

**GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCION DE LA
CONTAMINACION INDUSTRIAL**

INDUSTRIA ELABORADORA DE PINTURAS

**SANTIAGO
AGOSTO DE 1998**

INDICE

1. INTRODUCCION.....	6
1.1. CATASTRO DE EMPRESAS.....	7
1.2. PRODUCCIÓN Y VENTAS.....	9
1.3. IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE PINTURAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA.....	9
2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION.....	12
2.1. MATERIAS PRIMAS.....	12
2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	14
2.2.1. <i>Producción de pintura</i>	14
2.2.2. <i>Producción de resinas</i>	17
2.2.3. <i>Tipos de pinturas</i>	18
2.3. PRODUCTOS.....	19
3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES.....	22
3.1. FUENTES Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS.....	22
3.1.1. <i>Fuentes</i>	23
3.1.2. <i>Generación</i>	23
3.2. FUENTES Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	24
3.2.1. <i>Fuentes</i>	24
3.2.2. <i>Generación</i>	26
3.3. FUENTES Y CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.....	27
3.3.1. <i>Fuentes</i>	27
3.3.2. <i>Generación</i>	28
4. PREVENCION DE LA CONTAMINACION Y OPTIMIZACION DE PROCESOS.....	31
4.1. REDUCCIÓN EN ORIGEN.....	33
4.1.1. <i>Cambios en los procesos</i>	33
4.1.2. <i>Cambios en los productos</i>	40
4.2. RECICLAJE.....	41
4.2.1. <i>Pinturas fuera de especificación/ derrames / productos obsoletos</i>	41
4.2.2. <i>Reciclo de materiales de limpieza</i>	42
4.3. POSIBILIDADES DE ESTABLECER PROCESOS MENOS CONTAMINANTES.....	43
5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION.....	45
5.1. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS.....	45
5.1.1. <i>Tratamiento físico-químico</i>	46
5.1.2. <i>Tratamientos biológicos</i>	48
5.1.3. <i>Tratamientos terciarios</i>	49
5.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS EN LA INDUSTRIA DE PINTURAS.....	49
5.2.1. <i>Remoción de aceites y grasas</i>	50
5.2.2. <i>Ecuilibración y neutralización</i>	51
5.2.3. <i>Floculación</i>	52
5.2.4. <i>Aireación</i>	52
5.2.5. <i>Clarificación</i>	52
5.3. EFICIENCIAS DE REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES.....	53
6. ASPECTOS ECONOMICOS EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION.....	55
6.1. COSTOS INVOLUCRADOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS.....	55
6.2. COSTOS DE MINIMIZACION DE RESIDUOS POR REDUCCIÓN EN ORIGEN Y RECICLAJE (ESTUDIO DE CASOS INTERNACIONALES).....	56
6.2.1. <i>Destilación en planta, para recuperación de solventes</i>	56

6.2.2.	<i>Reemplazo de filtros cartucho por papel filtrante</i>	57
6.2.3.	<i>Reemplazo de filtros cartucho por filtros de mallas de metal</i>	58
6.2.4.	<i>Conclusiones</i>	59
6.3.	INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE APOYO A LA GESTION AMBIENTAL	59
7.	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	62
7.1.	SUSTANCIAS QUÍMICAS TÓXICAS Y PELIGROSAS.....	62
7.1.1.	<i>Características de los contaminantes nocivos para la salud humana</i>	62
7.1.2.	<i>Efectos de los contaminantes a la salud humana</i>	62
7.2.	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	64
7.3.	SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	64
7.4.	RECOMENDACIONES	64
8.	LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA	66
8.1.	NORMATIVAS QUE REGULAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS	66
8.2.	NORMATIVAS QUE REGULAN LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	67
8.3.	NORMATIVAS QUE REGULAN LAS DESCARGAS LÍQUIDAS.....	69
8.4.	NORMATIVAS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	70
8.5.	NORMATIVAS APLICABLES A LOS RUIDOS	71
8.6.	NORMATIVAS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	72
8.7.	NORMAS REFERENCIALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN	75
8.7.1.	<i>Normas relativas al agua</i>	75
8.7.2.	<i>Normativas de salud y seguridad ocupacional</i>	76
9.	PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION	78
9.1.	PERMISOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE INDUSTRIAS	79
9.2.	PERMISOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIFICACIÓN TÉCNICA.....	79
9.3.	PERMISO MUNICIPAL DE EDIFICACIÓN	80
9.4.	INFORME SANITARIO.....	80
9.4.1.	<i>Actividad, proceso y establecimiento</i>	81
9.4.2.	<i>Instalaciones sanitarias</i>	81
9.4.3.	<i>Instalaciones de energía</i>	82
9.4.4.	<i>Equipos de vapor, agua caliente y radiación ionizante</i>	82
9.4.5.	<i>Operadores calificados</i>	82
9.4.6.	<i>Organización de prevención de riesgos para los trabajadores</i>	82
9.5.	PATENTE MUNICIPAL	83
9.6.	ANTECEDENTES GENERALES DE CUMPLIMIENTO.....	83
9.6.1.	<i>Residuos industriales líquidos</i>	83
9.6.2.	<i>Residuos industriales sólidos</i>	84
9.6.3.	<i>Emisiones atmosféricas</i>	84
9.6.4.	<i>Organización de prevención de riesgos para los trabajadores</i>	84
10.	CONCLUSIONES	85
11.	BIBLIOGRAFIA	86

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, el Gobierno de Chile ha creado un marco legal e institucional que incluye, entre otros, planes y programas de cooperación internacional. En este marco, y con el propósito de promocionar un desarrollo industrial sustentable, el Gobierno de los Países Bajos (Holanda), a través de su Ministerio para la Cooperación Internacional, aprobó una donación al Gobierno Chileno, para realizar dos programas de asistencia técnica, denominados: “Manejo de un Plan de Gestión Ambiental, Segunda Etapa” y “Fiscalización, Control de la Contaminación y Gestión Ambiental en la Región Metropolitana”. Estos programas incluyeron un proyecto titulado: “Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial”, desarrollado entre los años 1994 y 1997.

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 fiscalizable.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana se seleccionaron 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 elaboradoras de pinturas. 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 han participado consultores nacionales, con la asesoría experta de la empresa holandesa BKH Consulting Engineers. Como contraparte técnica del proyecto han participado las siguientes instituciones: CONAMA, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Departamento Programa sobre el Ambiente del Ministerio de Salud y las Asociaciones de Industriales de cada rubro estudiado. La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección Región Metropolitana.

La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en el rubro pinturas, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de la CONAMA RM, en base a estudios realizados en el proyecto recién nombrado, a otros ejecutados por la empresa consultora TESAM y por la División de Tecnologías Ambientales de la Corporación de Investigación Tecnológica “INTEC-CHILE”, por medio del proyecto “Generación de Capacidades Nacionales en Tecnologías Aplicables a Residuos Industriales Líquidos”, financiado por el Fondo de Desarrollo e Innovación de CORFO (FDI, ex FONSIPI).

1. INTRODUCCION

La actividad económica de fabricación de pinturas se desarrolla bajo la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, CIIU 3521 “Fabricación de pinturas, barnices y lacas”.

La industria de pinturas elabora una amplia gama de productos, entre los que destacan las pinturas (base agua o solvente), barnices, lacas y esmaltes. Estos productos presentan una amplia clasificación de acuerdo a su uso, ya sea industrial (minería, industria pesada, construcción naval, industria en general) o decorativo (arquitectónico, uso doméstico). También son clasificados según el vehículo o disolvente base (agua o solvente), que se evapora luego de la aplicación del producto.

Existen también otros recubrimientos o pinturas especiales, de tipo no volátil, los que se clasifican de acuerdo al método de curado o endurecimiento. Estos incluyen las pinturas en polvo, recubrimientos curados por radiación y pinturas catalizadas.

En Chile existen más de treinta empresas dedicadas a la fabricación de pinturas en base a solvente o agua, una en la Iª Región, cuatro en la Vª Región y el resto en la Región Metropolitana, concentradas en la ciudad de Santiago. Cerca de la mitad de las empresas son de tamaño pequeño o mediano.

De acuerdo con datos del I.N.E., en 1992 la producción de pinturas en base agua fue de 27.323 toneladas, en tanto que la producción de pinturas en base solvente alcanzó las 27.669 ton.

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

- Sector industrial:
 - ⇒ Industria automotriz y del transporte.
 - ⇒ Industria de electrodomésticos, de artículos eléctricos/electrónicos.
 - ⇒ Industria de grifería y sanitarios.
 - ⇒ Industria de muebles.
 - ⇒ Industria de la construcción.

- Sector doméstico (pinturas decorativas).

Además de las pinturas en base agua o solvente, las empresas también elaboran productos en pasta (masillas y pinturas en pastas texturales), pinturas en polvo (de fabricación propia o importada) y algunas de las resinas requeridas como materia prima para la pintura. Las empresas han diversificado su mercado para dar una atención integral a sus clientes, es por ello que además elaboran aditivos para preparación de superficies previo al pintado y también envasan solventes para ser usados como diluyentes del producto principal.

1.1. Catastro de empresas

En el Directorio Industrial del Instituto Nacional de Estadísticas, año 1992, aparecen listadas 29 empresas de pinturas en el país, en tanto que en el directorio Industrial de 1995, este número había aumentado a 32. De acuerdo a los datos obtenidos del los Directorios Industriales de 1992 y 1995, se observa una marcada tendencia de este tipo de empresas a ubicarse en la Región Metropolitana, la cual concentra alrededor del 79% del total nacional de empresas de este rubro. Estos datos se presentan en la Tabla 1.1.

TABLA 1.1: Distribución de empresas de pinturas por región.

Región	Número de Empresas	
	Año 1992	Año 1995
I	1	1
V	5	6
RM	23	25

FUENTE: DIRECTORIO INDUSTRIAL INE 1992 y 1995

Un importante número de las empresas presentes en la Región Metropolitana se encontraban organizadas sectorialmente en la Asociación de Fabricantes de Pinturas, AFAPINT. Sin embargo esta asociación actualmente está en receso y las empresas están operando como grupo bajo el alero de ASIQUM.

La distribución de empresas por tamaño a nivel país, para los años 1992 y 1995 se muestra en el Gráfico 1.1.

Por otra parte, en el Gráfico 1.2 se presenta la distribución de empresas por tamaño en la Región Metropolitana, de acuerdo al Directorio Industrial INE 1995.

GRAFICO 1.1: Distribución por tamaño, a nivel nacional.

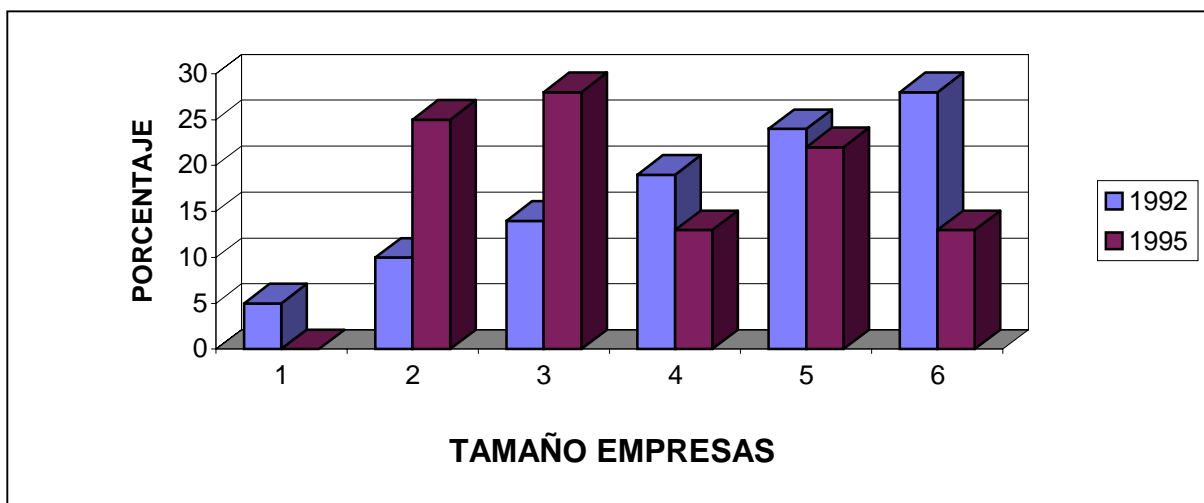
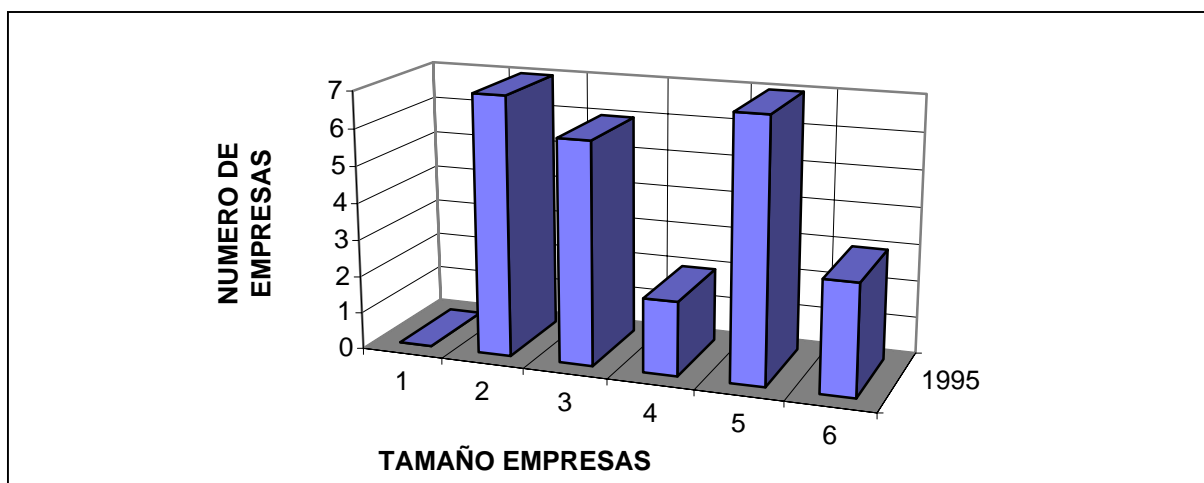


GRAFICO 1.2: Distribución de empresas de pinturas por tamaño, Región Metropolitana.



En este último gráfico, es posible observar que el mayor número de empresas, de acuerdo al tamaño por número de empleados¹, se distribuyen en los tamaños clasificados como 2, 3 y 5. De acuerdo a las estadísticas con que cuenta el I.N.E², las empresas manufactureras de pintura con una fuerza de trabajo mayor a 50 personas poseen más del 95% de participación del mercado.

En general, el sistema de trabajo en estas industrias es de un sólo turno (8:00 - 17:00), de Lunes a Viernes.

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

² I.N.E. Instituto Nacional de Estadísticas. Encuesta Nacional Anual - 1991.

1.2. Producción y ventas

El sector experimentó un crecimiento promedio, en su producción física, de un 8,7% para el período 1988-1992. A su vez, en el mismo período, la producción de pinturas al agua creció en una tasa promedio de 10,5%, en tanto que las pinturas al aceite lo hicieron en un 7%.

Los índices de venta física permiten inferir que el sector ha crecido en sus ventas, en una tasa anual promedio de 8,5%, para el período comprendido entre 1988 y 1992.

1.3. Importancia de la industria manufacturera de pinturas en la Región Metropolitana

La información proporcionada por el I.N.E indica que el volumen de ventas del sector en estudio representa un 1,3% respecto de las ventas totales de la industria manufacturera en la Región Metropolitana. En cuanto al monto de las inversiones de las empresas de la industria en cuestión, éstas representan un 0,7% del total de la inversión de que la industria manufacturera regional.

De el número total de empresas pertenecientes a la industria manufacturera, el 1,26% tiene como actividad la fabricación de pinturas.

A continuación, la Figura 1.1 muestra la localización geográfica de las principales empresas que fabrican pinturas en la Región Metropolitana, mientras que la Tabla 1.2 identifica las empresas que aparecen numeradas en la figura.

FIGURA 1.1: Distribución de Empresas de Pinturas, Región Metropolitana

Río Mapocho

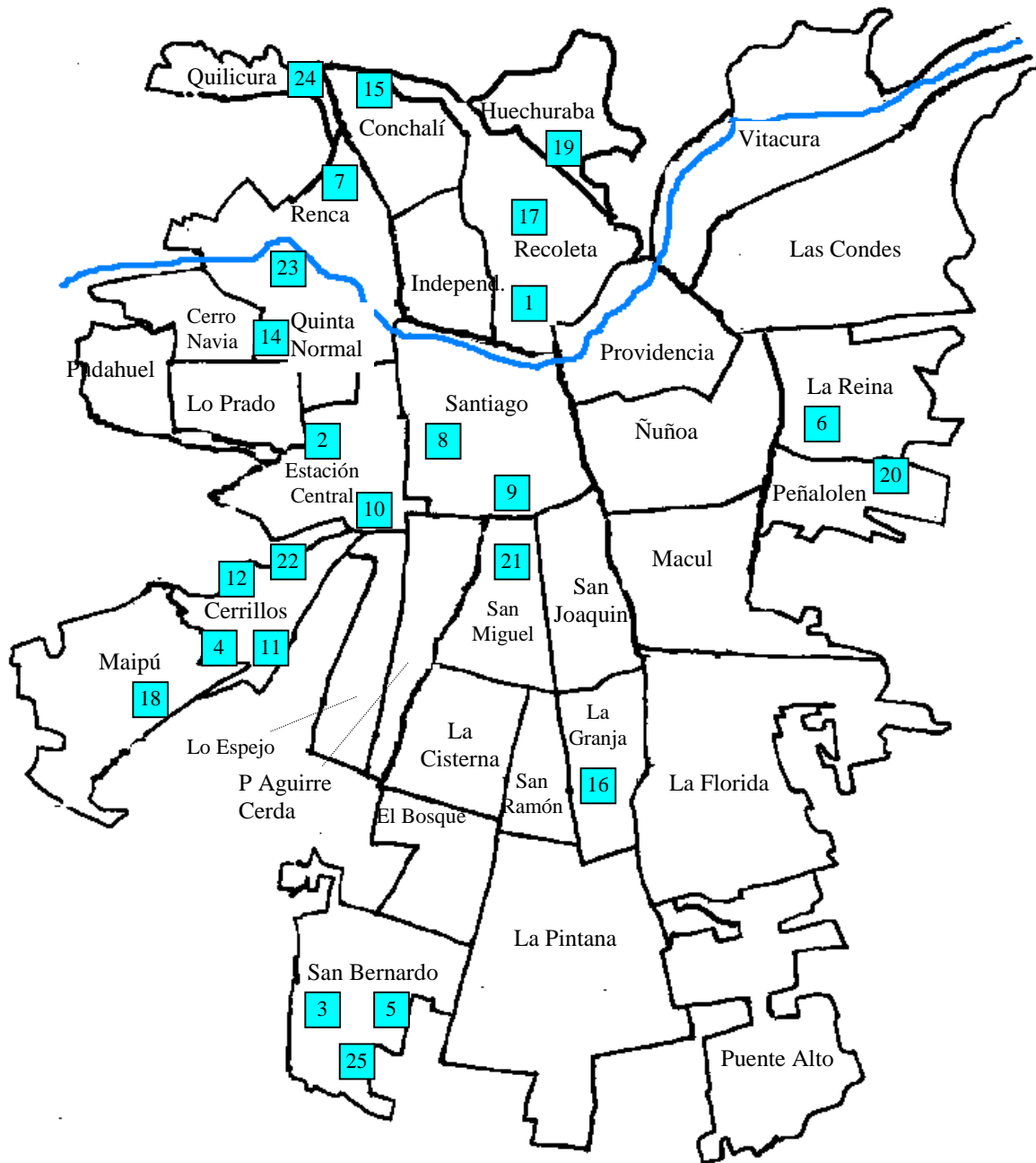


TABLA 1.2: Listado de empresas pertenecientes a la industria manufacturera de pinturas en la Región Metropolitana.

N°	TAMAÑO	EMPRESA	DIRECCION	COMUNA
1	6	Industrias Ceresita S.A	Gabriel Palma 820	Recoleta
2	5	Pinturas Soquina	Pedro Antonio González 3702	Estación Central
3	6	Pinturas Stierling Ltda.	Avda. La Divisa 0359	San Bernardo
4	5	Pinturas Renner Chile S.A.	Avda. Las Américas 221	Cerrillos
5	5	Pinturas Baco SAIC	Avda. La Divisa 0689	San Bernardo
6	2	Pinturas Moreno (Pinmor)	La Forja 8665	La Reina
7	5	Pinturas Iris S.A.I.C.	Panamericana Norte 3990	Renca
8	2	Enrique Caro Fuentes	Lord Cochrane 1154	Santiago
9	3	Pinturas Adarga	Chacabuco 1371	Santiago
10	6	Pinturas Andina	Exposición 750	Estación Central
11	5	Pinturas Sipa	Avda. P. Aguirre Cerda 5683	Cerrillos
12	4	Pinturas Tajamar	Las Encinas 95	Cerrillos
13	2	Pinturas Bunt	Industria 8012	La Cisterna
14	4	Pinturas Chilcorrofin	Santiago del Estero 2222	Quinta Normal
15	5	Pinturas Revor	Panamericana Norte 4221	Conchalí
16	3	Pinturas Speed	La Victoria 182	La Granja
17	3	Pinturas Creizet S.A.	Los turistas 451	Recoleta
18	2	Pinturas Cerrillos	Av Colorado 680	Cerrillos
19	2	Barpimo Chile Ltda.	Santa Marta 6743	Huechuraba
20	2	Sherwood Products S.A.	Cruz Almeyda 1060	Peñalolen
21	2	M. Antonieta Quezada V.	Octava avenida 1191	San Miguel
22	5	Prod Quim. Vitroquímica	Gabriela Mistral 5919	Cerrillos
23	3	Química Alemana Ltda	Mapocho 4041	Quinta Normal
24	3	Química Universal Ltda	M A Matta 1920-c	Quilicura
25	3	Sercoin S C I Ltda.	Las Acacias 02519	San Bernardo

FUENTE: DIRECTORIO INDUSTRIAL INE 1995

2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION

2.1. Materias primas

Genéricamente, los materiales o sustancias utilizadas en la elaboración de pinturas pueden agruparse en cuatro categorías de materias primas: pigmentos, aglutinantes, solventes y aditivos menores.

Los pigmentos son productos en polvo, insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura; sus funciones son suministrar color y poder cubridor, contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y agentes químicos. Entre los pigmentos más utilizados en la fabricación de pinturas se encuentran variados compuestos en base a cromo y plomo, zinc en polvo, dióxido de titanio, sulfato de bario, negro de humo, aluminio en polvo y óxido de hierro, como ejemplos

Dentro de la formulación de las pinturas se encuentran también las llamadas "cargas", que cumplen el objetivo de extender el pigmento y contribuir con un efecto de relleno. Entre estos materiales se encuentran sustancias de origen mineral como baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talcos, etc., y de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de bario precipitado.

Los agentes aglutinantes son sustancias normalmente orgánicas, cuya función principal es dar protección; se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados en agua. Estas sustancias comprenden los aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas. Entre los aceites secantes, el más utilizado es el aceite de linaza.

Las resinas naturales en su mayoría son de origen vegetal, con excepción de la goma laca; actualmente, su uso ha declinado considerablemente debido al desarrollo de un gran número de resinas sintéticas. Estas últimas normalmente se utilizan en combinación con los aceites antes mencionados siendo más resistentes al agua y agentes químicos. Entre las resinas sintéticas más utilizadas se encuentran las resinas alquídicas, acrílicas, fenólicas, vinílicas, epóxicas, de caucho clorado, de poliuretano y de silicona. De todas éstas, la primera es la más utilizada.

Los solventes, o vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de solventes que ocupa este tipo de industria es muy amplia pero, a pesar de ello, su uso se ha visto disminuido en los últimos años, debido a restricciones de tipo ambiental y de costo, especialmente en el caso de los solventes clorados.

Los aditivos menores son sustancias añadidas en pequeñas dosis para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales. Entre los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y antisedimentables.

Las sustancias secantes permiten controlar la velocidad de secado. Normalmente se utilizan sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, hierro, vanadio, cerio y zirconio).

Las sustancias plastificantes, por su parte, proporcionan flexibilidad y adherencia a los recubrimientos de superficie. Se clasifican en: aceites vegetales no secantes (derivados del aceite de ricino), monómeros de alto punto de ebullición (ftalatos) y polímeros resinosos de bajo peso molecular (poliester).

Las sustancias antisedimentantes previenen o disminuyen la precipitación de los pigmentos, reduciendo la fuerza de atracción entre partículas (ej.: lecitina) o formando geles (ej.: estearato de aluminio, anhídrido de silicio).

Las materias primas utilizadas en las industrias nacionales son similares a las de uso común a nivel mundial. Respecto de los solventes, el aguarrás se utiliza de preferencia en las pinturas de tipo decorativas, en tanto que en las pinturas de tipo industrial se utilizan productos más específicos.

De acuerdo a la información recopilada en visitas técnicas, se puede establecer que las principales materias primas utilizadas en Chile y sus factores de consumo son los siguientes:

TABLA 2.1: Principales materias primas utilizadas para la fabricación de pinturas.

MATERIA PRIMA	UNIDAD	FACTOR DE CONSUMO
Solventes (principalmente aguarrás)	lt/ton pint.	160
Dióxido de titanio (pimento)	kg/ton pint.	43
Resina	kg/ton pint.	16

TABLA 2.2: Principales insumos utilizados para la fabricación de pinturas en Chile.

MATERIA PRIMA	UNIDAD	FACTOR DE CONSUMO
Parafina	lt/ton pint.	30
Gas licuado	kg/ton pint.	2
Petróleo 5 y 6	lt/ton pint.	5
Energía eléctrica	kWh/ton pint.	21
Envases	s/i ⁽¹⁾	s/i ⁽¹⁾

(1)s/i: Sin información

FUENTE: Empresas visitadas por TESAM S.A.

2.2. Proceso de producción

2.2.1. Producción de pintura

La gama de productos elaborados es muy amplia, incluyendo pinturas en base agua (látex) y en base a solventes (óleo), barnices, lacas, impermeabilizantes y anticorrosivos, pinturas marinas, automotrices, industriales, etc. A nivel nacional, la industria de pinturas sigue el mismo esquema de procesamiento que se utiliza a nivel mundial, considerando similares etapas de proceso para ambos tipos de pinturas.

- **Pinturas en base agua**

Las pinturas basadas en agua generalmente están compuestas de agua, pigmentos, extensores de tiempo de secado (sustancias secantes), agentes dispersantes, preservantes, amoníaco o aminas, agentes antiespumantes y una emulsión de resina.

La elaboración de pinturas al agua se inicia con la adición de agua, amoníaco y agentes dispersantes a un estanque de premezcla. Posteriormente, se adicionan los pigmentos y agentes extensores.

Una vez realizada la premezcla, y dependiendo del tipo de pigmento, el material pasa a través de un equipo especial de molienda, donde ocurre la dispersión y luego se transfiere a un estanque de mezclamiento con agitación. En éste se incorporan las resinas y los plastificantes, seguidos de preservantes y antiespumantes y finalmente la emulsión de resina.

Por último, se agrega el agua necesaria para lograr la consistencia deseada. Luego de mezclar todos los ingredientes, el producto obtenido es filtrado para remover pigmentos no dispersos (mayores a 10 μm), siendo posteriormente envasado en tarros y embalado.

Normalmente sólo los esmaltes en base agua pasan por equipos de molienda; los látex y pastas se dispersan y terminan en estanques de mezclamiento.

- **Pinturas en base a solventes**

Las pinturas basadas en solventes incluyen un solvente, pigmentos, resinas, sustancias secantes y agentes plastificantes.

Los pasos en la elaboración de pinturas cuyo vehículo es un solvente son similares a los descritos anteriormente. Inicialmente, se mezclan los pigmentos, resinas y agentes secantes en un mezclador de alta velocidad, seguidos de los solventes y agentes plastificantes. Una vez que se ha completado la mezcla, el material se transfiere a un segundo estanque de mezclamiento, en donde se adicionan tintes y solventes. Una vez obtenida la consistencia deseada, la pintura se

filtra, envasa y almacena. Cabe hacer notar que en este proceso también es posible usar un estanque de premezcla y un molino en lugar del mezclador de alta velocidad. La Figura 2.1 presenta un diagrama general del proceso de fabricación de pinturas.

Otros aditivos menores, usados con propósitos especiales, en ambos tipos de pinturas son las sustancias antibacterianas, estabilizantes, tensoactivos y agentes para ajuste de pH.

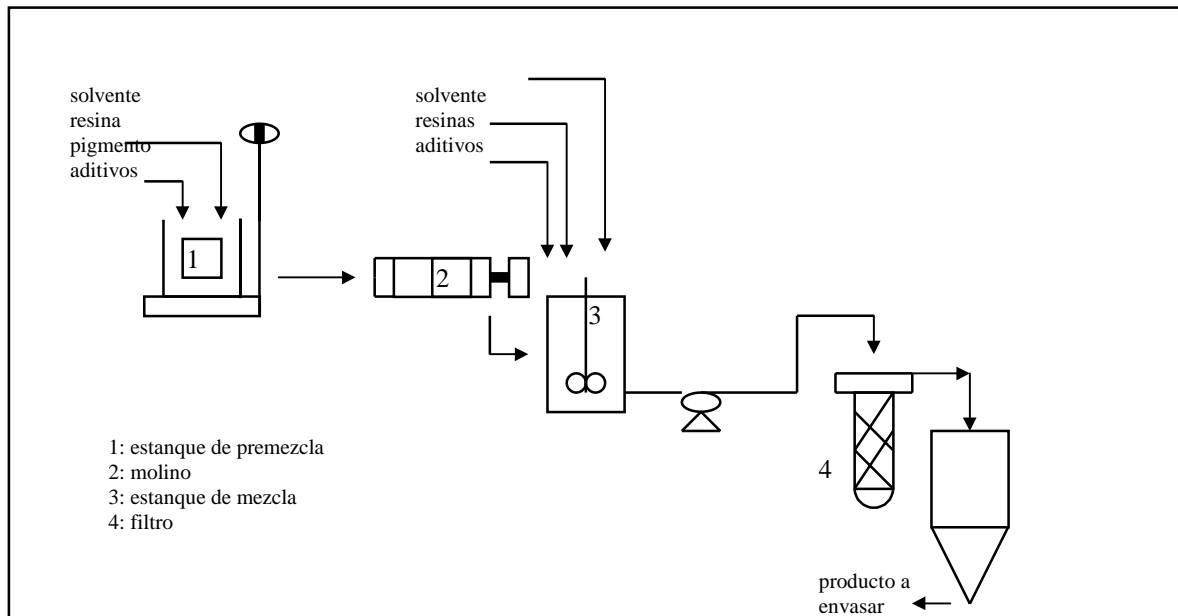


FIGURA 2.1: Diagrama del proceso de fabricación de pinturas base solvente

Dentro del proceso de producción de pinturas se pueden distinguir dos sub-procesos, en función del producto final que se quiera obtener (ver Figura 2.2), a saber:

a) Sub-Proceso A: Producción de base incolora (pintura blanca)

En la elaboración de este producto, se distinguen las siguientes operaciones:

- Dispersión de la base concentrada incolora (30% concentración de sólidos).
- Mezclado de terminación de base incolora.

Luego de estas etapas, se obtiene la base incolora, la cual puede continuar a envasado o a completar el proceso de fabricación de pintura color.

b) Sub-Proceso B: Producción de pintura color

Este se caracteriza por las siguientes operaciones:

- Dispersión del pigmento para formar una pasta coloreada (45% concentración de sólidos).
- Molienda de la pasta coloreada para formar empaste.
- Mezclado del empaste con resinas y solventes formando un concentrado coloreado.

Una vez que se obtiene el concentrado coloreado terminado, la base incolora se mezcla con éste, obteniéndose pintura color. Por último, se envía a envasado, pasando previamente por control de calidad.

Con respecto a la operación de envasado, este puede ser manual o automático. Dependiendo de las características técnicas y el tipo de empresa, las operaciones de transporte de fluido se realizan en forma manual, por bombeo (bombas de diafragma) o una combinación de ambas.

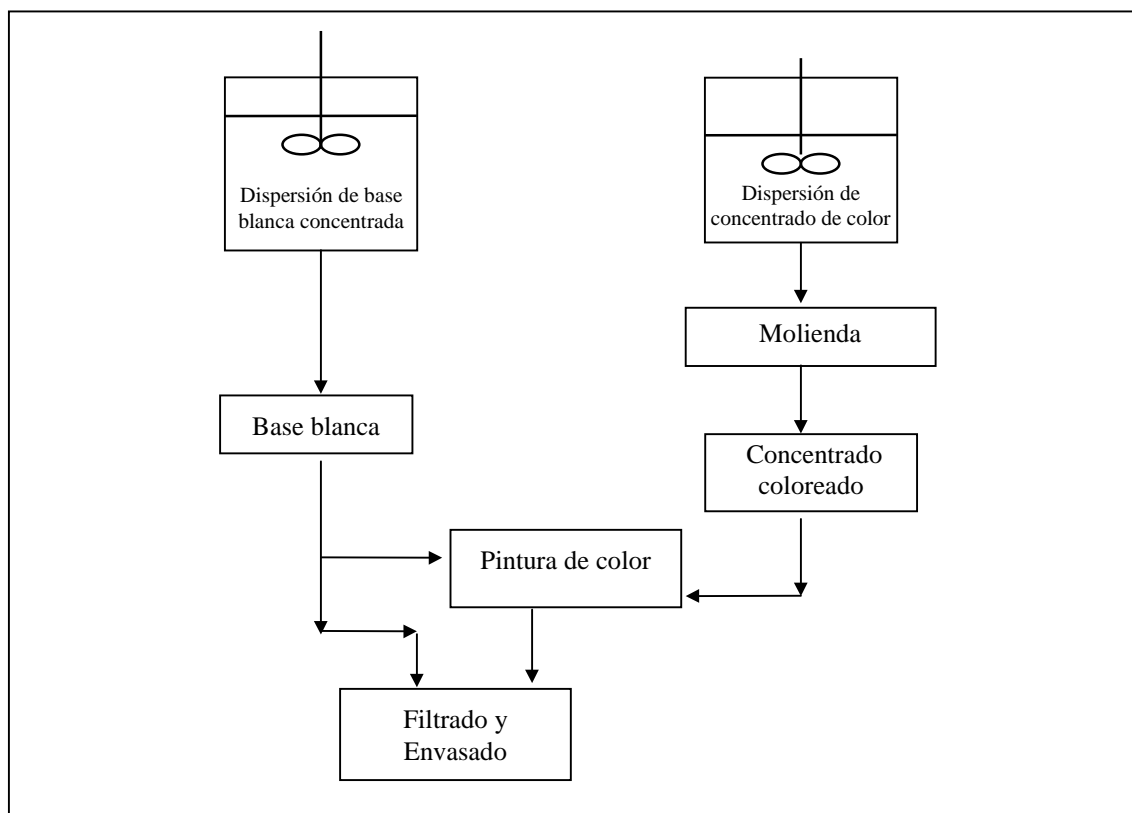
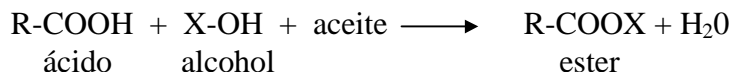


FIGURA 2.2: Subprocesos en la fabricación de pinturas.

2.2.2. Producción de resinas

Esta actividad no es propia del proceso mismo de manufacturación de pinturas, pero algunas fábricas lo tienen incorporado dentro de su proceso. La Figura 2.3 muestra un diagrama general del proceso batch de producción de resina.

La principal reacción presente en el proceso es la de esterificación, cuya ecuación de reacción es la siguiente:



El ácido orgánico que generalmente se utiliza es ácido ftálico y se produce al combinar anhídrido ftálico más agua.

El proceso consiste en la mezcla y reacción de anhídrido ftálico, un polialcohol y aceites insaturados a 200 °C - 250 °C. El tiempo de residencia en el reactor es de 8 a 12 horas aproximadamente con un pH de operación cercano a 9, utilizando amoniaco para su ajuste. De la reacción se obtiene una resina concentrada, la que es posteriormente diluida con solventes (aguarrás, xilol) y filtrada. La resina finalmente es almacenada en estanques.

Procesos artesanales incluyen el calentamiento de resinas naturales para obtener aceites de diferentes tipos, como por ejemplo de linaza en el caso de una resina natural. También en algunos casos se utilizan resinas alquídicas.

En la Tabla 2.3 se presentan las principales materias primas utilizadas en la fabricación de resinas.

TABLA 2.3: Principales materias primas utilizadas en la fabricación de resina.

MATERIA PRIMA	FACTOR DE CONSUMO kg/ton PINTURA
Aceite de pescado	62
Anhídrido ftálico	30
Alcohol	15

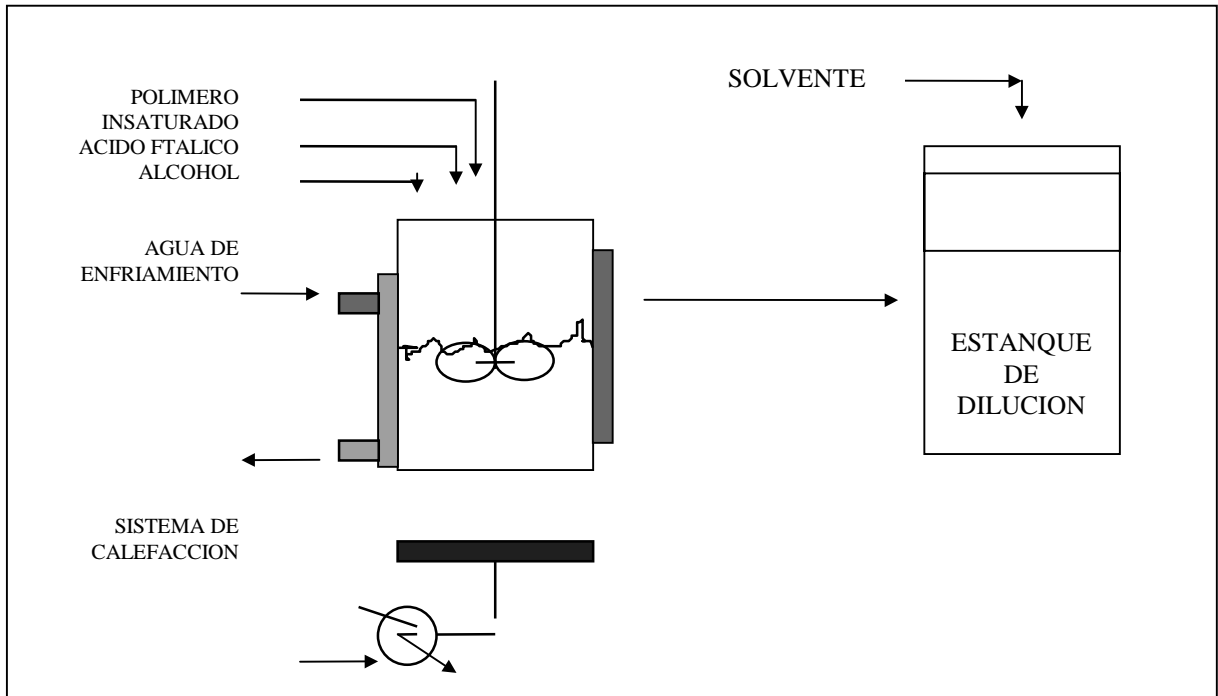


FIGURA 2.3: Diagrama del proceso batch de producción de resina.

2.2.3. Tipos de pinturas

En las Tablas 2.4 y 2.5 se presenta una caracterización de los tipos de pinturas con sus respectivos vehículos sólidos y volátiles, pigmentos y usos, tanto para pinturas como solvente como para pinturas al agua.

TABLA 2.4: Pinturas en base a solventes.

Tipo de pintura	Vehículo sólido	Disolvente	Tipo de pigmentos	Usos
Alquídicas de secado al aire	Resina gliceroftálica con aceites secantes	Aguarrás	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno • Amarillo zinc 	• Decoración anticorrosiva
Alquídicas de secado al horno	R. oleo-gliceroftálica + melamino-formol	Tolueno-xileno Butanol	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Automotriz • Electrodomésticos
Vinílicas	Polivinil-butiral	Tolueno	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo zinc 	• Anticorrosivos
Celulósicas (lacas)	Nitrocelulosa modificada con resinas y plastificante	Acetato de etilo Ciclohexanona Etiletilcetona	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno 	• Decoración de muebles, automotriz
Cloro-caucho	Caucho clorado	Xileno Tolueno	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo zinc 	<ul style="list-style-type: none"> • Pinturas ignífugas • Rev. Antiácidos, antiherrumbe
Poliuretano	Poliéster y poliisocianato	Cetonas, acetato de etilglicol, acetato de butilo	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno • Amarillo zinc 	Pinturas marinas y para hormigón, protectoras de fierro y aluminio
Epóxicas	Poliamida o poliamina con resina	Esteres, cetonas, alcoholes, glicoles		Pinturas marinas, revest. Estanques

TABLA 2.5: Pinturas en base agua.

Tipo de pintura	Vehículo sólido	Disolvente	Tipos de pigmentos	Usos
Plásticas	Acetato de polivinilo	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido de cromo Azul ultramar. 	Decoración de paredes interiores y exteriores
Acrílicas	Acrilatos	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido de cromo Azul ultramar. 	Decoración, madera, metal interiores y exteriores

2.3. Productos

Se presenta a continuación, una descripción general de productos de la industria de pinturas a nivel nacional, basada tanto en el tipo de productos, su aplicación y sus componentes.

TABLA 2.6: Descripción general de productos del mercado de pinturas nacional.

PRODUCTOS	TIPO
Pinturas de fondo	Anticorrosivo estructural económico, de aparejo, crominio epoxil, crominio sintético amarillo, crominio sintético rojo, crominio zinc, super crominio marítimo y selladores.
Pinturas de terminación	Ester-epoxy, ferrolastic, látex acrílico, latex vinílico, latex habitacional, óleo habitacional.
Esmaltes	Esmalte habitacional y tinte lustre
Esmaltes industriales	Amartillado, corrugado, esmalte secado horno liso, epoxil y esmalte industrial.
Barnices	Para maderas, epóxico, secado horno incoloro y marino sintético.
Lacas nitrocelulósicas	
Productos especiales	Aceite sintético de impregnación, antifouling, antigalvánica, calorkote, fixif negro, barnices sanitarios, lacas para estampados, pintura para pisos, pintura pizarrón, removedores, pintura tráfico y wash primer.

Otra clasificación se puede establecer desde el punto de vista del producto terminado. Desde esta perspectiva, los productos se pueden clasificar en decorativos o industriales.

- **Pinturas decorativas**

TABLA 2.7: Clasificación de las pinturas decorativas de acuerdo a su aplicación.

PRODUCTO	APLICACION
Latex:	<ul style="list-style-type: none"> • Bases moda color • Habitacional • Piscina
Oleos:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color • Habitacional • Pintura de pizarrón • Opaco
Barnices:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color (10 colores)
Auxiliares:	<ul style="list-style-type: none"> • Para techo • Tapagoteras
Esmaltes:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color
Pinturas tráfico:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color (dos colores)
Pinturas baño y cocina:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color (dos colores)
Concentrados universales:	<ul style="list-style-type: none"> • Moda color (siete colores)

- **Pinturas industriales**

TABLA 2.8: Clasificación de las pinturas industriales desde el punto de vista de su componente.

PRODUCTO	COMPONENTE
Esmaltes:	<ul style="list-style-type: none"> • Alquídico • Alquidsilicona • Epóxico • Vinílico
Anticorrosivos:	<ul style="list-style-type: none"> • Epóxicos • Cr-Zn • Epoxiamina

3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES

3.1. Fuentes y caracterización de los residuos líquidos

De acuerdo al “Catastro Nacional de Descargas de Residuos Líquidos Industriales” de 1992, realizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la actividad manufacturera de pinturas se clasificó como: “*Actividad Económica sin Factores de Descarga por Contaminación Insignificante*”.

En el mismo catastro se estableció que el 94% de las empresas del sector industrial de pinturas de la Región Metropolitana (Cuenta del Río Maipo) efectúan sus descargas a la parte baja del Río Mapocho, entre el estero Las Rosas y el estero Lampa y bajo el Zanjón de La Aguada. Del total de empresas del sector ubicadas en Santiago (sobre 25), se ha determinado que sólo dos generan casi el 90% de los riles totales del rubro (sobre 610 m³/día).

Los principales servicios sanitarios afectados por la descarga de tales residuos al sistema de alcantarillado, son los que están ubicados en las comunas de Santiago, Maipú y San José.

Los residuos líquidos se generan principalmente en los procesos de fabricación de pinturas en base agua, producto fundamentalmente de la operación de lavado de equipos. Estos residuos presentan generalmente altos niveles de DQO, debido a la presencia de sustancias orgánicas utilizadas preferentemente como solventes, preservantes y otros (por ejemplo: estirenos, acetonas, xilenos, bencenos, fenoles, etc.) en los productos; además, contienen restos de metales pesados provenientes de los pigmentos utilizados.

En Chile, la Norma Técnica Relativa a Descargas de Residuos Industriales Líquidos al sistema de alcantarillado, ha fijado rangos y límites máximos de concentración de contaminantes en las aguas industriales descargadas, tanto al sistema de recolección de aguas servidas como a cursos o masas de agua superficiales o subterráneas. En base a dicha Norma, se han realizado mediciones en las descargas de algunas empresas de pintura, recopilándose una serie de antecedentes.

De acuerdo con los datos recopilados, el rango de concentración de aceites y grasas, mercurio, plomo, DBO y sólidos suspendidos medidos en las industrias superan los límites de la Norma. Lo mismo ocurre con los valores de pH medidos.

3.1.1. Fuentes

Se pueden distinguir las siguientes fuentes de generación de residuos líquidos:

- i) Lavado de estanques de preparación de pinturas en base solvente. El solvente utilizado para lavado es aguarrás, con un consumo aproximado de 20 lt/ton de pintura producida. El RIL producido se entrega a terceros para destilación y recuperación, siendo ésta de un 70 a 75%.
- ii) Lavado de estanques de preparación de pinturas al agua. Este lavado se realiza fundamentalmente con agua, evacuando el RIL generado al sistema de alcantarillado. En algunas plantas existen estanques de decantación intermedios para separar restos de solvente, si existen, del agua y así recuperar algo del primero. En todo caso, lo que no se recupera se evacúa en la alcantarilla.
- iii) Lavado de reactores de fabricación de resinas. Estos se limpian con agua y soda a 100°C. Posteriormente, existe un segundo lavado para enjuague. Normalmente, la solución agotada se lleva a sistemas de decantación, desde donde finalmente se elimina un sólido saturado de aceites y jabones. También es posible lavar estos equipos con solvente, el cual también es recuperado. El RIL generado va hacia el alcantarillado.

Actualmente, en la gran mayoría de las empresas, el problema de generación de residuos líquidos se encuentra en estudio o existen sistemas de almacenamiento y neutralización rudimentarios, como, por ejemplo: piscinas de almacenamiento, decantadores, sistemas de floculación y neutralización con cal. Posteriormente al tratamiento, si lo hubiere, los RILES se descargan al alcantarillado. Importante es destacar que en la mayoría de las empresas, la caracterización de los RILES no existe o está siendo evaluado su estudio.

3.1.2. Generación

La Tabla 3.1, presenta la ubicación y las descargas de RILES que efectúan las empresas de la industria manufacturera de pinturas de la Región Metropolitana, a la cuenca del Río Maipo, señalándose el porcentaje de participación de cada una de ellas en la descarga a las sub-cuencas, pertenecientes a la cuenca ya mencionada anteriormente.

TABLA 3.1: Caudales de industrias de pinturas a la cuenca del Río Maipo (Región Metropolitana)

CUENCA	Sub-CUENCA	Sub-Sub-CUENCA	CAUDAL
RIO MAIPO	Río Mapocho Bajo (entre Estero de Las Rosas y Río Maipo)	Río Mapocho entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada.	18.138 m ³ /mes
RIO MAIPO	Río Maipo Medio (después de Colorado y antes de Mapocho)	Río Maipo entre Colorado y Río Clarillo	200 m ³ /mes

FUENTE: Catastro Nacional de RILES, Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1992.

El principal agente tóxico de estos residuos líquidos es de tipo orgánico. A pesar de lo anterior, de acuerdo al Catastro Nacional de Riles 1992 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (S.I.S.S.) clasifica la contaminación de esta actividad económica como “insignificante”. Por lo anterior, la misma entidad no registra, para la actividad en cuestión, factores de descarga ni valores de generación de carga orgánica tales como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (S.S.) y aceites. Tampoco se reportan valores de generación para contaminantes químicos y tóxicos, como por ejemplo: Cr, Cr⁶, Hg, Ni, F, CN⁻, Cu, Zn, Fenoles y Sulfuros.

3.2. Fuentes y caracterización de los residuos sólidos

Con respecto a los residuos sólidos, el estudio “Políticas Públicas en el Manejo de Residuos Sólidos”, publicado por MIDEPLAN en 1996, reportó que la actividad fabricante genera el 1% del total de residuos industriales sólidos no riesgosos (RISNOR) que tienen como destino final el vertedero municipal. Del total de RISNOR generados por la actividad en estudio, el 58% son residuos aprovechables (datos 1994).

La generación de residuos industriales sólidos peligrosos, estimada por el consultor a partir de factores internacionales de generación de residuos sólidos, resultó ser un 5% del valor de RISNOR.

3.2.1. Fuentes

La generación de residuos sólidos, tiene como principales fuentes a las etapas de proceso que se mencionan a continuación:

a) Etapa de dispersión, la que genera residuos tales como:

- Bolsas de papel o plástico que contienen pigmentos.
- Cajas de cartón que contienen pigmentos.
- Pigmento en polvo.

b) Etapa de envasado, la que genera residuos tales como:

- Envases de pintura con defectos de fabricación.
- Bolsas de envasado.
- Filtros usados.
- Cajas.
- Tapas y envases no utilizados por presentar defectos de fabricación.

c) Transporte de fluidos, el que genera residuos tales como:

- Borrás endurecidas de empaste de concentrado.

d) Etapas de tratamiento de residuos líquidos (si existen): lodos de tratamiento, borras de destilación de solventes.

Gran parte de estos desechos, al efectuarse el aseo en las zonas de operación, son acumulados y mezclados en algún tipo de recipiente y enviados al vertedero municipal. Los residuos provenientes del tratamiento o recuperación hasta hace poco eran almacenados dentro de las industrias, debido a que no eran recibidos por los rellenos sanitarios. Actualmente, existe la alternativa de su disposición en rellenos de seguridad para residuos industriales. Otra alternativa de tratamiento, para una parte de ellos, sería la incineración.

Un listado más detallado de los tipos de residuos sólidos que genera esta actividad, de acuerdo a la bibliografía internacional, se indica en la siguiente Tabla 3.2.

TABLA 3.2: Tipos de residuos sólidos que genera la industria de pinturas.

<p style="text-align: center;">Adhesivos Carbón activado agotado Cartón, madera, papel, plásticos Chatarra de hierro Lodos de tratamiento de aguas Polvo Residuos de pintura Resinas Tierras decolorantes usadas Trapos sucios Lodos tóxicos desaguados Restos de destilación de solventes</p>

3.2.2. Generación

De acuerdo a la información del estudio de MIDEPLAN³, la generación de Residuos Industriales Sólidos No Riesgosos (RISNOR) para el Area Metropolitana en 1994 fue de aproximadamente 313.000 ton/año. De esta generación, sólo 3.816 ton/año (1.2%) corresponde a la actividad manufacturera de pinturas.

Se puede mencionar además que de las 3.816 ton/año de residuos que genera la actividad, 2.220 toneladas (58%) son aprovechables. La Tabla 3.3 presenta una estimación de los valores de generación de desechos sólidos no riesgosos en este rubro industrial para el año 2004, lo que totaliza alrededor de 11.196 ton/año.

TABLA 3.3: Generación de RISNOR de la industria de pinturas estimada para el año 2004.

GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS	
(ton/año)	
Aprovechables	No aprovechables
542	391

FUENTE: MIDEPLAN, Políticas Públicas en el Manejo de Residuos Sólidos, 1996.

El mismo estudio citado reporta además que los factores de generación⁴ son:

- 50 kg/empleador/mes, para los residuos sólidos no aprovechables.
- 69 kg/empleador/mes, para los residuos sólidos aprovechables.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el “Estudio del Plan Maestro sobre el Manejo de los Residuos Sólidos Industriales en la Región Metropolitana” (CONAMA – JICA 1996), la tasa de generación de residuos sólidos industriales estimada para el sector CIU 352 (manufactura de otros productos químicos) donde se incluye el rubro fabricación de pinturas, fue de 22.183 ton/año.

Lo expresado anteriormente, da un indicio claro de las posibilidades de minimización de residuos sólidos en la fuente.

Respecto de la generación de residuos sólidos peligrosos, se ha estimado, a partir de los factores INVENT⁵ de generación de residuos, una generación de 130 ton/año de residuos sólidos peligrosos que corresponde a un 3,3% de la generación de RISNOR.

³ Estudio “Políticas Públicas en el Manejo de Residuos Sólidos”, MIDEPLAN 1996.

⁴ El año de referencia es 1991.

3.3. Fuentes y caracterización de emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera identificadas comprenden principalmente:

- Material particulado en suspensión (P.T.S.), estimado en un 0,8% respecto del material particulado emitido por las diferentes actividades industriales de la Región Metropolitana (1990).
- Compuestos orgánicos volátiles (C.O.V.). Se pudo estimar que las emisiones de las industrias de pintura constituyen un 8%, respecto de las emitidas por el resto de los procesos industriales de la región en estudio, y de un 1,3% respecto del total de COV que se emiten en Santiago (1990).

3.3.1. Fuentes

Desde el punto de vista de la contaminación del aire, existe presencia de polvo en suspensión en los sectores de trabajo con pigmentos, en las zonas de preparación de bases, empastes, almacenaje, etc., debido principalmente a que el manejo de la carga es manual. Por otro lado, las calderas de la mayoría de las empresas, si existen, cumplen, con la reglamentación vigente de emisión de fuentes fijas.

Otra fuente importante dice relación con las emanaciones de vapores de los solventes usados en el proceso, tales como aguarrás y compuestos en base a fenoles o bencenos.

Actualmente, las empresas no poseen sistemas de control para este tipo de emisiones gaseosas, aún cuando a nivel mundial se utilizan sistemas de captación de polvo y lavado de gases.

Respecto a las emanaciones de solventes, no se cuenta con datos de medición del nivel de concentración de estos compuestos en el proceso, aún cuando existe una normativa que rige las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y que especifica límites permisibles (Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, Decreto N° 745 del Ministerio de Salud).

Los valores de los límites permisibles de tolerancia para algunos solventes utilizados en la industria de pintura se indican en la siguiente tabla.

⁵ El factor INVENT para este caso es de 5,97 kg. de desecho peligroso/mes/empleador. El número de empleados que trabaja en la industria de pinturas el año 1991 era de 1864 personas de acuerdo a la información de ENIA 1991 reportada por el INE. Con respecto a esto el INE no dispone de información más allá de ese año.

TABLA 3.4: Límites de tolerancia de solventes en ambientes de trabajo.

TIPO DE SOLVENTE	LÍMITE PERMISIBLE (mg/m³)
Halogenados	
Percloroetileno	270
Tricloroetano	1530
Tricloroetileno	215
No halogenados	
Xileno	347
Tolueno	300
Metiletilcetona	472
Metanol	210
Acetona	1424
Etilacetato	1150
Butanol	120
Aguarras (varsol)	1100
Aguarras (trementina)	445

3.3.2. Generación

En base a los factores de generación de la O.M.S. ,que se presentan en la Tabla 3.5 a continuación, es posible determinar que las emisiones de P.T.S. y C.O.V. para la industria de pinturas, son de 408 ton/año y 612 ton/año respectivamente⁶.

TABLA 3.5: Factores de emisión de P.T.S. y C.O.V. de la industria de pintura de acuerdo al modelo O.M.S.

P.T.S. kg/tonelada de pintura	C.O.V. kg/tonelada de pintura
10	15

O.M.S. Organización Mundial de la Salud

La emisión global de contaminantes atmosféricos del tipo P.T.S. y C.O.V. son las siguientes:

⁶ Cálculos para el año 1990.

TABLA 3.6: Emisión de P.T.S. y C.O.V. en la Región Metropolitana.

FUENTE	P.T.S. Ton/año	C.O.V. Ton/año
Procesos Industriales	4.510	7.890
Emisión Global	51.400	46.604

FUENTE: Sandoval II., Descontaminación Atmosférica de Santiago, 1990.

De acuerdo a los factores de generación presentados en la Tabla 3.5 y la producción de pintura estimada, se puede establecer que la emisión de P.T.S. de la actividad en estudio corresponde a un 9% respecto de los procesos industriales de la Región Metropolitana y a un 0,8% respecto de la emisión global.

En forma análoga, se puede establecer que los C.O.V. generados por las industrias de pinturas corresponden a un 8% de los generados por la industria manufacturera de la Región Metropolitana y a un 1,3% de las emisiones globales.

La Figura 3.1, a continuación, presenta un esquema del proceso de fabricación de pinturas indicando los puntos de generación de residuos.

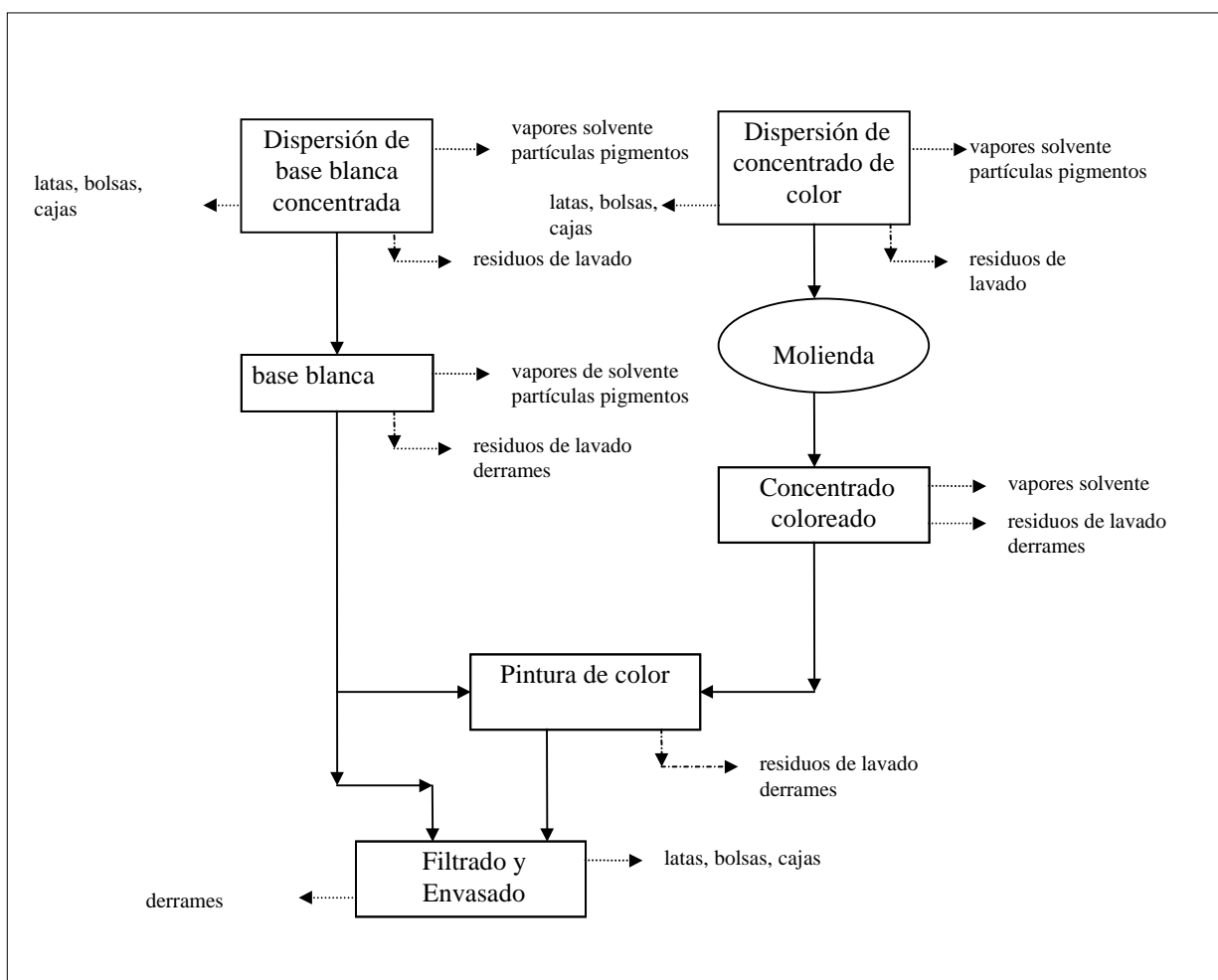


FIGURA 3.1: Esquema del proceso de fabricación de pinturas, identificando las etapas de generación de residuos.

4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

La minimización de residuos tiene una serie de ventajas tangibles e intangibles para la industria, entre las que se cuentan la reducción de costos por tratamientos y disposición de un gran volumen de residuos, ya sea in situ o fuera de la planta y la reducción de los costos de producción a través de un mejor manejo de materiales y una mayor eficiencia del proceso. Esto, además, permite lograr el cumplimiento de las regulaciones o normativas y una mejora de la imagen pública de la empresa.

Dentro de las posibles alternativas de manejo ambiental para los residuos generados en un proceso industrial, se ha desarrollado una jerarquía de opciones, en orden creciente de costo de implementación.

- **Reducción en la fuente**

La primera alternativa es la llamada reducción en la fuente e involucra cambios en los productos y cambios en los procesos. En el primer caso, se propone el establecer diseños de productos con menor impacto ambiental, o bien, desarrollar alternativas para aumentar la vida útil de los mismos. Respecto de los procesos, se incluyen la sustitución de materias primas e insumos contaminantes, cambios tecnológicos, “tecnologías limpias”, y el mejoramiento de las prácticas de operación, como por ejemplo la minimización en el uso de agua y la separación en la fuente de los residuos contaminados de los no contaminados.

- **Reciclaje**

La segunda alternativa corresponde a la recuperación, reuso y reciclaje de materiales, tanto dentro del proceso mismo como fuera de él.

- **Tratamiento y disposición final**

Estas dos últimas alternativas corresponden a las tecnologías de control que se desarrollan al final del proceso (end of pipe), las que involucran el tratamiento previo de los residuos (mediante sistemas mecánicos, físico-químicos, biológicos, térmicos, etc.) y la disposición/ destrucción final de los mismos.

La tendencia actual se enfoca a buscar soluciones mediante la reducción en origen, ya que en rigor, las medidas preventivas son más simples de implementar y de menor costo, con períodos de retorno de inversión más reducidos. En la mayoría de los casos, es posible mejorar algunos sistemas y procedimientos, lo que permite reducir los volúmenes de residuos en la industria, y por

ende, disminuir en forma ostensible el tamaño de una planta de tratamiento final (y su costo de inversión) si esta se requiere, y los costos de disposición final.

Los costos de implementación de las medidas de gestión ambiental van aumentando ostensiblemente desde la opción de prevención (reducción en la fuente), pasando por el reciclaje, tratamiento y disposición final. Esto se puede visualizar más claramente en la siguiente tabla.

TABLA 4.1: Costos de implementación de medidas de control.

OPCIONES DE GESTION AMBIENTAL			COSTO RELATIVO
Reducción en la fuente	Cambios en los procesos	Sustitución de materias primas e insumos contaminantes	\$
		Cambios tecnológicos/introducción de tecnologías limpias	
		Mejoramiento de las prácticas de operación	
	Cambios en los productos	Diseño con menor impacto ambiental Incremento de la vida útil del producto	
Reciclaje	Recuperación y reuso dentro del proceso de producción		\$\$\$
	Reciclaje fuera del proceso		
Pretratamiento y tratamiento	Mecánico		\$\$\$\$\$
	Físico-químico		
	Biológico		
	Térmico u otros		
Disposición- Destrucción			\$\$\$\$\$\$\$

El reuso dentro del proceso involucra la reutilización de las aguas residuales como alimentación o material de lavado para producir otros pinturas. También incluye pinturas de interiores o exteriores, fuera de especificación, que son reutilizadas.

El reciclo dentro del proceso involucra la reducción de los solventes por destilación o la recuperación de energía calórica por incineración. A nivel mundial, el reciclo dentro del proceso es desarrollado por grandes compañías (las que producen más de 35,000 galones de solvente de los residuos cada año), mientras pequeñas compañías (las que producen 20,000 galones o menos por año) envían los residuos a recuperación fuera de la planta.

La cuarta opción, tratamiento/distribución involucra incineración o colocación en tierra de residuos sólidos y el tratamiento de residuos líquidos.

4.1. Reducción en origen

4.1.1. Cambios en los procesos

a) Mejoramiento en las prácticas de operación

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, disminuir costos y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos. Estas prácticas son similares para la generalidad de los procesos manufactureros, pues se establecen en base a una mejor gestión del trabajo y consideran el establecer ahorros importantes en materias primas e insumos.

De acuerdo a lo anterior, las buenas prácticas se constituyen en una parte importante de las medidas de mitigación de impactos ambientales que debe contener todo estudio de impacto ambiental, dentro del plan de manejo. Dentro de estas prácticas se incluyen las políticas de personal, medidas para incluir mejoras en los procedimientos y medidas de prevención de pérdidas. 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).

Como ejemplos de buenas prácticas de operación generales, se pueden citar las siguientes:

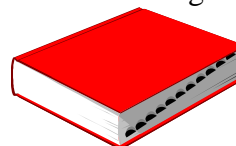


- Capacitación permanente del personal que trabaja en un proceso industrial, referida específicamente a la mantención de condiciones del proceso ambientalmente confiables, opciones de segregación de residuos, seguridad industrial, uso óptimo de equipos, manejo de materiales y salud ocupacional. Es vital que los empleados sepan porqué se les exige una forma de trabajo y que se espera de ellos. La experiencia de los empleados es vital. Normalmente, los

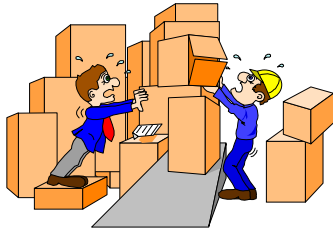
empleados antiguos comprenden el proceso muy bien, y los errores que resulten en la generación de residuos son pocos e infrecuentes.



- Uso de incentivos al personal (no solamente de tipo monetario). Los empleados se comprometen más con la aplicación de medidas de prevención si saben que obtendrán algún beneficio.



- Desarrollo de manuales de operación y procedimientos (partiendo desde listas de chequeo o figuras de llamado de atención para los operarios, hasta el manual mismo para el personal profesional), con el fin de clarificar y/o modificar operaciones de proceso para hacerlas más eficientes y controlar pérdidas. En general, éste punto es la principal falencia dentro de las industrias.



- Optimización de operaciones de almacenamiento y manejo de materias primas (sistema FIFO: lo primero que entra es lo primero que sale), así como el control de inventarios. Tratar de mantener un stock mínimo de materiales, sobretodo si éste es perecible, para evitar pérdidas innecesarias. Usar las materias primas en la cantidad exacta para cada trabajo. Evitar tráfico excesivo en las zonas de almacenamiento y producción.



- Optimización de los programas de producción y mantención preventiva de los equipos con el fin de evitar emergencias, accidentes, escapes y derrames o falla de los equipos (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.

- Al momento de recibir materias primas de los proveedores, realizar control de calidad y composición, para verificar si se 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.



- Desarrollar listas de programación para cada tipo de producto elaborado, con tiempos estimados de inicio y termino de cada lote de producción, con el fin de controlar el inventario de las materias primas activas y mejorar la eficiencia de utilización de los equipos, para así lograr una adecuada cobertura de la demanda de los productos.

Otras medidas de minimización, basadas en buenas prácticas de operación son las siguientes:

- Programar la producción de batch de pintura desde los colores claros a los más oscuros, reduciendo así los requerimientos de limpieza.
- Programación de limpieza inmediata de los estanques una vez finalizado su uso, lo cual permite disminuir la necesidad de soluciones de limpieza, al evitar que la pintura se seque.
- Una práctica usual es acumular y almacenar en forma separada el solvente de lavado de cada batch de pintura en base solvente. Cuando el mismo tipo de pintura sea producido, el solvente residual almacenado es usado en lugar del solvente virgen. Esta misma técnica es corrientemente aplicada, con el agua utilizada en la producción de pintura látex. Sin embargo, para su aplicación requiere de disponibilidad de estanques y espacio, y que los niveles de producción sean tales que aseguren el reuso continuo de los materiales.
- Planificar anticipadamente el manejo de residuos. Los problemas asociados con la disposición de los residuos fuera de la planta deben ser anticipados para implementar medidas antes de tiempo.
- La forma más efectiva de reducir residuos peligrosos asociados con cualquier tipo de residuo (líquidos, borras, envases etc.) es segregar (separar) los materiales peligrosos de los no peligrosos para su posterior reuso o disposición.

b) Reducción consumos de agua: Limpieza de equipos

La limpieza de equipos genera más aguas residuales que las operaciones asociadas con la manufactura de pinturas. La producción de pinturas ya sea base agua o solvente, considera residuos que permanecen unidos a las paredes del tanque de preparación. Los tres métodos usados para limpiar los tanques en la industria de pintura son: lavados con solvente en pinturas base solvente, lavado cáustico para pinturas base solvente o agua, y lavado con agua para pinturas en base agua.

Los equipos usados para la preparación de pinturas en base solvente son lavados a su vez con otros solventes, los cuales son generalmente reutilizados en alguna de las siguientes formas:

- Acumulados y usados en la próxima carga compatible de pintura como parte de su formulación.
- Acumulados y redestilados dentro o fuera de la planta.
- Acumulados y usados con o sin sedimento, hasta agotarlos. Cuando el solvente finalmente se agota, éste es separado para disponerlo.

En general, en el país, las empresas reciclan todos sus residuos de solvente, normalmente enviándolos a terceros. Información de la EPA, acerca de este tema en Estados Unidos indica que, con costos comunes de disposición la destilación de solvente en planta puede ser justificada

económicamente para tan poco como ocho galones de residuos de solvente generado por día (32 lt/día). De todo el solvente que es reciclado, el 75% es recuperado y la porción remanente es dispuesta como lodo.

El lavado cáustico es utilizado para limpieza de equipos tanto para pinturas en base agua como en base solvente, pero más frecuentemente para las con base agua. El lavado con agua es usualmente insuficiente para remover la pintura que se ha secado en los tanques mezcladores. Ya que el lavado con solvente usualmente puede remover la pintura en base solvente que se ha secado, la necesidad de lavado cáustico es menor.

Existen dos tipos principales de sistemas cáusticos usados comúnmente por la industria de pintura. En un primer sistema, la soda cáustica es mantenida en un tanque contenedor (usualmente con sistemas de calentamiento) y es bombeado en el tanque ha ser limpiado. La soda cáustica es desaguada a una zanja desde la cual se le retorna al tanque contenedor. En el segundo sistema, una solución cáustica es preparada en el mismo tanque que ha ser limpiado el que se mantiene en remojo hasta que está limpio. Muchas plantas reutilizan la solución cáustica hasta que pierde su capacidad de limpiar entonces, la solución cáustica es dispuesta como un residuo sólido o uno líquido con o sin neutralización.

El agua de lavado de equipos, usada en la producción de pinturas en base agua, es fuente de un volumen considerable de aguas residuales, las cuales pueden tener los siguientes posibles destinos:

- Acumulación y uso como parte de la formulación de un tipo de pintura compatible.
- Acumulación y uso con o sin tratamiento para limpieza hasta agotarla.

Los lodos acumulados en los estanques de solución agotada son puestos en tambores y dispuestos como residuos sólidos. El agua de lavado reciclada agotada también puede ser almacenada en tambores y dispuesta como residuo sólido después que el contenido soluble prohíbe continuar usándola.

El porcentaje de pintura en base solvente y pintura en base agua que procesa cada industria es el factor más importante que afecta el volumen generado de agua residual en el proceso y su descarga. Debido a su gran uso de agua de lavado, las plantas que producen un 90% o más de pinturas en base agua descargan más agua residual que las que producen un 90% o más de pinturas en base solvente.

Factores adicionales que influyen en la cantidad de agua residual producida son: la presión del agua de lavado, el diseño del sistema de control y presión de agua y la existencia o ausencia de canales de desagüe. Donde no existen canales de desagüe, el equipo es frecuentemente lavado manualmente con trapos; cuando hay canales, hay una gran tendencia a usar mangueras.

A menos que el lodo del lavado húmedo pueda ser reciclado como un subproducto vendible, el uso de métodos de lavado en seco debe ser incentivado donde quiera que sea posible. Por el cierre de los canales de desagüe y desalentando el lavado de áreas innecesarias, algunas plantas

han sido capaces de alcanzar un gran decrecimiento en el volumen de agua residual (USEPA 1979). Otras formas efectivas para reducir el agua incluyen el empleo de bocas de manguera de volumen limitado, uso de agua reciclada de limpieza, y supervisión activa del proceso.

Los residuos asociados con la limpieza de equipos representan la mayor fuente de residuos en la producción de pinturas. Así los métodos que reducen la necesidad o la frecuencia de limpieza del tanque o que permiten reutilizar las soluciones de limpieza son considerados más efectivos. Entre estos métodos se incluyen:

- **Uso de aparatos mecánicos: raspadores de goma**

Para reducir la cantidad de pintura adherida a las paredes de los estanques de mezcla, se utilizan raspadores de goma. Esta operación normalmente requiere trabajo manual y, por lo tanto, el porcentaje de reducción de residuos es función del operador. Actualmente existen equipos mezcladores diseñados con raspadores de pared automático. Estos mezcladores pueden ser usados con algún tanque mezclador cilíndrico (fondo plano o cónico).

- **Uso de atomizadores de alta presión y limitación del tiempo de lavado/enjuagado**

Después de raspar la pared del tanque, se recomienda usar sistemas de lavado spray para limpiar los tanques de pinturas en base agua. De acuerdo a algunos estudios realizados por US-EPA 1979, los sistemas de lavado de alta presión pueden reducir el uso de agua de un 80 a un 90% y, además, pueden remover parcialmente la pintura seca adherida reduciendo así la necesidad de soda cáustica. El sistema de lavado spray también es aplicable para los lavados en el proceso con solventes.

Un sistema portátil de atomización de alta presión puede lograr un 25% de reducción en el volumen de residuos de limpieza.

- **Uso de tanques forrados con teflón para reducir la adhesión y mejorar el drenaje**

La reducción de la cantidad de adherencia hará el lavado en seco más atractivo. Este método es probablemente aplicable sólo a pequeños tanques batch que se pueden lavar manualmente.

- **Uso de espuma plástica o en barra para limpiar tuberías**

Se tienen referencias del uso de espuma plástica o en barra para limpiar pintura de las tuberías. La barra y/o la espuma es forzada a través de la tubería desde el tanque mezclador hasta una tolva de llenado. En su paso va frotando y soltando la pintura adherida a las paredes. Esto permite incrementar la producción y reduce el grado de limpieza requerido. El equipo (lanzador y receptor) debe ser cuidadosamente diseñado para evitar derrame, rocío y daños potenciales, y el recorrido en las tuberías debe estar libre de obstrucciones para que la barra no se atasque o se pierda en el sistema.

Para plantas que emplean sistemas de limpieza CIP (Clean-in-Place) y sistemas de reciclaje en las operaciones de lavado/enjuague, la frecuencia del reemplazo de las soluciones y el volumen de residuos pueden ser minimizados mediante el uso de los siguientes métodos de reducción de residuos:

- **Una secuencia de enjuague en contracorriente**

Para facilitar un espacio adicional de almacenaje disponible puede emplearse enjuague en contracorriente. Esta técnica usa solución “sucia” reciclada para iniciar la limpieza del tanque. El paso siguiente, es usar solución reciclada “limpia” para enjuagar la solución “sucia” desde el tanque. Ya que el nivel de contaminación crece más lentamente en la solución reciclada “limpia” que con un simple sistema de reuso, la vida de la solución es fuertemente incrementada. El enjuague en contracorriente es más común con sistemas CIP, pero puede ser usado con todos los sistemas.

- **Reemplazo de solución de limpieza cáustica por una alcalina**

La frecuencia de reemplazo de esta solución de limpieza es la mitad que la de una solución cáustica regular, el volumen de residuos de limpieza puede ser reducido cerca de la mitad.

- **Secado de lodos por filtración o centrifugación**

Los métodos anteriores son utilizados para reducir la cantidad de residuos generados, usando en forma continua una solución de limpieza. El secado sólo reduce el volumen de lodo a disponer, pero no podría ser vista como una reducción de residuos.

c) Sustitución o reemplazo de materias primas e insumos

- **Reemplazo de pigmentos**

La industria de pinturas ha eliminado en cierto grado el uso de pigmentos de plomo debido a su toxicidad. Los pigmentos de plomo rojo son excelentes como imprimantes industriales, existiendo actualmente sustitutos que cumplen igual función pero que son más caros.

Los pigmentos de cromo amarillo (cromato de plomo) producen un color brillante y son utilizados en pinturas para señalizaciones de tránsito. Como alternativa se tienen los pigmentos amarillos orgánicos, pero estos generalmente son más caros, o bien los pigmentos amarillos de óxido de hierro, que no son brillantes. En Estados Unidos, el reemplazo del pigmento de cromo está impedido por regulaciones gubernamentales debido a su uso en la señalización de tránsito.

El grado de reemplazo futuro de este tipo de pigmentos, por sustitutos menos peligrosos, será función tanto de las regulaciones del medio ambiente como de la demanda que tengan estos productos.

En general, la sustitución de materias primas peligrosas por otras más inocuas se está dando paulatinamente, principalmente por el aumento en los costos de disposición de residuos y un mayor control respecto del cumplimiento de regulaciones sobre materiales peligrosos. Sin embargo, esta acción tomará algún tiempo, ya que muchos sustitutos son menos efectivos que los materiales originales.

- **Substitución de biocidas**

Existen además otros aditivos menores utilizados ocasionalmente, que convierten en peligrosos los residuos de esta industria; por ejemplo fungicidas y bactericidas en base a mercurio, utilizados para prevenir el deterioro de las pinturas en base agua. Otros materiales que se encuentran bajo esta situación son la tributiltina, usada en pinturas marinas, y la metilendianilina, utilizada en la fabricación de recubrimientos de uretano.

Los compuestos de mercurio se han utilizado para retardar el crecimiento de ciertos organismos que pueden ocupar como nutrientes algunas resinas y otros materiales de naturaleza proteica presentes en la pintura látex, deteriorando la apariencia de la pintura antes o después de su aplicación. Se están usando con éxito otro tipo de preservantes o fungicidas, con el mismo propósito (ej. isotizolina), pero el uso de compuestos orgánicos de mercurio aún prevalece. Estos compuestos incluyen acetato fenilmercúrico, oleato fenilmercúrico, álcalis de mercurio y otros derivados similares de ácidos orgánicos.

La fabricación de la mayoría de las pinturas al agua es un proceso discontinuo, debiéndose limpiar previamente los estanques de formulación y mezcla antes de una siguiente preparación. Esta limpieza es especialmente crítica cuando la siguiente formulación a preparar es de diferente

color. Habitualmente, estos residuos líquidos contienen concentraciones de mercurio superiores a los límites impuestos por las normativas ambientales.

Se estima que, en un proceso promedio, la concentración de compuestos orgánicos de mercurio es de aproximadamente 500 mg/litro en los residuos líquidos, los que además contienen sólidos en suspensión dispersos en el agua. La alta concentración de mercurio y otras sustancias sólidas hace inaceptable la descarga de estos residuos líquidos a la red de alcantarillado sin un tratamiento químico previo, de manera de reducir el nivel de mercurio y de los sólidos a los rangos permitidos.

- **Uso de pigmentos en forma de pastas en lugar de pigmentos en polvo**

Los pigmentos en forma de pasta son pigmentos secos que han sido mojados o mezclados con resinas. Ya que estos pigmentos están húmedos la generación de polvo cuando el embalaje es abierto es menor o no existe. La mayoría de estos pigmentos son suministrados en tambores (los cuales pueden ser reciclados) y por lo tanto se podría evitar un residuo más debido a los embalajes vacíos. Este sistema podría incrementar la facilidad de manipulación/ manejo de los pigmentos, logrando reducir en forma importante las probabilidades de derrame y generación de polvo.

- **Substitución de filtros**

En la industria de pinturas, los filtros de cartucho son de uso común para remover grandes aglomerados de pigmentos antes de envasar el producto. Estos cartuchos son diseñados para remover el pigmento no dispersado desde la pintura durante la carga y están saturados con pinturas cuando se remueven. Por lo tanto, la minimización de residuos y la economía recomiendan filtrar pequeñas cantidades a fin de reducir las pérdidas de pintura y el capital gastado en los filtros. Un problema frecuente es el tapado de los filtros, la respuesta a este problema pasa por mejorar la dispersión del pigmento, y no por incrementar el área de filtrado.

Algunas alternativas viables en lugar de filtros de cartucho incluyen filtros de mangas y filtros de mallas metálicas. Los filtros de malla metálica están disponibles en tamaños muy finos de micrones y pueden ser limpiados y reusados. Ya que es muy importante minimizar todos los residuos, el residuo de lavado del filtro de malla puede ser reusado o reciclado

Los filtros de cartuchos pueden ser reemplazados por filtros de mangas. Los filtros de mangas agotados contienen mucho menos pinturas que los cartuchos agotados y pueden ser reusados varias veces; sin embargo, los filtros de mangas son más caros. Los filtros de mangas agotados pueden lavarse con solvente previo a su disposición como residuo no peligroso. El solvente de lavado puede ser combinado con otros solventes de lavado y enviados para recuperación fuera de la planta.

También es posible el uso de pantallas de alambre en lugar de filtros de mangas/cartuchos. Estas pueden ser reutilizadas casi indefinidamente prelavándolas con un solvente por lo que son preferibles a las mangas/cartucho. El proceso de lavado puede generar un residuo en base solvente. Por lo tanto el uso de pantallas de alambres es recomendado sólo si esta corriente de residuos puede ser recuperada.

- **Sustitución de tipos de envases.**

Los pigmentos inorgánicos, que contienen metales pesados son usualmente transportados en sacos. Después de vaciar los sacos, usualmente quedan restos en el interior. Al vaciar contenedores de materias primas líquidas que constituyen residuos peligrosos (por ejemplo solventes y resinas) normalmente se limpia o recicla el material remanente, recuperando materia prima original o se envía a un estanque local de recicló.

Las siguientes son técnicas de reducción de residuos para sacos y embalajes:

⇒ *Uso de sacos solubles en agua para pigmentos tóxicos y compuestos usados en las pinturas en base agua*

Cuando se vacían, los sacos pueden ser disueltos o mezclados con la pintura. Este método es comúnmente usado para manipulación de compuestos de mercurio y otros fungicidas de pinturas. Este método no puede ser usado, sin embargo cuando se requiere alta calidad, en pinturas de terminación suave ya que la presencia de este material podría afectar la propiedad de formación de el film de pintura o podría incrementar la carga en el filtro lo cual aumentaría los residuos de filtrado.

Algunos de los bactericidas en base a mercurio son entregados en bolsas solubles en agua. Esas bolsas se agregan al batch junto con los bactericidas, así se evita la generación de residuos en forma de bolsas y embalajes.

⇒ *Uso de tambores enjuagables/reciclables con forros plásticos en vez de sacos de papel.*

d) Cambios tecnológicos

- **Control de las emisiones al aire desde el almacenamiento**

Varios métodos están disponibles para reducir la cantidad de emisiones resultantes desde un estanque de almacenamiento de productos. Algunos de esos métodos incluyen el uso de tapas adecuadas, uso de una cubierta de nitrógeno para suprimir emisiones y reducir la oxidación del material, uso de condensadores refrigerados o uso de absorbentes de aceite o carbón.

Algunos de los polvos generados durante la manipulación, molienda y mezclado de pigmentos pueden ser peligrosos. Por lo tanto, se recomienda utilizar equipos de colección de polvo

(sombreros de chimenea, ventiladores de descarga y almacenaje de sacos) para minimizar la exposición de los trabajadores en zonas de polvo localizado y utilizar sistemas automáticos de carga y descarga de estos materiales.

4.1.2. Cambios en los productos

Dentro de los productos posibles de ser reemplazados también se encuentran las pinturas basadas en solventes, sobre todo por su efecto en las emisiones al aire. Desde 1987, la EPA ha implementado normativas en California para reducir los niveles de solventes en pinturas de tipo arquitectónico, las que deben contener menos de 250 gr. de compuestos orgánicos volátiles (COV) por litro de pintura. Esta reducción en la cantidad de solvente adicionado ha generado problemas en algunos productos, disminuyendo su capacidad de secado y de aplicación. Lo anterior ha conducido a que el mercado prefiera productos alternativos como recubrimientos de tipo no volátil, pinturas con alto contenido de sólidos (bajas en solvente), sustitutos basados en agua o recubrimientos más concentrados.

Los recubrimientos de tipo no volátil (pinturas en polvo, pinturas catalizadas y pinturas curadas por radiación) contienen muy poco o nada de solventes en su formulación. Su aplicación es simple y puede ser automatizada y la cantidad de residuos generados es muy baja, pudiendo éstos ser recuperados y reciclados. Este tipo de recubrimiento se considera no tóxico, sólo con problemas de partículas de polvo en suspensión.

Las pinturas en polvo se componen de un polvo muy fino de resinas rígidas (principalmente de tipo poliéster o epóxicas) mezcladas con pigmentos. Estas pinturas se aplican en seco, normalmente con un equipo de aspersión electrostática para permitir que las partículas cargadas se adhieran a la superficie, y luego se someten a cocción en hornos lo cual permite que las resinas fundan y/o polimericen. Este tipo de recubrimientos actualmente están encontrando gran aplicación, incluso en la industria automotriz.

Las pinturas curadas por radiación se aplican en seco sobre un objeto y luego son irradiadas con luz ultravioleta, infrarroja, microondas o con un haz de electrones de alta energía para endurecer y polimerizar las resinas, siendo la primera modalidad la más usada. Este tipo de recubrimiento no requiere de altas temperaturas para realizar el curado, por lo cual es especialmente utilizado en materiales sensibles al calor como papel, madera o plásticos.

Las pinturas catalizadas corresponden a dos tipos de resinas que se mezclan justo antes de aplicarlas sobre un objeto, polimerizando posteriormente sin requerir ningún tratamiento adicional. Estas pinturas han encontrado gran aplicación en lugar de las pinturas basadas en solventes.

Las pinturas de alto nivel de sólidos son pinturas basadas en solventes que contienen sobre un 60% de sólidos por volumen. En comparación con las pinturas comunes basadas en solventes, éstas utilizan resinas de menor peso molecular con sitios altamente reactivos para lograr la

polimerización del producto. El recubrimiento final obtenido es comparable al de las pinturas basadas en solventes.

La mayor ventaja de este tipo de pinturas es la de cumplir con las limitaciones para la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) utilizando las mismas materias primas, equipos de fabricación y técnicas de aplicación, aunque requiere equipos de aspersion especiales debido a su alta viscosidad. En la siguiente tabla se compara el grado de emisión de COV de los diferentes tipos de pinturas detalladas anteriormente.

TABLA 4.2: Emisiones de COV de diversos tipos de pinturas.

	Pintura base solvente	Pintura base agua	Pintura alto % sólidos	Pintura en polvo
% sólidos	33	35	60	99
contenido COV (%v)	67	16	40	1
emisiones COV (ton/año)	38	26	31	0.6

4.2. Reciclaje

4.2.1. Pinturas fuera de especificación/ derrames / productos obsoletos

La mayoría de las pinturas fuera de especificación son restos de pinturas especializadas. Gran parte de éstas pueden ser reutilizadas en nuevas formulaciones.

Los derrames ocurren usualmente por descargas accidentales o inadvertidas durante operaciones de transferencia o fallas en los equipos (goteras). La pintura derramada y los residuos resultantes de la limpieza son usualmente descargados a sistemas de tratamiento de aguas residuales o directamente puestos en tambores para disponerlos. Grandes cantidades de agua pueden ser usadas para limpiar derrames de pinturas en base agua. Los métodos de limpieza en seco son empleados para limpiar derrames de pintura base solvente. Los métodos de reducción de estos residuos son pasan fundamentalmente por un incremento de la automatización y mejoras de las prácticas de operación

Si el derrame es de materiales es de base agua ellos se pueden enviar a una unidad de tratamiento de aguas. Si son en base solvente son tratados para recuperar el solvente. Los derrames son recuperados primero en forma manual, para luego ser reutilizados. Solo los remanentes residuales después de recuperar son objeto de limpieza en seco usando adsorbentes comerciales

(arena o aserrín). El uso directo de adsorbentes por limpieza en seco (es decir sin recuperación previa) no es una práctica apropiada ya que los residuos resultantes son difíciles o imposibles de reprocesar.

Los productos obsoletos y las devoluciones del cliente pueden ser combinadas en nuevas preparaciones de pinturas. Los productos obsoletos resultan de los cambios en la demanda del cliente y productos vencidos. Algunas políticas de marketing, tales como descontinuar pinturas de formulación antigua, pueden reducir la cantidad de productos obsoletos que requieren disposición.

Para evitar la obsolescencia de la materia prima debe llevarse a cabo un cuidadoso control y monitoreo de inventario. La materia prima debe ser usada tan completamente como sea posible para evitar vencimiento o degradación. Las materias primas deben ser aceptadas a los proveedores sólo cuando ellos conocen estrictamente los estándares de control de calidad.

4.2.2. Reciclo de materiales de limpieza

Una primera alternativa para el reuso de las aguas de limpieza de equipos de preparación de pintura es base agua, es el uso de un sistema de floculación que permitiría disminuir los sólidos en la corriente de entrada, generando un líquido final clarificado que puede descargarse al alcantarillado o reusarse como agua de lavado nuevamente. Los sólidos floculados contienen un 70 a 75% de agua. Agregando un filtro de vacío se puede disminuir el contenido de agua en los sólidos a disponer a un 30 a 35%.

Como otra alternativa, los residuos sólidos resultantes de la floculación pueden ser mezclados con aditivos para generar un producto color beige, el cual se puede comercializar como una pintura de propósito general.

Los solventes de limpieza son usados varias veces para enjuagar estanques de proceso. Esto asegura que la cantidad total de solvente utilizado para limpieza es mínima. Cuando el solvente de enjuague es considerado demasiado sucio para su reuso directo, es destilado en el lugar o fuera de la planta. El solvente recuperado por destilación es reciclado a la operación de limpieza.

En algunas ocasiones los solventes de limpieza provenientes de varias operaciones de limpieza pueden ser mezclados y reutilizados en un producto comercial como parte de su formulación.

Dependiendo del contenido de solvente de los residuos estos se pueden enviar a destilación por recuperación de solvente o bien enviar a incineración. Es económicamente beneficioso generar un residuo conteniendo más de un 60% de solvente, si la recuperación en el exterior es el método preferido.

Para realizar la recuperación de solventes por destilación dentro de la misma planta, el equipo de destilación a ser adquirido e instalado debe satisfacer las siguientes condiciones:

- El destilador debe reunir todos los requerimientos técnicos para recuperar los solventes;
- Los costos de la destilación en la planta deben resultar favorables;
- La medida debe resultar ser una opción medio ambientalmente segura (en el corto y largo plazo) comparado con un actual empleo de reciclaje fuera de la planta.

La destilación en la planta tiene los siguientes beneficios:

- Menos residuos salen de la planta.
- La planta tiene más control sobre la pureza del solvente recuperado.
- Aunque los residuos de destilación requieren incineración o inertización fuera de la planta, los costos de disposición serán menos afectados por incrementos de los costos de recicladores externos, porque el volumen de residuos es considerablemente reducido.
- Normalmente es más barato recuperar en la planta.
-

Las desventajas de la destilación en la planta son:

- Capital de inversión requerido para los equipos.
- Costos de operación adicional.
- Posible necesidad de entrenamiento para operadores.
- Responsabilidad y riesgos debido a una operación impropia del equipo, o falta de mantención en la calidad del solvente.

4.3. Posibilidades de establecer procesos menos contaminantes

Aparentemente todas las fuentes generadoras de contaminación, al interior de la este tipo de industrias, son posibles de intervenir para lograr una efectiva disminución de los residuos generados. Un primer ejemplo es el caso de la presencia de polvo en el ambiente, el cual, a través de un procedimiento más cuidadoso en el manejo y carga de materias primas, podría ser reducido. Adicionalmente, se debe considerar el uso de equipos de captación de polvo.

Para las fuentes generadoras de RILES es necesaria una caracterización adecuada del fluido tanto en su composición química como en sus características físicas, antes de la implementación de sistemas de manejo y tratamiento. Algunos parámetros importantes de analizar son: pH, S.S., DBO, Fenoles, aceites y grasas, test de toxicidad y metales (vg: Pb, Cr y Zn).

Para reducir la generación de sólidos, se recomienda caracterizar los residuos que se generan, acopiar en forma separada, buscando reutilizarlos en el proceso. Por ejemplo, el acopio de pigmentos diferentes permite que no haya mezcla entre ellos (además de facilitar la separación del polvo y la tierra que en forma natural están en el lugar de almacenaje) para ser reutilizados.

En la Tabla 4.3 se presenta un resumen de las condiciones y sugerencias formuladas en este capítulo.

TABLA 4.3: Prevención de la contaminación.

ENFOQUE	CONTAMINACION	FUENTE	CAUSA	SOLUCION
1. Control de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo 	<ul style="list-style-type: none"> • Faenas de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de envases sin precauciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor automatización.
1.2 Líquidos y borras	<ul style="list-style-type: none"> • Derrames de lípidos • Líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transporte de fluidos. • Lavado de estanques 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada mantención. • Transporte manual • Falta de cuidado en el uso de agente de limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor mantención • Optimización del programa de producción.
1.3 Vapores y P.T.S.	<ul style="list-style-type: none"> • Vapores de solventes • P.T.S. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos • Lugares de almacenamiento • Procesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada ventilación • Falta de control de polvos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas con presión negativa • Equipos de captación por línea de producción y reuso. • Empleo de pigmentos en forma de pasta.
2. Cambios tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • General 	<ul style="list-style-type: none"> • Varias 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos manuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenamiento de procesos • Reuso materias primas • Recirculación de productos intermedios • Automatización
3. Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo • RILES • Otros sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos • Sistemas de transporte • Estanques • Almacenamiento • Envasado 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de control • Falta de control • Falta de control 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo más cuidadoso • Equipos de captación • Caracterización físico/química • Mantención • Reemplazo de materias primas • Caracterización de residuos • Acopio segmentado y reuso.

5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION

5.1. Tecnologías de tratamiento de residuos líquidos

Como se ha mencionado anteriormente, la utilización de un tratamiento u otro depende principalmente de las características de las corrientes de residuos a tratar.

A continuación se describe en forma general los distintos tipos de pre-tratamiento y tratamientos y algunos criterios que se deben tener presente al momento de aplicarlos.

• Pre-tratamientos

Antes de comenzar con el tratamiento de las corrientes, es importante estudiar los aspectos de compatibilidad e incompatibilidad de los líquidos a tratar. Estos aspectos se refieren a que el tratamiento a ser aplicado a una corriente de lavado de un estanque, en el cual se elaboró una pintura a base de agua o de solvente, no debe ser el mismo, sino ser objeto de ciertos ajustes. En el caso de residuos tóxicos y no tóxicos sucede algo similar. Algunos criterios que se deben considerar son los siguientes:

• Aspectos de compatibilidad

Para lograr un tratamiento completo de los efluentes se hace necesario realizar las siguientes operaciones:

- Una separación de las corrientes
- Adición de compuestos químicos
- Oxidación biológica
- Una sedimentación final y corrección de pH.

• Aspectos de incompatibilidad

En el caso de efluentes de ácidos y álcalis minerales y metales pesados, los efluentes se deben separar:

- En Tóxicos (para no inhibir el tratamiento biológico) y no tóxicos
- De acuerdo a los contaminantes presentes en las borras orgánicas, producidas en el tratamiento biológico, lo que hace que la disposición final sea dificultosa.

5.1.1. Tratamiento físico-químico

La mayoría de los efluentes industriales requieren tratamiento químico y/o separación de sólidos previo al tratamiento biológico. El tratamiento físico-químico es más efectivo que el biológico para la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de fósforo, pero es menos efectivo para la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y de nitrógeno-amoniaco. Por lo tanto, el tratamiento físico-químico por sí solo es insuficiente para la mayoría de los efluentes industriales.

En las Figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se presentan los esquemas de algunos tratamientos físico-químicos más comunes:

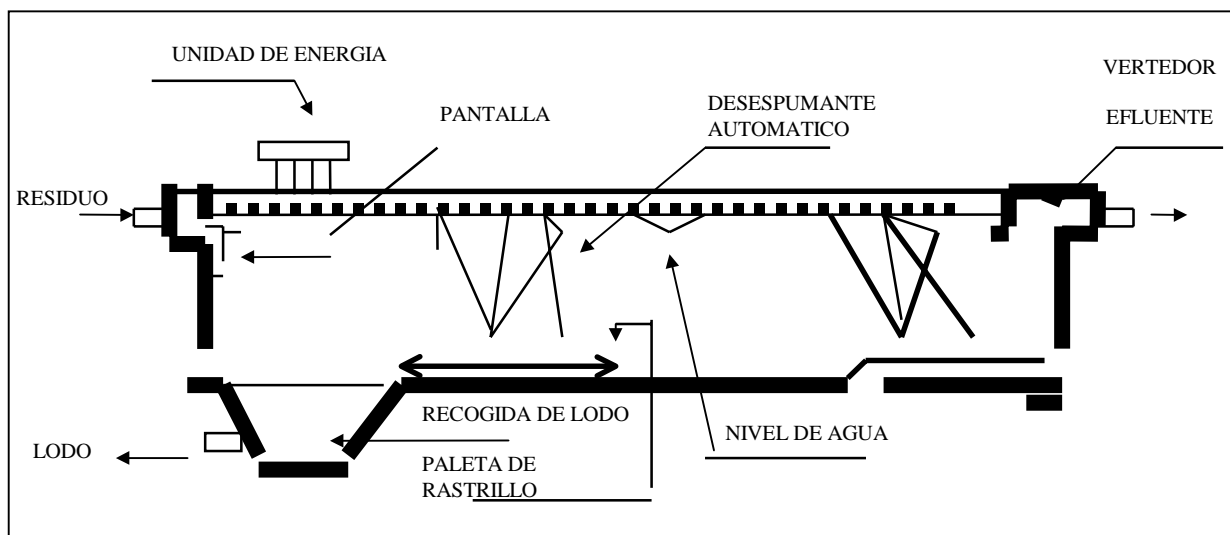


FIGURA 5.1: Esquema estanque de sedimentación rectangular.

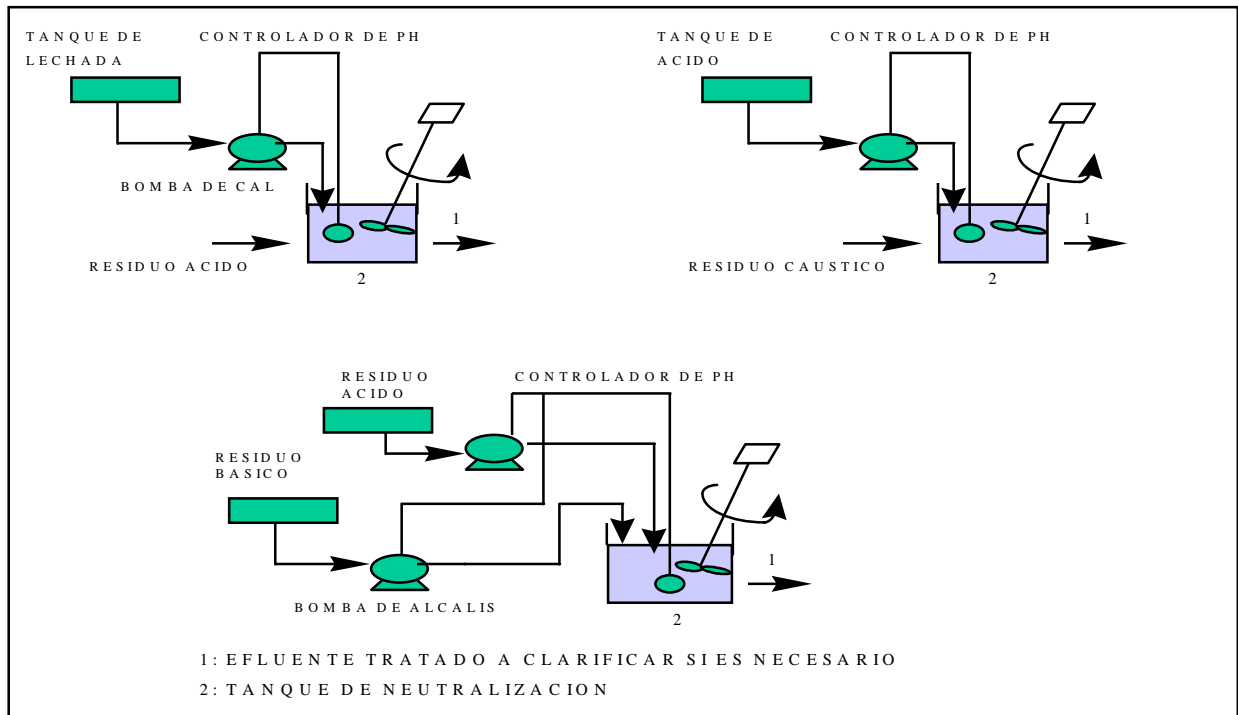


FIGURA 5.2: Esquema de neutralización.

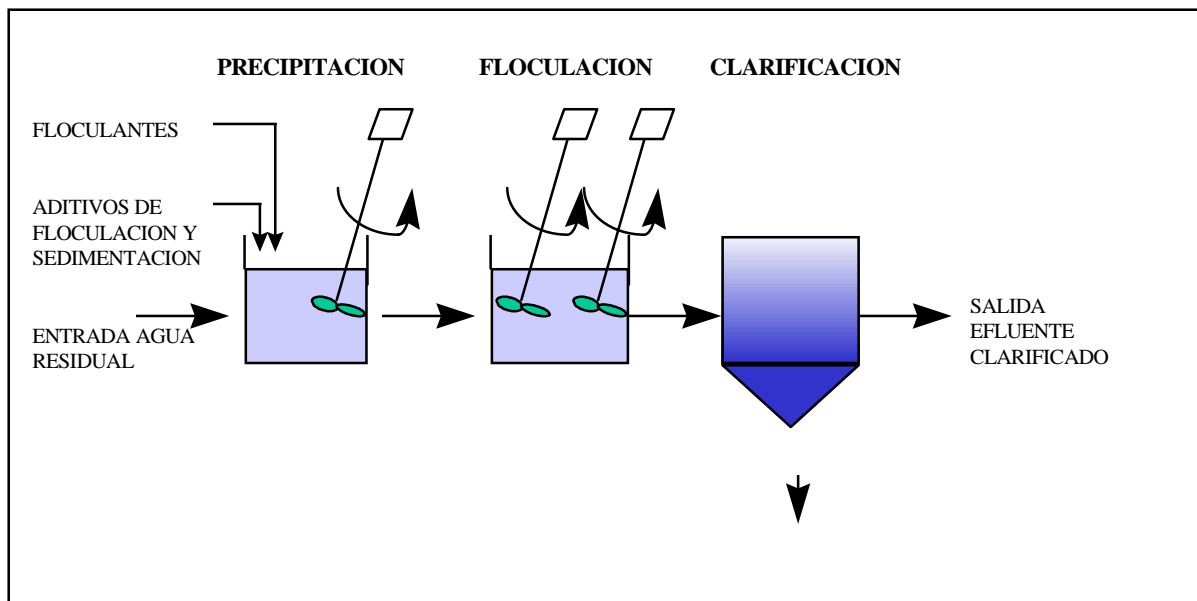


FIGURA 5.3: Esquema de precipitación química y procesos asociados.

5.1.2. Tratamientos biológicos

Este tratamiento puede tener lugar tanto aeróbica como anaeróbicamente. Su tasa de degradación de materia orgánica depende de la biodegradabilidad del efluente. La biodegradabilidad es el potencial de un efluente a poder ser degradado (oxidado) por medio de un proceso bacteriano. Esto está indicado por la demanda biológica de oxígeno. Una indicación de la biodegradabilidad relativa de diferentes efluentes está dada por el coeficiente de remoción de sustrato, el cual puede ser calculado experimentalmente. La demanda química de oxígeno (DQO), es una medida del oxígeno que se requiere para oxidar los compuestos (exceptuando el amoníaco y el nitrógeno orgánico), incluyendo a aquellos que no son oxidados por microorganismos.

Un compuesto que en forma aislada es biodegradable, no necesariamente puede ser tratado biológicamente, ya que su biodegradabilidad depende de la presencia de otros compuestos orgánicos. Es el balance de nutrientes y de factores físico-químicos lo que es importante. La razón de DBO/DQO es una medida de cuan tratable biológicamente es el desecho en cuestión. Las aguas de desecho industrial tienen por lo común bajos valores de dicha razón.

Para la remoción de la DBO, los residuos líquidos de la industria de pintura son tratados con oxidación aeróbica principalmente.

En la figura 5.4 se muestra el esquema de funcionamiento de la aireación, que es el tratamiento biológico más utilizado en la industria en estudio.

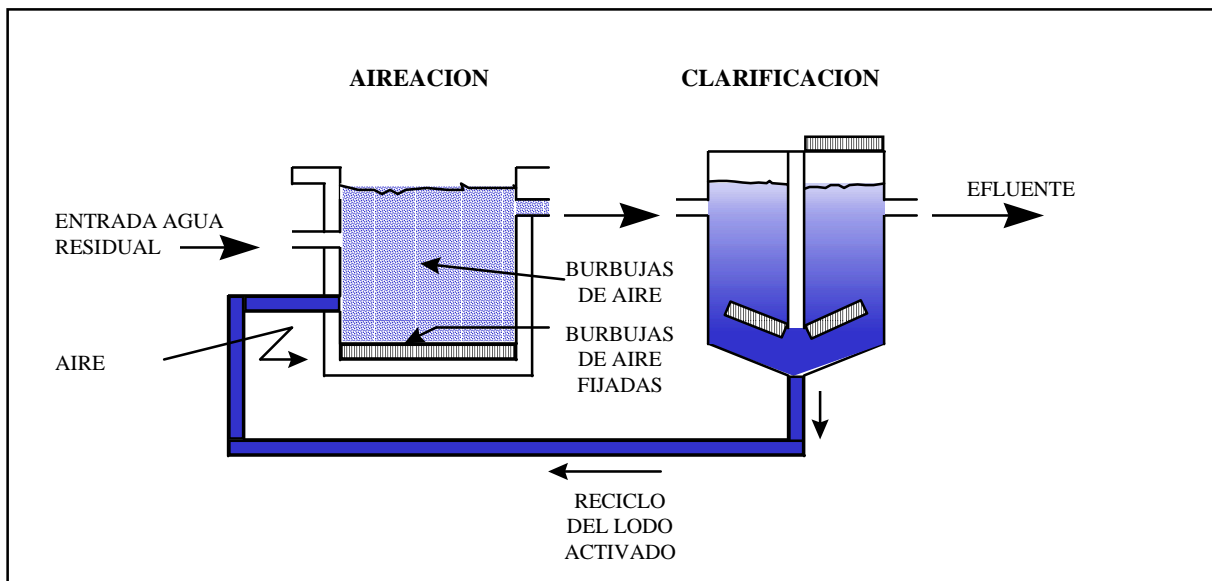


FIGURA 5.4: Esquema de tratamiento de lodos activados

5.1.3. Tratamientos terciarios

La utilización de carbón activado granulado, remueve, por adsorción, el color y muchos compuestos orgánicos presente en los residuos líquidos de la industria de pinturas principalmente. En la figura 6.5 se presenta un esquema de la operación de adsorción en carbón activado.

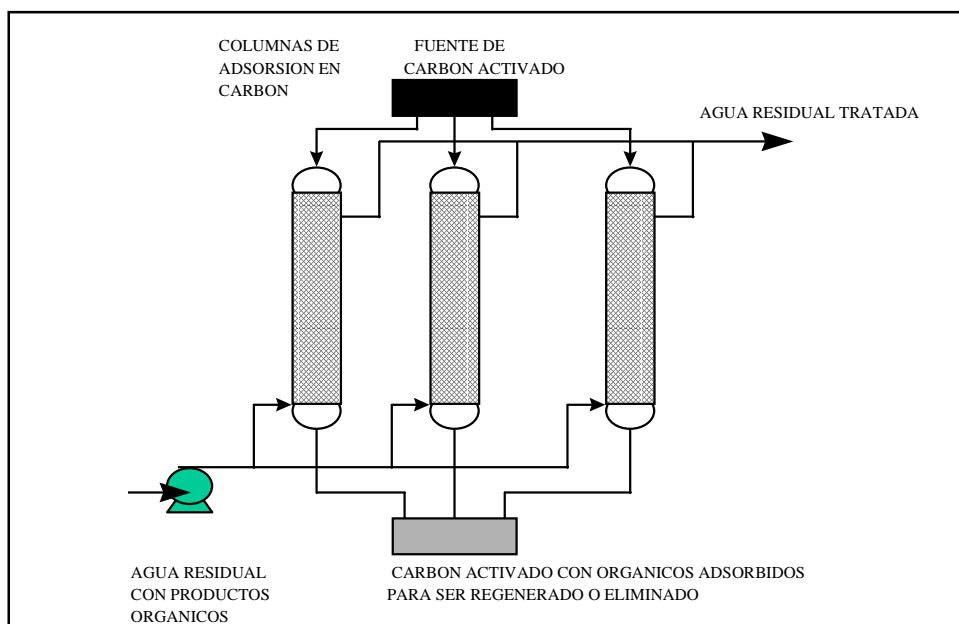


FIGURA 5.5: Esquema adsorción en carbón

5.2. Tratamiento de residuos líquidos en la industria de pinturas

Considerando la amplia gama de tratamientos a los cuales se pueden someter los residuos líquidos de la industria de pintura y debido a que las características de éstos son las que determinan el tipo de tratamiento, resultaría casi imposible proponer uno específico. Sin embargo, como resultado de la experiencia de muchas industrias del rubro alrededor del mundo, se presenta un esquema de tratamiento que ha dado bastante buen resultado. Debe destacarse que en cada una de sus aplicaciones existen diferencias, pero la idea fundamental del proceso es igual en todos los casos.

Este tratamiento presenta las siguientes etapas:

1. Remoción de aceites y grasas
2. Equalización y neutralización
3. Floculación
4. Aireación
5. Clarificación

5.2.1. Remoción de aceites y grasas

Los procesos más utilizados en la remoción de estas especies son los siguientes:

- * Separación por gravedad
- * Flotación con aire
- * Floculación química
- * Filtración
- * Coalescencia
- * Procesos con membranas
- * Procesos biológicos
- * Adsorción con carbón activo

Separación por gravedad

Efectiva en la remoción de las especies en cuestión, ya sea que éstas estén dispersas o no en el agua a tratar. Además, la operación de este proceso es simple y económica. Por otro lado, tiene la limitante o desventaja de tener poca eficiencia en la remoción de aceites emulsionados, no puede remover aceites solubles, o sea, se restringe su uso a un tamaño de las gotas de los aceites mayor que 20 μm .

Flotación con aire

Es efectiva en la remoción de aceites suspendidos, dispersos y emulsionados: sin embargo, en los dos últimos casos se hace necesaria la colaboración de ciertos compuestos químicos. La mayor desventaja que este proceso presenta es la difícil manipulación de las borras químicas que se generan cuando se utilizan agentes coagulantes.

Floculación química

Es efectiva para altas cantidades de aceites disueltos, pero presenta problemas en la manipulación de las borras generales, al igual que en el caso anterior.

Filtración

Efectiva en la remoción de sólidos suspendidos, por lo que no presenta mayores problemas con los aceites emulsionados, suspendidos y dispersos en las aguas a tratar. La desventaja que tiene este proceso es que se necesita de un retrolavado para limpiar el equipo, lo cual genera una corriente que se debe tratar a su vez por otro proceso.

Coalescencia

Efectiva es la remoción de aceites y grasas en todas las formas que se presenten, excepto aquellas en que estas especies sean solubles en la corriente líquida a tratar.

Procesos con membranas

Efectivos en la remoción de aceites solubles, pero presenta la desventaja de no poder tratar altos flujos, además de poseer, las membranas, una vida útil limitada.

Procesos biológicos

Muy efectivos en la remoción de aceites solubles, pero poseen la desventaja de requerir, para las corrientes a tratar, un pre-tratamiento largo para reducir las concentraciones de aceites a valores menores que 40 mg/l.

Adsorción con carbón activado

Efectiva es la remoción de todos los compuestos de aceites, incluyendo los aceites solubles, pero requiere de un tratamiento previo (micro filtración de cloro, de manera de no inhibir el carbón activado) para la alimentación, bastante largo. Además el carbón se debe regenerar o reemplazar cada cierto tiempo, lo que lo convierte en un proceso de alto costo.

5.2.2. Ecuilización y neutralización

Los efluentes del proceso de lavado con soda cáustica son muy alcalinos y, por lo tanto, requieren de una neutralización para poder ser tratados posteriormente. Estos dos procesos se describen a continuación:

Ecuilización

Es utilizada para minimizar las variaciones de flujo y de composición en las corrientes de residuos líquidos. Este proceso consiste en que el agua a tratar ingresa al estanque equalizador y por medio de una bomba (controlada), se impulsa al estanque una corriente, la que es tratada, ya sea en un proceso primario o biológico. Lo importante es que este flujo de salida está controlado y posee una cierta composición constante en el tiempo.

Neutralización

Uno de los requerimientos más comunes para el tratamiento químico es la neutralización, es decir, la cantidad de base o ácido que es necesario agregarle, para que ésta alcance un cierto valor predeterminado. El indicador usado para medir la alcalinidad o la acidez es el pH. En la

neutralización de una corriente líquida, uno de los puntos críticos es la determinación de la naturaleza de los iones que causan la acidez o la alcalinidad de la corriente. Esto puede ser hecho en el laboratorio, que es el procedimiento más utilizado.

5.2.3. Floculación

Luego de la neutralización, el efluente entra a un proceso de clarificación por floculación. Las borras generadas durante este proceso se someten a una deshidratación con el objeto de reducir el volumen de estos residuos. Este proceso normalmente se lleva a cabo por medios mecánicos. Durante la floculación, el movimiento suave de paletas agitan una mezcla de agua y agentes coagulantes para producir el flóculo, el cual precipita. La floculación consiste en el aumento de la inestabilidad de la suspensión coloidal. Esta inestabilidad es esencialmente controlada por la química del proceso.

5.2.4. Aireación

En la industria de pintura uno de los tratamientos biológicos más utilizados es la aireación. La aireación es un proceso mecánico a través del cual se procura un contacto íntimo del aire con el agua. Aplicada al tratamiento de agua, la aireación transfiere moléculas gaseosas, principalmente oxígeno, del aire al agua. Aunque la meta es disolver oxígeno en agua, la aireación incluye también la remoción del agua, gases indeseables, como CO₂ y metano. La aireación casi siempre acompaña a otros procesos o reacciones, que pueden ser de naturaleza física, química o bioquímica.

5.2.5. Clarificación

La clarificación es esencialmente un proceso de sedimentación, en el cual la corriente ingresa al equipo y lo abandona con una cantidad de materia en suspensión mucho menor.

Los estanques clarificadores se utilizan para fines como flotación de grasas, igualación y reducción de la DBO y para eliminar la materia precipitable en suspensión. Teóricamente, una partícula suspendida en una solución de aguas residuales precipitará a una velocidad constante con respecto a la solución mientras la partícula permanece aislada. Cuando se une con otras partículas, su tamaño, forma y densidad resultante, cambiará lo mismo que su velocidad de precipitación. La velocidad de precipitación típica también se altera por cambios en la temperatura y densidad del líquido solvente en el cual se mueve la partícula.

El proceso antes descrito se presenta en la Figura 5.6 para el tratamiento de 100 m²/día de residuos líquidos en una planta de pinturas.

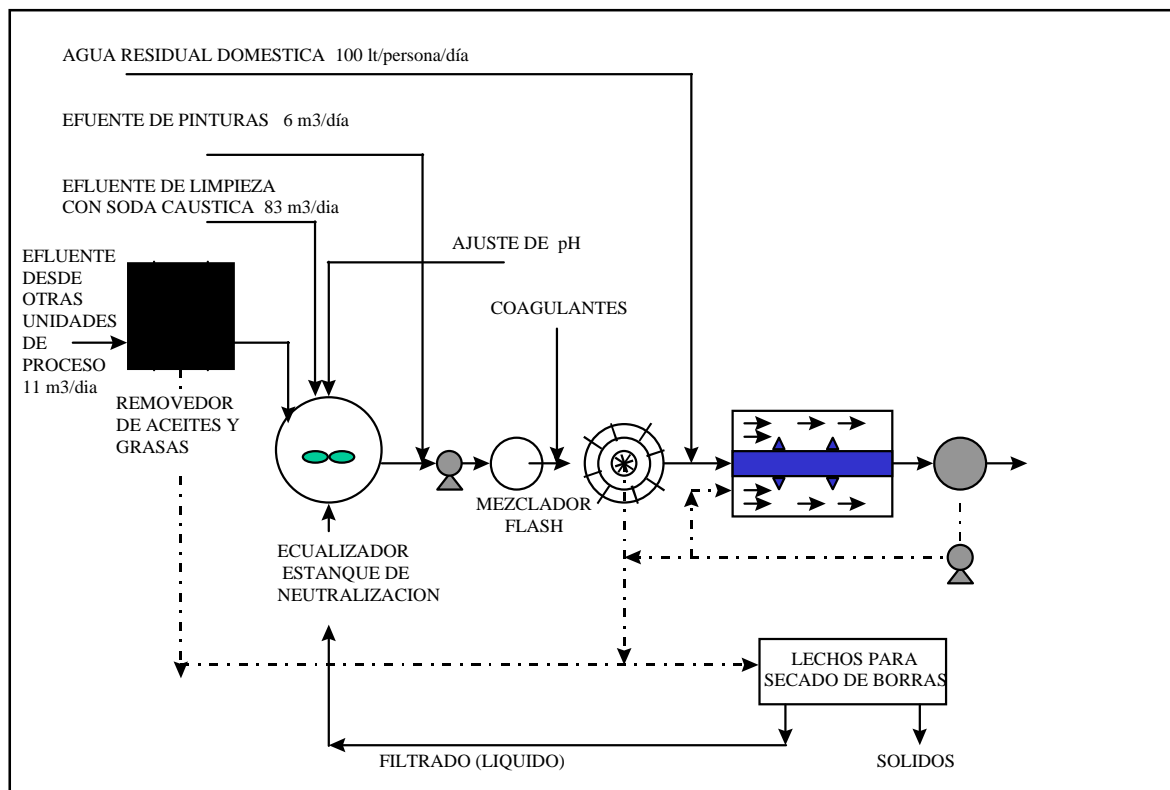


FIGURA 5.6: Diagrama de flujo del tratamiento físico-químico para los residuos líquidos de una planta manufacturera de pinturas.

5.3. Eficiencias de reducción de contaminantes

De acuerdo a la experiencia en otros países, que utilizan para el tratamiento de los residuos líquidos el proceso descrito en la Figura 5.6, las eficiencias obtenidas son las siguientes:

TABLA 5.1: Eficiencia de remoción de contaminantes para los sistemas batch de tratamiento físico-químico.

PARAMETROS	PROMEDIO		REDUCCION (%)	N° DE BATCHES	EFICIENCIA DE REMOCION (%)
	Afluente	Efluente			
	(mg/l)	(mg/l)			
Contaminantes Convencionales					
DBO	10778	5585	48	41	20
sólidos suspendidos totales	23831	1310	94	38	99
Aceite y grasas	11548	118	89	89	97
Contaminantes Tóxicos Inorgánicos					
Mo	820	213	74	33	83
Ti	19300	738	96	42	97
Cr	3399	1403	58	38	54
Cn	75	57	24	4	54
Pb	6033	1062	82	36	90
Hg	4022	322	91	32	88
Ni	1729	3386	0	19	77
Se	210	211	0	5	79
Zn	94634	6821	92	45	90
Contaminantes Tóxicos Orgánicos					
Benzeno	1190	1190	563	52	65
Fenol	448	448	80	82	0
Tolueno	6165	6165	1438	76	74

FUENTE: Central Pollution Control Board DELHI, Minimal National Standards for liquid effluents-Paint Industry, 1990-1991, India.

NOTA: a) La Tabla contiene promedios para plantas con sistema Batch de tratamiento físico-químico
b) Los porcentajes individuales de remoción son válidos sobre 10 mg/l.

6. ASPECTOS ECONOMICOS EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION

La manera más viable de minimizar la contaminación de esta industria en el corto plazo, es por medio de métodos de reducción en las fuentes o mediante mejores procedimientos de operación, ya que la modificación de equipos o procesos resulta muy costosa y requiere de mucho más tiempo de estudio y evaluación.

Con respecto al tratamiento final de los residuos, las consideraciones más importantes se refieren a los residuos líquidos, debido a la importancia relativa de su impacto ambiental. El problema de material particulado y C.O.V. puede ser abordado en forma adecuada por medio de opciones de reducción en origen (sustitución de materias primas, buenas prácticas de operación, mejoras básicas en equipos –por ejemplo, colocar tapas- cambio de productos, etc.)

A continuación se presenta una evaluación preliminar de:

- Los costos asociados al tratamiento de los RILES y
- Los costos relacionados a la minimización de residuos por reducción en la fuente

6.1. Costos involucrados en una planta de tratamiento de residuos líquidos

La planta caracterizada en la figura 6.6 divide el tratamiento en dos partes: primario y secundario. El tratamiento primario consiste en una remoción de aceites y grasas, luego una equalización y neutralización y por último una floculación. El tratamiento secundario consiste en una aireación y una clarificación.

- **Costo de capital**

El costo de capital incluye ingeniería, equipos, construcción y montaje, suministro de potencia y energía, e iluminación.

- **Costo de operación**

En este costo se consideran los gastos por concepto de energía eléctrica, salarios, insumos, materias primas, mantención, reparaciones y depreciación. En la siguiente tabla se presentan los costos de capital y de operación versus la capacidad de la planta:

CAPACIDAD (m³/día)	COSTOS DE CAPITAL (US\$)	COSTOS DE OPERACION (US\$/año)
200	66.535	47.922
300	94.206	65.535
400	130.250	85.604

Los valores son en US\$ de 1995.

FUENTE: Minimal National Standards for Liquid Effluents. Paint Industry. Central Pollution Control Board Delhi. 1990-1991. India.

6.2. Costos de minimización de residuos por reducción en origen y reciclaje (estudio de casos internacionales)

Las alternativas de minimización por métodos de reducción en la fuente y reciclaje son muchas y muy variadas. Algunas de ellas no son fácilmente cuantificables en dinero como, por ejemplo, mayor capacitación o mejores programas de producción; en cambio existen otras que sí se pueden cuantificar por medio de experiencias en muchas plantas en los Estados Unidos, las que se presentan a continuación:

6.2.1. Destilación en planta, para recuperación de solventes

Esta posibilidad se debe considerar detenidamente, ya que no es recomendable cuando los caudales a tratar son muy pequeños. Los costos que a continuación se presentan fueron obtenidos con caudal a tratar de 170 m³ por año (con una densidad de 1,2 ton/m³). Los valores son en US\$ de 1994.

Costos de Instalación

Costo de capital US\$ 36.008
 Costo de flete (a) US\$ 2.162
 Impuestos (b) US\$ 2.341
 Instalación US\$ 3.920

US\$ 44.431

Costo Anual de Disposición de Residuos

Costo de reciclaje US\$ 32-542 (US\$ 146/ton)
 Costo por disposición de los
 residuos en la destilación US\$ 37.548 (US\$ 168/ton)

TOTAL US\$ 70.090

Otros (Costos anuales)

Costo por pérdida de materia prima (c)	US\$ 7.818
Costos por disposición (d)	US\$ 49.963
Mano de obra (e)	US\$ (20.966)
Otros (f)	US\$ (13.466)
TOTAL	US\$ 23.349

Período de recuperación del capital (años): 1,9

- (a) Estimado como un 6% del costo de capital
- (b) 6,5% del impuesto a la venta
- (c) El solvente se asume que es metil-etil-cetona
- (d) Incineración de residuos de destilación US\$ 225/ton, y un 90% del solvente es recuperado del proceso. El costo real de disposición de los residuos es de US\$ 20.126.
- (e) Estimado con un costo de 10 US\$/hr (40 hr/semana)
- (f) Basados en un costo de operación de US\$ 0,08/lts. de solvente recuperado.

6.2.2. Reemplazo de filtros cartucho por papel filtrante

En muchas plantas se utilizan filtros cartuchos para remover, de la pintura elaborada, aquellas partículas en suspensión que contaminan el producto final. El problema que se presenta con estos filtros es que al momento de ser reemplazados contienen una gran cantidad de pintura en su interior, la cual no puede ser reutilizada y representa gran cantidad de pintura en su interior, la cual no puede ser reutilizada y representa una fuente de generación de residuos. Una forma de minimizar esta fuente, es reemplazar estos filtros cartuchos por papel filtrante, el que cumple la misma función, pero en cambio acumula en su interior una menor cantidad de pintura. A continuación se presentan los costos asociados al cambio de filtros para un número de 12 filtros cartucho:

Costo de Instalación

Filtros (incluye impuestos)	US\$ 32.542
Instalación (incluye mano de obra)	US\$ 3.360
TOTAL	US\$ 36.904

Otros (costos anuales)

Materias primas, solventes (a)	US\$ 526
Costo de disposición (b)	US\$ 3.102
Costo de operación (c)	US\$ 0
TOTAL	US\$ 3.628

Período de Recuperación del capital (años): 7,4

- (a) Se asume que no hay retención de solvente
- (b) Se asume que el filtro cartucho es reemplazado 12 veces a la semana. Usando papel filtrante, se reduce el volumen de residuos sólidos a razón de 179 lts/semana. El costo de disposición es de 0,3 US\$/lts.
- (c) El papel filtro es reemplazado 3 veces a la semana a un costo de US\$ 13, mientras el filtro cartucho es reemplazado 12 veces a la semana a un costo de US\$ 3 por filtro.

6.2.3. Reemplazo de filtros cartucho por filtros de mallas de metal

Al igual que el caso anterior, este reemplazo representa una minimización de generación de residuos y, además, una minimización de costos, ya que estos filtros son lavables y, por ende, reutilizables. A continuación, se presentan los costos asociados con este cambio, sujeto a las mismas condiciones que en el caso anterior.

Costo de instalación

Filtros (incluye impuestos)	US\$ 3
Instalación (incluye mano de obra y materiales)	US\$ 4.480
TOTAL	US\$ 4.483

Otros

Materias primas, solventes (a)	US\$ 526
Costo de disposición (b)	US\$ 3.108
Mano de obra (c)	US\$ 0
Otros (d)	US\$ 32.256
TOTAL	US\$ 35.840

Período de recuperación del capital (años): 0,2

- (a) Se supone una pérdida de 1 Ton/año de solvente (metil-etil-cetona)
- (b) Se asume una reducción del volumen de residuos sólidos de 170 lts/semana. El costo de disposición es de 0,3 US\$/lts.
- (c) Se asume que el cambio en la mano de obra es poco significativo.
- (d) Se considera un uso de 144 filtros cartuchos a la semana, a un costo de US\$ 3 por cartucho, o de 12 papeles filtros a la semana, a un costo de US\$ 13 por papel filtro.

6.2.4. Conclusiones

Como se puede apreciar, los métodos de minimización presentan una inversión menor que la instalación de una planta de tratamiento, a la vez que representan una forma efectiva de descontaminación y de minimización en la generación de residuos. En cuanto a las mejoras de procedimientos de operación, éstos representan un ahorro de costos para la empresa y dependen directamente de la magnitud de la producción y de la capacitación que se lleve a cabo, por lo que no se pueden cuantificar en forma tan directa como los otros, por ser cada empresa una situación y realidad distinta.

6.3. 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 superiores a UF 15.000, pudiendo acogerse a este sistema sólo una vez.

- **Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas Exportadoras (PREMEX):** Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental, Certificación ISO 14.000, Certificación de Calidad ISO 9000 (alimentos), Reciclabilidad de Envases y Embalajes.

Estos recursos están disponibles para todas las empresas exportadoras de manufacturas y software con exportaciones de US\$ 200.000 o más acumulados durante los dos últimos años y ventas netas totales de hasta US\$ 10.000.000 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.

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. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

7.1. Sustancias químicas tóxicas y peligrosas

7.1.1. Características de los contaminantes nocivos para la salud humana

Las sustancias químicas tóxicas y peligrosas que están presentes con mayor frecuencia en el proceso de fabricación de pinturas, con riesgo para la salud humana, son las siguientes:

- **Solventes:** Principalmente compuestos en base a fenoles, benceno y cetonas. Estas sustancias producen (por su baja temperatura de presión de vapor) vapores altamente nocivos para la salud humana.
- **Pigmentos:** Estas sustancias son la materia prima esencial para la elaboración de pinturas. En su composición es factible encontrar los siguientes metales pesados: Cd, Cr, Cu, Pb, Se y Mo. Su presencia afecta principalmente como material particulado. Algunos compuestos de tipo preservante contienen Hg.
- **Borras de pintura:** Son principalmente sólidos residuales de las etapas de mezclado o concentración del proceso de fabricación de pinturas. Su composición es principalmente orgánica debido al alto contenido de solventes y/o resinas, conteniendo también restos de metales pesados. Dado que tales compuestos son objeto de limpieza, necesariamente implican un riesgo para las personas dada la posibilidad de contacto con el desecho.

7.1.2. Efectos de los contaminantes a la salud humana

- **Efectos de las partículas en suspensión**

Cuando es inhalado el material particulado, sus efectos están asociados, por una parte, al lugar en que son depositadas las partículas en el aparato respiratorio, que depende del tamaño y forma de ellas (a menor tamaño mayor respirabilidad) y, por otra, a la composición química de ellas.

La deposición de partículas en el sistema respiratorio depende de tres fuerzas físicas:

- i) **Fuerzas inerciales.** Son las causantes de deposición en la nasofaringe. La inercia es muy importante en los grandes conductos del sistema respiratorio, especialmente cuando se requiere respiración rápida forzada. Su importancia decrece mientras más adentro del sistema respiratorio se encuentren las partículas.

- ii) Sedimentación gravitacional. Es proporcional a la velocidad de deposición de la partícula y al período de tiempo disponible para sedimentar. Como la velocidad decrece en los conductos estrechos del sistema, el efecto gravitacional se ve aumentado.
- iii) En el caso de partículas finas la fuerza más importante es la de difusión la que conduce a una sedimentación o depositación en las paredes de los ductos finos del sistema, tal como el espacio alveolar. Esta fuerza es de una magnitud significativa para partículas de diámetro sobre 0,5 micrones.

Una vez depositadas las partículas, su importancia está asociada a su acción irritante, la que no es función sólo de la naturaleza de ellas, sino también de la facilidad de absorber o adsorber otras sustancias en su superficie de ellas, lo que en ciertas ocasiones da lugar a un efecto sinérgico.

La Tabla 7.1 indica el tamaño de las partículas que afectan el sistema respiratorio y a lo ojos.

TABLA 7.1: Tamaños de partículas que afectan el sistema respiratorio y ojos

TAMAÑO DE PARTICULA	EFECTO
7 a 10 um y superiores	afectan ojos, son filtradas en la nariz
3.3 a 7 um	son retenida en la traquea y bronquios primarios
2 a 3.3 um	retenidas en bronquios secundarios
1.1 a 2 um	retenidas en bronquios terminales
1.1 a 0.1 y menores	llegan hasta alveolos pulmonares

- **Efectos de los COV**

Los hidrocarburos que tienen oxígeno incorporado a su estructura molecular, tal como es el caso de aldehidos, cetonas y algunos ácidos orgánicos sustituidos, son en general son perjudiciales al hombre, especialmente cuando presentan dobles enlaces, como es el caso de la acroleína. Por otra parte, son importantes las sustancias aromáticas como el benceno, debido a su alto poder cancerígeno, así como otras sustancias cíclicas con anillos bencénicos presentes en atmósferas contaminadas.

7.2. Contaminación acústica

En las empresas visitadas se detectó un nivel de ruido normal a toda industria pudiéndose establecer algunas zonas en particular:

- Zona de molienda
- Zona de envasado
- Zona de mezcla

Algunas empresas han realizado mediciones de los niveles de ruido en las zonas mencionadas, encontrándose los valores dentro de los límites permitidos

7.3. Seguridad industrial

La mayor parte de las empresas poseen un asesor en materia de seguridad laboral (experto en prevención de riesgos) y dan cuenta del funcionamiento de un comité paritario.

En algunas empresas se han detectado algunas falencias en materia de seguridad industrial, como las siguientes:

- El personal a cargo de las operaciones no utiliza los elementos de seguridad (casco, antiparras, zapatos, máscaras, etc.)
- No se aprecia una identificación clara para el acceso y trabajo en las zonas de riesgo (ejemplo: almacenamiento, proceso, etc.)
- No están adecuadamente indicados los accesos a extinguidores y zonas de protección de siniestros.
- La información acerca de la estadística de accidentes laborales en las fábricas no es de conocimiento general (pizarras de registros o balizas de anuncio de accidentes no visibles)

7.4. Recomendaciones

Con respecto a lo señalado en los puntos anteriores, se considera pertinente sugerir las siguientes medidas de corrección, con el objeto de minimizar los riesgos laborales que involucra el proceso de elaboración de pinturas:

- Plan de difusión y educación en el uso de implementos de seguridad para el personal de la fábrica. Se sugiere muy especialmente resaltar el uso de máscaras durante la operación.
- Revisar y adecuar las señalizaciones de las áreas de mayor riesgo dentro de la fábrica.
- Mantener permanentemente informado al personal de la empresa, acerca de las estadísticas de accidentes laborales que en ella se producen.
- Revisar la adecuada demarcación e identificación de las vías de evacuación y zonas de seguridad con el fin de resguardar la vida de las personas frente a eventuales siniestros. En el caso particular de la industria en estudio, la manipulación y almacenamiento de solventes representa un potencial riesgo de incendio, debido a que son sustancias altamente inflamables.

8. 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 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

8.1. 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

8.2. 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, O₃ y latente por NO₂, 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

8.3. 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

Nota: Se encuentra en proceso de revisión en lo referente a los plazos de cumplimiento.

8.4. 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

8.5. 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

8.6. 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

8.7. 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.

8.7.1. 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

8.7.2. Normativas de salud y seguridad ocupacional⁷

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

⁷ 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.

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
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

9. PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION

La legislación actual es bastante clara respecto de la instalación de una industria nueva o de la modificación de una ya existente. Según lo establecido en la Ley N° 19.300 de Bases del 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 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 de actividades industriales (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.

En el caso de las industrias que iniciaron sus funciones con anterioridad a 1992, éstas deben obtener un certificado de calificación técnica, para verificar que están de acuerdo con el Plan Regulador de Santiago. Estas industrias deben ser mucho más cuidadosas en el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicables.

En este contexto y en base a la normativa y regularizaciones ambientales desarrolladas en el punto anterior, a continuación se listan los permisos requeridos y las autoridades competentes, atendiendo a su localización, los impactos ambientales generados; y los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales.

9.1. Permisos para la localización de industrias

En áreas urbanas con instrumento de ordenamiento territorial

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.
Requisitos:
⇒ Calificación técnica del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

En áreas urbanas sin instrumento de ordenamiento territorial

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.
Requisitos:
⇒ Calificación técnica del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.
⇒ Informe previo de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.

En áreas rurales

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.
Requisitos:
⇒ Informe del Servicio Agrícola y Ganadero.
⇒ Informe de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.
⇒ Informe de la Comisión Mixta de Agricultura, Vivienda y Urbanismo, Bienes Nacionales y Turismo.

9.2. Permisos para la obtención de la 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.
- Anteproyectos de medidas de control de contaminación del aire, manejo de residuos industriales líquidos, manejo de residuos industriales sólidos y control de ruidos.
- Anteproyectos de medidas de control de riesgos y molestias a la comunidad.

Este certificado se debe solicitar cuando la industria aún no se construye, y sólo se cuenta con el proyecto de ingeniería básica y algunos componentes con ingeniería de detalles.

9.3. Permiso municipal de edificación

Para solicitar permiso de edificación o modificación física de la planta, la *Municipalidad* respectiva solicita un listado de documentos que se deben adjuntar, y que deben solicitarse en las diferentes reparticiones de los servicios:

- Patente profesional al día.
- Informe de calificación técnica del Servicio de Salud del Ambiente (SESMA) o en los Servicios de Salud Jurisdiccionales.
- Factibilidad de agua potable (en el prestador de servicio al cual se le deberá presentar un Proyecto).
- Certificado sobre la calidad de los residuos industriales líquidos de la SuperIntendencia de Servicios Sanitarios (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 el número de trabajadores separados por sexo.
- Plano señalando sistema de prevención de riesgos, salidas de emergencia y extintores.
- Plano general de la planta, señalando estacionamientos y áreas verdes.
- Planos de arquitectura con verificación e indicación de los sistema de ventilación.

9.4. Informe sanitario

Para la obtención de una evaluación de informe sanitario, se deben retirar las solicitudes y formularios pertinentes, en la oficina del Servicio de Salud del Ambiente (SESMA), llenarlos y devolverlos exclusivamente al SESMA. Para obtener el informe sanitario, el industrial debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solicitud de informe sanitario de la industria (SESMA).
- Declaración simple de capital propio inicial.
- Instructivos sobre exigencias generales y específicas para el rubro respectivo.

Una vez llenada la solicitud, ésta se presenta con los siguientes antecedentes:

- Clasificación de zona, informada por la Municipalidad de la comuna donde se encuentra el establecimiento (Dirección de Obras Municipales).
- Informe de cambio de uso de suelos (Servicio Agrícola Ganadero).

- Pago.
- Inspección del local, para verificación del cumplimiento de los requisitos.

Se deben cumplir una serie de requisitos y exigencias generales que dicen relación con los requerimientos sanitarios y ambientales básicos de los lugares de trabajo, y es así que al momento de presentar el certificado de informe sanitario, se debe acreditar los siguientes antecedentes, conforme se trate:

9.4.1. Actividad, proceso y establecimiento

- Certificado de calificación técnica, previo a la edificación.
- Flujograma de procesos de actividades.
- Plano local, con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Plano de distribución de maquinarias.
- Certificado de recepción del local.

9.4.2. Instalaciones sanitarias

- Plano de agua potable pública.
- Plano de alcantarillado público.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria (Resolución de recepción), de instalación y funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos. La autoridad competente es la SuperIntendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Los Servicios de Salud solicitarán una *Resolución de Puesta en Explotación* del sistema de tratamiento de residuos industriales líquidos que otorga la SISS.
- Autorización de aprobación de declaración, transporte/tratamiento y disposición de residuos industriales sólidos (SESMA-PROCEFF).
- Resolución de autorización sanitaria para la instalación y funcionamiento del casino y comedores, para empresas sobre 25 empleados (Programa Control de Alimentos del SESMA).

9.4.3. *Instalaciones de energía*

- Certificados de instaladores registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de las instalaciones eléctricas y de gas (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Certificados de estanques de combustibles líquidos (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Certificados de estanques de gas licuado (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).

9.4.4. *Equipos de vapor, agua caliente y radiación ionizante*

- Certificados de revisiones y pruebas de generadores de vapor (SESMA-PROCEFF).
- Certificados y pruebas de autoclaves (SESMA-PROCEFF).
- Informe de muestreos isocinéticos de material particulado de fuentes fijas (calderas, hornos, etc.), cuando corresponda (Empresa Registrada).
- Certificados de operadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).

9.4.5. *Operadores calificados*

- 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).

9.4.6. *Organización de prevención de riesgos para los trabajadores*

- Informe de detección, evaluación y control de riesgos (Mutual de Seguridad y SESMA).
- Oficio de aprobación del Reglamento Interno de Higiene y Seguridad (SESMA).
- Acta de Constitución Comité Paritario de Higiene y Seguridad, sobre 25 trabajadores (Inspección del Trabajo de la Dirección del Trabajo).
- Contrato de experto en Prevención de Riesgos cuando corresponda (sobre 100 trabajadores).

- Comprobante de pago de cotizaciones de seguro, según Ley N° 16.744 (Mutual de Seguridad e Instituto de Normalización Previsional).

El Informe Sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, y se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria *ya se encuentra operativa*. En el caso de tener Informe Sanitario desfavorable, es preciso regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitarlo nuevamente, 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.

9.5. Patente municipal

La patente municipal definitiva la otorga la Municipalidad respectiva, con la resolución favorable del informe o autorización sanitaria, emitida por el Servicio de Salud del Ambiente (SESMA), de acuerdo al artículo 83 del Código Sanitario.

9.6. Antecedentes generales de cumplimiento

Los aspectos más relevantes que se deben considerar en el rubro de elaboración de pinturas, para el cumplimiento de las normativas vigentes, y su fiscalización, son las siguientes:

9.6.1. Residuos industriales líquidos

Se debe dar cumplimiento al Reglamento N 351/92 para neutralización y depuración de los residuos líquidos industriales. El decreto que autoriza el sistema de neutralización y/o depuración de los residuos industriales líquidos, fija el caudal de los efluentes tratados, los parámetros, sus valores máximos y rangos de tolerancia para la descarga de dichos efluentes, además de la forma y frecuencia de los informes del organismo fiscalizador.

Una vez promulgado el decreto de aprobación de la planta de tratamiento de residuos industriales líquidos, existe un período de prueba de 18 meses, en el cual se monitorea la calidad del efluente trimestralmente. Transcurrido ese período, la autorización es definitiva siempre que se cumpla con la normativa vigente. No está definido un seguimiento posterior (monitoreo) a esta fecha, de la calidad del efluente de salida de la planta de tratamiento.

9.6.2. Residuos industriales sólidos

Las exigencias particulares que deben cumplir estos residuos son:

- Información al Servicio de Salud acerca de la cantidad y calidad de los residuos que se generarán.
- Autorización sanitaria para el almacenamiento de residuos sólidos industriales en el propio predio industrial.
- Autorización sanitaria respecto de los sitios de disposición final de residuos sólidos.
- Autorización sanitaria respecto de los sistemas de transportes de residuos sólidos industriales.
- Autorización sanitaria respecto de cualquier lugar destinado a la transformación de residuos sólidos industriales.

9.6.3. Emisiones atmosféricas

Las calderas deben contar con los informes de muestreos isocinéticos de material particulado realizado por una empresa registrada en PROCEFF.

9.6.4. Organización de prevención de riesgos para los trabajadores

Se debe contar con las medidas recomendadas para la salud ocupacional y las de seguridad ocupacional.

10. CONCLUSIONES

- El impacto ambiental más relevante que provoca el sector industrial manufacturero de pinturas lo constituye la descarga de RILES no tratados, conteniendo principalmente aceites y sólidos en suspensión, a la cuenca del Río Maipo. No obstante, esta contaminación puede considerarse insignificante, respecto del universo industrial de la Región Metropolitana.
- Un impacto ambiental difícil de medir, pero que es posible vislumbrar como un problema importante a futuro, dice relación con el tema de abandono de las fábricas. En efecto, tal situación a futuro tomará relevancia dado que hoy los suelos y bases de las fábricas que operan en la manufacturación de pinturas están bastante dañados debido por ejemplo a los continuos derrames de líquidos de proceso.
- Se estableció técnicamente que los RILES generados por el sector en cuestión, al ser tratados, pueden no sólo cumplir las normas ambientales actuales sino estar por debajo de ellas.
- Existe la capacidad económica en el sector industrial manufacturero de pinturas para abordar el problema de contaminación ambiental (al menos los más relevantes).
- Las autoridades y empresas en conjunto deben abordar el tema de los residuos sólidos no riesgosos que sean aprovechables, de tal forma de buscar algún provecho o uso alternativo para ellos a través de establecer algún mercado de residuos sólidos o profundizar la alternativa de reciclaje.
- Se percibe que el mayor riesgo para la salud de las personas y su integridad física lo constituye la presencia en el ambiente laboral de material particulado y vapores de sustancias orgánicas cancerígenas. A partir de lo anterior, se considera prioritario corregir las precarias condiciones ambientales de higiene y seguridad que se observan en algunas empresas.

11. BIBLIOGRAFIA

Fuentes bibliográficas

1. Alliende F., Manual de manejo de Residuos Sólidos Industriales. Ministerio de Economía y Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1995, Chile.
2. Austin T. George, Manual de Procesos Químicos en la Industria. Tomo II. Mac Graw Hill, 1988, México.
3. Central Pollution Control Board DELHI, Minimal National Standards for liquid effluents-Paint Industry, 1990-1991, India
4. Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana (CEDRM). Estudio “Diagnóstico e Identificación de Tecnologías y Estrategias para el Manejo de Residuos Sólidos No Riesgosos en la Región Metropolitana”, Marzo 1995, Chile.
5. Eckenfeldor W. Wesley, Industrial Water Pollution Control. Mac Graw-Hill, 1989., USA.
6. Economopoulus P. Alexander, Assessment of Sources of Air, water, and land pollution. Part I: Rapid inventory techniques in environmental pollution, World Health Organization, 1993, Geneva.
7. Instituto Nacional de Estadísticas. Tabulados ENIA 91, 1991, Chile.
8. Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.), Norma Chilena 382/Of. 89 “Sustancias Peligrosas - Terminología y Clasificación General”, 1989, Chile.
9. ICHA, Manual Técnico de Estructuras de Acero. Editorial Universitaria, 1976, Chile.
10. Keturah A. Reinbold, Proceeding: Workshop on Environmental Considerations in the Life-Cycle of Paints and Coatings. US Army Corps of Engineers, 1988, USA.
11. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Boletín Mensual N° 23, “Índice de Producción y Venta Física de Industrias Manufactureras”, 1992, Chile
12. Ministerio de Salud. Decreto 745/92. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, Ministerio de Salud, 1992, Chile.
13. Nahum R. Emilio, Apuntes de Tecnologías de Pinturas. Pinturas Ceresita, 1985, Chile.
14. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Catastro Nacional de descargas de residuos industriales líquidos, 1992, Chile

15. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Chile, 1992. Norma técnica relativa a descargas de RILES, 1992, Chile.
16. United Nations Environment Programme, Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes.
17. United Nations Environment Programme, Industry and Environment, Vol. 10, N°2, 1987, Francia.

Fuentes Entrevistadas

1. Andrade T. Rubén, Ingeniero de Producción de Pinturas CERESITA
2. Gutiérrez Miguel, Gerente de Producción de Pinturas SIPA
3. Millie O. David, Departamento Técnico de Ventas, OXIQUIM
4. Nahum R. Emilio, Gerente División Industrial de Pinturas BACO
5. Stephens Pablo, Gerente General de Pinturas STIERLING
6. Wilkendorf Harold, Gerente Técnico de Pinturas STIERLING

Contactos Empresas

1. Pinturas BACO S.A.I.C.
2. Pinturas CERESITA S.A.I.C.
3. Pinturas SIPA Ltda.
4. Pinturas STIERLING Ltda.
5. Pinturas REVOR
6. Pinturas CHILCORROFIN