
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE-REGION METROPOLITANA

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

RECUPERACIÓN DE SOLVENTES

**SANTIAGO
JUNIO DE 1999**

INDICE

	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN.....	2
2.1 PROCESOS DE RECUPERACIÓN.....	2
2.1.1 Almacenamiento.....	3
2.1.2 Tratamiento inicial	4
2.1.3 Destilación	4
2.1.4 Purificación	6
2.2 ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN.....	6
3 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES	8
3.1 AGUAS RESIDUALES.....	8
3.2 RESIDUOS SÓLIDOS	9
3.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS	11
3.4 RUIDOS Y OLORES	13
4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS.....	14
4.1 MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS	14
4.1.1 Rediseño del proceso o modificación de equipos	14
4.1.2 Separación de residuos.....	15
4.1.3 Manejo de materias primas	16
4.2 IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	22
5 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN (END-OF-PIPE) 24	
5.1 RESIDUOS LÍQUIDOS.....	24
5.1.1 Adsorción con carbón	24
5.1.2 Arrastre con vapor.....	24
5.1.3 Tratamiento biológico	24
5.1.4 Oxidación con aire húmedo.....	26
5.2 RESIDUOS SÓLIDOS	26
5.2.1 Uso como combustible alternativo	26
5.2.2 Incineración.....	27
5.2.3 Depósito de seguridad.....	28
5.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS	29
5.3.1 Oxidación térmica	30
5.3.2 Oxidación catalítica.....	30
5.3.3 Absorción.....	31
5.3.4 Condensación.....	31
5.3.5 Adsorción.....	31
6 ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.....	32

6.1	REDISEÑO DEL PROCESO.....	32
6.2	CONTROL DE EMISIONES DE COVS	33
6.3	INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL.....	34
7	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	36
8	LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA	40
8.1	NORMATIVAS QUE REGULAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS	40
8.2	NORMATIVAS QUE REGULAN LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	41
8.3	NORMATIVAS QUE REGULAN LAS DESCARGAS LÍQUIDAS	43
8.4	NORMATIVAS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS	45
8.5	NORMATIVAS APLICABLES A LOS RUIDOS.....	46
8.6	NORMATIVAS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	46
8.7	NORMAS REFERENCIALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN	50
	8.7.1 Normas relativas al agua	50
	8.7.2 Normativas de salud y seguridad ocupacional	50
9	PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCION DE PERMISOS.....	52
9.1	CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN TÉCNICA.....	53
9.2	INFORME SANITARIO	53
9.3	PERMISOS MUNICIPALES	55
10	CONCLUSIONES	56
11	REFERENCIAS.....	57

PRESENTACION

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

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

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

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

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

La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en la actividad de Recuperación de Solventes, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de CONAMA RM, en base a un estudio realizado por el Centro Nacional del Medio Ambiente–CENMA.

1 INTRODUCCIÓN

Los tipos de solventes usados por las industrias (virtualmente en todas éstas para limpieza de equipos) son indicativos de los tipos de solvente recuperados en instalaciones comerciales.

La distribución del uso de los diez solventes orgánicos más usados con respecto a seis grupos de industrias se muestra en la tabla a continuación (U.S. EPA, 1989a; EMEP/CORINAIR, 1996). La industria de pinturas usa principalmente solventes no halogenados, mientras que en la limpieza de superficies se usan principalmente solventes halogenados. El tetracloroetileno es el solvente principal usado por lavasecos.

Tabla 1.1: Distribución del uso de algunos solventes comunes

		Solvente									
		Xileno	Metanol	Tolueno	Tetracloroetileno	Cloruro de metileno	Metil etil cetona	Tricloroetileno	1,1,1-Tricloroetano	Acetona	Metil isobutil cetona
Sector industrial	Pinturas y similares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Limpieza de metales				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Pesticidas	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	Farmacéutica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Lavasecos				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Imprentas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

La opción preferida para el manejo de residuos de solvente es con frecuencia su regeneración y recuperación mediante procesos tales como destilación, no obstante, consideraciones de tipo más bien económico que técnico hacen a veces desistir de su uso. Esto conlleva a la utilización de estos residuos como combustible alternativo. Sin embargo, tales usos requieren de una evaluación cuidadosa, y las características del residuo deben corresponder con la capacidad del proceso en el que se pretende realizar la combustión.

Existen en la Región Metropolitana tres empresas dedicadas a la recuperación de solvente para su reuso como tal, y una empresa que recupera los solventes usados para la producción de combustibles alternativos para la industria cementera. Una última empresa, si bien situada en la Quinta Región, también recupera (como solvente) solventes usados de empresas de la Región Metropolitana.

2 ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN

2.1 Procesos de Recuperación

En la Región Metropolitana, las empresas recuperadoras de solvente para reuso como solvente y para uso como combustible alternativo son cuatro. Existe una quinta empresa en San Antonio, Quinta región, que también recupera solventes sucios de empresas de la Región Metropolitana.

Tabla 2.1: Empresas recuperadoras de solvente usado

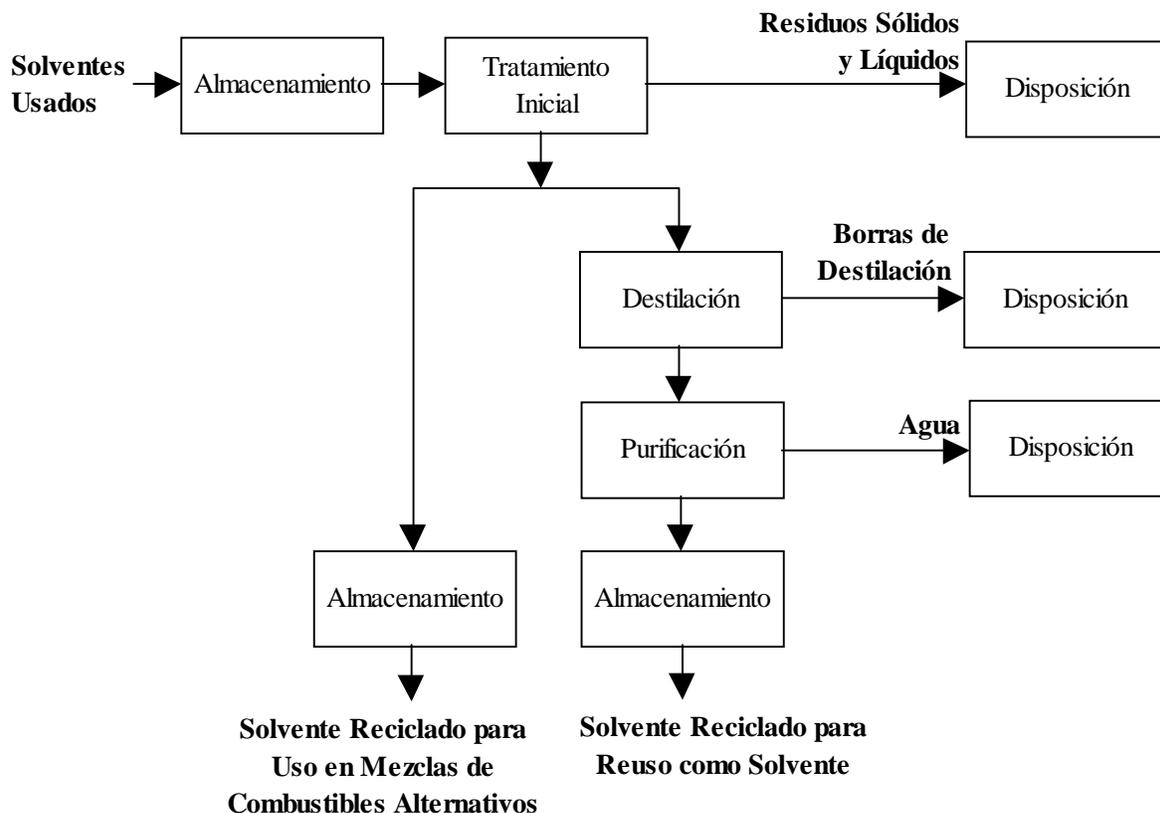
Recuperación de solvente para reuso como solvente
QUÍMICA ECOPAR LTDA. Eucaliptus, Parcela 110 San Antonio Teléfono: 231147
RECICLAJES ECOTRANS LTDA. Camino Santa Margarita 0601, Galpón 41 San Bernardo, Santiago Teléfono: 8542123
SOCIEDAD COMERCIAL E INDUSTRIAL SERCOIN SCI LTDA. Las Acacias 02519, San Bernardo, Santiago Teléfono: 5283679
SOCIETY RECYCLING INSTRUMENTS LTDA. Cerro Santa Lucia 9981, Galpón C Quilicura, Santiago Teléfono: 7471241
Recuperación de solvente para uso como combustible alternativo
BRAVO ENERGY CHILE S.A. Av. Las Industrias 12600 Maipú, Santiago Teléfono: 5350514

Los solventes sucios pueden ser reciclados mediante variados procesos con el propósito de reusar el producto como solvente o en mezclas de combustibles alternativos. Los productos que son reciclados para ser usados como solventes son refinados en unidades de destilación especialmente construidas, donde el solvente se separa en la forma de condensado de los componentes no volátiles, tales como resinas y pigmentos, que permanecen en el fondo del destilador. Los solventes sucios y residuos de destilación que son reciclados para ser usados

como combustible, son generalmente recolectados y mezclados para satisfacer especificaciones predeterminadas para dicho combustible.

El proceso de recuperación de solventes incluye en general las operaciones unitarias mostradas en la Figura 2.1.

Figura 2.1: Esquema general del proceso de recuperación de solventes



2.1.1 Almacenamiento

Los solventes son almacenados antes y después de su recuperación. Los solventes son transportados desde los recintos industriales, en camiones cisternas y tambores, hacia la planta de recuperación, donde son procesados y luego retornados al generador o vendidos a terceros para ser reusados.

En las empresas de recuperación de solvente para reuso como solvente, estos son almacenados en contenedores con capacidad de 208 [l] (en tambores) y 1.000 [l] (en bins plásticos). En las empresas de recuperación para uso en mezclas de combustibles alternativos estos son almacenados en estanques de 50 o 150 [m³], de techo fijo provistos con válvulas de alivio para evitar que los vapores de solvente ejerzan una presión excesiva en su interior.

En general, el tiempo de almacenamiento de los tambores varía desde no más de 48 horas hasta 1 semana.

2.1.2 Tratamiento inicial

Los solventes sucios recibidos son inicialmente tratados mediante separación mecánica para remover sólidos suspendidos y agua. Los métodos de separación mecánica incluyen filtración y decantación. Esta última también es usada para separar el agua del solvente inmiscible.

2.1.3 Destilación

Después del tratamiento inicial, los solventes sucios destinados para reuso como solventes son destilados para separar las mezclas de solventes y para remover impurezas disueltas. Los solventes sucios destinados para ser reusados en mezclas de combustibles alternativos no son destilados.

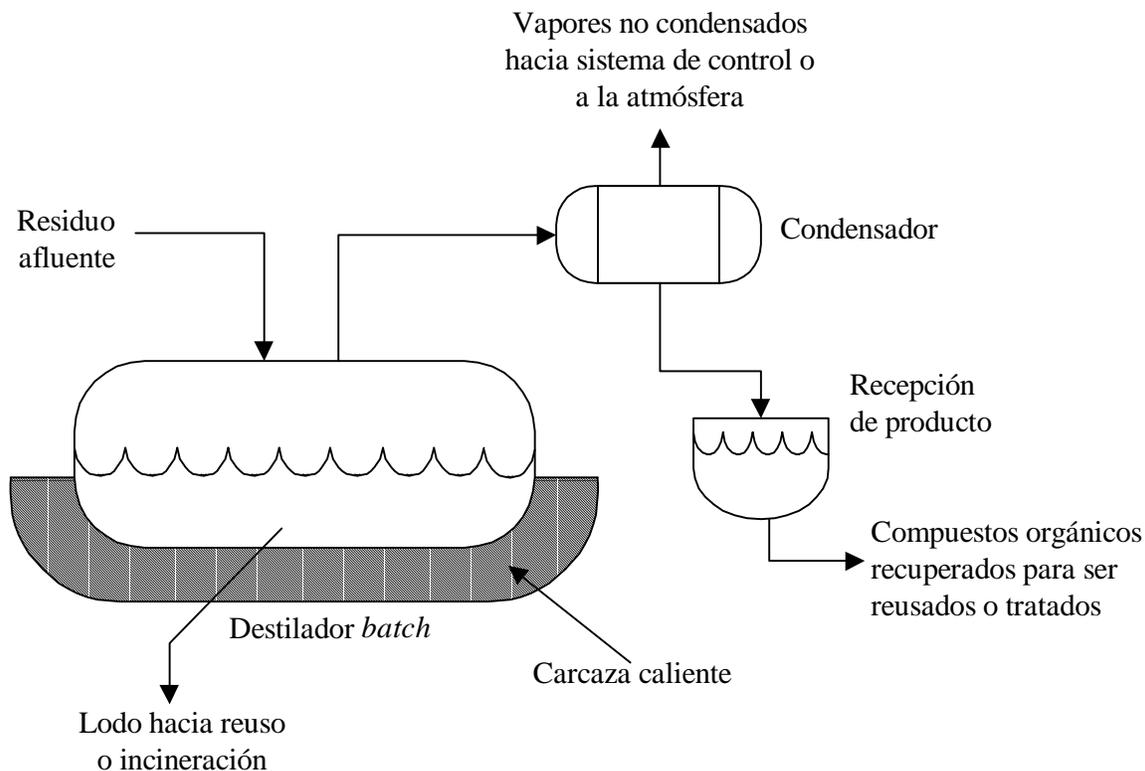
En la destilación simple por lotes, una cantidad de solvente usado es alimentada al evaporador. Después de ser cargado, los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos remanentes en el fondo del destilador son removidos del equipo después de la evaporación del solvente. La destilación continua simple es similar a la destilación por lotes exceptuando que el solvente es alimentado continuamente al evaporador durante la destilación, y los residuos del fondo del evaporador son descargados continuamente.

La separación de mezclas de solventes generalmente requiere de destilaciones simples múltiples o rectificaciones. En la rectificación por lotes, los vapores del solvente pasan a través de la columna de fraccionamiento donde entran en contacto con solvente condensado (reflujo) ingresando por la parte superior de la columna. El solvente que no es retornado como reflujo es retirado como producto por el tope. Durante la rectificación continua, el solvente sucio es alimentado continuamente en un punto medio de la columna. Los solventes más volátiles son retirados por la parte superior de la columna mientras que los solventes con puntos de ebullición más elevados son recolectados en el fondo.

Los equipos de rectificación y destilación comunes no son apropiados para la recuperación de algunos solventes sucios. Por ejemplo, contaminantes resinosos o viscosos pueden recubrir las superficies de transferencia de calor resultando en pérdida de eficiencia del evaporador. Los evaporadores con serpentines expuestos a los solventes son sólo adecuados con solventes con un contenido de sólidos inferior al 5%. Dos evaporadores que evitan que los contaminantes deterioren las superficies de calentamiento son los de raspadores rotatorios o de película delgada. En los primeros, raspadores rotatorios evitan que los contaminantes se adhieran a las superficies calientes del evaporador. Para materiales viscosos o sensibles al calor, evaporadores de película delgada son los más adecuados. Mediante este diseño, el solvente es forzado a formar una película delgada sobre las paredes calientes del evaporador por unas cuchillas rotatorias. Estas cuchillas agitan el solvente

mientras mantienen una pequeña distancia desde las paredes del evaporador para evitar la acumulación de contaminantes sobre las superficies para calentamiento.

Figura 2.2: Esquema de proceso de destilación simple por lotes



Mezclas de solventes azeotrópicos, que normalmente son difíciles de separar, pueden ser separados durante la destilación mediante la adición de un tercer solvente. Por ejemplo, la adición de fenol a mezclas de ciclohexano y benceno durante la destilación, hace que los coeficientes de actividad del ciclohexano sean aproximadamente el doble de los del benceno. Este factor hace que la volatilidad del ciclohexano sea casi el doble de la del benceno, permitiendo una fácil separación por destilación.

La condensación de los vapores de solvente se logra durante la destilación mediante condensadores barométricos o de carcaza y tubos. Este último diseño consiste de tubos paralelos al interior de una carcaza cilíndrica. La condensación del solvente se logra por el flujo de agua de enfriamiento a través de los tubos que están en contacto con los vapores de solvente en la carcaza. Este arreglo evita el mezclado del solvente recuperado con el agua de enfriamiento. En los condensadores barométricos, el vapor es condensado por contacto directo con un rocío de agua de enfriamiento. La condensación de vapor resulta en una mezcla de solvente y agua de enfriamiento.

Los solventes con puntos de ebullición elevados (155°C) son destilados más eficientemente en vacío. La destilación en vacío reduce de manera importante la cantidad de calor que sería requerido por medio de destilación a presión atmosférica.

2.1.4 Purificación

Después de la destilación, agua adicional es removida del solvente por decantación o *salting*. Enfriamiento adicional de la mezcla solvente-agua antes de la decantación aumenta la separación de los dos componentes al disminuir su solubilidad. Mediante *salting*, el solvente es circulado a través de un lecho de cloruro de calcio donde el agua es removida por absorción.

Durante la purificación, algunos solventes recuperados pueden perder su capacidad para tamponar y necesitan ser estabilizados. La estabilización requiere la adición de tampones para asegurar que el pH se mantenga constante durante su uso. La composición de los aditivos usados para tamponar es considerada propiedad privada por la mayoría de las empresas.

2.2 Antecedentes de Producción

La generación de residuos de solvente en la Región Metropolitana fue estimada en 485 [t/año] en 1995 por el Estudio del Plan Maestro sobre Manejo de Residuos Sólidos Industriales en la Región Metropolitana (Kokusai Kogyo, 1996). En el mismo estudio, se proyecta para el presente año una cifra algo inferior a 550 [t/año] de estos residuos, como se puede ver en la tabla a continuación.

Tabla 2.2: Generación de residuos de solvente en la Región Metropolitana (Kokusai Kogyo, 1996)

Año	1995	1997	2000	2005	2010
Residuos [t/año]	485	511	550	615	679

Los residuos de solvente actualmente recepcionados en las empresas recuperadoras para su procesamiento provienen principalmente de la industria de pintura y productos afines. En la Tabla 2.3 se entregan cifras estimativas relativas a los volúmenes de solvente usado manejados por algunas empresas recuperadoras en la Región Metropolitana.¹

¹ Considerando que las actividades de recuperación de solventes (sea esto para su uso como solvente o combustible alternativo) están comprendidas dentro del método de disposición más adelante identificado como reutilización por terceros, entonces se puede estimar que la cantidad de solvente sucio manejado por empresas dedicadas a la recuperación de los mismos debe ser $(0,37 \times 550)$ 203,5 [t/año] o menos. Sin embargo, de acuerdo a la información entregada por los Srs. Patricio Soza (Química Ecopar Ltda.), Agustín Salamero (Sociedad Comercial e Industrial Sercoim SCI Ltda.) y Francisco Ehrmann (Society Recycling Instruments Ltda.), sólo estas tres empresas manejan cerca de 266 [t/mes], luego es evidente que la estimación de Kokusai Kogyo (1996) para la Región Metropolitana no es representativa de la realidad.

Tabla 2.3: Recuperación de solventes en la Región Metropolitana (durante 1998)²

Empresa	Solvente usado procesado	Solvente recuperado	Eficiencia promedio de recuperación
Empresa A	57.000 [l/mes]	40.000 [l/mes]	70,2 %
Empresa B	85.000 [l/mes]	63.750 [l/mes]	75,0 %
Empresa C	124.800 [l/mes]	87.360 [l/mes]	70,0 %
Total	266.800 [l/mes]	191.110 [l/mes]	71,6%

² Comunicación personal con Srs. Patricio Soza (Química Ecopar Ltda.), Agustín Salamero (Sociedad Comercial e Industrial Sercoin SCI Ltda.) y Francisco Ehrmann (Society Recycling Instruments Ltda.).

3 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES

3.1 Aguas Residuales

La generación de aguas residuales en los procesos de recuperación de solventes es el resultado de los procesos de tratamiento inicial, destilación y purificación. Se ha estimado que el volumen de agua residuales generado por el conjunto de estos procesos puede variar desde menos de 1% hasta 15% del volumen total de solvente sucio (U.S. EPA, 1989a).

Las aguas residuales de proceso están compuestas por agua que ha sido separada de los solventes mediante separación por gravedad. Ya que el agua es más densa que la mayoría de los solventes orgánicos, es drenada por el fondo de los estanques junto con los sólidos.

Las aguas residuales generadas por procesos de recuperación de solventes han sido caracterizadas en un estudio realizado por la Industrial Technology División (en adelante ITD) de la U.S. Environmental Protection Agency (1989a). En general, las aguas residuales exhiben un pH en el rango de 3,6 a 9,5, y en rangos igualmente amplios se encuentran la mayoría de los parámetros indicados en la Tabla 3.1. No obstante, se hace notar que las concentraciones de DBO₅ y DQO son constantemente altas.

Tabla 3.1: Características de las aguas de proceso (U.S. EPA, 1989a)

Parámetro	Concentración
Aceites y grasas [mg/l]	205–97.000
Aluminio [µg/l]	280–31.800
Arsénico [µg/l]	9–176
Boro [µg/l]	710–26.000
Cadmio [µg/l]	56–6.010
Carbono orgánico total COT [mg/l]	540–300.000
Cianuro total [mg/l]	0,76–7
Cinc [µg/l]	4.800–261.000
Cloruros [mg/l]	1.500–12.800
Cromo [µg/l]	17–6.500
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ , disuelto [mg/l]	18.600–138.000
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ , total [mg/l]	30.000–153.000
Demanda química de oxígeno DQO, disuelta [mg/l]	71.400–150.000
Demanda química de oxígeno DQO, total [mg/l]	82.100–218.000
Fenol [mg/l]	4–175
Manganeso [µg/l]	170–13.500

Parámetro	Concentración
Mercurio [$\mu\text{g/l}$]	3–22
Níquel [$\mu\text{g/l}$]	430–22.100
Nitrógeno total Kjeldahl NTK [mg/l]	154–1.060
pH	3,6–9,5
Plomo [$\mu\text{g/l}$]	450–46.200
Sólidos disueltos [mg/l]	16.000–156.000
Sólidos suspendidos SS [mg/l]	160–4.170
Sólidos suspendidos volátiles SSV [mg/l]	116–1.900
Sólidos totales volátiles [mg/l]	4.140–20.663

3.2 Residuos Sólidos

Los residuos sólidos de la recuperación de solventes consisten en lodos de sistemas de tratamiento de aguas residuales, residuos de destilación y eventualmente, cenizas de incineración (no obstante, en el caso de hornos cementeros, el polvo recuperado por los sistemas de control de la contaminación atmosférica es reincorporado al proceso, y por lo tanto no hay producción de residuos sólidos). Ahora bien, tratamiento *end-of-pipe* de las aguas residuales no es común en este rubro y no hay información suficiente para caracterizar los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, no hay información para caracterizar las cenizas resultantes de la quema en hornos, de residuos de destilación y residuos de solvente.

Información ha sido recolectada que permite sin embargo la caracterización de residuos de destilación. Estos son generalmente mezclados con combustibles debido a su alto poder calorífico.

Los residuos de destilación se componen de grasas, aceites, emulsiones, solventes orgánicos, sólidos y agua; habiéndose informado que 27% de los solventes destilados no son recuperados (U.S. EPA, 1989a). En el estudio realizado por ITD de la U.S. Environmental Protection Agency (1989a) se analizó el residuo remanente en un evaporador de película delgada después de la recuperación de mezclas de solventes halogenados y no-halogenados (en proporción 17:3). Los valores, entregados en la Tabla 3.2 (base húmeda), evidencian un alto contenido de compuestos orgánicos y de metales en los residuos de destilación.

Tabla 3.2: Características de residuos de destilación (base húmeda)

Parámetro	Concentración
Aceites y grasas [mg/kg]	188.000
Arsénico [mg/kg]	6
Bario [mg/kg]	4.510
Cadmio [mg/kg]	112
Cianuro total [mg/kg]	94
Clorobenceno [mg/kg]	602
Cromo [mg/kg]	1.390
Demanda química de oxígeno DQO, total [mg/kg]	1.430.000
Fenol [mg/kg]	2,06
Mercurio [mg/kg]	6,5
Metil etil cetona [mg/kg]	7.561.900
Plata [mg/kg]	0,3
Plomo [mg/kg]	55.600
Selenio [mg/kg]	6
Sólidos volátiles totales [mg/kg]	280.000
Tricloroeteno [mg/kg]	5.779

Para identificar compuestos que podrían potencialmente lixiviar desde la matriz sólida o semi-sólida del residuo, se realiza la determinación de la característica de toxicidad por lixiviación (mediante TCLP, del inglés “*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*”).

En el estudio de caracterización de residuos industriales sólidos en la Región Metropolitana realizado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA, 1998), el único metal tóxico medido en concentraciones importantes, en la determinación de la característica de toxicidad por lixiviación de borras de destilación resultantes de la recuperación de solvente usado en la industria de pintura, fue el plomo. Los resultados correspondientes se muestran en la Tabla 3.3 a continuación. Todas las muestras analizadas presentaron un punto de inflamación inferior a 60°C.

Tabla 3.3: Análisis de TCLP a residuos de destilación (CENMA, 1998)

Parámetro	Borras de destilación de solvente usado en industria de pintura	Borras de destilación de solvente usado
Arsénico [mg/l]	0,004–0,024	0,007–0,008
Bario [mg/l]	<0,1–1,18	<0,36–4,14
Cadmio [mg/l]	<0,4	<0,4
Cromo [mg/l]	<0,07–0,24	<0,4–0,14
Mercurio [mg/l]	<0,001	<0,001
Plata [mg/l]	<0,5	<0,5
Plomo [mg/l]	<0,03–18,05	<0,03–0,60
Selenio [mg/l]	<0,001	<0,001

3.3 Emisiones Atmosféricas

En el proceso de recuperación de solventes hay emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) por los respiraderos de los estanques de acumulación, respiraderos del condensador y emisiones fugitivas (véase la Figura 3.1). Además, en los casos en que la disposición de residuos del proceso (por ejemplo, borras) sea eventualmente realizada mediante incineración, habrán emisiones fugitivas y emisiones por la chimenea del incinerador de contaminantes sólidos que han sido oxidados y descargados como material particulado, compuestos orgánicos sin quemar y gases de combustión.

El almacenamiento de solventes resulta en la emisión de compuestos orgánicos volátiles debido a la evaporación del solvente. La condensación de vapores de solvente durante el proceso de destilación también causa emisiones de compuestos orgánicos volátiles, y si se usan eyectores de vapor de agua, se producen emisiones de vapor de agua y compuestos no condensables.

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debido a filtraciones en equipos, exposición al aire de solvente (por ejemplo durante el almacenamiento y el retiro de lodos durante las operaciones de destilación y de tratamiento inicial) y derrames, son clasificadas como fugitivas.

Factores de emisión correspondientes a lo descrito se presentan en la Tabla 3.4.

Figura 3.1. Emisiones atmosféricas del proceso (U.S. EPA, 1995)

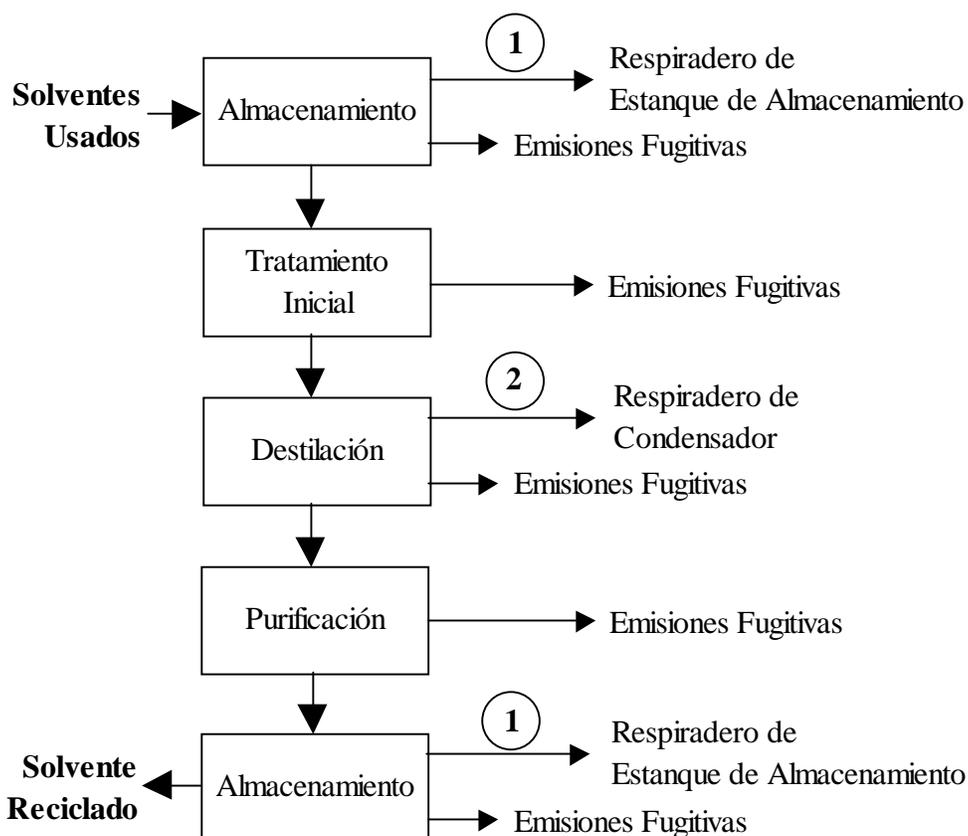


Tabla 3.4: Factores de emisión para la recuperación de solvente (U.S. EPA, 1995)

Fuente	Promedio de factor de emisión [kg COV/ton Solvente Recuperado]
Respiradero de estanque de almacenamiento de techo fijo	0,01 (0,002–0,04)
Respiradero del condensador	1,65 (0,26–4,17)
Emisiones fugitivas	
Derrames	0,10
Operación de carga de solvente	0,36 (0,00012–0,71)

Respecto a los valores anteriores, estos son clasificados como factores de emisión clase “D”³, es decir, la calidad de los valores está bajo el promedio, siendo calculados usando valores de prueba “A”, “B” y/o “C”⁴ obtenidos a partir de un número pequeño de instalaciones (que aparentemente no corresponden a una muestra aleatoria del rubro).

En la Región Metropolitana se emiten por concepto de recuperación de solventes mediante destilación 3,78 [ton COV/año] aproximadamente. Al respecto, en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (CONAMA, 1997) se indica que las emisiones anuales totales de COVs por concepto de fuentes fijas son 240 [ton/año], es decir, las emisiones debido a la actividad de recuperación corresponden a 1,6% del total estimado para fuentes fijas.

3.4 Ruidos y Olores

Los ruidos y olores no son fuente de impacto ambiental significativo en las actividades asociadas al manejo de solventes.

³ Cada factor de emisión en la publicación AP-42 (U.S. EPA, 1995) es clasificado de “A” a “D”, siendo “A” la mejor clasificación: A=Excelente; B=Sobre el promedio; C=Promedio; D=Bajo el promedio; E=Pobre. La clasificación de un factor corresponde a una indicación general de la confiabilidad, o integridad, de ese factor.

⁴ La calidad de los valores de prueba es clasificada de “A” a “D” de acuerdo a los siguiente: A=Los ensayos son realizados usando una metodología íntegra y son informados con detalle suficiente para realizar una validación adecuada; B=Los ensayos son realizados usando una metodología que es en general íntegra, pero no se dispone de detalle suficiente para realizar una adecuada validación; C=Los ensayos se basan en una metodología nueva o no verificada, o falta gran cantidad de información de respaldo; D=Los ensayos se basan en un método que es en general no aceptable, pero que puede entregar un valor para determinar el orden de magnitud de la fuente.

4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

4.1 Minimización de Residuos

La minimización de residuos consiste de dos aspectos diferentes del manejo de residuos peligrosos: reducción en el origen y reciclaje o reuso. El reciclaje o reuso se refiere a los procedimientos y procesos destinados a la recuperación de los residuos generados o a su reuso.

La reducción en el origen se define como cualquier actividad realizada dentro del establecimiento que reduce el volumen y/o el peligro del residuo generado en dicho establecimiento. La reducción en el origen representa un acercamiento preventivo al manejo de residuos peligrosos, ya que la reducción del volumen o peligrosidad del residuo disminuye los problemas asociados con su manejo, tratamiento y disposición.

En general las prácticas de reducción en el origen pueden clasificarse como: sustitución de materias primas, reformulación del producto, modernización o rediseño del proceso, y separación de residuos. Algunas de éstas se discuten a continuación, como también el manejo adecuado (almacenamiento y transporte) de solventes sucios para evitar derrames y la posterior generación de los residuos asociados a tales incidentes (tales como suelo contaminado).

4.1.1 Rediseño del proceso o modificación de equipos

El rediseño del proceso incluye el modificar el diseño existente de proceso para incluir nuevas operaciones unitarias, la implementación de nuevas tecnologías para reemplazar operaciones más antiguas, cambiar las condiciones de operación del proceso, o cambiar las operaciones que afectan el proceso (por ejemplo, aseo o mantenimiento). Rediseñar es con frecuencia necesario cuando se requiere cumplir con estándares ambientales cada vez estrictos.

El mejorar las prácticas de aseo es comúnmente empleado para lograr reducciones en el origen. Estas prácticas incluyen minimizar la limpieza y mantención de equipos, apagar los equipos auxiliares cuando no están en uso y cerrar válvulas, entre otras medidas. Otra manera en la que cambios en el proceso pueden tener el efecto de reducir en el origen es mediante un aumento en la atención por parte de la gerencia al control de la contaminación y a la generación de residuos. Por ejemplo, algunas empresas ofrecen a sus empleados programas de incentivos para identificar medidas para la disminución de costos.

El mejorar los controles de proceso se considera un aspecto de particular importancia de la modificación de equipos. Los controles de proceso pueden ser menos costosos y técnicamente más factibles de implementar que el reemplazar o modificar un equipo a gran escala. (U.S. EPA, 1986)

Ahora bien, la modificación de equipos o su modernización parece ser un método que prevalece para lograr la reducción en el origen, no obstante los elevados costos iniciales involucrados. A continuación se mencionan algunas medidas pertinentes:

- (a) Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles desde estanques de almacenamiento puede reducirse en tanto como un 98% mediante reemplazo de techos fijos por techos flotantes, aunque el porcentaje de reducción exacto depende de factores tales como la velocidad de evaporación, temperatura ambiente, capacidad del estanque y velocidad con que se llena el estanque (U.S. EPA, 1995).
- (b) Si se dispone de grandes volúmenes de solvente con elevado punto de ebullición, una unidad de destilación al vacío hace el proceso más eficiente desde el punto de vista de consumo energético (WSDE, 1995; OWRS, 1991). Una unidad a vacío también puede ser usada para evitar problemas cuando al destilar compuestos sensitivos a la temperatura. Sin embargo estas unidades son más costosas que las unidades de destilación a presión atmosférica. Algunos proveedores de unidades de destilación para la recuperación de solventes se entregan en el Anexo A (los nombres que aparecen se presentan sólo a modo indicativo y corresponden a las empresas contactadas que manifestaron algún interés por la situación nacional).
- (a) La selección del condensador apropiado depende del tipo de solvente a destilar. Un condensador inadecuado condensará sólo una porción de los vapores, permitiendo el escape de la fracción no-condensada. En algunos casos un condensador enfriado con aire puede ser suficiente. Sin embargo, estos no son tan efectivos como los condensadores enfriados con agua al controlar la temperatura del vapor (WSDE, 1995; OWRS, 1991).

4.1.2 Separación de residuos

La separación de residuos conlleva a procedimientos especiales de almacenamiento o manejo para evitar el mezclado de distintos residuos. La separación de residuos permite que ciertos residuos puedan ser tratados, recuperados o reusados, o dispuestos de una manera más ambientalmente, y tal vez económicamente, adecuada.

Los residuos deben ser dispuestos en contenedores que estén en buenas condiciones. Estos deben permanecer cerrados excepto para depositar residuos en su interior. Los contenedores deben ser inspeccionados visualmente por lo menos una vez a la semana para asegurar que se conserven en buenas condiciones y que no hay peligro inminente de filtraciones o rupturas. Los contenedores deben estar claramente etiquetados con la leyenda "**RESIDUO PELIGROSO**" u otra que identifique los contenidos exactos del contenedor, además de tener claramente marcada la fecha de inicio del periodo de acumulación (correspondiente al momento cuando se depositó la primera cantidad de residuos en su interior). Los contenedores no deben ser almacenados con materiales incompatibles. Finalmente, durante su almacenamiento deben tomarse las medidas de seguridad prescritas en la Norma Chilena Oficial NCh.758.Of71, "Sustancias Peligrosas-Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables-Medidas Particulares de Seguridad".

4.1.3 Manejo de materias primas

Los solventes contaminados deben ser mantenidos en contenedores que estén en buenas condiciones y estos deben estar etiquetados con un rótulo que identifique sus contenidos. Los contenedores no deben ser almacenados con materiales incompatibles. Finalmente, durante su almacenamiento deben tomarse las medidas de seguridad prescritas en la Norma Chilena Oficial NCh.758.Of71, “Sustancias Peligrosas–Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables–Medidas Particulares de Seguridad”.

En general, los siguientes procedimientos deben ser considerados al manipular cualquier líquido inflamable (Flack, 1991):

- (a) Todos los equipos y mangueras de transferencia deben conectarse a tierra para evitar la generación de chispas por estática.
- (b) Usar materiales resistentes a chispas en todos los contactos metal–metal.
- (c) Usar sólo equipos a prueba de explosiones. Los dispositivos eléctricos, interruptores y motores a prueba de explosiones son diseñados de manera tal que si una mezcla explosiva ingresa a la carcasa y es encendida, la carcasa se enfriará y contendrá la expansión de los gases de combustión. Los gases que escapen no estarán lo suficientemente calientes para encender una mezcla combustible que esté fuera de la carcasa. La carcasa es diseñada para soportar la presión de los gases en expansión. Los accesorios eléctricos deben usar o generar una cantidad de electricidad que sea insuficiente para encender una mezcla explosiva.
- (d) Disponer de diques alrededor de los estanques de almacenamiento de solventes para la contención de derrames. Mientras mayor sea el área superficial de un líquido inflamable, mayores serán la evaporación y las posibilidades de que se inflame.
- (e) Evitar el uso de agua por sí sola al extinguir incendios provocados por fluido inflamables en general. Los solventes flotan sobre el agua, que facilitará su propagación. El agua debe mezclarse con un agente espumante; esto hará que el agua flote sobre el solvente. Sistemas de supresión en polvo son efectivos al extinguir estos incendios al excluir la fuente de oxígeno.
- (f) Separar el área de almacenamiento del área de procesos mediante un muro corta–fuegos. Este muro impedirá la propagación del incendio y minimizará daños y accidentes.
- (g) Disponer de ventilación adecuada cuando estén presentes vapores inflamables. La ventilación permitirá que la concentración de vapor permanezca bajo el límite inferior

de explosión (la concentración más baja de vapor de solvente que puede mantener la combustión).⁵

- (h) Permitir el desplazamiento de vapores al llenar un estanque, para evitar el aumento de la presión, mediante respiraderos. El extremo de la cañería del respiradero debe tener un dispositivo corta-fuego para evitar que el fuego se propague a través de la cañería hasta el estanque.
- (i) Asegurar el flujo de fluidos inflamables a través o sobre superficies conductivas. Los solventes al caer libremente por el aire o al circular por tuberías plásticas generan carga estática. Posteriormente, una descarga estática puede comenzar un incendio. Al llenar estanques o tambores de almacenamiento, el solvente debe discurrir por un costado del tambor, o a través de un tubo conductor que alimenta el estanque por el fondo.

A. Almacenamiento

El almacenamiento de residuos inflamables deberá realizarse de acuerdo a lo establecido en la Norma Chilena Oficial NCh.389.Of74, “Sustancias Peligrosas–Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables–Medidas Generales de Seguridad” y en la Norma Chilena Oficial NCh.758.Of71, “Sustancias Peligrosas–Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables–Medidas Particulares de Seguridad”⁶.

Algunas de las medidas particulares de seguridad se detallan en los párrafos a continuación.

A.1. Almacenamiento en envases pequeños y en tambores

Alturas de las pilas. La altura de las pilas estará limitada por las características de resistencia de los envases y por lo dispuesto en la Tabla 4.1. No estará permitido colocar, uno encima de otros, envases de capacidad superior a 250 [l].

Bodegas. Las bodegas de almacenamiento cumplirán con los siguientes requisitos:

- (a) Avisos y carteles: Letrero permanente con la leyenda "**INFLAMABLE–NO FUMAR NI ENCENDER FUEGO**" con letras negras sobre el fondo amarillo. El tamaño de las letras será igual o superior a 6 [cm].

⁵ Un vapor de solvente puede inflamarse sólo si su concentración está entre el límite de explosión inferior (LEL, del inglés “*Lower Explosion Limit*”) y el límite de explosión superior (UEL, del inglés “*Upper Explosion Limit*”). Esta última es la concentración más elevada de vapor de solvente que puede mantener una llama. Estos valores se pueden encontrar en la siguiente publicación: *U.S. Department of Health and Human Services. 1994. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. U.S. Government printing Office. Washington, D.C. 20402.*

⁶ Ambas disponibles para su consulta en el Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 4.1: Almacenamiento en el interior de locales y bodegas de líquidos inflamables contenidos en envases pequeños y en tambores. Cantidad máxima por pila

Categoría del líquido inflamable ⁽¹⁾	Piso en que está ubicado el almacenamiento	Almacenamiento con sistema automático de extinción de incendio		Almacenamiento sin sistema automático de extinción de incendio ⁷	
		Volumen [l]	Altura [m]	Volumen [l]	Altura [m]
1 y 2 ⁸	Primer ⁹ o segundo piso	10.000	1	5.000	1
	En el subterráneo	No está permitido		No está permitido	
3	Primer o segundo piso	40.000	3	10.000	1
	En el subterráneo	10.000	3	No está permitido	

(1) Clase 1: Temperatura de inflamación < 18 °C

Clase 2: 18 °C ≤ Temperatura de inflamación < 23 °C

Clase 3: 23 °C ≤ Temperatura de inflamación < 61 °C

(a) Capacidad máxima: Según Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Capacidad máxima de almacenamiento

Sistema automático de extinción	Resistencia al fuego [hora]	Superficie máxima [m ²]	Carga permisible por piso [kg/m ²]
No	1	35	80
No	2	100	200
Si	1	35	200
Si	2	100	400

(a) Distancia de seguridad: Según Tabla 4.3.

⁷ Resistencia mínima al fuego será de 2 horas.

⁸ NCh.382. Sustancias Peligrosas–Terminología y Clasificación General. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

⁹ Primer piso: aquel que está a nivel de cota cero.

Tabla 4.3: Distancia de seguridad

Categoría del líquido inflamable	Distancia mínima de las pilas a los muros del local o bodega [m]	Distancia mínima a la línea medianera [m] ¹⁰	Distancia mínima a la calle o vía pública [m]
1 y 2	1	10	5
3	1	5	3

(a) Ventilación: será de capacidad suficiente como para efectuar seis cambios totales por hora del aire interior.

Envases. Sólo estará autorizado almacenar líquidos inflamables en envases cuya capacidad máxima se indica en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4: Capacidad máxima permisible

Tipo de envase	Categoría del líquido inflamable		
	1	2	3
Frascos	0,5 [l]	1 [l]	4 [l]
Tarros y latas	4 [l]	20 [l]	20 [l]
Bidones	10 [l]	20 [l]	20 [l]
Tambores	250 [l]	250 [l]	250 [l]

Drenajes. El piso del área de almacenamiento contará con drenaje apropiado para eliminar las aguas lluvias y los derrames de líquidos inflamables. Dicho drenaje estará construido de tal manera que el líquido sea eliminado alejándose de los edificios e instalaciones, como así mismo desemboque a un lugar seguro y de fácil acceso con los elementos de lucha contra el fuego. El drenaje no caerá al desagüe de aguas lluvias, al alcantarillado ni a lugares en que pueda provocar contaminaciones.

Pasillos. Cada 60 [m] se dejarán pasillos de un ancho mínimo de 4 [m], sin perjuicio de los pasillos de ancho mínimo de 2 [m], que separará una pila de otra.

Almacenamiento en el interior de edificios. El almacenamiento de cantidades superiores a 100 [l], se efectuará sólo en depósitos, bodegas o gabinetes de almacenamiento. El almacenamiento de cantidades hasta 100 [l] se hará en un lugar limpio, bien ventilado, lejos de fuentes de calor o de chispas como así mismo de otros materiales combustibles o comburentes.

Almacenamiento en el exterior de edificios. El almacenamiento de cantidades superiores a 250 [l] se hará en bodegas, en depósitos o en recintos que cumplan con las prescripciones

¹⁰ Estas distancias son aplicables cuando el muro medianero es corta-fuego y los edificios ubicados al otro lado de él están construidos con materiales cuya resistencia mínima al fuego es de 1 [hora]. Si no se cumplen tales condiciones las distancias de seguridad serán duplicadas.

de la Norma Chilena Oficial NCh.758. Cuando los depósitos estén constituidos por áreas no edificadas, las distancias de seguridad a la línea medianera y a la calle o vía pública que se indican en la Tabla 4.3, serán duplicadas. La cantidad máxima de litros por pila será la indicada en la Tabla 4.2.

A.2. Almacenamiento en estanques

Distancia mínima de seguridad. Las distancias mínimas de seguridad de los estanques con respecto a la línea medianera, edificios, calles o caminos, vías férreas y obras de ingeniería, serán las indicadas en la Tabla 4.5. Tales distancias serán duplicadas cuando ellas estén referidas a separaciones con respecto a edificios construidos con materiales cuya resistencia al fuego es inferior a 1 [hora], a edificios de uso público o campos deportivos.

Tabla 4.5: Distancias mínimas de seguridad¹¹

Capacidad del estanque [l]	Distancia [m]
$250 < \textit{Capacidad} \leq 1.000$	2
$1.000 < \textit{Capacidad} \leq 3.000$	3
$3.000 < \textit{Capacidad} \leq 50.000$	5
$50.000 < \textit{Capacidad} \leq 120.000$	7
$120.000 < \textit{Capacidad} \leq 200.000$	10
$200.000 < \textit{Capacidad} \leq 400.000$	16
$400.000 < \textit{Capacidad} \leq 2.000.000$	25
$2.000.000 < \textit{Capacidad} \leq 4.000.000$	30
$4.000.000 < \textit{Capacidad} \leq 8.000.000$	40
$8.000.000 < \textit{Capacidad} \leq 12.000.000$	50
$12.000.000 < \textit{Capacidad}$	60

En el caso de bodegas, locales, recintos o plantas colindantes, la línea medianera sea materializada por un muro cortafuegos.

Distancia entre estanques. La distancia mínima entre estanques será la indicada en la Tabla 4.6.

¹¹ Cuando haya varios estanques, cada uno de ellos cumplirá con la distancia mínima correspondiente a su capacidad. Las distancias indicadas corresponden a estanques de superficie; para los subterráneos ellas pueden ser reducidas a la mitad, siempre que ello no vulnere la estabilidad de los edificios o muros colindantes o que las presiones ejercidas por éstos los afecte. Para estanques cubiertos, las distancias dependerán de las características de la cubierta, pudiendo, en algunos casos ser instalados dentro del edificio.

Tabla 4.6: Distancia entre estanques de almacenamiento

Capacidad [l]	Distancia mínima [m] ¹²
Hasta 50.000	Un radio del menor de los estanques
Sobre 50.000	Un diámetro del menor de los estanques

Cantidad máxima que se puede almacenar. Para determinar la cantidad máxima de líquido inflamable que se puede almacenar en el exterior de edificios se aplica la Tabla 4.5. Para determinar la cantidad máxima de líquido inflamable que se puede almacenar en el interior de edificios se aplica la Tabla 4.7.

Tabla 4.7: Almacenamiento en estanques. Cantidad máxima permisible por almacenar en el interior de edificios

Categoría del líquido inflamable	Piso en que está ubicado el almacenamiento	Almacenamiento con sistema automático de extinción de incendio	Almacenamiento sin sistema automático de extinción de incendio
1	Cualquiera	No está permitido	
2	Primer o segundo piso	12.000 [l]	3.000 [l]
	En el subterráneo	No está permitido	
3	Primer o segundo piso	40.000 [l]	12.000 [l]
	En el subterráneo	12.000 [l]	No está permitido

B. Transporte

En general, todo vehículo que transporte materias inflamables:

- (a) Deberá estar provisto de dos o más extintores.
- (b) Deberá arrastrar una cadena de hierro (toma tierra) para descargar la electricidad estática de la masa del vehículo. No se permitirán los acoplados.
- (c) Deberá situarse a distancia prudente del lugar en que se acumula el material descargado, para evitar que alguna chispa del motor produzca su inflamación.
- (d) Deberá tener dispositivos para detener chispas en los escapes, debidamente aislados con asbesto.
- (e) Deberá llevar, además del chofer, un cuidador especial que no deberá abandonarlo por ningún motivo antes de la descarga.

Es importante destacar que el transportista deberá estar autorizado por el Servicio de Salud respectivo.

¹² Las distancias dadas involucran exclusivamente la seguridad, las que se requieren para el montaje, desmontaje, manipulación, etc., serán consideradas por el proyectista.

4.2 Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental

Un sistema de gestión ambiental puede ser descrito como un programa de mejoramiento ambiental continuo, que consta de una secuencia de etapas definidas tomadas de la práctica de manejos de proyectos y aplicados en forma rutinaria en el área de administración. Estos pasos pueden resumirse en términos simples de la siguiente manera (World Bank, 1997):

- (a) revisión de las consecuencias ambientales de las operaciones;
- (b) definición de un conjunto de políticas y objetivos para la eficiencia ambiental;
- (c) establecimiento de un plan de acción para lograr los objetivos;
- (d) seguimiento de la eficiencia en relación a estos objetivos;
- (e) informar adecuadamente los resultados; y
- (f) revisión del sistema y resultados, y buscar el mejoramiento continuo.

No todos los sistemas presentarán estas etapas de manera igual pero los principios son claros y sencillos de comprender, y pueden ser fácilmente aplicados mientras haya interés y apoyo.

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 destinados a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos. Dentro de estas prácticas se incluyen las políticas de personal (capacitación, uso de incentivos), medidas para incluir mejoras en los procedimientos y medidas de prevención de pérdidas.

A nivel internacional la serie de estándares ISO14000¹³ regulan la gestión ambiental dentro de la empresa, en lo que respecta a la implementación de un sistema de gestión ambiental y auditorías ambientales a la empresa, entre otros. En particular, la norma ISO14001 “Sistemas de gestión ambiental–Especificación con guía para el uso”, especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, que permita a una determinada organización formular políticas y objetivos teniendo en cuenta los requisitos legales y la información sobre impactos ambientales significativos.

¹³ NCh–ISO 14001.c96. “Sistemas de gestión ambiental–Especificación con guía para el uso”. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

NCh–ISO 14004.c96. “Sistemas de gestión ambiental–Guías generales sobre principios, sistemas y técnicas de soporte”. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

NCh–ISO 14010.c96. “Directrices generales para auditoría ambiental–Principios generales”. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

NCh–ISO 14011.c96. “Directrices generales para auditoría ambiental–Procedimientos de auditoría–Auditoría de sistemas de gestión ambiental”. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

NCh–ISO 14012.c96. “Directrices generales para auditoría ambiental–Criterios de calificación para auditores ambientales”. Instituto Nacional de Normalización (INN). Santiago, Chile.

La calidad es definida de muchas formas por el sector industrial, usualmente en términos de producir un producto que cumpla los requerimientos del cliente. Generalmente, la calidad de un producto no es causada por coincidencias si no que se basa en programas de mejora de calidad establecidos o sistemas de manejo de calidad. Estos sistemas se focalizan en la reducción de defectos, reducción de costos, análisis de procesos, acciones preventivas y correctivas y mejoramiento continuo. Los defectos son residuos, por ejemplo materia prima desechada, trabajo desechado, productos desechados y dinero desechado. Los esfuerzos por mejorar la calidad y reducir estos defectos son finalmente esfuerzos por reducir la generación de desechos o residuos. Por esto un programa de mejora de calidad es un programa de prevención de contaminación.

Generalmente la implementación de un sistema de gestión ambiental, en particular el sistema ISO14000, es vista como la forma de demostrar el nivel de compromiso ambiental de la empresa. No obstante, el beneficio directo para la empresa al implementar un sistema de gestión ambiental es obtener economías a través de una producción más limpia y minimización de residuos.

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

5.1 Residuos Líquidos

5.1.1 Adsorción con carbón

Esta es una tecnología de tratamiento usada en el tratamiento de residuos líquidos con un contenido inferior a 1.000 [mg/l] de compuestos orgánicos disueltos (U.S. EPA, 1989).

El residuo líquido a ser tratado es forzado a circular en forma descendente a través de un lecho estacionario de carbón. A medida que el agua residual es alimentada, las capas superiores del lecho se saturan y la capacidad de adsorción disminuye. Al aproximarse la zona de adsorción a la parte inferior del lecho, la concentración en el efluente aumenta rápidamente alcanzando concentraciones similares a la del afluente. En este punto de operación se consigue muy poca remoción adicional del contaminante y el carbón debe entonces ser reemplazado o regenerado.

5.1.2 Arrastre con vapor

Este proceso es usado cuando el agua residual contiene menos de 1% de compuestos orgánicos volátiles (U.S. EPA, 1989).

El proceso de arrastre emplea múltiples etapas de equilibrio, alimentándose la mezcla de residuo inicial en la etapa más alta. Un hervidor se coloca bajo la etapa de equilibrio más baja, permitiendo que el vapor ascienda por la columna y entre en contacto con el líquido que desciende. A medida que el vapor entra en contacto con el líquido en cada etapa, los componentes más volátiles son “arrastrados” desde el líquido por el vapor. El vapor emergente está enriquecido con los constituyentes más volátiles y el líquido que se descarga por el fondo contiene elevadas concentraciones de los constituyentes con presión de vapor más baja, frecuentemente predomina el agua. El contenido orgánico del efluente que se descarga por el fondo de la columna es bajo, pero puede requerir tratamiento adicional tal como adsorción con carbón o tratamiento biológico. El vapor de agua y vapores orgánicos que salen por el tope de la columna son condensados y separados en un receptor de producto. Los compuestos orgánicos de la fase orgánica son generalmente recuperados o dispuestos en un incinerador. El condensado acuoso es recirculado a la columna.

5.1.3 Tratamiento biológico

El tratamiento biológico es una tecnología ampliamente aceptada para la remoción de compuestos orgánicos desde aguas residuales, variando el rango de aplicabilidad desde 0,01 a varios cientos de partes por millón en el agua residual.

Lodos activados

El agua residual que contiene contaminantes orgánicos ingresa a un estanque provisto de aireación donde una población bacteriana aeróbica es mantenida en suspensión. Oxígeno es suministrado al estanque de aireación mediante aireación mecánica o difusores. Una porción del licor de mezcla es descargada continuamente desde el estanque de aireación al clarificador, donde la biomasa es separada del agua residual tratada a través de sedimentación. Una porción de la biomasa es recirculada al estanque de aireación para mantener una concentración óptima de microorganismos; la biomasa restante es purgada. El efluente clarificado es descargado.

Lagunas aireadas

Una laguna aireada es un estanque grande equipado con aireadores mecánicos para mantener las condiciones aeróbicas y para evitar que la biomasa sedimente. El efluente de la laguna puede ser conducido a una unidad de sedimentación secundaria para remover los sólidos suspendidos. Alternativamente, los aireadores pueden detenerse durante un periodo para facilitar la sedimentación antes de descargar el efluente.

Filtros percoladores

El proceso involucra el contacto entre el agua residual que contiene contaminantes orgánicos y una población de microorganismos fijos o adheridos a la superficie del medio filtrante. Como medio filtrante típicamente se usan rocas o materiales sintéticos tales como anillos plásticos. El agua residual es distribuida sobre el filtro mediante un sistema de distribución fijo o rotatorio. El agua residual forma una delgada capa a medida que desciende a través del filtro y sobre la capa de microorganismos que está sobre la superficie del relleno. A medida que el distribuidor rota, la capa de microorganismos es expuesta alternativamente al flujo de agua residual y al aire. En el caso de un sistema de distribución fijo, el flujo de agua residual es sometido a un ciclo de encendido y apagado, manteniendo una dosificación especificada, para asegurar que un suministro adecuado de oxígeno está disponible para los microorganismos. El oxígeno del aire llega a los microorganismos a través de los espacios vacíos en el relleno. Los filtros percoladores disponen de un sistema de drenaje inferior para recolectar el agua residual tratada y todo material biológico que pueda desprenderse desde la superficie del relleno.

Biodiscos

Los contactores biológicos rotatorios o biodiscos, consisten de una serie de discos paralelos, muy cercanos entre sí, que son rotados mientras están sumergidos parcialmente en un estanque de agua residual. Los discos están contruidos de poliestireno, cloruro de polivinilo, o materiales similares. Cada disco es recubierto con una película biológica que degrada el material orgánico disuelto en el agua residual. La rotación de los discos permite la exposición de los microorganismos al aire. A medida que un disco rota fuera del agua, la película de agua que lo cubre es expuesta al aire donde hay oxígeno disponible para la descomposición aeróbica. Un exceso de biomasa es producido que se desprende del disco y es separado del efluente del proceso en un sedimentador secundario.

5.1.4 Oxidación con aire húmedo

La oxidación con aire húmedo es mejor aplicada a residuos que tienen concentraciones de compuestos orgánicos disueltos o suspendidos en el rango de 500 a 15.000 [mg/l].

Un sistema convencional consiste de una bomba de alimentación de líquido a alta presión, una fuente de oxígeno (compresor de aire), un reactor, intercambiadores de calor, un separador líquido-vapor, y reguladores de proceso. En un proceso típico *batch*, una solución catalizadora de cobre puede ser mezclada con el residuo acuoso si ensayos preliminares indican la necesidad de un catalizador. El residuo es luego bombeado a la cámara de reacción. El residuo acuoso es presurizado y calentado hasta alcanzar respectivamente la presión y temperatura de diseño. Luego de que las condiciones de reacción han sido establecidas, se alimenta aire al reactor durante el tiempo de reacción de diseño. Al completarse el proceso, sólidos suspendidos o gases son removidos y el residuo tratado remanente es descargado directamente o alimentado a un sistema de tratamiento biológico, adsorción con carbón u oxidación química si se requiere antes de su descarga.

5.2 Residuos Sólidos

5.2.1 Uso como combustible alternativo

- **Contenido de halógenos.** Si se queman compuestos orgánicos halogenados, entonces dentro de los productos de combustión se presentan ácidos halogenados y halógenos libres. Estos gases corrosivos pueden requerir un tratamiento posterior antes de ser descargados a la atmósfera y pueden causar problemas de corrosión en los equipos. Para minimizar tales problemas, los residuos halogenados son mezclados con combustibles sólo en concentraciones muy pequeñas. Un contenido elevado de cloro puede también conducir a la producción incidental de otros compuestos peligrosos tales como bifenilos policlorados (PCBs), dibenzo-p-dioxinas cloradas, dibenzofuranos clorados y fenoles clorados.
- **Contenido de sólidos inorgánicos (cenizas).** El contenido elevado de cenizas en los residuos puede producir dos problemas, formación de incrustaciones y emisiones de material particulado. Las incrustaciones se producen por la deposición de sólidos inorgánicos sobre las paredes del equipo. Las emisiones de material particulado se producen por los constituyentes inorgánicos no combustibles que salen junto con los productos gaseosos de la combustión.
- **Poder calorífico.** El poder calorífico del residuo debe ser lo suficientemente alto (por sí sólo o al combinarse con otros combustibles) para mantener temperaturas de combustión consistentes con una eficiente destrucción del residuo y con la operación del horno o caldera.
- **Viscosidad.** En el caso de residuos líquidos, la viscosidad debe ser lo suficientemente baja para que puedan ser pulverizados en la cámara de combustión. Si la viscosidad es

demasiado alta, puede ser necesario el calentar previamente los estanques de almacenamiento.

- **Contenido de sólidos filtrables.** Un residuo líquido es inaceptable si su contenido de material filtrable en suspensión impide o dificulta su bombeo o pulverización.
- **Contenido de azufre.** El azufre contenido en un residuo puede generar emisiones de óxidos de azufre, no obstante hay disponibilidad de dispositivos de control para su remoción desde los gases descargados por chimeneas.

El horno cementero es un horno rotatorio consistente de una carcasa de acero revestida con material refractario. Residuos líquidos o sólidos combustibles pueden ser utilizados como combustible auxiliar. Las temperaturas al interior del horno generalmente están entre 1.380 y 1.540 °C.

5.2.2 Incineración

La incineración es un sistema de tratamiento aplicable al tratamiento de residuos conteniendo variadas concentraciones de compuestos orgánicos y bajas concentraciones de agua, metales y otros compuestos inorgánicos. La incineración mediante inyección líquida es aplicable a residuos que tienen la viscosidad lo suficientemente baja (menos de 160 [mm²/s]) de manera tal que puedan ser pulverizados en la cámara de combustión. El horno rotatorio, de lecho fijo y fluidizado son aplicables a residuos con gran variedad de viscosidad, tamaño de partícula y concentraciones de sólidos suspendidos.

Inyección líquida

En un sistema de inyección líquida, un quemador atomiza el residuo y lo inyecta en la cámara de combustión donde es incinerado en la presencia de aire u oxígeno. Un sistema de ventilación forzada provee la cámara de combustión con aire para suministrar el oxígeno para la combustión y la turbulencia para el mezclado.

Horno rotatorio

Un horno rotatorio es un cilindro revestido con material refractario que rota lentamente y está montado en ángulo con respecto a la horizontal. Los residuos sólidos se alimentan por el extremo superior del horno, y los residuos líquidos o gaseosos generalmente se alimentan a través de los pulverizadores en la sección de quemado secundario del horno. Un sistema de ventilación forzada provee el horno con aire para suministrar el oxígeno para la combustión y la turbulencia para el mezclado.

Lecho fluidizado

Un incinerador de lecho fluidizado consiste de una columna que contiene partículas inertes, tal como arena, denominado el lecho. Un soplador introduce aire por el fondo del lecho para fluidizar la arena. El paso del aire a través del lecho suministra el oxígeno para la combustión y promueve el mezclado rápido y uniforme del material inyectado dentro del lecho fluidizado. El residuo inyectado alcanza la temperatura de incineración rápidamente y transfiere el calor de combustión devuelta al lecho. Debido a las excelentes propiedades de mezclado asociadas a los incineradores de lecho fluidizado estos pueden operar a temperaturas más bajas más eficientemente que otros incineradores.

Horno fijo

La incineración en horno fijo es un proceso de combustión de dos etapas. El residuo es introducido a la primera etapa, o cámara primaria, y quemado en condiciones de insuficiencia de oxígeno para la combustión completa (menos oxígeno que la cantidad estequiométrica). El humo y productos de pirólisis resultantes, que consisten principalmente de hidrocarburos volátiles y monóxido de carbono, además de los productos de combustión típicos, pasan a la segunda cámara. Aire adicional es entonces inyectado para completar el proceso de combustión. Este proceso de dos etapas generalmente produce bajas emisiones de monóxido de carbono y de cenizas.

5.2.3 Depósito de seguridad

Un relleno de seguridad es una instalación de manejo de residuos peligrosos destinada a la disposición final de residuos peligrosos en terreno, en forma permanente o por períodos indefinidos; diseñada, construida y operada cumpliendo los requerimientos específicos determinados por la Autoridad Sanitaria.

No obstante, no se permitirá la disposición final de residuos no peligrosos en relleno de seguridad y de los siguientes tipos de residuos peligrosos entre otros:

- (a) Residuos peligrosos que se encuentren en estado líquido o que evidencien la presencia de líquidos libres de acuerdo al ensayo “*Paint Liquid Filter Test*” de la U.S. EPA, incluidos los líquidos almacenados en contenedores, a menos que se dispongan de técnicas que permitan su fijación y/o solidificación.
- (b) Residuos líquidos inflamables.
- (c) Envases o recipientes vacíos a menos que hayan sido acondicionados para evitar futuros asentamientos.
- (d) Residuos que puedan afectar la resistencia o reaccionar químicamente con las barreras de impermeabilización de la instalación.

Es de particular importancia destacar que no obstante su flexibilidad, la solidificación/estabilización no es apropiada para todos los residuos. En términos generales es una alternativa de tratamiento para materiales que contienen compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos semivolátiles y/o no volátiles. En Estados Unidos, se puede

considerar tratar los residuos derivados de solventes por sistemas de estabilización/solidificación sólo en casos particulares (para su transporte, almacenamiento o durante el control de derrames); al respecto, el tratamiento mediante estabilización/solidificación no es considerado una BDAT (del inglés “*Best Demonstrated Available Technology*”) para tratar las borras de solvente (Means et al., 1995).

5.3 Emisiones Atmosféricas

Son cuatro las técnicas de control comúnmente usadas para el control de contaminantes gaseosos: absorción, adsorción, condensación e incineración (combustión). La selección del sistema de control depende del contaminante que debe ser removido, la eficiencia de remoción requerida, las características del contaminante y del flujo gaseoso, y de las características específicas de la instalación. Algunas generalidades pertinentes se enumeran a continuación (Buonicore, 1992):

- (a) A concentraciones bajas de contaminantes gaseosos (menos que 100 [mg/l]), la incineración (oxidación) puede generalmente conseguir una eficiencia entre 90 y 95%, siendo la oxidación térmica levemente más efectiva que la oxidación catalítica en el rango de concentraciones más bajas.
- (b) A concentraciones más elevadas de contaminantes gaseosos (superior a 100 [mg/l]), la incineración generalmente logra eficiencias de remoción en el rango 95–99%.
- (c) La incineración puede generar productos de combustión incompleta u otros subproductos que pueden necesitar de sistemas de control adicionales.
- (d) La adsorción con carbón puede con frecuencia lograr eficiencias de remoción superiores a 90% cuando las concentraciones de contaminantes gaseosos son superiores a unos pocos cientos de partes por millón. A concentraciones más elevadas (sobre 1.000 [mg/l]), las eficiencias pueden superar el 95%.
- (e) La adsorción se torna una alternativa menos adecuada si la mezcla de compuestos orgánicos recuperados no pueden ser retornados al proceso con tratamiento adicional mínimo. En tales casos, puede ser más conveniente desde la perspectiva económica el incinerar los compuestos orgánicos recuperados (que han sido significativamente concentrados por el proceso de adsorción).
- (f) La eficiencia de remoción por absorción es dependiente de la concentración en el afluente a la unidad. En general, a concentraciones en el afluente más bajas (inferior a unos pocos cientos de partes por millón) los niveles de eficiencia serán algo superiores a 90%.
- (g) La absorción es una técnica de control que se torna menos adecuada si no se puede disponer de la purga del sistema dentro de las instalaciones.
- (h) La condensación necesita generalmente de concentraciones relativamente altas (superiores a unos pocos miles de partes por millón) para lograr eficiencias sobre 80%.
- (i) La condensación generalmente no puede satisfacer requerimientos de eficiencias de remoción elevados sin el uso de temperaturas muy bajas (por ejemplo, usando nitrógeno líquido) o de elevada presión.

- (j) Generalmente, sólo los sistemas de incineración y absorción son capaces de lograr eficiencias de remoción superiores al 99% de manera constante.

Con sistemas de limpieza acuosos, se necesita de suficiente ventilación para mantener un nivel aceptable de humedad en la zona de trabajo pero sistemas de control de emisiones no son típicamente requeridos (Callahan, 1995).

5.3.1 Oxidación térmica

Las unidades de oxidación térmica son las más comúnmente utilizadas en el control de emisiones atmosféricas (A.G.A., 1998). Básicamente consisten en un sistema que convierte las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y de otros contaminantes peligrosos en agua y dióxido de carbono. En particular, el proceso destruye los COVs mediante el incremento de la temperatura de las emisiones hasta alcanzar su temperatura de oxidación, aproximadamente 800 °C, y manteniendo esta temperatura al menos por medio segundo. Estas unidades tienen una alta eficiencia de remoción, del orden del 99% (G.A.M., 1997). Los porcentajes de recuperación de calor pueden llegar hasta un 95%, lo que implica un bajo requerimiento de combustible adicional. Son recomendables para situaciones donde los volúmenes de aire son elevados (del orden de 4,7 [m³/s]) y las concentraciones de hidrocarburos son bajas (inferior a 1.000 [mg/l]). Los sistemas de oxidación térmica tienen asociados bajos costos operacionales, buena rentabilidad y prolongada vida útil.

5.3.2 Oxidación catalítica

Los sistemas de oxidación catalítica disponen de una cámara de combustión metálica aislada, equipada con un quemador con control de temperatura, y una sección catalítica. Las unidades actualmente comercializadas pueden operar satisfactoriamente con un amplio rango de COVs.

Bajo ciertas condiciones, un sistema catalítico con metales preciosos puede oxidar los COVs contenidos en las emisiones, a temperaturas significativamente más bajas que una unidad de oxidación térmica, entre 300 y 550 °C, lo que redundaría en menores requerimientos energéticos. En este sistema la emisión contaminada es precalentada en un intercambiador de calor.

Los equipos de oxidación catalítica también pueden abatir los subproductos de la oxidación, como lo es el monóxido de carbono. Los sistemas de oxidación térmica emiten importantes concentraciones de monóxido de carbono, en tanto que algunos sistemas de oxidación catalítica pueden destruir hasta un 98% del monóxido contenido en las emisiones.

La desventaja inicial de un equipo de oxidación catalítica es la alta inversión inicial requerida; pero ésta puede ser compensada por los bajos costos operacionales.

En situaciones donde el volumen de aire es bajo (inferior a 2,4 [m³/s]) y la carga de COVs es alta, el sistema de oxidación catalítica es usualmente la mejor elección. En situaciones

donde el volumen de aire es mayor, cualquiera de los sistemas (catalítico o térmico) es satisfactorio.

5.3.3 Absorción

La absorción es una operación en la cual uno o más componentes de una mezcla gaseosa son transferidos en forma selectiva a un líquido no volátil. La absorción de un componente gaseoso por un líquido sólo ocurrirá si el líquido contiene menos concentración que la de saturación del compuesto gaseoso a extraer. De esta manera la diferencia entre la concentración real en el líquido y la de la concentración de equilibrio induce la fuerza de la absorción.

5.3.4 Condensación

La condensación a temperaturas bajas puede ser factible cuando las concentraciones de COVs son altas y sólo un tipo de solvente esta involucrado. En la mayoría de los casos el costo de refrigeración puede desbalancear los beneficios debido al gran volumen de aire que debe ser enfriado. En general para flujos de 3.000 [m³/h] y concentraciones de COVs de 5.000 [mg/l] o mayores, esta técnica puede ser considerada (Setia, 1996).

5.3.5 Adsorción

La adsorción con carbón activado ha sido utilizada para la recuperación de solvente en fase vapor por varias décadas y ha probado ser una técnica relativamente simple, rentable y económica, para su recuperación y la prevención de la contaminación atmosférica.

La mayoría de los solventes industriales pueden ser recuperados con carbón activado (Nayak, 1999). La adsorción con carbón se utiliza cuando la condensación no es posible debido a la presencia de compuestos no-condensables (por ejemplo, tolueno).

La tecnología de regeneración de carbón más comúnmente usada es la de regeneración con vapor de agua. El vapor de agua, dada su elevada temperatura, des-adsorbe el solvente desde el carbón y lo conduce fuera de la zona de adsorción a un intercambiador de calor donde la mezcla es condensada y enfriada.

6 ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

6.1 Rediseño del Proceso

El costo de algunas unidades de destilación se presenta en la siguiente tabla. Debe recordarse que las capacidades de destilación indicadas son sólo valores nominales, porque en la práctica estas pueden variar dependiendo del punto de ebullición del solvente, su presión de vapor y porcentaje de sólidos, y los precios indicados son de referencia para unidades estándares.

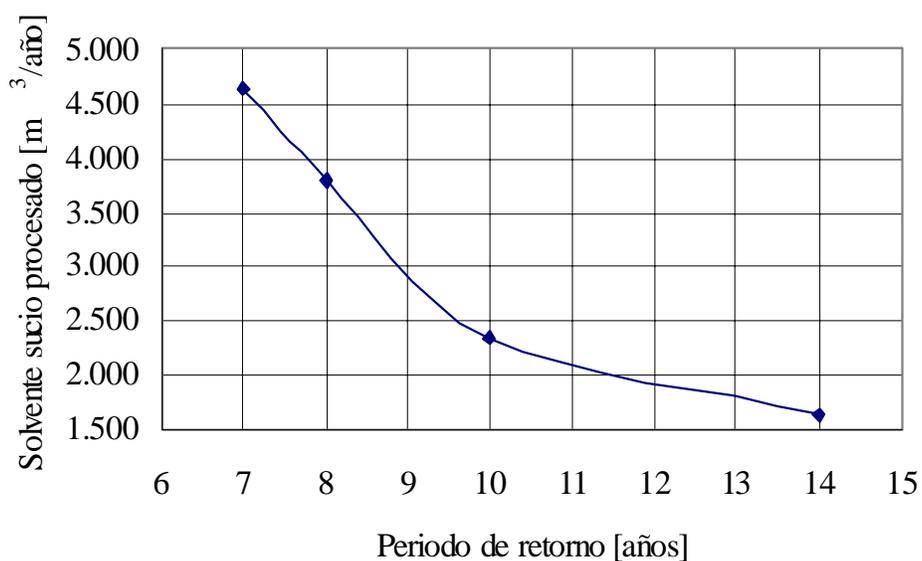
Tabla 6.1: Precio de unidades de destilación para solventes

Capacidad [m ³ /d]	Costo (USD) ¹⁴
4,5	100.500,00 (FOB, Chicago)
6,4	121.300,00 (FOB, Chicago)
10,4	179.000,00 (FOB, Chicago)
12,7	202.200,00 (FOB, Chicago)

Se presentan a continuación los periodos de retorno de la inversión (con una tasa de interés de 10%) por el reemplazo de una unidad de destilación existente por otra más eficiente (aumentando la eficiencia de recuperación en 15%), reduciéndose los costos asociados a la disposición de borras como combustible alternativo a un costo de USD 0,05 por litro (no se consideran los costos de operación y mantención).

¹⁴ Información proporcionada por el Sr. Sergio Pera de Inkmaker (distribuidor autorizado de CB Mills para Sudamérica).

Figura 6.1: Periodo de retorno versus capacidad de recuperación



6.2 Control de Emisiones de COVs

En la tabla a continuación se entregan algunos costos de referencia asociados a los sistemas de control de COVs.

Tabla 6.2: Costos operacionales de sistemas de control de COVs (CIESIN, 1991)

Sistema de control	Costos operacionales [U.S.D./t COV removido]
Oxidación térmica sin regeneración y concentraciones ¹⁵ bajas	>575
Oxidación catalítica sin regeneración y concentraciones bajas	175–575
Adsorción con filtros de carbón activado y concentraciones bajas	>575
Oxidación térmica sin regeneración y concentraciones altas	175–575
Oxidación catalítica sin regeneración y concentraciones altas	175–575
Adsorción con filtros de carbón activado y concentraciones altas	175–575
Absorción con sistema de lavado de gases y concentraciones altas	175–575
Condensación con concentración alta	>175

¹⁵ Rangos de concentración: Baja < 3 [g/m³]; Alta > [5 g/m³]

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 no 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

Los dos riesgos principales asociados con los solventes son su toxicidad e inflamabilidad. La exposición a los solventes puede producir diversos efectos negativos para la salud, y estos efectos, además de producir enfermedades aumentan el riesgo de accidentes.

En la tabla a continuación se identifican algunos efectos en la salud de solventes de uso común.

Tabla 7.1: Efectos en la salud de solventes

Acetona	Irritante de nariz, garganta, pulmones y ojos. Puede producir dolor de cabeza, mareos, náuseas, cambios en el ciclo de reproducción de las mujeres.
Acetato de butilo	Irritante severo del sistema respiratorio, piel y ojos. Los síntomas incluyen dificultad al respirar, dermatitis y narcosis en concentraciones altas. Los efectos son severos si la persona expuesta presenta enfermedades preexistentes en el sistema respiratorio, ojos, piel, riñones o hígado.
Aguarrás	Irritante de ojos, nariz, garganta, sistema respiratorio y sistema nervioso. Puede producir dermatitis, dolores de cabeza, mareos y fatiga.
Alcoholes	Irritante de piel y sistema respiratorio. Su inhalación puede producir náuseas, vómitos, mareos y fatiga.
Benceno	Por inhalación produce mareos, fatiga, dolor de cabeza, temblores y confusión. La exposición prolongada produce enfermedades de la sangre, anemia, disfunción de la médula, cáncer, leucemia y cambios en el ciclo de reproducción de las mujeres.
Cloruro de metileno	Irritante de piel, ojos, membranas mucosas y sistema respiratorio. Puede causar mareos, dolor de cabeza, náuseas, deterioración de la coordinación muscular, dolor de pecho, angina y daños al sistema nervioso. Exposición prolongada puede producir cáncer.
Eteres de glicol	Irritantes de ojos y membranas mucosas. Daños al sistema nervioso. Son tóxicos para el sistema reproductor de hombres y mujeres. Aumentan el riesgo de abortos. Son teratógenos.
Etilbenceno	Irritante de ojos, piel y sistema respiratorio. Síntomas incluyen ampollas en la piel, dolor de la cabeza, fatiga, narcosis y disminución de la coordinación muscular.

Gasolina	Irritante de piel, ojos, nariz, garganta y pulmones. Puede producir daños hepáticos y renales. Puede producir mareos, dolor de cabeza. Inhalación de vapores con altas concentraciones puede causar la muerte.
Hexano	La exposición aguda produce irritación en ojos, piel, membranas mucosas y sistema respiratorio. Exposición crónica produce vértigo, narcosis, mareos, dolor de cabeza y daños neurológicos
Parafina	Por inhalación produce irritación en ojos, dolor de cabeza, mareos, deterioración de la concentración y coordinación física, náuseas, aumento de presión, pérdida de apetito. Inhalación crónica puede producir daños en los riñones y problemas de inhibición de la coagulación.
Metil etil cetona	Irritante de nariz, garganta, piel y ojos. En concentraciones altas, puede producir defectos en fetos y la muerte de personas.
n-Metilpirrolidona	Irritante de ojos y piel.
Percloroetileno	Irritante de piel. Exposición a concentraciones altas produce dolor de cabeza, mareos, fatiga, confusión, náuseas, dificultad hablar y caminar, impactos al sistema nervioso, daños a los riñones e hígado, alteraciones al sistema reproductivo de mujeres, cáncer y muerte.
Propilenglicol	Irritante de ojos.
Tricloroetileno	Por inhalación produce dolor de cabeza, mareos, deterioración de coordinación muscular, disminución en la concentración, daños a sistema respiratorio, nervios, riñones e hígado. Concentraciones altas pueden producir daños al corazón, coma y muerte.
Tolueno	Por inhalación produce mareos, fatiga, dolor de cabeza, confusión, pérdida de memoria, narcosis y deterioración habilidad sonora.
Varsol	Irritante de ojos y piel. Síntomas de exposición incluyen somnolencia, mareos, náuseas, vómitos, dolor de cabeza dificultad en visión. Personas con enfermedades a los ojos y sistema respiratorio pueden tener mayor sensibilidad a los efectos de toxicidad. Inhalación de vapores de altas concentraciones puede causar muerte.
Xileno	Exposición produce dolor de cabeza, irritación de ojos, piel, nariz y garganta, dificultad respiración, dolores estomacales, mareos, confusión y deterioración de coordinación muscular.

Además, debido a la inflamabilidad de los solventes, es importante tomar precauciones durante su almacenamiento, transporte y uso. Algunas medidas generales son:

- evitar fuentes de ignición (por ejemplo, chispas),
- mantener los contenedores cerrados,
- mantener los contenedores alejados de fuentes de calor, y
- mantener los contenedores alejados de otros compuestos que pueden reaccionar con los solventes tales como el cloro, oxidantes, ácidos, álcalis y nitratos.

En términos generales, la protección de los trabajadores tiene cuatro componentes:

- identificación de los riesgos,
- capacitación, educación, y difusión de la información necesaria,
- provisión de los elementos de seguridad y protección personal, y
- instrucciones y procedimientos específicos para todas las tareas del trabajo. Estos cuatro componentes conforman el programa de seguridad ocupacional de la empresa. Este programa debe incorporar actividades preventivas tales como: **(a)** análisis de la presencia y concentración de contaminantes en el aire, **(b)** evaluación del funcionamiento del sistema de ventilación, **(c)** controles médicos previo al inicio de actividades y periódicos posteriores, **(d)** eliminación de los riesgos en la fuente de origen (por ejemplo, cambios en métodos de operación, sustitución de materias primas y uso de solventes alternativos), y **(e)** uso de equipos de protección personal.

Algunos elementos básicos de salud y seguridad ocupacional son:

- botiquín,
- manual de seguridad (con protocolos escritos),
- formularios para la anotación e investigación de los accidentes,
- hojas de seguridad,
- letrero con información de emergencia,
- uniforme, zapatos de seguridad y cascos,
- protección ocular,
- faja de protección para la espalda,
- guantes resistentes a los solventes,
- herramientas de uso común,

- contenedores etiquetados para la disposición y almacenaje de trapos sucios, y solventes y aceites usados,
- extintores (tipo ABC),
- máscara de protección respiratoria con filtro para vapores orgánicos,
- programa de mantenimiento de las máquinas, equipos y materiales, y
- elementos para controlar derrames (material absorbente, arena, pala, escobillas).

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°609/98¹⁶**

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

¹⁶ En revisión a la fecha de edición de este documento, aunque sólo en lo que se refiere a sus 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 ocupacional¹⁷

• Norma NCh 388/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Prevención y Extinción de Incendios en Almacenamiento de Inflamables y Explosivos.
Repartición : Ministerio de Economía
Diario Oficial : 30/11/55

• Norma NCh 385/Of. 55 / D.S. 954

Título : Seguridad en el Transporte de Materiales Inflamables y Explosivos.
Repartición : Ministerio de Economía
Diario Oficial : 30/08/55

¹⁷ 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.

• 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 PARA LA OBTENCION DE PERMISOS

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

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

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

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

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

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

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

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

9.1 Certificado de Calificación Técnica

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

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

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

9.2 Informe Sanitario

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

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

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

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

- Plano local con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria para sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).

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

El informe sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria ya se encuentra operativa. Por esto se hace muy importante tener un informe sanitario favorable, ya que de otra manera no se puede funcionar. En el caso de tener informe

sanitario desfavorable, es preciso regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitar de nuevo el informe sanitario, ya que de lo contrario el SESMA tiene la facultad de dar permiso de no funcionamiento, en forma indefinida, hasta que se apruebe el informe sanitario.

9.3 Permisos Municipales

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

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

10 CONCLUSIONES

Los solventes sucios pueden ser reciclados mediante variados procesos con el propósito de reusar el producto como solvente o en mezclas de combustibles alternativos, esto requiriendo de una evaluación cuidadosa, correspondiendo las características del residuo con la capacidad del proceso en el que se pretende realizar la combustión.

Mejorando las eficiencias del proceso, se puede cambiar la cantidad de los residuos, como también su naturaleza al mejorar la separación de los componentes de los residuos en su generación. Al respecto, la condición de no-peligroso es de particular importancia desde la perspectiva de la responsabilidad del generador de un residuo peligroso que se extiende desde la generación hasta su adecuada disposición.

Un residuo con elevado punto de inflamación puede convertirse en un residuo peligroso si se contamina (mezcla) con cualquiera de los siguientes:

- (a) Tetracloroetileno, tricloroetileno, cloruro de metileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloruro de carbono, fluorocarbonos clorados, clorobenceno, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano, 1,2-diclorobenceno, triclorofluorometano, cresoles, ácido cresílico y nitrobenzoceno (al contaminarse con cualquiera de éstos el residuo puede ser clasificado como residuo peligroso por su característica de toxicidad).
- (b) Xileno, acetona, acetato de etilo, etilbenceno, etil éter, metil isobutil cetona, n-butanol, ciclohexanona y metanol (el residuo puede ser clasificado como residuo peligroso por su característica de inflamabilidad).
- (c) Tolueno, metil etil cetona, disulfuro de carbono, isobutanol y piridina (el residuo puede ser clasificado como residuo peligroso por su características de inflamabilidad y toxicidad).
- (d) Cromo, cadmio, plomo, arsénico, bario, mercurio, plata y selenio (dependiendo de la concentración de metal pesado, el residuo puede ser clasificado como residuo peligroso por su característica de toxicidad).
- (e) Sustancias con bajo punto de inflamación (inferior a 60 °C) tales como nafta, aguarrás mineral, gasolina o kerosene (en cantidades suficientes, el punto de inflamación de la mezcla puede disminuir lo suficiente para clasificar el residuo como residuo peligroso por su característica de inflamabilidad).

11 REFERENCIAS

American Gas Association (A.G.A.). 1998. Natural Gas Applications in Printing and Publishing. Gas Industry Online.

Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Prevención de Accidentes en el Trabajo: Recomendaciones Prácticas.

Buonicore, A.J., and Davis, W. (Ed.). 1992. Air Pollution Engineering Manual. Air & Waste Management Association. Van Nostrand Reinhold. New York.

Callahan, Michael S. 1995. Hazardous Solvent Source Reduction. McGraw-Hill, Inc.

Carter, Bob. 1998. Solvents-The Alternatives (Part 1 of 2). Waste Reduction Resource Center for the Southeast. Raleigh, North Carolina 27626-9569.

CENMA. 1998. Caracterización de Residuos Sólidos Industriales. Addendum Informe Final 1998. Santiago, Chile.

CONAMA. 1997. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana. Santiago, Chile.

Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Refined Petroleum Solvents. NIOSH Criteria Documents, Publication N° 77-192. July 1977. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Center for Disease Control (CDC).

Department of Environment, Health and Natural Resources (DEHNR). 1995. Waste and Cost Reduction Techniques for Small Parts Cleaners. Waste Reduction Fact Sheet. North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance.

Consortium for International Earth Science Information Network (CIESIN). 1991. Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution Concerning the Control of Emissions of Volatile Organic Compounds or their Transboundary Fluxes.

Department of Toxic Substances Control (DTSC). 1994. Aqueous Alternatives To Solvent Cleaning. Environmental Protection Agency, State of California. Publication Number: 607.

Eckenfelder, W.W.; Ortíz, E.; Dos Santos, L. 1994. Control de Sustancias Tóxicas. En: Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. Organización Panamericana de la Salud-División de Salud y Ambiente. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Lima. Perú.

EMEP/CORINAIR. 1996. First edition. Solvent and Other Product Use. In: Atmospheric Emission Inventory Guidebook. EMEP Task Force on Emission Inventories. European Environment Agency. Copenhagen.

Flack, Paul. Reclaim that Spent Solvent!. Industrial Finishing. November 1991.

Graphic Arts Monthly (G.A.M.). July 1997. Systems to Control VOCs: Web Printers Seeking to Comply with Strict Regulations have New Abatement Technologies to Consider. Graphic Arts Monthly Online–Sourcebook.

Health and Safety Guidelines. Engineering Data Sheet 4–16. Solvent Recovery Equipment, Ontario Department of Labour, Canada.

Higgins, T.E. 1995. Pollution Prevention Handbook. Lewis Publishers–CRC Press Inc.

Kokusai Kogyo Co., Ltd. 1996. Estudio del Plan Maestro Sobre Manejo de Residuos Sólidos Industriales en la Región Metropolitana de la República de Chile. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Santiago, Chile.

Means, J.L., Smith, L.A., Nehring, K.W., Brauning, S.E., Gavaskar, A.R., Sass, B.M., Wiles, C.C. and Mashni, C.I. 1995. The Application of Solidification/Stabilization to Waste Materials. Lewis Publishers–CRC Press, Inc. Boca Ratón.

Nayak, V., Medrano, S., Regia, G. and Fermin, J. 1999. Solvent Recovery. Air: Alternative Treatment. Environmental Technology.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1977. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Refined Petroleum Solvents. NIOSH Publication N° 77–192.

Office of Waste Reduction Services (OWRS). 1991. Fact Sheet: Considerations for Selecting a Distillation Unit for On–Site Solvent Recycling. Publication #9005A. Departments of Commerce and Natural Resources. State of Michigan.

Organic Solvent Neurotoxicity. CIB N°48. March 1987. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Center for Disease Control. Atlanta, Georgia.

Setia, Saket. 1996. VOC Emissions–Hazards and Techniques for their Control. Chemical Engineering World. Vol. XXXI, N°9. India.

Solvent Cleaning, September 1997. Emission Inventory Improvement Program. STAPPA–ALAPCO–EPA.

Technical Working Group of the Basel Convention. 1994. Technical Guidelines on Hazardous Waste from the Production and Use of Organic Solvents (Y6). Secretariat of the Basel Convention.

United States Environmental Protection Agency. 1986. Technical Resource Document: Treatment Technologies for Solvent Containing Wastes. Hazardous Waste Engineering Research Laboratory. Cincinnati, OH. EPA 600/2–86/095.

United States Environmental Protection Agency. 1986a. Best Demonstrated Available Technology (BDAT) Background Document for F001–F005 Spent Solvents. Volume 1. Office of Solid Waste. Washington. EPA 530–SW–86–056(a), PB87120267.

United States Environmental Protection Agency. 1986b. Best Demonstrated Available Technology (BDAT) Background Document for F001–F005 Spent Solvents. Volume 2. Office of Solid Waste. Washington. EPA 530–SW–86–056(b), PB87120275.

United States Environmental Protection Agency. 1989. Proposed Treatment Technology Background Document. Office of Solid Waste. Washington. EPA 530–SW–90–012B.

United States Environmental Protection Agency. 1989a. Preliminary Data Summary for the Solvent Recycling Industry. Office of Water Regulations and Standards, Office of Water. Washington, D.C. EPA 440/1–89/102.

United States Environmental Protection Agency. 1989b. Seminar Publication: Solvent Waste Reduction Alternatives. Center for Environmental Research Information. Cincinnati, OH. EPA 625/4–89/021.

United States Environmental Protection Agency. 1993. Onsite Solvent Recovery. Office of Research and Development. Washington, D.C. EPA 600/R–94/026.

United States Environmental Protection Agency. 1994. Guide to Cleaner Technologies: Alternatives to Chlorinated Solvents for Cleaning and Degreasing. Office of Research and Development. Washington, D.C. EPA 625/R–93/016.

United States Environmental Protection Agency. 1995. 5th Edition. Waste Solvent Reclamation. In: Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP–42), Volume 1, Stationary Point and Area Sources. Emission Factor and Inventory Group, Office Of Air Quality Planning And Standards.

United States Environmental Protection Agency. 1996. Aqueous and Semi–Aqueous Solvent Chemicals: Environmentally Preferable Choices. Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA 743–B–96–001.

United States Environmental Protection Agency. 1997. Capsule Report: Sources and Air Emission Control Technologies at Waste Management Facilities. Office of Research and Development. Washington, D.C. EPA 625/R–97/002.

Washington State Department of Ecology (WSDE). 1995. A Guide for Choosing and Operating an On–Site Distillation Unit. Publication #94–31.

World Bank. 1997. Environmental Management Systems and ISO 14000. In: Pollution Prevention and Abatement Handbook. Part II. World Bank Group, United Nations Industrial Development Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization.

**ANEXO A. PROVEEDORES DE SISTEMAS DE DESTILACIÓN PARA
RECUPERAR SOLVENTES**

Empresa	Contacto
<p>CB Mills Div. Of Chicago Boiler Co. 1300 Northwestern Ave., Gurnee, IL 60031-2348. USA. Fono: 1-847-662-4000. Fax: 1-847-662-4003 http://www.cbmills.com</p>	<p>Sr. Sergio Pera email: inkmaker@uol.com.br Inkmaker. Rua da Paz 412/222 Curitiba-CEP 80060-160PR. Brasil. Fono: 55-41-362-9862. Fax: 55-41-362-9862</p>
<p>IRAC Srl. Via Palmiro Togliatti, 46/2/a. 42020 Montecavolo di Quattrocastella (RE). Italy. Fono: 39-522-880321. Fax: 39-522-880812 http://www.ittc.it/irac/default.htm</p>	<p>Sra. Federica Dazzi email: iracsale@ittc.it</p>
<p>PBR Industries. 143 Cortland Street, Linderhurst, N.Y. 11757. USA. Fono: 1-516-226-2930. Fax: 1-516-226-3125 http://www.pbrind.com</p>	<p>Sr. Michael Robbins email: mnrobby@ibm.net</p>
<p>PURASTILL Division of Patoman, Inc. P.O. Box 3136. 900 N. Westwood Ave. Toledo, OH43607. USA. Fono: 1-419-536-7384. Fax: 1-419-536-9589 http://www.toltbbs.com/~purastill/index.htm</p>	<p>Sr. Frank Reynolds email: FJR424@aol.com</p>
<p>Recycling Sciences, Inc. 16619 Wikiup Road, Ramona, CA 92065-4161. USA. Fono: 1-760-789-9341. Fax: 1-760-787-0249 http://www.rescience.com/index.htm</p>	<p>Sr. Eduardo Manoukian email: smym@internet.siscotel.com SMIM Srl. Enrique Santamarina 235, C.P. 1842, Monte Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Fono: 54-11-42902708. Fax: 54-11-42902708.</p>
<p>Westport Environmental Systems. 251 Forge Road, Westport, MA 02790-0217. USA. Fono: 1-508-636-8811. Fax: 1-508-636-2088 http://www.wesenvsys.com/</p>	<p>email: bailey@wesenvsys.com</p>
<p>B/R Instrument Corporation. 9119 Centreville Road, Easton, Maryland 21601. USA. Fono: 1-410-820-8800. Fax: 1-410-820-8141 http://www.brinstrument.com/</p>	<p>Sr. Paul F. Van Trieste email: brintl@brinstrument.com</p>

Empresa	Contacto
<p>Progressive Recovery, Inc. <i>700 Industrial Drive, Dupo, Illinois 62239. USA.</i> Fono: 1-618-286-5000. Fax: 1-618-286-5009</p> <p>http://www.progressive-recovery.com/index.html</p>	<p>Sr. Wayne Humphrey email: Pridupo@aol.com</p>
<p>Kleer-Flo Company. <i>15151 Technology Drive, Eden Prairie, MN 55344-2294. USA.</i> Fono: 1-612-934-2555. Fax: 1-612-934-3909</p> <p>http://www.kleer-flo.com/recycling/seprator.htm</p>	<p>Sr. Ward Blomquist email: KLEER-FLO@email.msn.com</p>