NCh 389/Of. 72 7 D.S. 1.164**

Título : Sustancias peligrosas. Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables. Medidas generales de seguridad.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas

Diario Oficial : 04/11/74

• **Norma NCh 1.411/4 Of. 78 / D.S. 294**

Título : Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de riesgos de materiales.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 10/11/78

• **Norma NCh 2.164/Of. 90 / D.S. 16**

Título : Gases comprimidos, gases para uso en la industria, uso médico y uso especial. Sistema SI unidades de uso normal.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 30/01/90

• **Norma NCh 1.377/Of. 90 / D.S. 383**

Título : Gases comprimidos cilindros de gases para uso industrial. Marcas para la identificación del contenido y de los riesgos inherentes.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 16/05/91

## **10. PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION**

La legislación actual es bastante clara para las industrias nuevas, o aquellas que se están por instalar. No obstante, para las industrias que se encuentran funcionando, es posible que se generen errores en la obtención de los permisos y certificados. Es por ello que éstas deben ser mucho más cuidadosas en el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicables.

Previo a la instalación de una industria nueva o a la modificación de una ya existente, según lo establecido en la ley 19.300 general de bases sobre medio ambiente, y en su respectivo reglamento N°30/97, éstas deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este sistema, en función de las dimensiones del proyecto y de sus impactos esperados define si la industria debe presentar un estudio de impacto ambiental o a una declaración de impacto ambiental.

La ventaja de este sistema radica en que, habiéndose efectuado la evaluación ambiental, y concluido con una resolución que califica favorablemente el proyecto, ningún organismo del estado podrá negar los permisos sectoriales por razones de tipo ambiental.

Adicionalmente, para la instalación de una industria, en general, ésta debe obtener los siguientes certificados y permisos:

- Calificación técnica (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Permiso Municipal de Edificación (Municipalidad).
- Informe sanitario (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Patente Municipal definitiva (Municipalidad).

Para la obtención de cada uno de estos certificados, es necesario previamente obtener una serie de otros permisos, dependiendo del certificado solicitado.

Las industrias que iniciaron sus funciones con anterioridad a 1992, deben obtener el certificado de calificación técnica, para verificar que están de acuerdo con el Plan Regulador de Santiago.

Actualmente toda industria nueva (inicio de actividad posterior a 1992), debe cumplir con estos certificados, ya que de otra manera ni siquiera puede iniciar las obras de construcción. Sin embargo, no existe un plan de fiscalización que verifique periódicamente, que las condiciones ambientales, sanitarias y de seguridad ocupacional se cumplan con la misma intensidad. Por este motivo, se ha verificado en las visitas realizadas, que hay empresas que una vez aprobado su informe, prácticamente se han desentendido de la seguridad ocupacional, y de las medidas ambientales.

## 10.1 Certificado de Calificación Técnica

Para la solicitud de esta Calificación Técnica, las industrias deben llenar el formulario correspondiente en la oficina de partes del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Av. Bulnes 194 acompañándolo de los siguientes antecedentes:

- Plano de planta del local, con distribución de maquinarias y equipos.
- Características básicas de la edificación.
- Memoria técnica de los procesos.
- Diagramas de flujos.
- Anteproyecto de medidas de control de contaminación del aire, manejo de RILES, manejo de RISES y control de ruidos.
- Anteproyecto de medidas de control de riesgos y molestias a la comunidad.

Cabe notar que este certificado se debe solicitar cuando la industria aún no se construye, y sólo se tiene el proyecto de Ingeniería básica y algunos componentes con Ingeniería de detalles.

## 10.2 Informe Sanitario

Para la obtención de una evaluación de Informe Sanitario, se debe retirar las solicitudes y formularios pertinentes en la oficina del SESMA, llenarlos y devolverlos exclusivamente al SESMA.

Para obtener el informe sanitario, el industrial debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solicitud de informe sanitario (SESMA).
- Declaración de capital simple inicial.
- Instructivos exigencias generales y específicas.
- Clasificación de zona (Dirección de Obras Municipales).
- Informe de cambio de uso de suelos (Servicio Agrícola Ganadero).
- Pago e inspección.

Para certificar el cumplimiento de las normas ambientales y sanitarias, al momento de presentar el certificado de informe sanitario, se debe presentar los siguientes documentos:

- Plano local con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria para sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).
- Informe de muestreos isocinéticos de material particulado de fuentes fijas (Calderas, hornos, etc.) cuando corresponda (Empresa Registrada).

- Certificados de instaladores registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de las instalaciones eléctricas y de gas (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Autorización de aprobación del tratamiento y disposición de residuos industriales sólidos (SESMA).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos (SISS).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento de aguas servidas particulares (SESMA).
- Resolución autorización de casino, empresas sobre 25 empleados (Programa Control de Alimentos del SESMA).
- Certificados de revisiones y pruebas de generadores de vapor (SESMA-PROCEFF).
- Certificados y pruebas de autoclaves (SESMA-PROCEFF).
- Certificados de operadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Certificados de operadores de calderas industriales y calefacción (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencias de operación generadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- licencia de conducción equipos de transporte (Departamento Tránsito Público Municipalidad Respectiva).
- Informe de detección, evaluación y control de riesgos (Mutual de Seguridad y SESMA).
- Oficio aprobación del reglamento interno de higiene y seguridad (SESMA).
- Acta de constitución comité paritario higiene y seguridad, empresas sobre 25 empleados (Inspección del Trabajo de la Dirección del Trabajo).
- Contrato experto en prevención de riesgos, empresas sobre 100 empleados.
- Comprobante pago de cotizaciones de seguro (Mutual de Seguridad e Instituto de Normalización Previsional).

El informe sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria ya se encuentra operativa. Por esto se hace muy importante tener un informe sanitario favorable, ya que de otra manera no se puede funcionar. En el caso de tener informe sanitario desfavorable, es preciso regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitar de nuevo el informe sanitario, ya que de lo contrario el SESMA tiene la facultad de dar permiso de no funcionamiento, en forma indefinida, hasta que se apruebe el informe sanitario.

### **10.3 Permisos Municipales**

Para solicitar permiso de edificación o modificación física de la planta, la Municipalidad solicitará un listado de documentos que se deberán adjuntar y que deberán solicitarse en diferentes reparticiones de servicios:

- Patente al día Profesional
- Informe de calificación de Salud del Ambiente (SESMA o en los Servicios de Salud Jurisdiccionales).
- Factibilidad de Agua Potable (En el servicio sanitario al cual se le deberá presentar un Proyecto).
- Certificado de la Superintendencia de Servicio Sanitarios sobre residuos industriales líquidos (SISS).
- Certificado de densidad de carga de combustible (si procede), para verificación de estructuras metálicas, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Planos y memoria de Cálculo.
- Adjuntar número de trabajadores separados por sexo.
- Plano señalando sistema de prevención de riesgos, salidas de emergencia y extintores.
- En el Plano General de la planta, señalar estacionamientos y áreas verdes.
- En planos de arquitectura verificar e indicar sistema de ventilación.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El control de la contaminación de la industria de Galvanoplastia puede ser llevado a cabo mediante la implementación de medidas tales como :

– Buenas Prácticas

- Políticas de personal: capacitación, uso de incentivos
- Desarrollo de manuales y procedimientos: sistemas de documentación adecuados, optimización de manejo y almacenamiento de materias primas y control de inventario, programación de producción, mantención preventiva de equipos
- Medidas de prevención de pérdidas: control de calidad y certificación de materias primas, manejo de derrames y goteras
- Reparación de pisos

– Mejoramiento de Procesos

- Modificación de lay-out
- Prolongamiento de la vida del baño:
  - ◆ Filtración continua
  - ◆ Uso de sacos anódicos para filtrar los ánodos
  - ◆ Monitoreo de baños
  - ◆ Instalar porta-gancheras/piezas sobre los baños
- Mejoramiento del manejo en el consumo de agua y de sustancias químicas
  - ◆ Implementación de estanques de lavado en contracorriente o cascada
  - ◆ Implementación de baños de enjuague de economía o eco o estanco (sin entrada y salida de agua)
  - ◆ Implementar sistemas sencillos de apertura y cierre de válvulas
  - ◆ Implementar lavado intermitente del material
  - ◆ Aumentar escurrimiento de piezas
  - ◆ Instalar puentes de polipropileno
  - ◆ Dosificar los baños con el contenido necesario de sustancias químicas
- Implementar tratamiento de detoxificación integrado a la producción (Sistema Lancy): detoxificación de cromo hexavalente y cianuro
- Reciclaje de aguas de proceso: por electrólisis, ultrafiltración, tecnologías de membrana, cristalización, concentración y otros, utilización de un baño de enjuague estanco o de economía o económico (eco) o de recuperación

– Implementación de sistemas de gestión ambiental

- Mejorar la calidad de procesos y productos aumentando la eficiencia
- Disminuir los costos, producto de un uso más eficiente de la energía y los recursos
- Aumento de la competitividad
- Acceso a nuevos mercados
- Reducción de riesgos
- Mejoramiento de las condiciones laborales y de salud ocupacional
- Mejora de las relaciones con la comunidad, autoridades y otras empresas

## 12. BIBLIOGRAFIA

1. BKH Consulting Engineers and TESAM S.A. Industrial Pollution Control Guidelines. N°3 Metal Plating Industry. 1996
2. De Lora, F. y Miró, J. "Técnicas de Defensa del Medio Ambiente", España. 1978
3. EPA, "The Metal Finishing Industry". Guides to Pollution Prevention, 1992
4. INTEC-CHILE, Proyecto FDI-CORFO/GTZ "Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos", 1997-2000
5. N° 34585 Diario Oficial 8/6/93. Decreto 745. Ministerio de Salud. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo
6. UNEP-IEO, "Environmental Aspects of the Metal Finishing Industry : a Technical Guide". 1989

Mayores antecedentes acerca de procesos de tratamiento de superficie, tratamientos de efluentes, equipamiento, químicos, servicios, pueden ser revisados en los siguientes sitios de Internet:

<http://www.nei.com.br>:

Revista NEI, Noticiário de Equipamentos Industriais, Brasil

<http://www.finishing.com>:

Industria de tratamientos de superficie, a nivel mundial

<http://aesf.org>:

The American Electroplaters and Surface Finishers Society. Inc.

<http://www.nmfrc.org>:

National Metal Finishing Resource Center

<http://www.surface-finishing.com/main.htm>:

VerticalNet, Inc. Acquires Industry On Line, Inc