



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA
MINIMIZACIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS
EN LA INDUSTRIA DE PINTURAS

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A N :

JOSE ANTONIO DOMINGO MUÑOZ MOYA

MARIA DEL CARMEN ANZURES MENDEZ



MEXICO, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE	DRA. ELVIRA SANTOS SANTOS
VOCAL	DRA. LILIANA SALDIVAR OSORIO
SECRETARIO	DR. JULIO RICARDO LANDGRAVE ROMERO
1ER. SUPLENTE	M. EN C. IRMA KORKOWSKI PLESS
2DO. SUPLENTE	Q. IRMA CRUZ GAVILAN GARCIA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FACULTAD DE QUIMICA, U N A M

ASESOR: DR. JULIO R. LANDGRAVE ROMERO

SUPERVISOR TECNICO: DRA. LILIANA SALDIVAR OSORIO

SUSTENTANTES:

JOSE ANTONIO DOMINGO MUÑOZ MOYA

MARIA DEL CARMEN ANZURES MENDEZ

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Fernando y Josefina.

A quienes debo todo en la vida,
por su ejemplo, que ha sido mi
fuente de superación en todo momento.

A mis hermanos:

Daniel, Armando, Jorge y Guadalupe.

Que sin escatimar esfuerzos, siempre
me han brindado lo mejor de si mismos.

A mi cuñada *Norma.*

A mi sobrino *Jorge.*

A mis familiares. Porque sin su apoyo
moral me hubiese sido más difícil
culminar mi carrera.

A mis asesores:

Dr. Julio Landgrave y Dra. Liliانا Saldívar.

Por su apoyo, dedicación y consejos en
el desarrollo de esta tesis.

Mi agradecimiento a la *Facultad de
Química*, a todos los **profesores** y
amigos que contribuyeron en mi
preparación, para darme una formación
integral.

Y a todas aquellas personas que
no menciono aquí, que llenaron mi vida
con gratos recuerdos y me ayudaron a
superar momentos difíciles en mi vida.

José Antonio Muñoz Moya

AGRADECIMIENTOS

Experimento un profundo sentimiento de gratitud hacia mis padres José Luis Anzures Ayala y Gloria Méndez Segura, por el cariño y sabiduría con la que me formaron.

Para con mis hermanos, José Luis, Miguel, Salvador, Guadalupe, Alba y Juan Carlos, por su insustituible presencia en mi vida.

Quiero expresar un especial agradecimiento a Jose Luis Morales Cruz, que ha sido un colaborador insustituible, y a compartido todos los instantes en la elaboración de esta tesis, brindándome una confianza entusiasta y constante.

Doy las gracias a si mismo a maestros, compañeros y amigos de la Facultad de Química. En especial a Hugo Chávez G., Raúl Quijano H. y Miriam López R., los cuales me proporcionaron comentarios, sugerencias y ayuda que enriquecieron mis conocimientos.

A José Antonio Muñoz Moya que sin su activa y valiosa colaboración, no habría podido concluir el presente trabajo.

Para con mis asesores de tesis, Dr. Julio Landgrave R. y Dra. Liliana Saldívar O., por su competencia profesional y el modo en que condujeron el presente trabajo, por sus múltiples y excelentes sugerencias.

Agradezco también a todas las personas que de alguna u otra forma han contribuido a ser lo que soy.

Muy en especial le agradezco a mi hija **Luisa Mariana Carlota**, la alegría que brinda a mi vida.

María Del Carmen Gloria Anzures Méndez.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO No. 1. Introducción a los residuos peligrosos, definición y problemática.	4
1.1.- Introducción a los residuos peligrosos.	4
1.2.- Fuentes generadoras de residuos peligrosos.	10
1.3.- Generación de residuos peligrosos en México.	13
1.4.- Situación actual del país.	15
CAPITULO No. 2. Legislación ambiental en materia de residuos peligrosos.	19
2.1.- Legislación ambiental en México.	20
2.2.- Reglamentación ambiental en México.	21
2.3.- Normalización ambiental en México.	22
2.4.- Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.	27
2.5.- Convenio bilateral México-Estados Unidos.	33
2.6.- Legislación ambiental en Estados Unidos.	34
CAPITULO No. 3. Descripción de procesos para la fabricación de pinturas.	40
3.1.- Historia de las pinturas.	40
3.2.- Clasificación de pinturas.	41
3.3.- Elementos básicos para la elaboración de pinturas.	42
3.4.- Procesos de fabricación de resinas y pinturas.	46
3.4.1.- Emulsiones vinílicas.	51
3.4.2.- Resinas alquidáticas.	55
3.4.3.- Resinas de nitrocelulosa.	58
3.4.4.- Pinturas base agua.	61
3.4.5.- Pinturas base solvente.	65
3.4.5.1.- Barnices alquidáticos.	65
3.4.5.2.- Lacas de nitrocelulosa.	68

CAPITULO No. 4. Caracterización de residuos peligrosos en la industria de pinturas.	71
4.1.- Identificación de los residuos peligrosos dentro de los procesos de producción.	71
4.1.1.- Procesos de fabricación de resinas.	79
4.1.1.1.- Emulsiones vinílicas.	80
4.1.1.2.- Resinas alquidálicas.	80
4.1.1.3.- Resinas de nitrocelulosa.	81
4.1.2.- Proceso de fabricación de pinturas base agua.	81
4.1.3.- Proceso de fabricación de pinturas base solvente.	85
4.1.3.1.- Barnices alquidálicos.	86
4.1.3.2.- Lacas de nitrocelulosa.	87
4.2.- Manejo de los residuos peligrosos generados.	89
4.2.1.- Almacenamiento.	89
4.2.2.- Recolección y transporte.	91
4.3.- Metodología en la toma de muestras de residuos peligrosos	94
4.4.- Pruebas de laboratorio recomendadas para la identificación y caracterización de residuos peligrosos.	102
4.5.- Equipos de protección personal requeridos para el manejo, toma de muestra y caracterización de los residuos peligrosos generados.	107
4.6.- Riesgos a la salud por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos generados.	110

CAPITULO No: 5. Alternativas de solución para residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas.	117
5.1.- Minimización de residuos peligrosos dentro de los procesos de producción	120
5.1.1.- Proceso de producción de pinturas base agua.	124
5.1.2.- Proceso de producción de pinturas base solvente.	126
5.2.- Reciclaje	130
5.3.- Combustible alternativo	132
5.4.- Tratamientos.	136
5.4.1.- Químico.	137
5.4.2.- Físico.	138
5.4.3.- Biológico.	139
5.4.4.- Térmico.	139
5.4.5.- Encapsulación-Solidificación.	140
5.5.- Incineración	143
5.6.- Disposición final.	144

5.7.-Descripción de los sistemas de tratamiento para los residuos peligrosos generados en la fabricación de pinturas.	147
5.7.1.- Sistemas de tratamiento para los residuos peligrosos generados en la fabricación de resinas.	147
5.7.1.1.- Sistema de tratamiento de las purgas del reactor de síntesis de emulsiones vinílicas.	147
5.7.1.2.- Sistema de tratamiento de las purgas del reactor de síntesis de resinas alquidálicas.	150
5.7.1.3.- Sistemas de tratamiento de las purgas del reactor de resinas de nitrocelulosa.	152
5.7.2.- Sistemas de tratamiento de los residuos peligrosos generados en la fabricación de pinturas base agua.	154
5.7.3.- Sistema de tratamiento de los residuos peligrosos generados en la fabricación de pinturas base solvente.	157
5.7.3.1.- Tratamiento de residuos peligrosos generados en la fabricación de barnices alquidálicos.	157
5.7.3.2.- Tratamiento de los residuos peligrosos generados en la fabricación de lacas de nitrocelulosa.	158
5.7.3.4.- Tratamiento de recuperación de solventes.	159
5.7.3.5.- Tratamiento de recuperación de compuestos orgánicos volátiles.	161
5.7.3.6.- Tratamiento para el lavado de contenedores de materia prima y producto final.	163
5.7.3.7.- Resumen del balance de materia en las corrientes de cada uno de los sistemas de tratamiento propuestos.	165
5.8.- Balances de materia para los sistemas de tratamiento propuestos.	168
5.9.- Tratamiento integral de los residuos peligrosos generados en la industria de pinturas.	185
CAPITULO No. 6. Estimado de Inversión y costos de operación de los sistemas de tratamiento propuestos.	191
ANEXO "A".- Visitas de inspección en materia de residuos peligrosos.	214
CONCLUSIONES.	219
BIBLIOGRAFIA.	222

INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo es producto de la necesidad de proteger al medio ambiente de los procesos altamente generadores de residuos peligrosos, además, intenta concientizar a los industriales para desarrollar e implantar plantas de tratamiento para sus residuos peligrosos generados y cumplir con la normatividad vigente.

En la antigüedad el hombre utilizó las pinturas como medio de comunicación y protección, éstas pinturas eran burdas combinaciones de tierras de color, grasas y resinas naturales.

En los primeros años del siglo veinte, la industria de las pinturas comenzó con un acelerado crecimiento en cuanto a la diversidad de productos desarrollados, con el paso del tiempo se descubrieron las resinas sintéticas, que incrementaron la calidad y cantidad de las pinturas; una pintura hoy en día se puede describir como una película insoluble, tan delgada como una hoja de papel, que debe reunir un sin número de propiedades como: decoración protección, resistencia química y física a un costo mínimo.

Este desarrollo en la industria de pinturas generó problemas de contaminación por efecto de los residuos peligrosos procedentes de la fabricación de resinas, pinturas base agua y pinturas base solvente. Dicha contaminación es debida a emisiones hacia la atmósfera, a las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y por la generación de residuos peligrosos.

El manejo inadecuado de los residuos generados en dichos procesos ha provocado el deterioro de los ecosistemas y afectado a la salud humana, por este motivo se presentan algunas medidas, acciones y sistemas de tratamiento para enfrentar esta problemática.

En el presente trabajo se analizarán los procesos de fabricación de emulsiones vinílicas, resinas alquidáticas y resinas de nitrocelulosa, así como los procesos de fabricación de pinturas base agua (pinturas vinílicas) y pinturas base solvente (barnices alquidáticos y lacas de nitrocelulosa), por ser las de mayor consumo en la República Mexicana.

La problemática relacionada con los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas es muy compleja e involucra aspectos políticos, técnicos y sociales. En cuanto a los aspectos políticos se debe tener una base jurídica (LEGISLACION), que regula las conductas humanas y establece una política que pone particular énfasis en los mecanismo de control, así como señalar los requisitos y condiciones que deben cumplir los generadores de residuos peligrosos, desde su generación y manejo que incluye el almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclado, incineración y disposición final. Esta legislación debe de adecuarse a las necesidades políticas y tecnológicas del país.

El aspecto técnico, que se desarrolló para la minimización de los residuos peligrosos generados en la industria de pinturas fue, identificar los residuos peligrosos en los procesos de producción, para caracterizarlos, cuantificarlos y separarlos de aquellos que no lo son. La caracterización de los residuos se desarrolla con técnicas analíticas apropiadas para determinar si el residuo generado es peligroso, es decir: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico infeccioso. Finalmente se clasifican de acuerdo al proceso donde se originan, composición y características **CRETIB**.

Al analizar cada uno de los procesos de fabricación de pinturas se identificaron los siguientes tipos de residuos:

- Emisiones de solvente por evaporación.
- Efluentes acuosos generados en los procesos de fabricación de resinas, emulsiones vinílicas y pinturas base agua.
- Solvente sucio producto del lavado de equipo en el proceso de fabricación de pinturas base solvente.
- Empaques de materia prima y producto terminado.
- Lodos de pinturas (natas) y lodos generados en los sistemas de tratamiento propuestos.

El primer paso que se implantó para la minimización de los residuos generados, es la reducción de los mismos en la fuente, aplicando una serie de metodologías para el control de la generación, como son: segregación de corrientes, mejorar procedimientos en el proceso de fabricación, implementar prácticas de prevención de pérdidas, mejorar supervisión y entrenamiento dentro del proceso.

Conociendo los tipos de residuos y las características de cada uno de ellos, se optó por la mejor alternativa de tratamiento, en todos los casos se desarrollaron los sistemas con un tren de tratamiento que incluye diferentes operaciones unitarias.

Se realizó un balance de materia para los siguientes sistemas de tratamiento: purgas del reactor de síntesis de emulsiones vinílicas, purgas del reactor de síntesis de resinas alquídicas y de nitrocelulosa, así como de los residuos generados en la fabricación de pinturas vinílicas (se presenta un sistema de tratamiento de efluentes acuosos ya que la mayoría de los residuos son producto del lavado de equipo de proceso, derrames de materia prima y producto terminado, lavado de contenedores de producto final y caduco, etc.), y en la fabricación de pinturas base solvente (se presenta un sistema de tratamiento de recuperación de solventes y recuperación de compuestos orgánicos volátiles).

El balance de materia se desarrolló para dar un estimado de la cantidad de residuos generados, con base en el consumo nacional proporcionado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT). El balance obtenido se tomó como punto de partida para el predimensionamiento de los equipos en las etapas de tratamiento, en cada uno de los sistemas de tratamiento propuestos, el cual da una idea de la capacidad de tratamiento y el tamaño de los sistemas.

Finalmente se presenta un análisis de los efluentes en cada uno de los sistemas, que sirvió para desarrollar un sistema de tratamiento integral, en el cual se optimizan las corrientes, logrando con esto, disminuir la cantidad de residuos a tratar, la cantidad de operaciones unitarias en cada tratamiento y además reducir los costos de inversión y operación totales.

Con El balance de materia, la capacidad de tratamiento y el predimensionamiento del equipo, se estimaron los costos de inversión, costos fijos de operación, costos variables de operación y los costos totales de operación, para cada uno de los sistemas propuestos, dando una idea de la magnitud del problema que se pretende solucionar.

Este trabajo pretende dar un panorama amplio de la generación de residuos peligrosos en la industria de las pinturas, así como las alternativas de minimización, tratamiento y disposición para los mismos.

CAPITULO 1 INTRODUCCION A LOS RESIDUOS PELIGROSOS, DEFINICION Y PROBLEMÁTICA

El desarrollo de la industria de las pinturas ha generado paralelamente a los beneficios que ésta proporciona, problemas de contaminación ambiental originada en los procesos de fabricación de resinas, pinturas base agua y base solvente. Dicha contaminación es debida, a emisiones hacia la atmósfera, a las descargas de agua residual en cuerpos receptores y al manejo inadecuado de los residuos peligrosos. Es por ello que se requieren tomar medidas y acciones necesarias para enfrentar esta problemática.

El combate de esta contaminación ambiental requiere de esfuerzos continuos e inversiones considerables, cuyos objetivos son conservar los recursos naturales y fomentar el desarrollo y aplicación de tecnologías limpias; así como inducir nuevos comportamientos y hábitos ciudadanos que no afecten negativamente el equilibrio ecológico.

1.1.- INTRODUCCION A LOS RESIDUOS PELIGROSOS

DEFINICION DE RESIDUO

Son sustancias, a las cuáles no se les puede dar un uso directo, éstas son desechadas en los diferentes procesos industriales, actividades domésticas, laborales, etc, y es necesario tratarlos o confinarlos para que no afecten el ambiente(1).

DEFINICION DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Los residuos industriales se encuentran aislados, mezclados, sólidos, líquidos o semisólidos (lodos), generados como subproductos de un proceso, así como los resultantes de la realización de operaciones unitarias o de la limpieza de maquinaria y equipo e instalaciones. En algunos casos, también se consideran residuos industriales, las materias primas que caducan o se deterioran durante el almacenamiento.

La producción de éstos varía de una industria a otra y es muy difícil predecir ó cuantificar la cantidad real de los mismos. Existe una gran diferencia en la composición de los residuos, por la diversidad de procesos y materia prima utilizada. Este tipo se clasifica a su vez en residuos peligrosos y no peligrosos. Son los primeros los que requieren de atención prioritaria, ya que por la carencia de tecnología o inadecuado manejo se ha alterado la calidad del medio ambiente, (en especial agua y suelo), poniendo en peligro a la salud humana (2).

DEFINICION DE RESIDUO PELIGROSO

Cualquier objeto material, sustancia o desperdicio, incluyendo los pesticidas y los agentes químicos que por sí mismos al entrar en contacto o ser mezclados con otros o por ser manejados indebidamente, producen o pueden producir reacciones exotérmicas violentas o liberen o pueden liberar sustancias peligrosas, así como aquellos generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuyas características no permitan usarlos nuevamente en los procesos que los generaron y que, en cualquier estado físico, por sus cualidades corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables o tóxicas pueden representar un peligro para la salud, el ambiente, la propiedad o los ecosistemas (3).

RESIDUO INCOMPATIBLE

Aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación; partículas, gases o vapores peligrosos; pudiendo ser esta reacción violenta (3).

IDENTIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

Se identifica como peligroso, cualquier residuo que presenta una o más de las siguientes características (Norma Oficial Mexicana 001-ECOL/93), que integran la clave **CRETIB**:

- Corrosividad.
- Reactividad.
- Explosividad.
- Toxicidad.
- Inflamabilidad.
- Biológicas infecciosas.

De acuerdo con esta caracterización un residuo es:

CORROSIVO

Cuando en estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5; o bien en estado líquido o en solución acuosa es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020) a una velocidad de 6.35 mm o más por año, a una temperatura de 55 grados centígrados.

REACTIVO

Cuando bajo condiciones normales (25°C y 1 atmósfera), de golpe, presión, temperatura o espontáneamente se descompone, combina o polimeriza; si es normalmente inestable y se combina o transforma violentamente sin detonación; si reacciona violentamente con el agua en condiciones normales en una relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5; formando mezclas potencialmente explosivas, que generan gases, vapores o humo. Cuando en las mismas condiciones se ponen en contacto con soluciones de pH ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos y además que posee en su constitución sustancias que al exponerse a estos valores de pH generan humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar desequilibrio ecológico. Por último que es capaz de producir radicales libres.

EXPLOSIVO

Si es más sensible a golpes o fricción (constante de explosividad mayor o igual a la del dinitrobenzono), que el dinitrobenzono; si es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y 1.03 Kg/cm² (1 atm) de presión.

TOXICO

Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-002-ECOL/93, el lixiviado de la muestra representativa contenga cualquiera de los constituyentes listados en la tabla No 1 obtenida de la NOM-CRP-001-ECOL/93, en concentraciones mayores a los presentados en dicha tabla.

INFLAMABLE

Si en solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen; cuando es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60 grados centígrados; no es líquido, pero es capaz de causar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (bajo condiciones normales); cuando se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión.

BIOLOGICO INFECCIOSO

Es capaz de producir efectos nocivos en los seres vivos; contiene microorganismos y sus toxinas causan efectos nocivos a los seres vivos.

TABLA No 1.- CARACTERISTICAS DEL LIXIVIADO (PECT) QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE.

CONSTITUYENTES INORGANICOS

COMPONENTE	CONCENTRACION (mg/L)
ARSENICO	5.0
BARIO	100.0
CADMIO	1.0
CROMO HEXAVALENTE	5.0
NIQUEL	5.0
MERCURIO	0.2
PLATA	5.0
PLOMO	5.0
SELENIO	1.0

CONSTITUYENTES ORGANICOS

COMPONENTE	CONCENTRACION (mg/L)
ACRILONITRILO	5.0
CORDANO	0.03
O-CRESOL	200.0
M-CRESOL	200.0
P-CRESOL	200.0
ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO	10.0
2,4-DINITROTOLUENO	0.13
ENDRIN	0.02
HEPTACLORO (Y SU EPOXIDO)	0.008
HEXAOROETANO	3.0
LINDANO	0.4
METOXICLORO	10.0
NITROBENCENO	2.0
PENTAOROEFENOL	100.0
2,3,4,6-TETRAOROEFENOL	1.5
TOXAFENO	0.5
2,4,5-TRICLOROEFENOL	400.0
2,4,6-TRICLOROEFENOL	2.0
SILVEX	1.0

CONSTITUYENTES ORGANICOS VOLATILES

COMPONENTE	CONCENTRACION (mg/L)
BENCENO	0.5
ETER BIS(2-OROETILICO)	0.05
OROBENCENO	100.0
OROFORMO	5.0
ORURO DE METILO	5.5
ORURO DE VINILO	0.2
1,2-DICLORO BENCENO	4.3
1,4-DICLORO BENCENO	7.5
1,2-DICLOROETANO	0.5
1,1-DICLOROETILENO	0.7
DISULFURO DE CARBONO	14.4
FENOL	14.4
HEXAORO BENCENO	0.13
HEXAORO-1,3-BUTADIENO	0.5
ISOBTANOL	35.0
ETILMETILCETONA	200.0
PIRIDINA	5.0
1,1,1,2-TETRAOROETANO	10.0
1,1,2,2-TETRAOROETANO	1.3
TETRAORURO DE CARBONO	0.5
TETRAOROETILENO	0.7
TOLUENO	14.4
1,1,1-TRICOROETANO	30.0
1,1,2-TRICOROETANO	1.2
TRICOROETILENO	0.5

Fuente: NOM-CRP-001-ECOL/93.

CLASIFICACION LEGAL DE UN RESIDUO PELIGROSO

a) Tipo, origen, constituyentes.

b) Características.

c) Concentraciones límites de sustancias tóxicas.

La Legislación Mexicana proporciona en la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93, una clasificación de residuos peligrosos por giro industrial y proceso; de la cual se hace referencia sólo para la producción de resinas y pinturas, (tabla No. 2).

TABLA No 2.- CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO.

No	Giro industrial y proceso	Clave Cretib	Residuo peligroso	No INE
7.0	MATERIALES PLASTICOS Y RESINAS SINTETICAS			
7.1	PRODUCCION DE FIBRA DE RAYON	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.1/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.1/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.1/03
7.2	PRODUCCION DE LATEX ESTIRENO-BUTADIENO	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.2/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.2/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.2/03
7.3	PRODUCCION DE RESINAS ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO	(T)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.3/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.3/02
		(T,I)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.3/03
		(T)	PIGMENTOS RESIDUALES	RP7.3/04
7.4	PRODUCCION DE RESINAS DERIVADAS DEL FENOL	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.4/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.4/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.4/03

FUENTE: NOM-CRP-001-ECOL/93

CONTINUACION

TABLA No 2.- CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO.

No	Giro industrial y proceso	Clave Cretib	Residuo peligroso	No INE
7.5	PRODUCCION DE RESINAS POLIESTER	(T)	CATALIZADOR GASTADO	RP7.5/01
		(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.5/02
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.5/03
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.5/0.4
		(T)	PIGMENTOS RESIDUALES	RP7.5/05
7.6	PRODUCCION DE RESINAS DE POLIURETANO	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.6/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.6/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.6/03
7.7	PRODUCCION DE RESINAS DE SILICON	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.7/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.7/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	RP7.7/03
		(T)	SOLVENTES GASTADOS	RP7.7/04
7.8	PRODUCCION DE RESINAS VINILICAS	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.8/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.8/02
11.0	PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS	(T)	RESIDUOS DE RETARDADORES DE FLAMA Y PINTURA DE BASE	RP11.1/01
		(T)	RESIDUOS DEL SECADOR DE BARNIZ	RP11.1/02
11.1	PRODUCCION DE MASTIQUE Y PRODUCTOS RELACIONADOS	(T,C)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP11.1/03
		(T)	BOLSAS Y EMPAQUES DE MATERIA PRIMA	RP11.1/04
		(T)	RESIDUOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE	RP11.1/05
11.2	PRODUCCION DE PINTURAS	(T,I)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PINTURAS BASE SOLVENTE	RP11.2/01
		(T)	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS LISTADAS EN LA TABLA No 12	RP11.2/02
		(T,I)	BOLSAS Y ENVASES DE MATERIA PRIMA LISTADAS EN LA TABLA No 13	RP11.2/03
		(T)	LODOS PROVENIENTES DE LA PRODUCCION	RP11.2/04
		(T)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PRODUCCION DE PINTURA BASE AGUA	RP11.2/05

FUENTE: NOM-CRP-001-ECOL/93

FACTORES A CONSIDERAR PARA UN RESIDUO PELIGROSO

- Movilidad del residuo.
- Persistencia del residuo en el ambiente.
- Contaminación potencial del residuo.
- Daño de la contaminación generada.
- Persistencia de la contaminación generada.

1.2.- FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

Un residuo peligroso no sólo es un residuo sin valor comercial aparente, sino que puede ser también materia prima o un producto no utilizado o deteriorado que se desecha. De ahí que se puedan liberar al ambiente en cualquiera de las etapas de los procesos de producción industrial.

Por lo tanto, las fuentes principales de la emisión de residuos peligrosos al ambiente pueden variar de país a país o de una región a otra, ya sea que predominen las actividades de extracción o producción de materias primas, la síntesis, purificación y formulación, o bien, de almacenamiento, transporte, confinamiento o tratamiento final de desechos.

En México los residuos son generados por casi todas las ramas de la industria moderna y éstas requieren de un tratamiento especial. Las industrias con alto potencial de generación de residuos peligrosos son principalmente:

- Química Orgánica.
- Química Inorgánica.
- Refinación del petróleo.
- Industria del hierro y del acero.
- Industria de los metales no ferrosos.
- Curtiduría.
- Pinturas y recubrimientos.
- Galvanoplastia y acabados metálicos.

En general, el sistema de producción industrial genera productos terminados, secundarios y residuos. Es así que se generan residuos peligrosos debido a la utilización de materiales químicos peligrosos, los cuáles requieren de un manejo integral adecuado (4).

La tabla No. 3 muestra una lista de principales industrias en cuyos procesos se generan residuos peligrosos.

TABLA No 3.- RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS POR LOS DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIA.

QUIMICA ORGANICA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
ANTIBIOTICOS	SOLVENTES NO HALOGENADOS	BUTANOL, ACETATO DE BUTILO, ACETONA, ETILENGLICOL
MEDICAMENTOS	SOLVENTES HALOGENADOS	DICLORURO DE ETILENO
	SOLVENTES NO HALOGENADOS	ACETONA, TOLUENO, XILENO, METANOL, ACETONITRILLO
PESTICIDAS	METALES PESADOS	ZINC, ARSENICO, CROMO, COBRE, MERCURIO CLORDANO
ACRILONITRILLO		CIANURO, ACRILONITRILLO
QUIMICA INORGANICA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
OBTENCION DE PIGMENTOS DE ÓXIDO DE ANTIMONIO	LODOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE PURIFICACION DEL PRODUCTO Y LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO FILTRACION	ARSENICO, ANTIMONIO
DICROMATO DE SODIO Y DE POTASIO	LODOS RESULTANTES DE LA PRECIPITACION, FILTRACION, PRECIPITACION LODOS RESULTANTES DE LOS REACTORES.	CROMATOS
ACIDO FLUORHIDRICO		FLUORURO DE CALCIO
ANHÍDRIDO ARSENIOSO		ARSENICO III
REFINACION DEL PETROLEO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
REFINACION DEL PETROLEO	LODOS PROVENIENTES DE LOS SEPARADORES API FONDOS DE LOS TANQUES DE CRUDO. LODOS REMANENTES DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO	FENOLES, METALES PESADOS, ACEITE FENOLES, ACEITES, BENZO-A-PIRENOS FENOLES, METALES PESADOS, ACEITES

Fuente: Mery, A. Amir, 1984

CONTINUACION
 TABLA No 3.- RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS POR LOS
 DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIA.

DEL HIERRO Y DEL ACERO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
COQUE	RESIDUOS DE LICOR DE AMONIACO	FENOL, CIANURO
HORNO ELECTRICO	EMISIONES DE POLVOS	PLOMO Y OTROS METALES PESADOS
FUNDIDO, ROLADO, GALVANIZADO	LODOS	ACEITE, GRASA Y ALGUNOS METALES PESADOS
FUNDICION DE ACERO	POLVOS, LODOS ESCORIAS	ZINC, MAGNESIO, CROMO, NIQUEL, PLOMO
DE LOS METALES NO FERROSOS		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
FUNDICION DE COBRE	SUSPENSIONES MISCELANEAS, POLVOS,	COBRE, PLOMO, ZINC, ANTIMONIO
PLOMO	LODOS, ESCORIAS SUSPENSIONES ACIDAS	METALES PESADOS ACIDOS
ESTAÑO PRIMARIO	ESCORIAS	ESTAÑO, PLOMO, ARSENICO
COBRE OBTENIDO POR REFINACION ELECTROLITICA	LODOS	NIQUEL, ZINC, COBRE, CROMO, CADMIO
DE LA GALVANOPLASTIA Y EL ACABADO METALICO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
LIMPIEZA POR TRATAMIENTO ACIDO	LODOS RESIDUALES	METALES PESADOS
LIMPIEZA ALCALINA	LODOS RESIDUALES	METALES PESADOS
CROMADO FOSFATADO	LODOS RESIDUALES	METALES PESADOS
ELECTRODEPOSITACION: NIQUEL, CROMO, CADMIO, ZINC, COBRE	RESIDUOS MISCELANEOS, POR EJEMPLO ANODOS	METALES PESADOS, ACEITES Y GRASA, CIANURO Y SOLVENTES
ACABADOS	POLVO METALICO Y SOLVENTES DE LIMPIEZA Y DESENGRASADO	ACEITE Y GRASA, METALES PESADOS

Fuente: Melry, A. Amir, 1984

CONTINUACION
**TABLA No 3.- RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS POR LOS
 DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIA.**

DE LA CURTIDURIA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
CURTIDO DE PIELES	LODOS RESIDUALES	CROMO
ACABADOS DE PIELES	RESIDUALES FINALES	SOLVENTES, CROMO, ZINC, PLOMO
DE LA PINTURA Y LOS RECUBRIMIENTOS		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
PINTURAS DE ACEITE	LODOS RESIDUALES	SOLVENTES Y PIGMENTOS TOXICOS
	FILTROS DEL CONTROL DE EMISIONES	PIGMENTOS TOXICOS, CADMIO, COBRE
PINTURAS VINILICAS	LOTES EN MAL ESTADO	QUIMICOS TOXICOS
	LOTES EN MAL ESTADO	MATERIALES INFLAMABLES
RECUBRIMIENTOS	LODOS RESIDUALES	QUIMICOS TOXICOS
	LOTES EN MAL ESTADO	SOLVENTES, QUIMICOS TOXICOS
	LOTES EN MAL ESTADO	SOLVENTES, QUIMICOS TOXICOS

Fuente: Melry, A. Amir, 1984

1.3.- GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MEXICO

Cuantificar y caracterizar los residuos industriales que se generan en el país, no es una tarea fácil, pues existen muy diversas ramas industriales que generan una gran variedad de ellos. Se ha determinado que en nuestro país, la industria minera es la principal generadora de residuos industriales, seguida por la industria de los metales no ferrosos, química orgánica, inorgánica, refinación del petróleo, petroquímica, de recubrimientos metálicos y la industria de los plaguicidas.

El problema principal que se presenta en la actividad minera, se debe a los grandes volúmenes de residuos que en ésta se generan durante los procesos de concentración y lixiviación, se producen aguas residuales que contienen sustancias diversas como metales pesados, ácidos, etc., además el manejo de los jales producidos es inadecuado.

Dentro de la industria de la química orgánica e inorgánica, se generan residuos tan variados que contienen entre otros, compuestos organoclorados, sulfurados, nitratos, ácidos y bases, cianuros, aminas, etc.

La industria petrolera genera aceites, catalizadores agotados, bases, ácidos, etc., mientras en la petroquímica se generan residuos como coque, sulfatos de amonio, hidrocarburos clorados, así como lodos que contienen hidrocarburos provenientes de la limpieza de tanques y residuos de los sistemas de tratamiento de efluentes, etc.

En lo que respecta a la industria de los plaguicidas, se reporta que en ésta, se formulan entre 25 y 30 productos de grado técnico, produciendo alrededor de 200 mil toneladas entre líquidos, polvos y granulados, se estima que la generación de residuos se encuentra entre el 5 y 10% de la producción total.

Se calcula que la generación de residuos industriales de todo el país es de aproximadamente 450,000 Ton/día, de las cuáles 337,500 corresponden a la actividad minera extractiva y de fundición de metales no ferrosos; 81,000 Ton corresponden a la industria de procesos de química orgánica básica e inorgánica y 31,500 Ton de agroindustriales, entre los que destacan los de la industria azucarera, las beneficiadoras de café y las concentradoras de jugos y aceites. De este total, 14,500 Ton/día corresponden a residuos potencialmente peligrosos, básicamente generados en la industria química orgánica e inorgánica, así como en la petroquímica. (5).

Una forma indirecta de determinar cuál es la generación de residuos industriales es conociendo la producción de las diferentes industrias. La figura No. 1 señala las zonas del país en donde se concentra el mayor número de industrias, lo cual proporciona un panorama general de los sitios en donde se produce mayor cantidad de los mismos.

El desarrollo industrial y el de los servicios ha hecho que se incremente el uso de sustancias cuyos residuos peligrosos constituyen un serio riesgo para el medio ambiente. El problema de los residuos peligrosos generados es que éstas sustancias provocan la disminución de la biodiversidad, la modificación de la vida de los ecosistemas y constituyen un peligro para la salud del ser humano; es decir, causan un impacto ambiental negativo (6).

1.4.- SITUACION ACTUAL DEL PAIS

El desarrollo industrial de México, a partir de la década de los 40's, ha experimentado un impulso notable, debido principalmente a las políticas de sustitución de importaciones y apoyo a la creación de nuevas industrias en todos los ramos. Este desarrollo, si bien ha traído innegables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión en el entorno natural. En este aspecto se ha descuidado, en muchos casos con serias consecuencias, la calidad del medio ambiente por la falta de control a que deben estar sujetos toda clase de residuos. La problemática relacionada con los residuos peligrosos es muy compleja e involucra aspectos técnicos, políticos y sociales, ya que el desarrollo industrial que ha tenido el mundo y nuestro país en estas últimas décadas no corresponde a un esfuerzo similar en el desarrollo de instalaciones apropiadas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

El factor de mayor relevancia dentro del problema, lo constituye el inadecuado manejo que involucra entre otras actividades el tratamiento y disposición final de los residuos, cuyas características pueden variar desde los no peligrosos, hasta los peligrosos, teniendo como consecuencia, que se incorporen al medio ambiente en forma indiscriminada. La contaminación provocada por los residuos industriales, es un problema no sólo de nuestro país sino a nivel mundial. También es cierto, el hecho de que los sistemas de manejo de residuos peligrosos en los países industrializados, no son siempre aplicables en los países en vías de desarrollo por su gran complejidad, además las características de los residuos son propias de cada país, se deben de realizar pruebas de laboratorio, para adaptar y desarrollar los sistemas de manejo que sean más convenientes a las necesidades locales (7).

Las zonas de nuestro país en las que por sus actividades industriales existe una mayor concentración de residuos de naturaleza peligrosa (Figura No. 1) son las siguientes:

- Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
- Coatzacoalcos-Minatitlán-Pajaritos, Veracruz.
- Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.
- Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León.
- Conurbación de La Laguna, Coahuila.
- Salamanca-Celaya-Irapuato-León, Guanajuato.
- Querétaro-San Juan del Río, Querétaro.
- Tampico-Ciudad Madero-Altamira, Tamaulipas.
- San Luis Potosí, San Luis Potosí.
- Zona Fronteriza.
- Puebla, Puebla.
- Tlaxcala, Tlaxcala.
- Aguascalientes, Aguascalientes.

- Orizaba-Córdoba-Veracruz, Veracruz.
- Corredor Industrial Lerma-Toluca, Estado de México.

En las últimas décadas, se ha incrementado la explotación minera, que genera más del 90 por ciento de los residuos a nivel nacional, algunos con características peligrosas por el alto contenido de metales pesados, como son el arsénico, selenio, plomo o cadmio, entre otros.

Los procesos siderúrgicos de fundición de chatarra, generadores de polvo o lodos que contienen metales pesados, están concentrados mayormente en las grandes ciudades, como lo son: la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Veracruz, Puebla, y algunas otras.

Los procesos químicos, orgánicos e inorgánicos, posiblemente sean los más altamente generadores de residuos peligrosos. Los tratamientos de superficie son generadores de soluciones con altas concentraciones de metales pesados, como es el caso del cromo, y en los procesos de templado, donde se usan cianuros se obtienen residuos con estas características, que son altamente peligrosas.

Los procesos petroquímicos son altamente generadores de residuos tóxicos e inflamables. Según el inventario de las actividades de refinación y transformación de la industria petrolera y petroquímica primaria, se ha cuantificado un volumen de 1,710,448 toneladas al año, de residuos industriales generados en sus centros productivos.

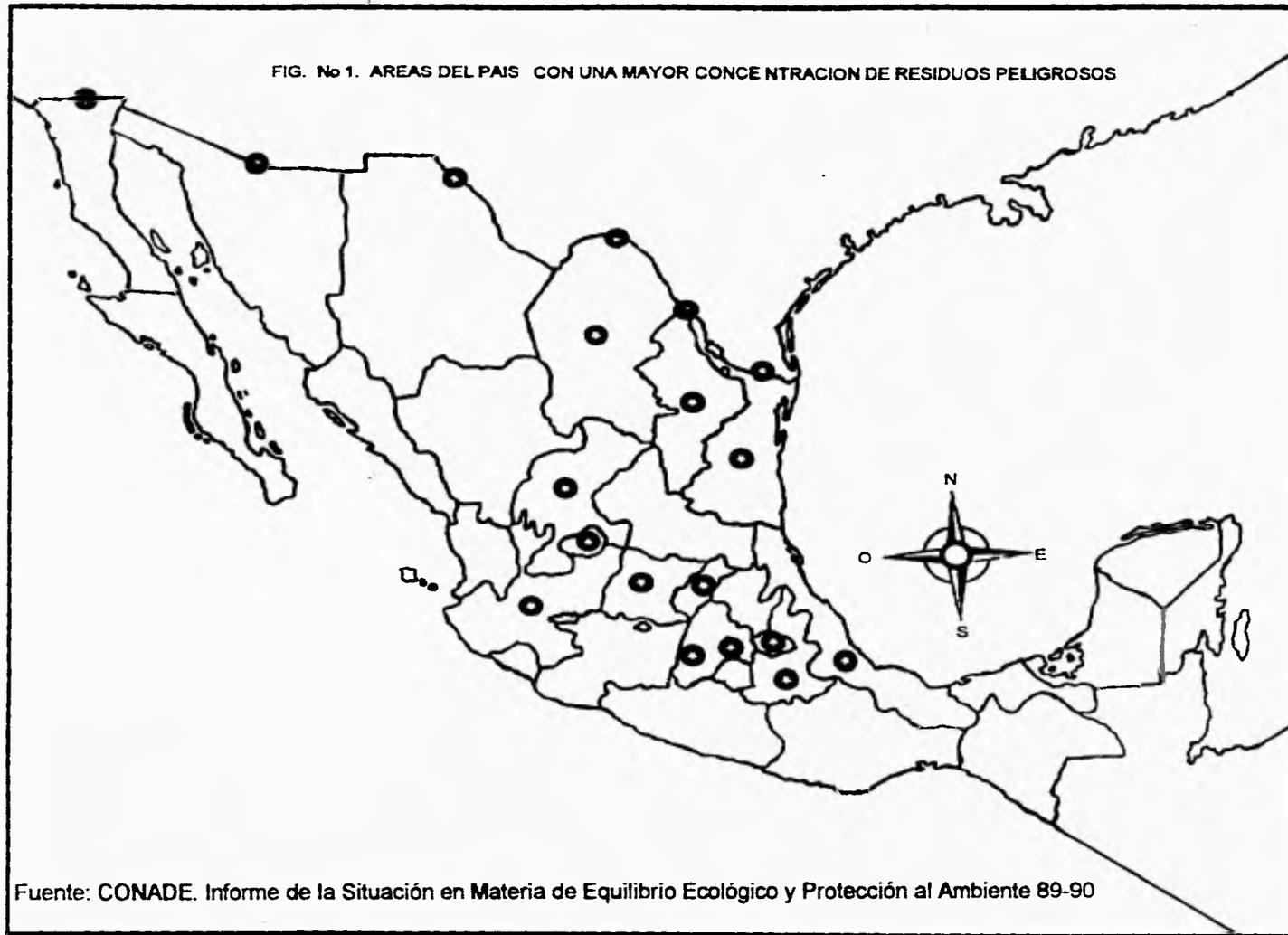
El 90.15% son semisólidos, constituidos principalmente por lodos de pretratamiento de agua y los aceites provenientes de fondos de almacénamientos de tanques de crudo y de los sistemas de separación. Con base en su composición, se calcula que aproximadamente el 11% de estos residuos es susceptible de reciclarse. A la fecha, sólo se recicla el 1% y PEMEX trabaja en programas a fin de alcanzar las metas del porcentaje estimado.

Para los aceitosos, se está implementando un programa de recuperación de la fase aceitosa y disposición en confinamientos de la torta estabilizada; el reciclaje de agentes químicos clorados; la destrucción de los clorados de alta peligrosidad, como son los hexas o bifenilos policlorados y el tratamiento químico de bases y ácidos.

Otros de los residuos generados en las actividades de distribución de gasolinas conteniendo tetraetilo de plomo, son los sedimentos de estos tanques que no han sido cuantificados. A corto plazo se tendrán los resultados del inventario a nivel nacional, y se canalizarán para su recuperación en plantas recuperadoras de plomo, ya existentes en el territorio nacional.

Por lo que se refiere a la generación de solventes, sobre todo en los procesos químicos y petroquímicos, y sin tomar en consideración a la industria petrolera y maquiladora de exportación (en el lavado de microcircuitos), se tiene un inventario de generación de 70 millones de litros por año, de los siguientes solventes (8):

Cloruro de metilo	7,500,000 de litros
Dicloroetano	4,000,000 de litros
Triclorofluoroetano	70,000 de litros
Tricloroetileno	1,500,000 de litros
1,1,1-Tricloroetano	1,300,000 de litros
Alcohol isopropílico	54,000,000 de litros



CAPITULO 2

LEGISLACION AMBIENTAL EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

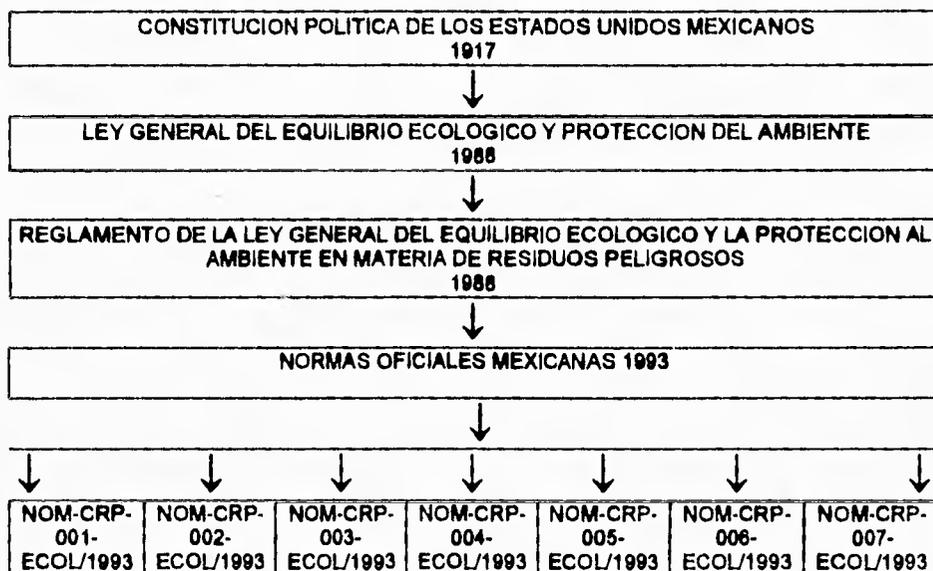
La legislación ambiental es un conjunto de normas jurídicas que regulan las conductas humanas y pueden interferir relativamente en los procesos de interacción, que tiene lugar entre los sistemas y el ambiente, mediante la generación de efectos que modifican significativamente las condiciones de existencia de los organismos.

El control de flujo de residuos en el medio ambiente se convierte en una de las principales preocupaciones de casi todos los gobiernos. El primer problema con el que se tropieza es el de los criterios que hay que adoptar, para abordar la identificación, definición y clasificación de los residuos peligrosos. En segundo lugar, es preciso optar por una u otra de las distintas formas que existen para el manejo de los residuos, que incluyen desde la reducción, recuperación y reutilización hasta la eliminación de éstos, mediante métodos adecuados y seguros.

A través de leyes sobre la contaminación, se han adoptado medidas para reducir la degradación de la calidad del medio ambiente y por tanto los efectos nocivos para la salud del hombre. No obstante ante el incesante crecimiento del número de productos químicos, resulta absolutamente necesario emprender una investigación a fondo para evaluar las repercusiones ambientales (9).

La tabla No. 4 muestra en forma general el proceso de legislación ambiental en materia de residuos peligrosos seguido en México.

TABLA No. 4.- LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS



2.1.- LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO

El deterioro ecológico que ha venido sufriendo el territorio de la República Mexicana como producto principalmente del desarrollo industrial y el crecimiento demográfico, obligó al gobierno a tomar medidas de protección y mejoramiento ambiental. Así, en el año de 1971, y ante la magnitud del problema, se promulga la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. En 1972, se creó la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). Con base en la Ley Federal de Protección al Ambiente en 1977, se crea en la SSA un departamento para atender la prevención y control de la contaminación de los suelos provocada por residuos municipales e industriales. Es en el año de 1978 que se forma la Comisión Intrasecretarial de Saneamiento Ambiental.

La reforma de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en diciembre de 1982 incluyó la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, con las atribuciones y facultades para preservar los recursos Forestales, de Flora y Fauna Silvestre y desde luego, para la prevención y control de la contaminación ambiental, en aire, agua y suelo.

En 1987 se integraron al ámbito de la Comisión Nacional de Ecología las 100 Acciones para hacer frente a los principales desequilibrios ecológicos en forma coordinada con los estados y municipios, y concertados con la sociedad.

En el año de 1988 se mejora la ley anterior y se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente que se encuentra vigente. Esta ley establece las bases de la política Ecológica Nacional y pone a su disposición no sólo instrumentos diseñados específicamente para su ejecución, si no también los instrumentos más generales de desarrollo. Entre los primeros se encuentran el ordenamiento ecológico, la evaluación del impacto ambiental y las Normas Oficiales Mexicanas. Entre los segundos se encuentran la planeación, la regulación de las actividades productivas y de servicios, los estímulos fiscales y los financiamientos.

En su capítulo V, "sobre materiales y residuos peligrosos", los artículos del 150 al 153, contienen lo relacionado a la instalación y operación de sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos, previa autorización de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

El artículo 153 trata sobre la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos, del cual es complementario el decreto del 19 de enero de 1987, para el control de los movimientos transfronterizos de materiales y residuos peligrosos, que se tienen instituidos a partir de su publicación, y que a la fecha ha sido fundamental para el control de materiales y residuos de la franja fronteriza Norte.

El anterior decreto se publicó para fortalecer la parte nacional a la firma del Anexo III del Convenio Bilateral México-Estados Unidos, del 1º de Noviembre de 1986. En éste, se describen los compromisos de cada país para el control y manifestación de los movimientos transfronterizos de materiales y residuos peligrosos (10).

En 1992 cambia de nombre la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología por la Secretaría de Desarrollo Social, sin cambio alguno en las facultades para preservar los recursos naturales, prevenir y controlar el entorno ecológico

2.2.- REGLAMENTACION AMBIENTAL EN MEXICO

Siendo inaplazable la instrumentación de normas que sustentan a la Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente, la SEDUE (hoy en día SEDESOL) elaboró el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación del 25 de Noviembre de 1988.

En este Reglamento se establece que es competencia de la Secretaría determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación, los listados de residuos peligrosos y sus actualizaciones; expedir Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica y procedimientos para el control y manejo de los residuos peligrosos, que se generan en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo y de servicios.

Así mismo se señalan los requisitos y condiciones que deben cumplir los generadores de residuos peligrosos desde su generación y manejo que incluye el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje e incineración hasta su disposición final (11).

2.3.- NORMALIZACION AMBIENTAL EN MEXICO

El establecimiento de las normas conlleva a la interacción de los conceptos de calidad, factibilidad de fabricación, distribución e intereses socioeconómicos diversos.

Es deseable, aunque no siempre habitual, que existan paralelismos de evaluación entre las normas, la tecnología y la ciencia.

Se sabe que las normas facilitan el intercambio comercial, que pueden influir (e influyen en las tecnologías de fabricación, incluso en la evaluación, desaparición y/o desarrollo de nuevos productos). Las normas pueden ser factor importante del desarrollo de un país, pero también pueden ser un freno y motivo de estancamiento y reducción de productividad.

Las normas son tan importantes e interaccionantes en las actividades sociales, podemos afirmar sin lugar a dudas, que pueden ser usadas como parámetro fundamental de medición del desarrollo y evolución de un país, ya que son indicativos inequívocos de la eficiencia de los sectores productivos y de administración pública y privada, miden también en forma lateral el nivel de educación de un pueblo y sus medios de comunicación.

Si bien ya se estableció, que las normas influyen en los sectores productivos de la sociedad, también podemos afirmar, que realmente las normas deben ser una consecuencia y no un origen o motivo de desarrollo.

Las normas en México, son establecidas por organismos normalizadores o instituciones oficiales de muy diversa índole, algunos de ellos son:

1. Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).
2. Secretaría de Salud (SS).
3. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).
4. Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STyPS).
5. Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).
6. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).
7. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Así como diversas dependencias homólogas de las mencionadas pero de carácter estatal, municipal, algunas otras de carácter gremial y varias otras más.

También se emplean algunas normas que son del conocimiento y aceptación internacional o específica de otros países o regiones como:

1. Organización Mundial de la Salud (OMS).
2. Organización Internacional de Estandares (ISO).
3. American Society for Testing and Materials (ASTM)-USA.
4. Environmental Protection Agency (EPA)-USA.
5. American Work Whealth Association (AWWA)-USA.
6. Association of Official Analytical Chemists (AOAC)-USA.
7. American Oil Chemists Society (AOCS)-USA.
8. Food and Drugs Administration (FDA)-USA.
9. Varias otras Europeas, Japonesas, etc.

Además de diversas publicaciones como farmacopeas, manuales, revistas, especificaciones de instituciones privadas, leyes, reglamentos, disposiciones, acuerdos, criterios, etc., que en la práctica adquieren carácter normativo ó seminormativo (12).

Entrando más en el tema, se puede clasificar las normas en dos tipos:

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

En materia de normalización se cuenta con Normas Oficiales Mexicanas que establecen los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes presentes en los residuos, así como la incompatibilidad de los mismos; y los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos. Las Normas Oficiales Mexicanas que ha emitido la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) a instancia de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) son 7 y son de carácter obligatorio; en la tabla No. 5 se describen más detalladamente las normas, así como la fecha en la que fueron publicadas (13).

TABLA No 5.- NORMAS OFICIALES MEXICANAS

<p>NOM-CRP-001-ECOL/93</p>	<p>Establece las características de los residuos peligrosos, listados de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</p>
<p>NOM-CRP-002-ECOL/93</p>	<p>Establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</p>
<p>NOM-CRP-003-ECOL/93</p>	<p>Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-001-ECOL/93.</p>
<p>NOM-CRP-004-ECOL/93</p>	<p>Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto los radiactivos.</p>
<p>NOM-CRP-005-ECOL/93</p>	<p>Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.</p>
<p>NOM-CRP-006-ECOL/93</p>	<p>Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento controlado para residuos peligrosos determinados por la NOM-CRP-001-ECOL/93.</p>
<p>NOM-CRP-007-ECOL/93</p>	<p>Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.</p>

FUENTE: DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 22 de octubre de 1993.

NORMAS MEXICANAS

Las Normas Mexicanas son el instrumento de apoyo técnico para las Normas Oficiales Mexicanas. Estas Normas Mexicanas establecen los métodos analíticos para la cuantificación de contaminantes presentes en los residuos.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) en su ámbito de competencia ha emitido 21 Normas. Las Normas Mexicanas referentes a Contaminación del Suelo, se describen en la tabla No. 6 (14).

TABLA No. 6.- NORMAS MEXICANAS.

NMX-AA-15-1985	Residuos sólidos municipales-muestreo. Método de cuarteo.
NMX-AA-16-1984	Residuos sólidos municipales-determinación de humedad.
NMX-AA-18-1984	Residuos sólidos municipales-determinación de cenizas.
NMX-AA-19-1985	Residuos sólidos municipales-peso volumétrico "in situ".
NMX-AA-21-1985	Residuos sólidos municipales-determinación de materia orgánica.
NMX-AA-22-1985	Residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos.
NMX-AA-24-1984	Residuos sólidos municipales-determinación de nitrógeno total.
NMX-AA-25-1984	Residuos sólidos municipales-determinación de pH-método potenciométrico.
NMX-AA-31-1978	Determinación de azufre en desechos sólidos.
NMX-AA-32-1978	Determinación de fósforo total en desechos sólidos.
NMX-AA-33-1985	Residuos sólidos municipales-determinación de poder calorífico superior.
NMX-AA-52-1985	Residuos sólidos municipales-preparación de muestras en el laboratorio para su análisis.
NMX-AA-61-1985	Residuos sólidos municipales-determinación de la generación.
NMX-AA-67-1985	Residuos sólidos municipales-determinación carbono/nitrógeno.
NMX-AA-68-1985	Residuos sólidos municipales-determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica.
NMX-AA-80-1986	Residuos sólidos municipales-determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica del porcentaje de oxígeno en materia orgánica.
NMX-AA-80-1986	Residuos sólidos municipales-determinación del oxígeno en materia orgánica.
NMX-AA-91-1985	Residuos sólidos-terminología.
NMX-AA-92-1984	Residuos sólidos municipales-determinación de azufre.
NMX-AA-94-1984	Protección al ambiente-contaminación del suelo residuos sólidos municipales-determinación de fósforo total.

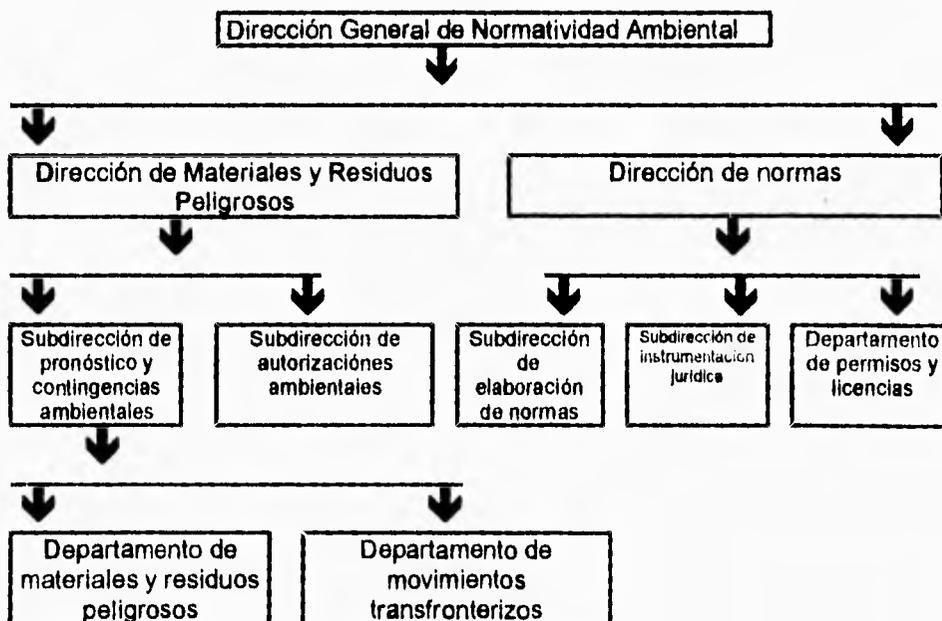
FUENTE:EMIKO MIYASAKO, PRIMERA REUNION UNUAL DEL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE (PUMA).

Cabe hacer notar que no existe hasta la fecha ninguna Norma Mexicana respecto a residuos peligrosos, pero se está trabajando en el desarrollo de estas normas y muy próximamente aparecerán publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Dentro del Instituto Nacional de Ecología (INE) existe la Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA), la cual está relacionada con el control jurídico de los residuos peligrosos tabla (No7); dentro de sus funciones están (16):

- 1.- Formular y proponer políticas, programas, Normas Oficiales Mexicanas, lineamientos, medidas y procedimientos técnicos para proteger, preservar y restaurar el ambiente.
- 2.- Desarrollar y aplicar métodos de control de calidad en los procesos de identificación y medición de contaminantes.
- 3.- Integrar y actualizar el inventario nacional de fuentes de contaminación.

TABLA No 7. MARCO JURIDICO RELACIONADO CON LOS RESIDUOS PELIGROSOS.



2.4.- MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Por ser una prioridad el establecer un control de los movimientos transfronterizos ilegales en las negociaciones con el gobierno de los Estados Unidos de América, México insistió en la cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente en la zona fronteriza. Para tal fin, se firma el Convenio de la Paz, B.C., el 14 de agosto de 1983. El 12 de noviembre de 1986 en la ciudad de Washington, se firmó el Anexo III al Convenio Bilateral México-Estados Unidos, que se refiere a los movimientos transfronterizos de desechos y sustancias.

Plan Integral Ambiental Fronterizo

El seguimiento de los residuos en México se basa en la actualidad en la Guía Ecológica, que sirve como documento de autorización de importación/exportación, y en los datos contenidos en el informe semestral de cada empresa. Además de la Guía Ecológica existe un manifiesto de entrega, transporte y recepción, que se utiliza en el transporte de materiales peligrosos. Este manifiesto debe de entregarse a la SEDESOL. Dicho mecanismo de registro se ha aplicado durante los pasados seis años. Sin embargo, la cantidad producida, almacenada o transportada aún no se documenta adecuadamente.

El seguimiento anual de los residuos exportados legalmente desde los Estados Unidos hacia México no es monitoreado por la EPA. Se insta a los exportadores en los Estados Unidos a presentar a la EPA un cálculo anual del volumen de residuos que se pretenden exportar. La EPA utiliza esta información para pedir el consentimiento de la SEDESOL, para que se efectúe el embarque. Si se otorga el consentimiento el embarque procede. Para el primero de marzo de cada año los exportadores estadounidenses deben proporcionar un resumen de los cargamentos que enviaron en el último año. Actualmente México acepta la importación de un polvo de acero del que se puede aprovechar el zinc.

En los Estados Unidos actualmente se promueve la ratificación de la Convención de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Disposición, la cual ya fue ratificada por México. Tal ratificación ampliará la lista de residuos controlados por las autoridades exportadoras estadounidenses, dará autorización más amplia para controlar los residuos utilizados de manera inapropiada en el exterior a su regreso a los Estados Unidos y autorizará la detención de embarques en caso de sospecha de que no serán manejados de manera apropiada.

El principal mecanismo para rastrear el movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos hacia los Estados Unidos es la Declaración Unica de Desechos Peligrosos (el "Uniform Hazardous Waste Manifest"). Esta declaración documenta el origen, el (los) transportista(s), y el destino final de los mismos, y puede anticipar su recepción cuando provienen de una fuente extranjera. Esta es una notificación específica para una sola ocasión, es decir, los embarques

subsecuentes de un mismo residuo, desde la misma fuente, no requieren de avisos adicionales.

La EPA ha apoyado varios programas de adiestramiento para asuntos relacionados con residuos peligrosos. Se ha adiestrado a inspectores estadounidenses respecto a informes, reportes, seguros, seguridad y rotulación. Estos programas han incluido a la EPA, la DOT (Departamento de Transporte de los Estados Unidos) y los organismos estatales, y fueron seguidos de "inspecciones sorpresivas" de camiones que entraban y salían por diversos puntos de la frontera. La información que se obtiene en las aduanas de los Estados Unidos donde entran los embarques de residuos peligrosos es esencial para su correcto seguimiento. Información adicional respecto a los embarques se obtiene también en las aduanas mexicanas y en la Guía Ecológica.

La SEDUE (hoy en día SEDESOL) y la EPA iniciaron una serie de actividades para estimular el cumplimiento de los reglamentos respecto a residuos peligrosos en ambos países. Por ejemplo:

- 1.- Han colaborado en más de 24 visitas de capacitación a instalaciones industriales mexicanas y estadounidenses.
- 2.- La EPA proporcionó a la SEDUE desde 1987, asistencia técnica y adiestramiento acerca de la incineración de residuos peligrosos y otras técnicas de tratamiento de los mismos. La EPA actualmente, toma medidas para que inspectores de la Secretaría realicen visitas cooperativas de capacitación a instalaciones comerciales dedicadas al manejo de residuos peligrosos. El personal de la SEDUE participó en numerosos cursos de capacitación patrocinados por la EPA acerca de protección y seguridad de personal, sobre tecnologías para el tratamiento y sobre respuestas a las urgencias en el caso de accidentes en el manejo de sustancias peligrosas.

La SEDUE y la EPA coordinaron también diversas investigaciones y esfuerzos de cumplimiento acerca de la disposición ilegal de residuos peligrosos. Un ejemplo reciente ocurrió en 1990, cuando material peligroso de origen estadounidense se detectó en Tijuana. También trabajaron conjuntamente en la identificación de materiales que parecían ser solventes, metales pesados y pinturas fuera de especificación. Después de ser sometidos a análisis de laboratorio y de haber comprobado que se trataba de residuos peligrosos, estos se empaquetaron, se embarcaron hacia los Estados Unidos y fueron confinados allí. La EPA y la Oficina Federal de Investigaciones han realizado procesos penales en contra de la fuente estadounidense de dichos materiales, y la EPA ha iniciado una acción de acatamiento civil en contra de la compañía estadounidense cuyos informes descuidados impidieron el descubrimiento oportuno del embarque. En septiembre de 1991 la EPA registró 12 acciones de acatamiento concernientes a exportaciones hacia México o importaciones provenientes de allí. Recientemente dicho organismo registró siete acciones contra productores de acero estadounidenses que exportan desechos hacia México y violaron las leyes de exportación de residuos peligrosos de Estados Unidos. Estos casos se desarrollaron también en cooperación con el gobierno mexicano.

En los programas de trabajo respecto a residuos peligrosos dentro del Plan Integral Ambiental Fronterizo (1ª etapa 1992-1994), se fijan metas en lo que respecta a:

- i) El seguimiento de residuos peligrosos.
- ii) Cumplimiento y supervisión de la legislación ambiental.
- iii) La educación de la comunidad.
- iv) El transporte.

El principal objetivo del seguimiento es determinar la cantidad de residuos generados en la zona fronteriza y el destino final de estos (su tratamiento, almacenamiento o disposición en México o en los Estados Unidos o su disposición ilegal en cualquier país). Un objetivo secundario es el desarrollar un sistema de cooperación entre México y los Estados Unidos para el seguimiento a través de los dos países. La estrategia de cooperación para el cumplimiento de las legislaciones ambientales de adiestramiento conjunto de los servicios de aduanas de ambos países, el desarrollo de un sistema de supervisión fronterizo México-Estados Unidos para rastrear los embarques de residuos peligrosos y detectar movimientos ilegales transfronterizos, hacer estrictos los requerimientos de registro y notificación para los embarques entre los dos países, incrementar el número de acciones de cooperación para la inspección de plantas maquiladoras y sus matrices, según sea necesario. Durante los primeros años de estos planes de trabajo, estas metas de vigilancia fueron el objetivo especial de la estrategia de cooperación SEDESOL/EPA para el cumplimiento de las legislaciones.

Respecto al transporte, el objetivo es incrementar la coordinación entre la SEDESOL y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México, con la EPA y el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, a fin de evaluar los riesgos que gravitan sobre la población fronteriza debido al movimiento de sustancias peligrosas a través de la frontera.

Las actividades propuestas se realizarán a lo largo de la zona fronteriza, pero se harán esfuerzos particulares en las siguientes ciudades vecinas de alta prioridad: Tijuana/San Diego, Ciudad Juárez/El Paso y Matamoros/Brownsville. En general, el trabajo del plan se orientará hacia la construcción de una base de datos conjunta, el adiestramiento, las inspecciones fronterizas regulares, la vigilancia continua en la frontera, los intercambios rutinarios de personal y la coordinación con entidades federales o locales en ambos países. Las actividades de rastreo y seguimiento de residuos peligrosos y las actividades conjuntas de vigilancia recibirán especial atención en el Plan de Trabajo de la Estrategia de Cooperación para el cumplimiento de las legislaciones ambientales SEDESOL/EPA.

Durante el seguimiento :

- i) **Se recogerá información acerca de las tasas de generación de residuos en las instalaciones mexicanas y estadounidenses de la zona fronteriza. La SEDESOL proporcionará su información correspondiente obtenida por medio del Reporte Unificado sobre Residuos Peligrosos, de inspecciones y de la revisión de registros en los Estados Unidos.**
- ii) **La EPA intentará compilar información concerniente a las materias primas enviadas hacia las instalaciones maquiladoras desde los Estados Unidos.**
- iii) **Se aplicará una metodología de "balance de materiales" para calcular residuos y productos secundarios generados en cada proceso industrial. Ambos organismos solicitarán a las industrias proveer información para un "balance de materiales" en cada planta, en sus respectivos territorios.**
- iv) **Los registros y documentación asociados a los embarques de residuos entre ambos países se intercambiarán. Actualmente el intercambio de información referente a estos movimientos está limitado por falta de un sistema central binacional computarizado de seguimiento. La SEDESOL y la EPA, en coordinación con los organismos ambientales estatales, proporcionarán y desarrollarán un sistema computarizado.**
- v) **La SEDESOL y la EPA inspeccionarán y visitarán cada una de las instalaciones de su jurisdicción, a fin de determinar la cantidad y los tipos de residuos peligrosos generados en la zona fronteriza.**

Con la base de datos:

- i) **Se iniciará un intercambio regular de datos y registros de dichos materiales y de todo tipo de documentación respecto al transporte.**
- ii) **Se dará adiestramiento a inspectores de la SEDESOL y la EPA en asuntos relacionados con el movimiento de residuos peligrosos entre las fronteras.**
- iii) **Se creará un subgrupo de trabajo integrado por inspectores que discutirán problemas comunes.**
- iv) **La SEDESOL y la EPA revisarán el sistema de seguimiento sin papeleo del Servicio de Aduanas de los Estados Unidos.**

En materia aduanal:

- i) **Explorar las posibilidades de ampliar la capacidad de vigilancia ambiental en los cruces fronterizos más importantes.**
- ii) **Mejorar la efectividad de la vigilancia de embarques de residuos peligrosos mediante el adiestramiento y una mayor presencia de las autoridades.**
- iii) **Establecer el programa de intercambio regular de datos entre la aduana mexicana y la estadounidense.**
- iv) **Efectuar inspecciones adicionales por parte de la SEDESOL, la EPA y por personal de Aduanas de ambos países, a fin de localizar embarques de residuos peligrosos en sus respectivos territorios, así como incrementar visitas de adiestramiento.**

En materia de aplicación de la Ley:

- i) Intercambiar información respecto a las prioridades mexicanas y estadounidenses en relación con las actividades de cumplimiento de las respectivas legislaciones ambientales.
- ii) Incrementar la cooperación entre el personal aduanal mexicano y estadounidense, así como entre las autoridades locales y estatales.
- iii) Intercambiar información relevante acerca de contaminación en la frontera respecto a actividades de vigilancia, por lo menos una vez al año.
- iv) Desarrollar un programa para incrementar las actividades de cooperación para la vigilancia de compañías que no puedan comprobar el destino final de sus residuos.

En cuanto a la educación de la comunidad:

- i) Evaluar las necesidades educacionales y de información de la industria fronteriza.
- ii) Identificar las ciudades cuya población debe de recibir educación adicional.
- iii) Analizar la información anterior para determinar los medios más eficaces de informar acerca de reglamentos y regulaciones a las compañías que lo necesiten.
- iv) Publicar un documento binacional que informe respecto a los requerimientos ambientales y de transporte para el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.
- v) Iniciar programas educacionales y de adiestramiento en el manejo de desperdicios, orientados a la comunidad de industriales, en cooperación con el Waste Management Education and Research Consortium (Consorcio de Investigación y Enseñanza acerca del Manejo de los Desechos) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Para el transporte:

- i) Realizar una investigación acerca del incremento del movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, a fin de obtener recomendaciones para reducir riesgos .
- ii) Obtener adiestramiento de las respectivas autoridades de transporte, dirigido al personal de la SEDESOL y la EPA, acerca de los requerimientos en materia de transporte de residuos .
- iii) Desarrollar una estrategia binacional de cooperación para el cumplimiento de las legislaciones ambientales concernientes al transporte de sustancias y materiales peligrosos.

Desarrollar un programa para tiraderos abandonados e ilegales de materiales y residuos peligrosos. Donde se establezcan metas en dos temas: la localización de los tiraderos y la educación. En lo que hace al primero, la meta es diseñar una estrategia para localizar tiraderos abandonados de residuos peligrosos en la zona fronteriza. Respecto del segundo, las metas son desarrollar medios para desalentar la creación de tiraderos ilegales y desarrollar la mentalidad ambiental de la comunidad y de las autoridades.

Inicialmente la identificación de tiraderos se conducirá a lo largo de toda la frontera.

Identificación de sitios:

- i) Diseñar una estrategia para localizar tiraderos abandonados en la zona fronteriza. Junto con la SEDESOL la EPA buscará la manera de adquirir la tecnología disponible, incluyendo la necesaria para la vigilancia del aire y la localización de tiraderos de desechos peligrosos.
- ii) Comenzar estudios para localizar tiraderos.

Para la educación:

- i) Diseñar un programa educacional SEDESOL/EPA, dirigido a la comunidad y los funcionarios estatales y locales, acerca de la disposición apropiada de los residuos.
- ii) Desarrollar un sistema de control de los reportes ciudadanos acerca de tiraderos ilegales.
- iii) Realizar programas de educación por medio de conferencias, reuniones y publicidad, enfatizando el uso del sistema de reportes (denuncias telefónicas) **(16)**.

DECRETOS Y ACUERDOS DEL MANEJO TRANSFRONTERIZO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Decreto relativo a la exportación de materiales o residuos peligrosos que por su naturaleza puedan causar daños al medio ambiente o a la propiedad o constituyen un riesgo a la salud o bienestar público. (Publicado en el D.O.F. el 19-1-87).

Acuerdo que establece la lista y clasificación arancelaria de los plaguicidas. Cuya importación estará sujeta a regulación sanitaria, fitozoosanitaria y ecológica. (Publicado en el D.O.F. el 07-XII-88).

Decreto por el que se aprueba el convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Hecho en la ciudad de Basilea, Suiza, el 22 de marzo de 1989. (Publicado en el D.O.F. el 06-VII-90).

Acuerdo por el que se delegan a los Delegados de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDESOL) en los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas, las facultades para expedir autorización para la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos (Guías Ecológicas). (Publicado en el D.O.F. el 06-XI-90).

2.5.- CONVENIO BILATERAL MEXICO-ESTADOS UNIDOS

OBJETIVO

Regular el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos firmado el 12 de noviembre de 1986, es sin duda el documento más valioso con que cuenta el Gobierno Mexicano para regular los movimientos transfronterizos de materiales o residuos peligrosos en la zona norte del país.

PROCEDIMIENTO

El documento nos asegura ser notificados 45 días antes de cualquier intento de exportar residuos peligrosos hacia México a fin de realizar investigaciones de las plantas y procesos que se planea utilizar. Gracias a este mecanismo, en los últimos cuatro años se ha podido negar la introducción de más de un millón de toneladas de materiales o residuos indeseables a nuestro territorio.

El Anexo III del Convenio Bilateral México-Estados Unidos, es de gran importancia, ya que establece los mecanismos más avanzados que existen a nivel internacional para regular el movimiento transfronterizo de materiales y residuos peligrosos.

La esencia del contenido es la siguiente:

-Estricto control de los embarques, sujetos a la aprobación previa del país receptor, definiéndose las especificaciones para su precisa y oportuna identificación.

-Se prohíbe terminantemente el movimiento de materiales y residuos peligrosos en la frontera, sin la aprobación del país receptor.

-En el caso de que se de un movimiento transfronterizo ilegal de residuos peligrosos, el país receptor, deberá solicitar al país exportador que readmita los materiales o residuos peligrosos, por considerarlos de alto riesgo para el medio ambiente y la salud.

-Los residuos peligrosos generados en las plantas maquiladoras, sujetos al régimen de importación temporal, deberán ser devueltos al país de origen de la materia prima.

La obligación de conformidad con las leyes vigentes abarca:

- Readmitir los materiales o residuos que hayan provocado daño al país receptor, sin que éste haya dado su consentimiento.

- Restablecer, las condiciones naturales del ecosistema que haya sufrido algún daño.

- Restituir mediante compensación, los daños causados a personas, propiedades y al medio ambiente en general.

- Notificar cualquier restricción o sustitución de plaguicidas.

- Establecer un sistema de cooperación, e intercambio de información.

El Anexo III ha sido tan beneficioso para México, que se ha logrado controlar el movimiento transfronterizo en más de un 90%.

Otro compromiso internacional es el Anexo II al Convenio Bilateral México-Estados Unidos, firmado en enero de 1988. Trata sobre un Plan de Respuesta Conjunta, a 100 kilómetros de cada frontera de ambos países, para la atención a emergencias por escape o derrame de materiales o sustancias peligrosas.

Bajo esta prioridad, México ha mantenido una postura firme de oposición a la contaminación marina por todo tipo de vertimiento de materias nocivas para ese recurso (17).

2.6.- LEGISLACION AMBIENTAL EN ESTADOS UNIDOS

AGENCIAS QUE VIGILAN SITIOS DE DESPERDICIOS PELIGROSOS

-AGENCIA DE PROTECCION AL AMBIENTE (E.P.A.)

La EPA fue establecida en 1970 para desarrollar lo siguiente:

a) Llevar a cabo y dar respaldo a las leyes nacionales que protegen el medio ambiente.

b) Estudiar y evaluar el riesgo de agentes químicos peligrosos.

c) Crear normas para el uso, transporte, almacenamiento y eliminación de agentes químicos peligrosos.

d) Inspeccionar y dar permisos a plantas que hacen tratamiento almacenamiento eliminación de residuos peligrosos.

e) Empezar y manejar proyectos de limpieza de residuos peligrosos.

-LA ADMINISTRACION DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL NACIONAL (OSHA)

La OSHA fue establecida en 1970 con el fin de controlar los peligros en el lugar de trabajo y proteger a los trabajadores. La OSHA realiza lo siguiente:

- a) Exige que los patrones mantengan un lugar de trabajo sano y libre de peligros.
- b) Crear normas para proteger a los trabajadores en el lugar de trabajo.
- c) Dar seguimiento a las normas a través de inspecciones regulares de los sitios.
- d) Dar a los trabajadores el derecho de pedir inspecciones, o cambios en las normas.

La OSHA en Estados Unidos equivale a lo que es en México la Secretaría del Trabajo y Previsión Social junto con la Secretaría de Salud (18).

LEGISLACION DE ESTADOS UNIDOS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

1.- LEY: R C R A, 1976
ESTA LEY SE HIZO PARA CONTROLAR LA PRODUCCION Y ELIMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

2.- LEY: SUPERFONDO 1 "C E R C L A", 1980-1986
ESTA LEY SE HIZO PARA LIMPIAR LOS SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS.

3.- LEY: SUPERFONDO 2 "S A R A", 1986-1991
ESTA LEY SE HIZO PARA CONTINUAR EL PROGRAMA SUPERFONDO 1 Y PARA HACERLO MAS Estricto.

4.- NORMAS DE LA OSHA, 1989 (OSHA LEY 1910.120)
ESTAS NORMAS QUE FORMAN PARTE DEL SUPERFONDO 2 SE HICIERON PARA ASEGURAR UN AMBIENTE DE TRABAJO SEGURO A TRAVES DE LA CAPACITACION DE LOS TRABAJADORES.

ACTA DE LA CONSERVACION Y RECUPERACION DE RECURSOS

Esta ley se estableció en 1976 para llevar un control de todos los residuos desde su producción hasta su eliminación ("**desde la cuna hasta la tumba**").

La Agencia de Protección al Ambiente (EPA), es la agencia nacional que vigila la RCRA. Cada estado puede también tener su propio programa de manejo de desperdicios peligrosos, de acuerdo con la EPA.

La RCRA desarrolla lo siguiente:

- a) Apoya el reciclaje u otras tecnologías para el manejo de residuos.
- b) Crea un sistema para clasificar los residuos peligrosos como inflamables, corrosivos, reactivos, tóxicos y biológicos.
- c) Crea un sistema para identificar y vigilar los residuos peligrosos durante su producción, transporte, almacenamiento y eliminación.
- d) Exige que los choferes obtengan un permiso especial para transportar los residuos peligrosos.
- e) Exige un registro de todos los productores de residuos peligrosos.
- f) Exige que las plantas que hacen tratamiento, almacenamiento, o eliminación de residuos peligrosos (plantas TSD) obtengan un permiso especial.

En 1984, la RCRA fue cambiada de la manera siguiente:

- Se agregaron nuevas reglas para los productores de pequeñas cantidades de residuos peligrosos
- Se limitó el quemado ("la incineración") de desperdicios de aceite.

¿Quiénes están afectados por la RCRA?

La RCRA controla los siguientes lugares y personas:

- Las plantas que almacenan residuos peligrosos por más de 90 días.
- Las plantas que producen más de 2,200 libras (1000 kilos) de residuos peligrosos.
- Los choferes que transportan los residuos peligrosos desde el lugar de producción hasta el sitio de tratamiento, reciclaje o eliminación.

- Las plantas que hacen tratamiento, almacenamiento o eliminación de residuos peligrosos (plantas TSD).

El tratamiento de un residuo consiste en volver inocuo al residuo. Durante el tratamiento, algunos desperdicios son quemados mientras que otros son cambiados de forma líquida a sólida. Algunos residuos se pueden recuperar para ser usados de nuevo (reciclaje).

La RCRA exige que una hoja escrita acompañe a todos los embarques de residuos peligrosos. Esta hoja de una página se llama el manifiesto uniforme, u hoja de ruta. El manifiesto uniforme documenta el camino de un embarque de residuos peligrosos desde su producción hasta su eliminación.

El productor de residuos peligrosos investiga los casos donde no aparece el manifiesto uniforme con el embarque. A veces hace la investigación con la EPA o con el Department of Health Services (DHS) del estado.

El Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) es una agencia nacional, que controla el transporte de materiales peligrosos por aire, carreteras, ferrocarriles y agua. El DOT vigila los signos, etiquetas y documentos de los embarques de residuos peligrosos. También vigila el equipo de manejo y el permiso del chofer para transportar desperdicios peligrosos (18).

SUPERFONDO 1

CERCLA: Acta integral sobre respuesta, compensación y responsabilidad ambiental.

Esta ley se estableció en 1980 con el fin de limpiar sitios contaminados con residuos peligrosos (18). Superfondo 1 dice lo siguiente:

- Da poder a la EPA para vigilar y controlar derrames de residuos peligrosos en el medio ambiente. También da poder para que la EPA vigile la limpieza de sitios viejos y abandonados, que tienen residuos peligrosos.

- Da fondos para la limpieza de residuos peligrosos cuando los responsables no se encuentran o se niegan a pagar.

- Crea una lista (lista prioritaria nacional o NPL) de sitios peligrosos que más requieren de la limpieza. Los primeros sitios en la lista tienen prioridad.

- Impone multas y encarcela a la gente que elimina los residuos de manera incorrecta y para los que no reportan los derrames.

SUPERFONDO 2

SARA: Acta de modificación y reutilización del superfondo.

Esta ley se estableció en 1986 con el fin de continuar y mejorar la ley anterior (superfondo 1). Superfondo 2 dice lo siguiente **(18)**:

- Crea un plan de emergencia que da los pasos a seguir en caso de derrame u otra emergencia. También requiere que se identifiquen las plantas que trabajan con desperdicios peligrosos y las rutas que usan para transportarlos.

- Crea el derecho de la comunidad a saber, dónde están las compañías que producen, almacenan, o usan materiales peligrosos tienen que dar una lista a la EPA de estos materiales peligrosos. También tienen que avisar a la EPA de todos los materiales que tiren al medio ambiente.

- Da requisitos de entrenamiento (Decididos por la OSHA) para trabajadores de residuos peligrosos y para trabajadores que responden a emergencias.

- Da un plazo fijo para terminar la limpieza de sitios con residuos peligrosos.

OSHA LEY 1910.120

Norma para trabajar con residuos peligrosos y responder a una emergencia.

La OSHA Ley 1910.120 fue establecida con el fin de proteger la salud y seguridad de los trabajadores de residuos peligrosos. Esta ley requiere que los patrones desarrollen y lleven a cabo programas de salud y seguridad en el lugar de trabajo **(18)**.

Los siguientes trabajadores están afectados, y requieren de entrenamiento y capacitación fijados por la OSHA ley 1910.120:

1.- Los trabajadores de las plantas TSD (tratamiento, almacenamiento y eliminación), que tienen permiso para operar bajo la RCRA.

2.- Los trabajadores de proyectos de limpieza de residuos peligrosos bajo superfondo, proyectos de limpieza bajo la RCRA y proyectos voluntarios de limpieza del estado y a nivel comunitario.

3.- Cualquier persona que trabaja bajo un plan de emergencia por un desastre ambiental.

Las plantas que tienen permiso bajo la RCRA para hacer tratamiento, almacenamiento o eliminación de residuos peligrosos se llaman plantas TSD. Estas deben desarrollar y llevar a cabo los siguientes programas:

- Un programa de comunicación de peligros donde el trabajador sepa los peligros de los agentes químicos con los que esté trabajando,
- Un programa de vigilancia médica,
- Un programa de salud y seguridad, que incluya en forma escrita un plan para identificar, evaluar y controlar los peligros específicos de la planta.
- Un programa de descontaminación del sitio, con pasos claros a seguir,
- Un programa de entrenamiento, para facilitar a los operadores trabajar de una manera segura y saludable sin perjudicar a otros, o a ellos mismos,
- Un programa para responder a emergencias, que incluya un sistema de alarma y entrenamiento con prácticas frecuentes de los pasos a seguir en caso de emergencia.

CAPITULO 3

DESCRIPCION DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE PINTURAS

3.1.- HISTORIA DE LAS PINTURAS

Desde la más remota antigüedad el hombre ha empleado la pintura como medio de expresión artística y de protección.

El hombre primitivo, utilizó las imágenes pintadas, como medio de comunicación, las pinturas eran burdas combinaciones de tierras de color, grasas y resinas naturales, que eran mezcladas a mano, además de su capacidad comunicativa, descubrió en las pinturas propiedades protectoras.

Las primeras fábricas de pinturas y barnices fueron puestas en marcha en el siglo XIX. Las pinturas eran generalmente de baja calidad, ya que la técnica de la industria era muy limitada. Paso a paso la humanidad fue aprendiendo a preparar diferentes pinturas y recubrimientos con determinadas propiedades y/o características según sus necesidades. Fruto de esa incansable dedicación y a través del tiempo las pinturas fueron evolucionando, de simples mezclas de tierras de color con resinas y grasas naturales, a formulaciones muy complejas y cuidadosamente balanceadas para brindar las propiedades deseadas en cada uso. Alrededor de 1900, los fabricantes de pinturas comenzaron a emplear agentes químicos tratando de hallar el modo de producir pinturas y barnices realmente de buena calidad. Desde aquellos primeros días del siglo XX la historia de la industria de la pintura ha ido en constante y acelerado crecimiento en tecnología, así como en la cantidad de los artículos vendidos (19).

A principios de los años 20's en los E.U.A., los investigadores crearon resinas sintéticas que no existían en la naturaleza. Estos descubrimientos fueron la base para el desarrollo de la importantísima industria de pinturas y recubrimientos ya que a medida que avanzan las investigaciones se van desarrollando productos nuevos que van mejorando las propiedades y características de las anteriores.

Este avance de la técnica de la pintura y el gran incremento del volumen comercial, han seguido de cerca el crecimiento de otras industrias tales como la industria química, eléctrica, construcción, etc.

Las pinturas modernas se pueden describir como una película insoluble, tan delgada como una hoja de papel, que debe reunir un sin número de propiedades como protección, resistencia química y física, y decoración a un costo mínimo (20).

3.2.- CLASIFICACION DE PINTURAS

Como se ha dicho a través de los siglos la pintura ha evolucionado en su fabricación. En la época actual la industria de pinturas hace uso de ciertos compuestos químicos, materiales y equipos. Realizando una buena y precisa formulación se obtiene una gran diversidad de pinturas (19), que pueden clasificarse de la siguiente manera:

a) Según el medio ambiente en que se emplean.

- i) Interiores.
- ii) Exteriores.

b) Según el grado de brillo.

- i) Mate.
- ii) Semimate.
- iii) Brillante.

c) Según las condiciones de secado.

- i) Secado al aire (evaporación de solvente).
- ii) Secado forzado (reacción química y horneado).

d) Según la forma de aplicación.

- i) Con brocha.
- ii) Con pistola de aire (aspersión).
- iii) Inmersión.

e) Según el uso general a que se destina.

- i) Industriales.
- ii) Domésticos.

f) Según el uso específico a que se destinan.

- i) Automótivas.
- ii) Marinas.
- iii) Domésticas.
- iv) Cemento y estuco.
- v) Asfálticas para tejados.
- vi) Suelos.

g) Según sus compuestos químicos.

i) Pinturas base agua.

- Vinílicas.
- Acrílicas.

ii) Pinturas base solvente.

- Alquídicas.
- Vinílicas.
- Epóxicas.
- Acrílicas.
- Celulósicas.
- Hule clorado.
- Poliéster.
- Fenólicas.
- Poliuretano.
- Bitumen.

iii) Barnices:

- Oleorresinosos.
- Alquidálicos.
- Alquidálicos modificados.
- Fenólicos puros y modificados, etc.

iv) Lacas:

- Nitrocelulósicas.
- Vinílicas, etc.

v) Fondos anticorrosivos:

- Oxido de hierro.
- Oxido de plomo.
- Cromato de zinc. etc.

3.3.- ELEMENTOS BASICOS PARA LA ELABORACION DE PINTURAS

Una pintura está constituida por los siguientes elementos (19):

1.-PARTE PIGMENTARIA.

Son los encargados de darle el color deseado a la pintura y pueden ser de dos tipos:

i) Los pigmentos de bajo índice de refracción; son aquellos en los que este índice es igual o mayor al del vehículo en que están dispersados; son minerales no metálicos generalmente, los más empleados son: carbonato de calcio, silicato de aluminio hidratado (caolín), silicato de magnesio hidratado (talco), silicato aluminato de potasio (mica).

ii) Los pigmentos de alto índice de refracción; son los que debido a este índice proporcionan el poder cubriente de la película, entre los más usados están: el bióxido de titanio, óxido de hierro sintético, azul ultramar, amarillos y rojos de cadmio. Y de los orgánicos más usados tenemos: rojo de toluidina, negro de humo, verde y azul de ftalocianina.

Para la selección del pigmento en la formulación se deben seguir las indicaciones siguientes:

i) Ser solubles en sustancias acuosas hasta un pH de 10, ya que el vehículo es alcalino.

ii) No contener iones polivalentes, que podrían afectar a la emulsión.

iii) Que tengan buen poder cubriente.

2.- VEHICULO

Es la parte líquida de una pintura y se compone de:

i) Formador de película; es un compuesto líquido que forma una película sólida y continua al secar, éstos formadores pueden ser: aceites, resinas, brea o emulsiones.

ii) Solventes; son fluidos volátiles capaces de disolver o dispersar otras sustancias, su función es modificar las propiedades físicas de los esmaltes, lacas y barnices en su forma líquida.

Con los solventes podemos controlar la viscosidad, el contenido de sólidos, el peso específico, fluidez, etc.

3.- AGENTES MODIFICANTES

Son los que proporcionan diversas propiedades a la pintura y a la película, algunos de ellos son:

i) **Secantes;** es un material catalítico, que al agregarse a un vehículo acelera el secado o endurecimiento de la película oxidable o polimerizable. Los secantes son jabones metálicos, de metales como cobalto, calcio, manganeso, plomo, zirconio, y hierro. Estos metales reaccionan con ácidos del tipo nafténico, grasas de "tall oil", octóico y decanóico, estos jabones deben de ser solubles en aceite para que funcionen como secantes.

ii) **Agentes tensoactivos;** modifican el ángulo de contacto entre pigmento y vehículo, permitiendo moliendas más efectivas. Entre los agentes más usados tenemos: surfacpo 9010, lecitina de soya, tritón x-100.

iii) **Agentes antinatas;** Se usan para prevenir la formación de una película en la superficie de una pintura o barniz al ser expuesto al aire. La forma de actuar del agente es tratar de impedir temporalmente, la oxidación y secado de la película. Existen varios tipos de agentes antinatas o antióxidantes que son completamente no volátiles, de volatilidad ligera como el ortoamilfenol y el eugenol, y los que son volátiles como las oximas. Las de uso común son las oximas.

iv) **Agentes tixotrópicos;** La tixotropía es la propiedad de una pintura de presentar una formación gel-sol-gel al ser agitada y dejada después en reposo. La pintura estando en forma de gel no escurrirá ni fluirá de la brocha, por la acción abrasiva del brocheo la cambiará a la forma de sol provocando que nivele bien pero, posteriormente pasa a gel previniendo el colgamiento. Los agentes que producen este fenómeno son los agentes espesantes y esponjantes, como el agua y pigmentos especiales de tipo ceroso, y agentes quelantes coloidales. Para formar la estructura del gel se usan los jabones de aluminio como el esterato de aluminio y arcillas.

v) **Agentes fungicidas y bactericidas;** La industria de las pinturas usa agentes bactericidas y fungicidas por dos motivos:

- 1.- Para prevenir los productos adelgasables en agua de la descomposición.
- 2.- Para prevenir la degradación de los componentes de la pintura en la película.

El uso de los fungicidas en la actualidad está restringida debido a la ley oficial de higiene que ha prohibido el uso de ingredientes activos tóxicos. Debido a esta razón ha habido una transformación en el campo de fungicidas y preservativos, el resultado es que los compuestos de mercurio usados a menudo han sido reemplazados por ingredientes activos cuyos efectos son enteramente satisfactorios y libres de riesgo tóxico. Los nuevos ingredientes

activos no son peligrosos en las concentraciones usadas, cuando son manejados por largos períodos de tiempo, a diferencia de los compuestos de mercurio y plomo, los cuáles son acumulativos. Para tener éxito en la prevención de hongos se recomienda que el pH de las pinturas sea de 7.5 a 9.0, debido a que estos se reproducen en condiciones ligeramente ácidas.

vi) Agentes antiespumantes; uno de los problemas que se presentan en el proceso de fabricación de pinturas es la formación de espuma que se podría definir como burbujas estables producidas en la interfase aire-líquido debido a la agitación. Para reducir la formación de espuma se puede seguir las siguientes actividades: reduciendo la viscosidad, existe una menor tensión superficial que provoca la ruptura de las burbujas; otra forma de eliminar el problema es agregando un antiespumante como el napco N.D.W. o el foamicide B-18.

vii) Agentes humectantes; son aquellos que tienden a reducir la tensión de la interfase que existe entre los límites aceite-agua y de pigmento-agua. Los agentes contienen grupos hidrofílicos y lipofílicos, de éste modo retienen parcialmente el agente en la fase acuosa y en la parte líquida, quedando la otra parte en la interfase. Un pigmento mal humectado tiende a aglomerarse provocando una pérdida de poder tintoreo y floculación.

viii) Agentes de coalescencia; son solventes orgánicos fuertes de evaporación lenta que tienden a ablandar la fase aglutinante de las emulsiones. Su función es ablandar y reducir la viscosidad en la fase acuosa para formar una película continua. La mayoría de estos agentes son del tipo alcohol-eter, entre éstos tenemos: cellosolves metílicos, etílicos y butílicos, acetato de butil cellosolve, etc.

ix) Coloides protectores; son una suspensión de partículas finamente divididas en un medio continuo. Las partículas mismas se denominan fase dispersa o coloide, y el medio es la fase dispersante. Existen dos clases generales de coloides: los liofílicos que son los que tienen gran atracción por el solvente; y los liofóbicos que son los que tienen poca atracción por el solvente. Se usan para mejorar la estabilidad de la emulsión al aumentar la viscosidad de la fase externa. Algunas sustancias que se usan son: metil celulosa, acrilatos, almidones, y la carbiximetil celulosa.

3.4.- PROCESOS DE FABRICACION DE PINTURAS

En los últimos años se ha dado gran importancia a las fábricas de una sola planta para la fabricación de pinturas, por las siguientes razones: coste de construcción más bajo, supervisión mejorada, eliminación de aglomeración en las montacargas y mayor flexibilidad para futuros cambios de la disposición de la planta. Los edificios de varias plantas tienen la ventaja de que, las mezclas y las cargas de los molinos pueden hacerse en la tercera planta, la molienda en la segunda y la dilución en la primera, fluyendo los materiales hacia abajo por gravedad.

Para el proceso de fabricación de pinturas se realizan las siguientes etapas (20):

Recepción y almacenaje de materias primas.

Las materias primas se reciben en camiones cisterna, vagones cisterna, barriles de 50-250 Kg y sacos de 50 Kg.

El sistema central de bombeo para descarga de los camiones y cisternas debe disponerse de manera que los solventes se bombeen con una tubería de aspiración desde la parte superior para mayor seguridad. Los solventes no se deben descargar a través del desagüe inferior ya que una inundación de los solventes altamente inflamables debido a la rotura de una manguera podría fácilmente inflamarse.

La mayoría de las normas exigen un dique alrededor de los tanques de los solventes para protegerlos del fuego en el caso de una fuga en un tanque de almacenamiento. El dique requerido contiene normalmente el 20% de la capacidad total de los tanques.

La recepción y manejo en almacenes, de barriles, cajas de cartón y sacos de materiales es un problema mucho más complicado porque requiere mucha mano de obra o equipos especiales tales como cintas transportadoras, carretones, elevadores y plataformas de rodillos.

Proceso de medida y pesaje

La mayoría de todas las plantas están equipadas con bombas de control remoto que llevan todos los líquidos desde los depósitos de almacenamiento a un colector central para medirlos o pesarlos. Las básculas de dial se prefieren a las básculas de balancín debido a que el operador pueda observar la aproximación del peso y parar las bombas o cerrar el alimentador sin un exceso.

Dispersión del pigmento

Los diferentes molinos requieren relaciones completamente diferentes del pigmento, sólidos de vehículos y compuestos volátiles, para la máxima eficiencia de dispersión. Estas dispersiones de pigmentos se llaman también bases de molienda, pastas de pigmentos o, con frecuencia, únicamente bases o pastas. El contenido del pigmento es el mayor posible, conforme a la buena eficiencia de dispersión en cada tipo de molino empleado y a las características del sistema pigmento-vehículo que se considere. Por supuesto que un elevado contenido de pigmento permite mayor flexibilidad de formulación cuando se utilizan bases de molienda en los recubrimientos de superficies.

Mezclado de pastas

Los tipos corrientes de mezcladores de pastas en las plantas de pinturas son fijos, denominados también mezcladores principales o dobles, y el auxiliar también llamado mezclador de recipiente intercambiable. Los mezcladores fijos tienen una capacidad que varía de 200 a 800 L y se utilizan normalmente por parejas. La mezcla se produce mediante un pesado brazo motor en forma de S que raspa el fondo del mezclador. Una serie de hojas verticales montadas sobre el brazo giran entre las hojas fijas soportadas desde arriba. El mezclador auxiliar se emplea para la producción que requiere frecuentes cambios de color o cuando no se desea o no se puede aplicar la alimentación por gravedad. Esta máquina tiene una capacidad que varía de 40 a 400 L. Es rápida, eficiente y relativamente fácil de limpiar cuando se cambia de color. Los mezcladores auxiliares están proyectados con una placa giratoria que gira en un tanque recambiable. Extendiéndose desde arriba hay una serie de placas que giran en sentido inverso a la rotación de la cuba. Esto proporciona un amásado perfecto del contenido y reduce el tiempo del ciclo por debajo de los mezcladores fijos. Tan pronto como se mezcla una carga se separa la cuba normalmente por medio mecánicos, y la próxima cuba se coloca en las palas giratorias para otra carga. De esta manera un mezclador auxiliar puede funcionar con sólo pequeñas interrupciones para cambiar las cargas y efectuar la limpieza.

Después de un tiempo conveniente de mezclado se añade el resto de vehículo, y cuando la homogeneización es suficiente la pasta está lista para la molienda definitiva.

El proceso de molienda se realiza en varios tipos de molinos, según el tipo de pigmento empleado; y éstos son:

- 1.- Molino de rodillo.
 - molinos de cinco rodillos.
 - molinos de tres rodillos.
 - molinos de dos rodillos.

- 2.- Molinos de bolas.
- 3.- Molinos de guijarros.
- 4.- Molinos de piedra de gran velocidad.
- 5.- Molinos amasadores (Bambury y Baker-Perkins).
- 6.- Molinos cinéticos (kady).
- 7.- Molinos de arena.
- 8.- Molino Moorehouse.

Dilución

El proceso de molienda va seguido de un proceso de dilución, llamado también de reducción. Las bases de molienda tienen una gran concentración, que se reduce por la adición de un vehículo de dilución de resinas, aceites y solventes. La operación es fundamentalmente una operación de mezclado producida por paletas móviles, propulsores o turbinas. Las cargas pequeñas hasta de 400 L, se reducen en tanques portátiles, colocados debajo de las paletas mezcladoras, que se construyen de tal modo de que las hojas de las paletas se pueden subir y bajar para permitir el cambio del tanque portátil. Las cargas mayores se reducen en tanques fijos equipados con paletas mecánicas en algunos casos, álabes de turbinas o propulsores. Las paletas mecánicas son más seguras en los fluidos espesos, mientras que los álabes de turbina y los propulsores se pueden usar en productos de menor viscosidad. Los tanques fijos están mejor situados en la zona del suelo que está debajo de la sala de molienda para facilitar una eficiencia y manipulación de las bases de molienda. Se debe tener el máximo cuidado en añadir los vehículos y los solventes en el orden conveniente y bajo agitación para evitar la separación de los ingredientes sólo parcialmente compatibles. Este es un requisito especial cuando se van a reducir esmaltes y lacas sintéticas.

Teñido

Casi todas las cargas de pinturas necesitan algún tintado o igualación de color. Aun los blancos también se tiñen puesto que existen muchos matices de blancos. La igualación del color la hace el mismo equipo utilizado en la reducción, con el mismo sistema de agitación para mezclar los colores de teñido. Este proceso debe de ser realizado por operadores muy experimentados que comprendan perfectamente los fundamentos de la igualación de color. El operario teñidor debe también conocer las limitaciones de sus colores de teñido para mantener la inalterabilidad y la duración del color al exponerlo a la luz.

El departamento de teñido debe estar situado en una zona de la fábrica bien provista de luz natural. Se debe evitar en todo lo posible la luz del sol directa. La mayoría de las fábricas suplementan su iluminación natural con lámparas llamadas de luz diurna, para la igualación del color en los días nublados.

Tamizado o filtración

Los procesos de tamizado que se utilizan con más frecuencia están basados en la vibración o en la rotación de los tamices de la malla deseada. Algunos fabricantes utilizan también estopilla de algodón, muselina y fieltro para el tamizado de distintos grados de pintura. La centrifugación y el filtrado a través de filtros prensa tipo cápsula tal como el Cuno se emplean mucho.

Carga o envasado

La cantidad de carga no puede determinarse realmente en litros debido a que los recipientes utilizados en las máquinas automáticas varían de 125 cm³ a 20 litros. Se necesita considerar las unidades, que se manejan para poder llegar a un punto de equilibrio. Sin embargo el equipo de envasado automático se usa en todas las fábricas que manejan cualquier cantidad importante de pintura, y produce buenos ahorros en el costo de explotación.

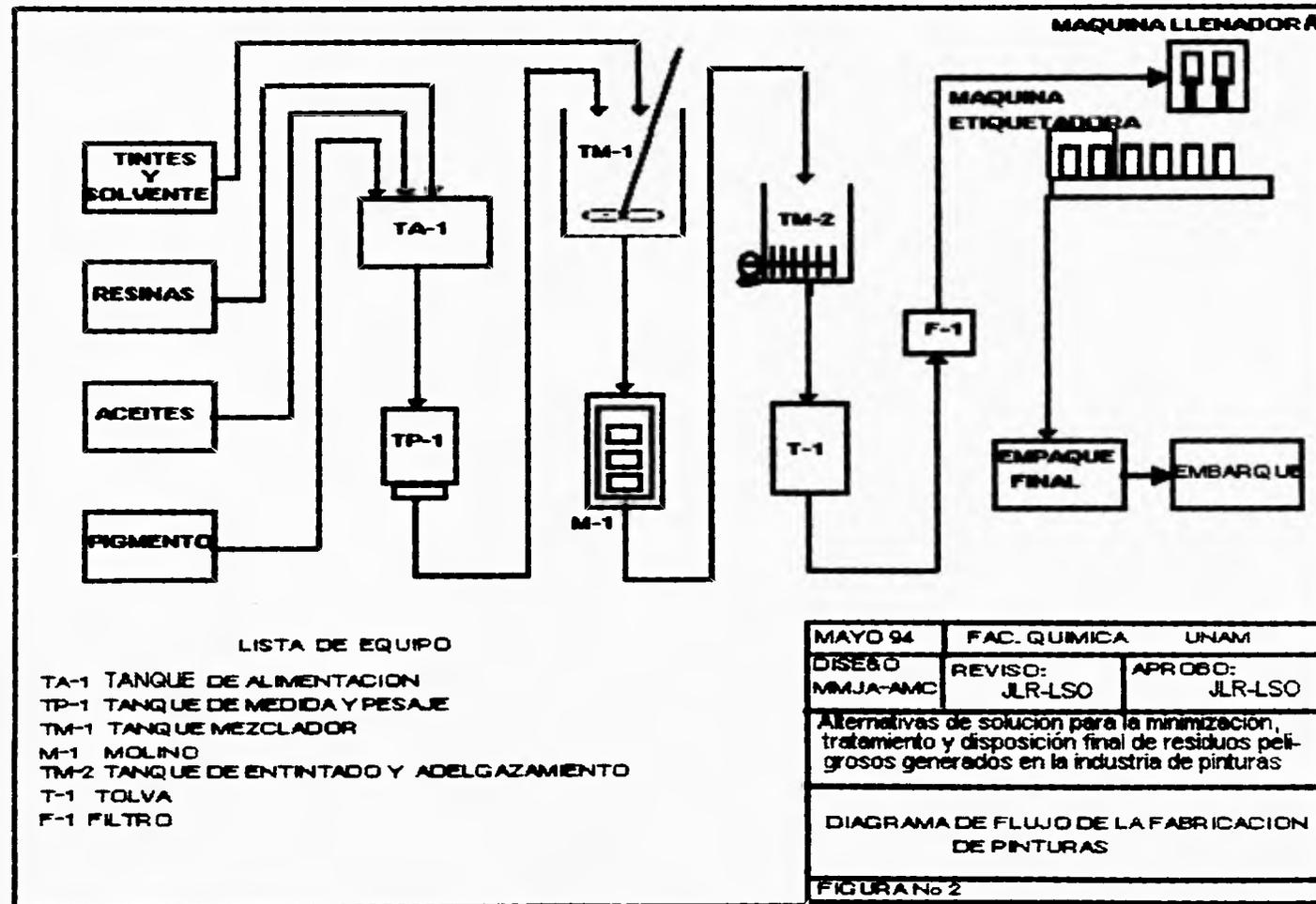
Hay dos tipos generales de máquinas de envasar. *El tipo de desplazamiento* emplea un émbolo que se ajusta para descargar un volumen dado. *El tipo de gravedad* que es más simple pero no tan rápido, funciona con un contador de peso, que cierra automáticamente la válvula de descarga con el peso requerido.

Etiquetado y embalado

Para un máximo rendimiento es conveniente tener las máquinas de etiquetado a continuación de las máquinas de embalado en una línea directa. Las máquinas de etiquetado son eficientes aún para cargas pequeñas, éstas deben estar ajustadas adecuadamente para proporcionar un amasado más pulcro y presentable que el etiquetado a mano.

En algunas fábricas grandes y modernas de pinturas las máquinas automáticas de embalar, encolar y precintar cajas de cartón están equipadas con potentes transportadores, para llevar el producto a los depósitos de almacenamiento.

Para un mejor entendimiento se presenta un diagrama de flujo del proceso de producción de pinturas en la figura No. 2.



En el presente trabajo se describirán los procesos de fabricación de pinturas de mayor consumo en México y que son motivo de este estudio.

A continuación se presenta una breve descripción de la producción industrial de *resinas sintéticas* (emulsiones vinílicas, resinas alquidálicas y resinas de nitrocelulosa) utilizadas en la manufactura de pinturas; Así como también la descripción de la fabricación de dos clases de pinturas: *pinturas base agua* y *base solvente* (barnices alquidálicos y lacas de nitrocelulosa). Ambos tipos de pintura se producen en una misma planta.

FABRICACION DE RESINAS

3.4.1.-EMULSIONES VINILICAS

La polimerización de la emulsión es una reacción heterogénea en la cual un monómero insaturado o solución de monómero es disperso en una fase continua con la ayuda de un sistema de emulsificación, la polimerización se lleva a cabo con un radical libre como iniciador. El producto resultante es una dispersión coloidal del polímero o solución de polímero, comúnmente llamada látex.

Los monómeros polimerizados por el proceso de emulsión incluye estireno, butadieno, acrílicos, cloruro de vinilo, acetato de vinilo, acrilonitrilo, etileno, etc. Para llevar a cabo la polimerización de una emulsión se requiere de una fase continua, generalmente agua; monómero; emulsificantes; estabilizadores; un iniciador; y otros aditivos como son soluciones amortiguadoras, solventes, etc.

Las unidades comerciales de polimerización, incluyen un tanque de emulsificación, un reactor y un recibidor de producto. Al tanque de pre-emulsión TA-1 se introduce agua desionizada que es la fase continua, el monómero de acetato de vinilo, el emulsificante y el coloide protector (alcohol polivinílico), todo lo anterior se mezcla.

Una vez que la mezcla se ha homogeneizado la solución se transfiere mediante B-1 al reactor R-1 donde se adiciona el peróxido de benzoilo mediante el sistema de dosificación de peróxido de benzoilo SI-1, la temperatura del reactor se incrementa a través de vapor aproximadamente a 80-85 °C.

El reactor cuenta con un agitador y un condensador EX-1 para la recirculación de los vapores generados.

Estas unidades pueden ser operadas como un reactor batch o semi-batch con adición de alguno de los compuestos para la pre-emulsión. El reactor es enchaquetado para evitar pérdidas de energía. Tales reactores son normalmente refractarios, con agitador de turbina, lo mismo se pueden instalar uno o más baffles.

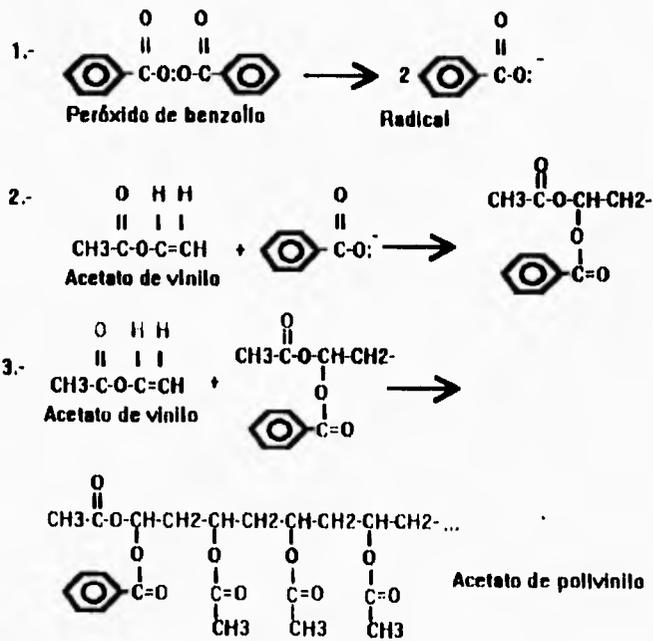
El proceso de reacción puede ser acortado si se pre-calienta la carga inicial en el tanque de emulsificación o con intercambio de calor en la línea de alimentación. Después de iniciada la reacción, una corriente de agua de enfriamiento controla la reacción. El calor se remueve parcialmente por medio del condensador sin embargo, en muchos sistemas, la presión de vapor del monómero decrece con el tiempo de reacción generándose calor, lo cual puede causar un indeseable incremento de la temperatura.

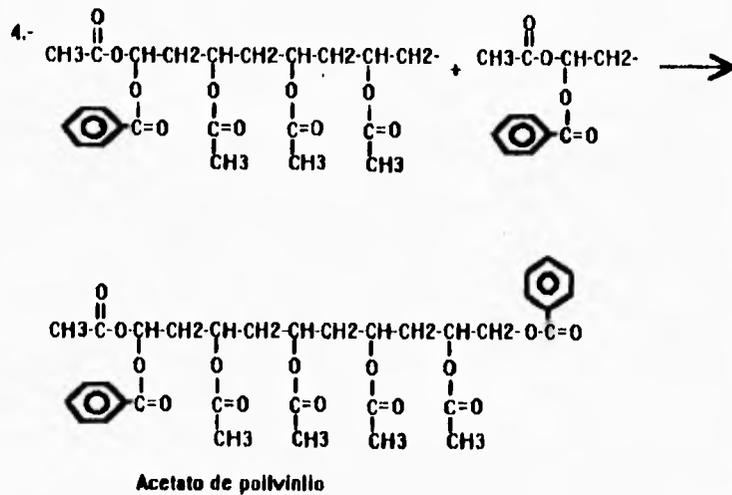
Posteriormente el producto de reacción se transfiere mediante la bomba B-2 al tanque de expansión TA-2 donde se adicionan el resto de los ingredientes, mediante la bomba B-3 el producto se bombea pasando a través de una criba C y un filtro F-2 a los tanques de almacenamiento de la emulsión de acetato de polivinilo.

REACCION

Proceso de polimerización de la emulsión (21).

- 1.- Formación del radical.
- 2.- Iniciación.
- 3.- Propagación de la cadena.
- 4.- Terminación.



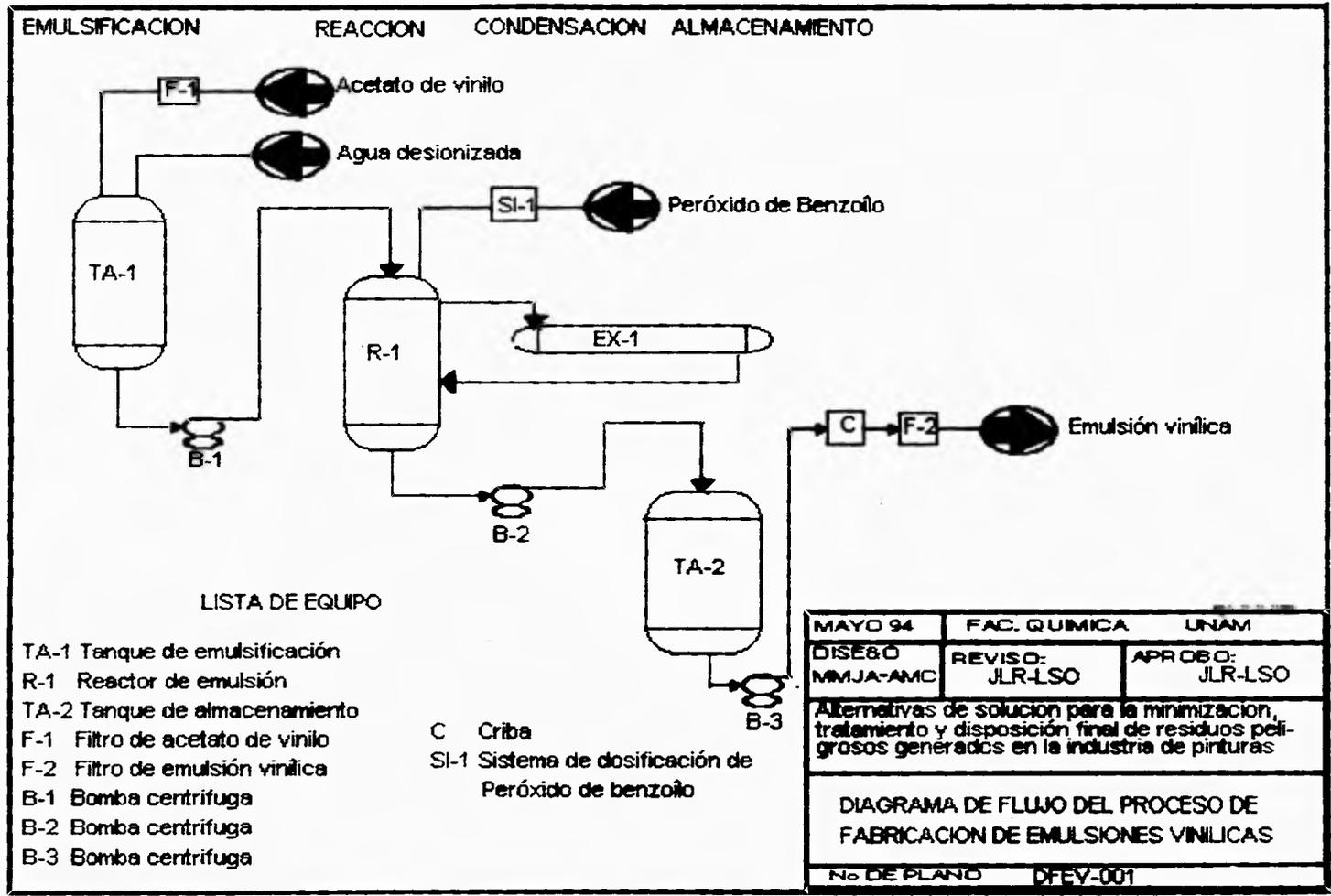


FORMULACION

	% EN PESO
AGUA	43.6
EMULSIFICANTE (FASE ACUOSA)	0.2
COLOIDE PROTECTOR	2.0
MONOMERO (FASE ACEITE)	54.0
SOLUCION INICIADORA	0.2
	100

Fuente: Riesgos en el proceso de fabricación de pinturas, Tesis, F.Q-1979

El plano No DFEV-001 muestra el diagrama de flujo para la fabricación de emulsiones vinílicas.



LISTA DE EQUIPO

- TA-1 Tanque de emulsificación
- R-1 Reactor de emulsión
- TA-2 Tanque de almacenamiento
- F-1 Filtro de acetato de vinilo
- F-2 Filtro de emulsión vinílica
- B-1 Bomba centrífuga
- B-2 Bomba centrífuga
- B-3 Bomba centrífuga
- C Criba
- SI-1 Sistema de dosificación de Peróxido de benzólo

MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO NMJA-AMC	REVISÓ: JLR-LSO	APROBÓ: JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas		
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE EMULSIONES VINILICAS		
No DE PLANO	DFEY-001	

3.4.2.- RESINAS ALQUIDALICAS

Generalmente las resinas alquidálicas son fabricadas por dos procesos: El proceso de pailas abiertas y el proceso cerrado (las resinas de mejor calidad son hechas por este proceso) en reactores de acero inoxidable provistos de un agitador, indicador de temperatura, entrada para corriente de gas inerte y un orificio de salida para vapor. Este proceso se lleva a cabo por lotes.

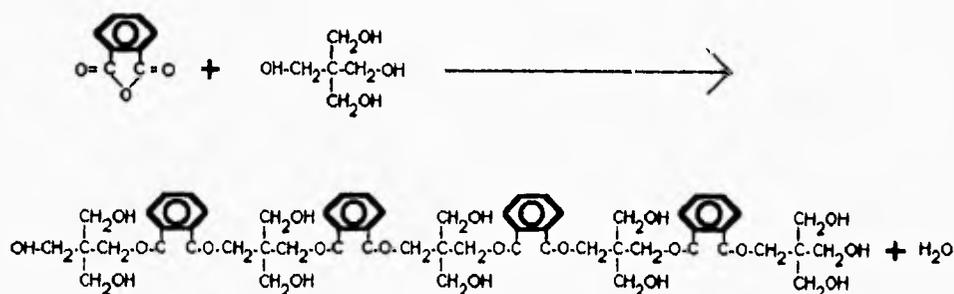
El calentamiento puede efectuarse por varios métodos, calentamiento por gas o calentamiento indirecto; el más usado es el método de calentamiento indirecto usando aceite caliente o vapor a alta temperatura (producida en el vaporizador circulando a través de una chaqueta (21).

Haciendo reaccionar un ácido orgánico R COOH sobre un alcohol R°OH, se forma un éster R COOR° con formación y eliminación de una molécula de agua.



Para fabricar una resina alquidálica todos los reactivos (anhídrido ftálico, aceite de soya) excepto el pentaeritritol se cargan directamente al reactor. El pentaeritritol se añade generalmente cuando los otros reactivos han alcanzado una temperatura de 170 a 200 °C, de otra forma tiende a quemarse en el fondo del reactor provocando el oscurecimiento de la resina. Se añade el catalizador (NaOH) y se calienta a 240-260 °C en la cual una corriente de CO₂ o N₂ se burbujea para prevenir el oscurecimiento y acelerar la esterificación removiendo el agua de reacción y otros volátiles. Durante la esterificación la acidez baja y la viscosidad sube, cuando se tienen las constantes deseadas, la resina se enfría rápidamente; el enfriamiento rápido se obtiene haciendo circular agua fría (en la chaqueta del reactor), se cierran las válvulas de vapor y de condensado, se abren las válvulas del refrigerante y se pone en recirculación, finalmente la resina alquidálica es enviada por la bomba de diafragma hacia el filtro prensa para clarificación, después es enviada a un tanque de almacenamiento (donde se adelgaza con solvente (22).

REACCION



El exceso de pentaeritritol o anhídrido ftálico reduce la velocidad de la polimerización de la resina alquidálica.

La regulación de la fabricación de las resinas alquidálicas se basa en la determinación de ciertas constantes y su comparación con constantes similares de una resina patrón preparada en el laboratorio. Una constante consiste en disolver la resina obtenida en el proceso en una cantidad determinada de solvente y comparar la viscosidad resultante con la de la resina patrón leída de un modo semejante, cuando ambas viscosidades son idénticas se detiene la reacción.

Las resinas alquidálicas son superiores a las naturales por las siguientes razones: primero, la constancia en la calidad que se puede obtener; segundo, las pocas pérdidas que hay en la fabricación, y finalmente, la sencillez de su uso.

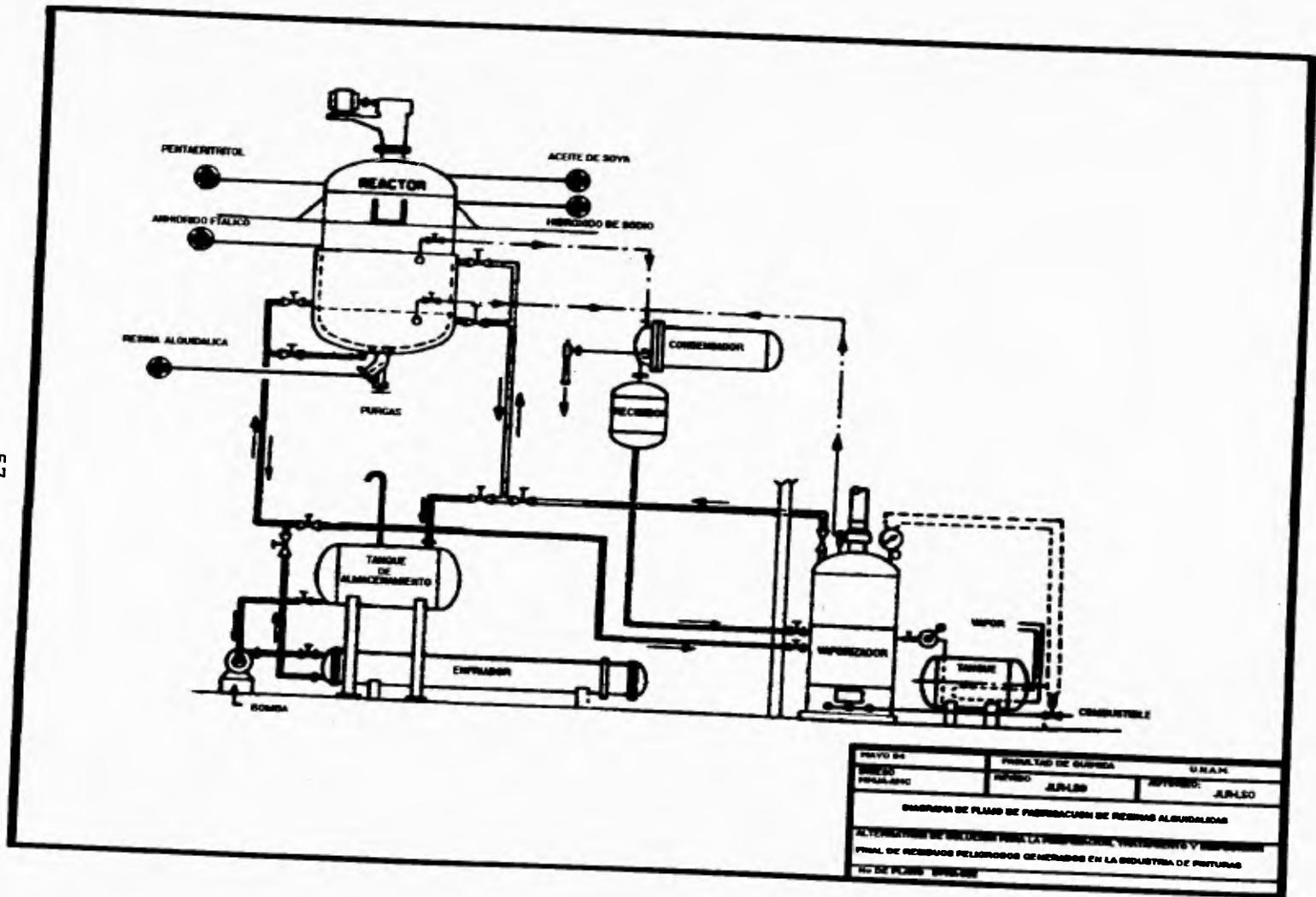
Las alquidálicas se pueden dividir en los siguientes grupos: resinas alquidálicas puras, resinas alquidálicas modificadas en aceite secante, resinas modificadas en aceite no secante, resinas modificadas de resina natural y resinas modificadas de resinas sintéticas (23).

Formulación:

COMPOSICION	EQUIVALENTES		LIBRAS	% DE RESINA
	COOH	OH		
ACEITE GRASO DE SOYA	1.2	-	336	58.0
PENTAERITRITOL	-	3.84	131	23.0
ANIDRIDO FTALICO	2.0	-	148	26.0
	3.20	3.84	615	107.0
AGUA			- 40	- 7.0
			575	100.0

Fuente: Technology of paints, varnishes and lacquers, Charles R. Martens

El plano No DFRA-002. Muestra el diagrama de flujo de proceso para la fabricación de resinas alquidálicas.



PROYECTO	PRIMARIO DE CALDERA	U.S.A.M.
FECHA	FECHA	FECHA
ELABORADO	APROBADO	APROBADO
	J.R.L.S.O.	J.R.L.S.O.
COMUNIDAD DE PLANTAS DE FABRICACION DE RESINAS ALGALAS		
ELABORACION DE SOLUCIONES PARA LA FABRICACION, MANTENIMIENTO Y REPARACION		
PRIMA DE RESINAS PELIGROSAS GENERADAS EN LA INDUSTRIA DE PASTURAS		
NO DE PLANTAS		

3.4.3.- RESINAS DE NITROCELULOSA

La introducción de solventes baratos y el rápido crecimiento de la industria automotriz dio como resultado la demanda de un gran volumen de nitrocelulosa para lacas a partir de 1925.

La nitrocelulosa se puede preparar por tratamiento de la celulosa con una mezcla en exceso de HNO_3 y H_2SO_4 . Esta reacción es heterogénea. El ácido sulfúrico actúa como agente deshidratante para absorber el agua producida y como catalizador.

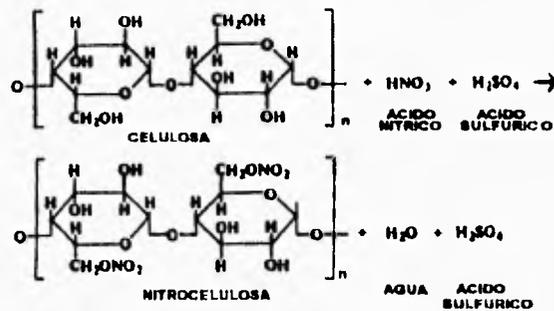
Las fibras de nitrocelulosa se limpian de los aceites que las impurifican hirviendo con sosa cáustica, se lavan y cuando se pretenden lacas incoloras, se blanquean.

La celulosa es enviada a un reactor de acero inoxidable (R-1) que contiene celulosa y una mezcla de ácido nítrico-ácido sulfúrico, la temperatura es cuidadosamente controlada hasta el grado de nitrificación requerido, que tiene como producto el nitrato de celulosa. Al cabo de 15 minutos de estar en el ácido se escurre el algodón mediante una centrifuga (CE-1) para eliminar el ácido adherido. El nitrato de celulosa obtenido es lavado con agua en el tanque de lavado (TL-1). Las impurezas de ácido son removidas en la etapa anterior, para estabilizar la nitrocelulosa en el tanque estabilizador (ES-1), esto se logra calentando por debajo de 140°C y agregando un estabilizador, como la difenilamina, liberando el ácido sulfúrico atrapado en la fibra y reduciendo la viscosidad del producto. La nitrocelulosa estabilizada pasa al tanque de lavado con agua (TL-2) para eliminar el estabilizador residual. Posteriormente la resina pasa al secador (SE-1) para eliminar el agua retenida en la fibra. Finalmente el 30% de agua evaporada es sustituida por alcohol desnaturalizado. Obteniendo el producto final (resina de nitrocelulosa con 30% de alcohol).

El nitrato de celulosa retiene su estructura fibrosa, este producto se parece a la celulosa original excepto que la fibra es más resistente (24).

La composición de la reacción puede ser la siguiente: 15 Kg de celulosa en 75 Kg de mezcla ácida, se utiliza un gran exceso de ácido para cubrir los cambios mínimos en su concentración (durante la nitración) debido al ácido nítrico y a la producción de agua (25).

REACCION



Es posible reemplazar los tres grupos hidróxilos de cada unidad de celulosa con grupos nítricos para formar el nitrato de celulosa.

El contenido de nitrógeno oscila entre 10.3 y 12.5 % y está relacionado con la solubilidad de la nitrocelulosa, (Tabla No. 8).

Tabla No 8.- Tipos de resinas de nitrocelulosa.

TIPO	CONTENIDO DE NITROGENO	% N2	SOLUBILIDAD
SS	ALTO	11.8-12.2	Esteres, cetonas y mezclas alcohol-eter
AS	MEDIO	11.2-11.7	Igual que el tipo SS, excepto para grandes tolerancias para alcohol
RS	BAJO	10.7-11.2	Considerable tolerancia para alcohol

Fuente: Technology of paint, varnishes and lacquers, Charles R. Martens.

La nitrocelulosa que se deteriora rápidamente se dice que tiene poca estabilidad. La acidez generada por la descomposición degrada la nitrocelulosa de tal manera que deteriora las propiedades mecánicas, esta descomposición se acelera demasiado por el calor y la luz del sol (26). El método de estabilización de la nitrocelulosa es el siguiente:

- 1.- Hidrólisis de los sulfatos de celulosa por ebullición en agua o una solución $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$.
- 2.- Separación cuidadosa de todos los ácidos.
- 3.- Tratamiento con agua débilmente alcalina para neutralizar cualquier acidez de los grupos ésteres del sulfato de celulosa.
- 4.- Incorporación de un estabilizador, bases orgánicas débiles tal como la difenilamina.

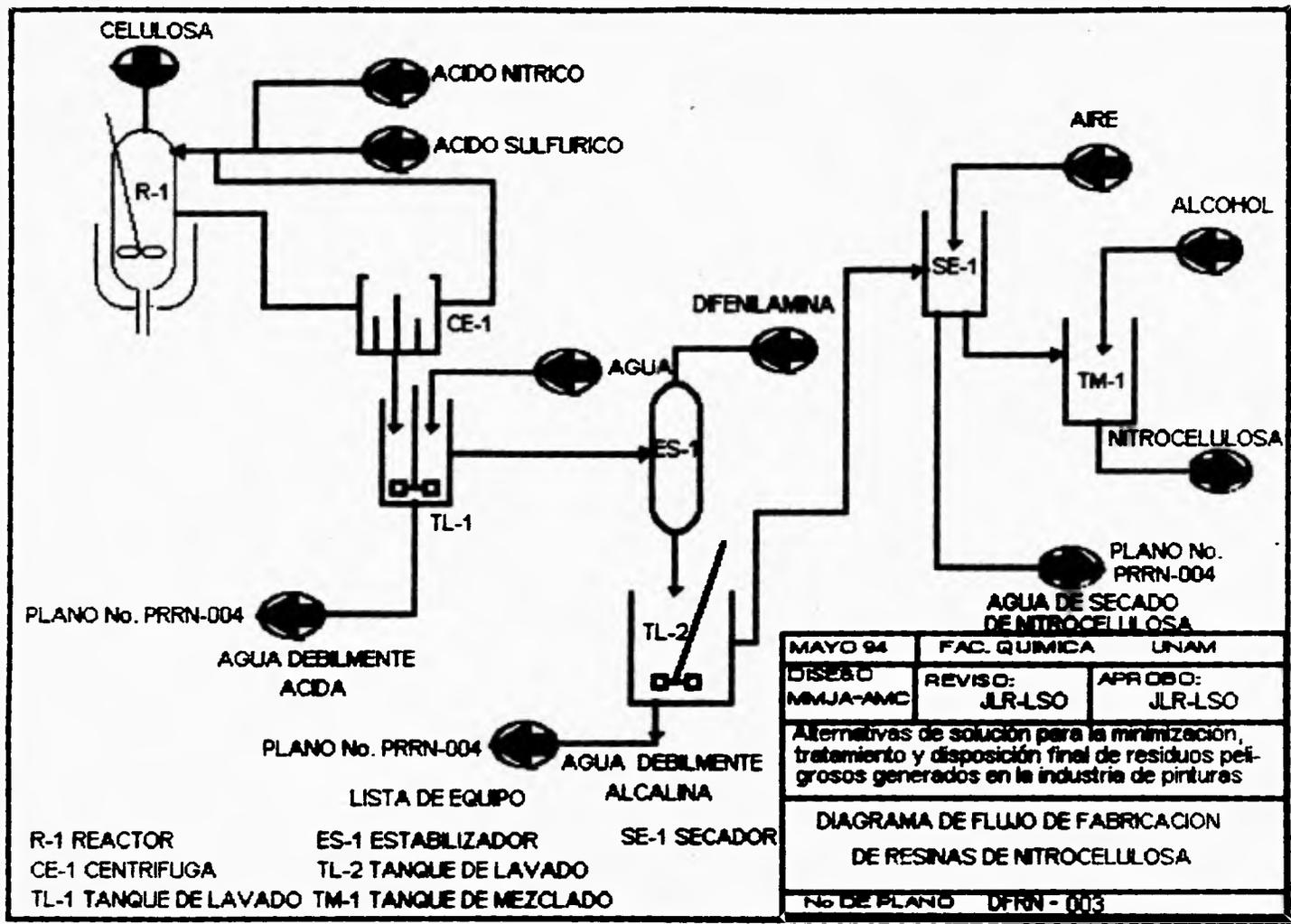
El plano No DFRN-003 muestra el diagrama de flujo de proceso de la fabricación de resinas de nitrocelulosa.

Formulación:

Componente	Kg	% en peso
Celulosa	15.0	0.2166
Mezcla ácida $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HNO}_3$	75.0	1.0833
	90.0	1.3
Agua	- 20.77	- 0.30
Resina de nitrocelulosa	69.23	100.0

Fuente: Nitrocelulosa de México s.a., Catálogo de nitrocelulosa, ANAFAPYT, 1987

09



3.4.4.- PINTURAS BASE AGUA

Las materias primas utilizadas en la fabricación de pinturas base agua son (tabla No. 9): resinas, emulsiones, solventes, pigmentos, bactericidas, fungicidas, y extendedores. Algunos antiespumantes y surfactantes son también adicionados en los lotes de pintura base agua.

Los solventes usados incluyen : alifáticos, aromáticos, cetonas, o glicol-eter. Glicoles como el dietilen-glicol, propilen-glicol, o texanol son adicionados en las formulaciones de pintura base agua para incrementar el tiempo de secado de la misma y actua como anticongelante. Los solventes son distribuidos en tambos o suministrados a través de una pipa a los tanques de almacenamiento, el cual debe tener diques de contención.

Los pigmentos son suministrados en bolsas cuando son en forma de polvo, en cuñetes cuando son en forma de pasta, y en tambos cuando están en forma líquida. El uso de pigmentos en pasta son predominantes en las formulaciones base agua (27).

Tabla 9.- Materia prima utilizada en la fabricación de pintura base agua.

DESCRIPCION	MATERIAL
Solventes	Alifáticos Aromáticos Cetonas Alcoholes Dietilenglicol Propilenglicol
Resinas	Acrílicas Vinil acrílicas Alquidáticas
Pigmentos	Dióxido de titanio Pigmentos orgánicos Oxido rojo Oxido amarillo Otros pigmentos inorgánicos
Extendedores	Carbonato de calcio Cal Talco Silicatos
Aditivos misceláneos	Bactericidas y fungicidas Surfactantes y antiespumantes Modificadores de viscosidad Amonio Otros

Fuente: The paint manufacturing industry, guides to pollution prevention, EPA, 1990

El departamento de pinturas base agua solicita la materia prima al almacén quien se encarga del pesado y preparación de los lotes de acuerdo a la formulación del producto. Las materias primas que entrega el almacén son principalmente cargas y pigmentos que se pesan de acuerdo a su formulación en el tanque de pesada (TP-1).

Las materias tales como el dióxido de titanio, carbonato de calcio, talcos, espesantes, dispersantes, humectantes, antiespumantes, emulsificantes y biocidas, etc., se mezclan en el tanque con agitador de aspas o propelas (TM-1). Una vez obtenida una pasta homogénea pasa al molino (M-1) para obtener el tamaño deseado de partícula.

Para la molienda de blancos se emplean molinos y se utilizan dos molinos en serie para un mejor resultado, se toma una muestra para su análisis en el laboratorio, si el producto es aprobado, se bombea al tanque de mezclado (TM-2) para realizar la etapa conocida como "ampliado", que consiste en agregar otras materias primas de la formulación para complementar el producto con una agitación continua. En el caso de los colores blancos, al finalizar esta etapa se toma una muestra para comprobar las propiedades finales del producto y si éstas son adecuadas se procede a envasarlos.

Cuando se quiere elaborar una pintura de un color diferente al blanco las materias primas se solicitan al almacén, que se encarga del pesado y preparación de lotes de acuerdo a la formulación del producto.

Las materias se mezclan en molinos kady que cuentan con agitadores de alta velocidad con lo cual se logra una pasta homogénea y a la vez el tamaño de partícula necesario. La etapa de empastado y molienda se realiza en forma simultánea en este equipo. Se toma una muestra para su análisis en el laboratorio, si es aceptable pasa al tanque de ampliado donde se le agregan otros materiales para completar el producto.

Se toma una muestra para comprobar las propiedades del producto si son adecuadas se envían a los tanques de igualado (T-1) donde se procederá a igualar y comprobar el producto con un patrón estipulado. Se toma nuevamente una muestra para revisar las propiedades finales del producto, posteriormente se pasa a un filtro (F-1) para detener materiales extraños y geles formados. Finalmente la pintura se envía a envasado y etiquetado final.

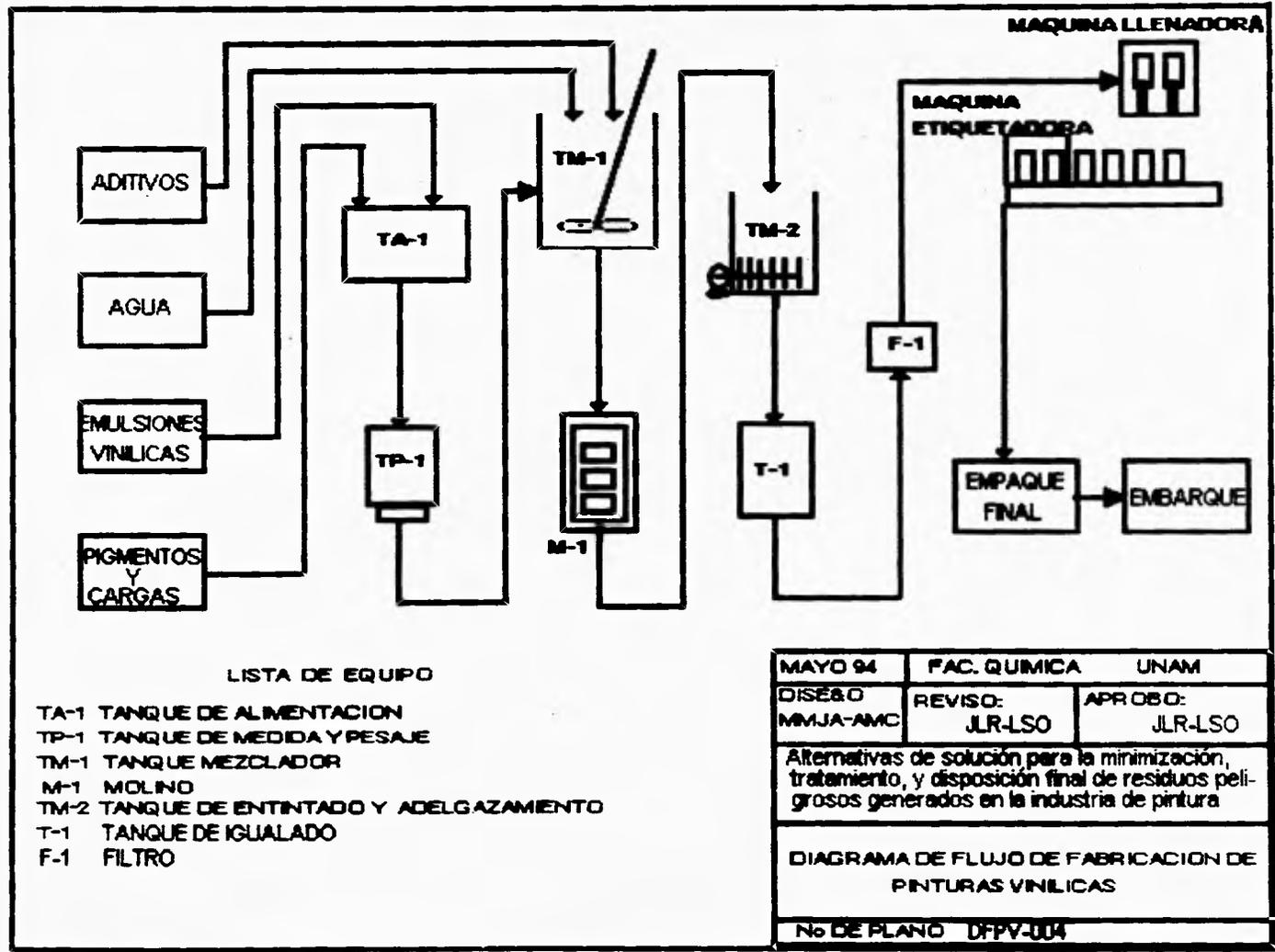
FORMULACION:

COMPONENTE	% EN PESO
PIGMENTO OPACO: pigmentos claros.	20.0
PIGMENTO EXTENDEDOR: talco, mica, caolín, etc.	15.0
PIGMENTO DISPERSANTE: azul ftalocianina, naranjas, etc.	0.3
COLOIDE PROTECTOR: Alcohol polivinílico.	1.2
RESINA VINILICA: Acetato de polivinilo.	40.0
PLASTIFICANTE*: Ftalato de butil bencilo.	-
MODIFICADOR*: Secantes.	-
CONSERVATIVO	0.5
AGENTE ANTIOXIDANTE*: Azufre	0.1
SOLUCIÓN REGULADORA DE pH: NH ₄ OH, NaOH.	0.1
FUNGICIDAS*	0.5
AGENTES DE COALESCENCIA: Dietilén Glicol	2.0
ANTIESPUMANTE: Metanol, etanol, etc.	0.5
ADELGASADORES*: Acetona	0.5
AGENTES ANTICONGELANTES*: Propilenglicol	2.5
AGUA	16.8
	<hr/>
	100

* OPCIONAL PARA ALGUNAS FORMULACIONES

FUENTE: EMULSION AND WATER-SOLUBLE PAINTS AND COATINGS, MARTENS.

El plano No DFPV-004. Muestra el diagrama de flujo en la fabricación de pinturas base agua.



LISTA DE EQUIPO

- TA-1 TANQUE DE ALIMENTACION
- TP-1 TANQUE DE MEDIDA Y PESAJE
- TM-1 TANQUE MEZCLADOR
- M-1 MOLINO
- TM-2 TANQUE DE ENTINTADO Y ADELGAZAMIENTO
- T-1 TANQUE DE IGUALADO
- F-1 FILTRO

MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO MMJA-AMC	REVISÓ: JLR-LSO	APROBÓ: JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento, y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pintura		
DIAGRAMA DE FLUJO DE FABRICACION DE PINTURAS VINILICAS		
No DE PLANO DFPV-004		

3.4.1.4.- PINTURAS BASE SOLVENTE

El presente trabajo divide a las pinturas base solvente para su estudio en barnices y lacas. Sólo se tratarán los barnices alquidáticos y las lacas de nitrocelulosa, por ser las de mayor consumo en la República Mexicana.

3.4.5.1.- BARNICES ALQUIDALICOS

La resina y el aceite se colocan en un tanque mezclador (TM-1), se calientan hasta alcanzar una temperatura de 260-310 °C, se mantiene de este modo hasta conseguir la viscosidad adecuada o hasta que la mezcla se hace homogénea. Finalmente la mezcla se enfría y se diluye. Los secantes líquidos, como los nftenatos metálicos, se añaden habitualmente después de diluir. Una vez enfriado el barniz, los pequeños geles que hayan podido formarse y los materiales extraños se envían con la bomba de diafragma BD-1 hacia el filtro FP-1 donde se eliminan. Luego se bombea el barniz por medio de la bomba B-1 hacia el tanque de almacenamiento TA-1, se determina el peso específico, la viscosidad, el color, la transparencia, el secado, la resistencia al agua, la resistencia química, el secado a la estufa y la elasticidad.

En la fabricación de barnices se utilizan varios tipos de aceites como son los siguientes: aceite de linaza, aceite de china, aceite de pescado, aceite de recino; el uso del aceite depende de las propiedades que se le deseen dar al barniz como son: tiempo de secado, endurecimiento, retención del color, etc.

La resina dará la dureza y el aceite la flexibilidad del barniz y de acuerdo con esta proporción se obtendrán las propiedades que se deseen. Una de estas propiedades es la longitud de recubrimiento de un barniz, que se define como el número de kilogramos de aceite que se emplean por 100 Kg de resina (28), la longitud puede ser corta, mediana o larga (Tabla No. 10).

Tabla No 10.- Tipos de longitud de recubrimiento de barnices producidos en la industria de pinturas.

TIPO	RELACION ACEITE/RESINA	USOS
Corto	100-125 Kg aceite/100 Kg resina	Muebles que deben lijarse
Moderadamente corto	125-200 Kg aceite/100 Kg resina	Muebles domésticos
Medio	200-290 Kg aceite/100 Kg resina	Marinos y suelos
Largo	290-340 Kg aceite/100 Kg resina	Para exteriores duraderos

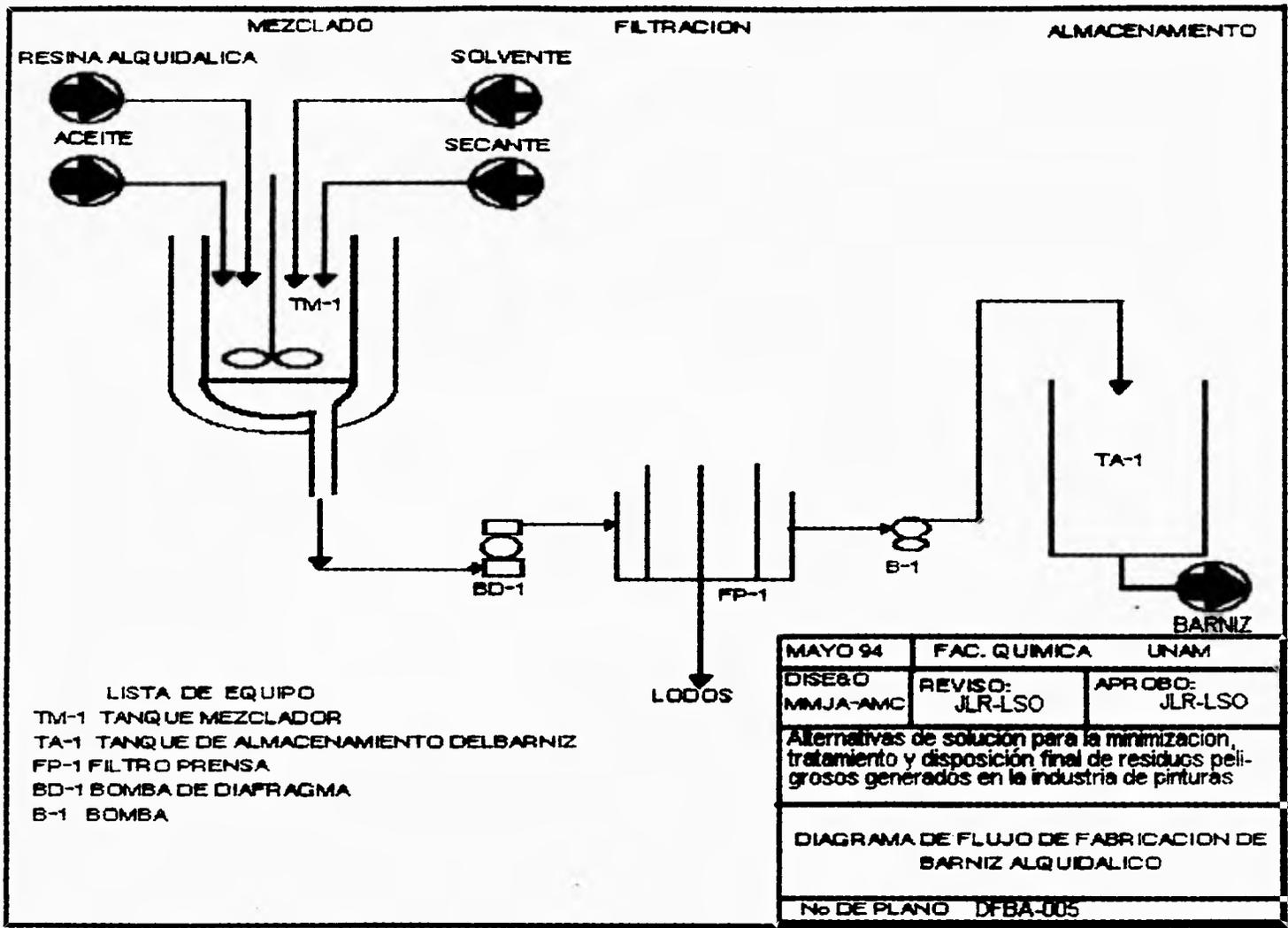
Fuente: Manual de los procesos químicos en la industria, George T. Austin

Formulaciones:

MATERIA PRIMA	CONTENIDO (Kg)
Resina alquidámica con 40% de aceite cártamo de soya	180.0
Xileno	180.0
Naftenato de zinc al 8%	2.0
Naftenato de plomo al 24%	2.0
Naftenato de cobalto al 6%	1.0
Agente antinata (oximás)	1.0

Fuente: Riesgos en el proceso de fabricación de pinturas, tesis, F. Q., 1979

El plano No DFBA-005 muestra el diagrama de flujo de proceso para la fabricación de barnices alquidáticos.



3.4.5.2.- LACAS DE NITROCELULOSA

Se ha dado en llamar lacas a los recubrimientos, que secan por evaporación de solvente y el constituyente formador de película es generalmente un éster de celulosa.

Además de la nitrocelulosa, una laca contiene:

- 1.- Una mezcla de solvente que generalmente comprende una cetona, un alcohol, un eter volátil y con frecuencia un eter-alcohol, de tipo "cellosolve".
- 2.- Una resina.
- 3.- Un plastificante para hacer flexible la película.
- 4.- Diluyentes volátiles económicos
- 5.- Un colorante o pigmento como:
 - Negro de humo.
 - Oxido de zinc.
 - Litopón.
 - Titanio-bario.
 - Sulfuro de zinc.
 - Negro de lámpara.
 - Oxido de hierro.
 - Albayalde.
 - Verde cromo.
 - Azul ultramar.

Se pesan los pigmentos, cargas, resinas y solvente en el tanque de pesadas TP-1 (para cada base o fórmula), se procede al mezclado (en el tanque mezclador TM-1) donde se les agregan los aditivos necesarios para poder efectuar la molienda. La molienda o dispersión se efectúa en el molino de bolas M-1, esta molienda se efectúa por la rotación de las bolas a una velocidad adecuada, las bolas se levantan de un lado a otro provocando que resbalen y den vueltas en forma de cascada hacia el lugar más bajo. Debido a esta acción de caída en cascada las partículas del pigmento quedan entre las bolas, que caen sujetas a un impacto y corte intensivo.

Cuando se ha realizado la finura y la dispersión adecuada en la pintura, se procede a efectuar los ajustes finales (adición de solvente) para obtener las constantes físicas deseadas. En esta etapa del proceso se hacen ajustes en la viscosidad, se agregan los aditivos mediante agitación para efectuar una buena incorporación de los diferentes componentes. Este proceso se conoce como dilución y se lleva a cabo en el tanque de dilución TD-1

Si el producto es un blanco se toma la muestra para su análisis. si cumple con las especificaciones de control de calidad, se envía para etiquetar y envasar. Cuando el color del producto no es directo, se iguala con bases de entintado. La laca es enviada al tanque de almacenamiento TA-2 donde se toma una muestra para su análisis y si cumple con el control de calidad se envía hacia el filtro

prensa F-1 donde son retenidos los geles y materiales extraños de la laca, con el color aprobado por el laboratorio se procede a su etiquetado y envasado (29).

El empleo de las lacas es muy amplio y variado pues abarca casi todas las ramás de la industria:

- Automóviles y camiones, superficies metálicas.
- Muebles.
- Pielés.
- Calzado.
- Pegamentos.
- Serigrafía.

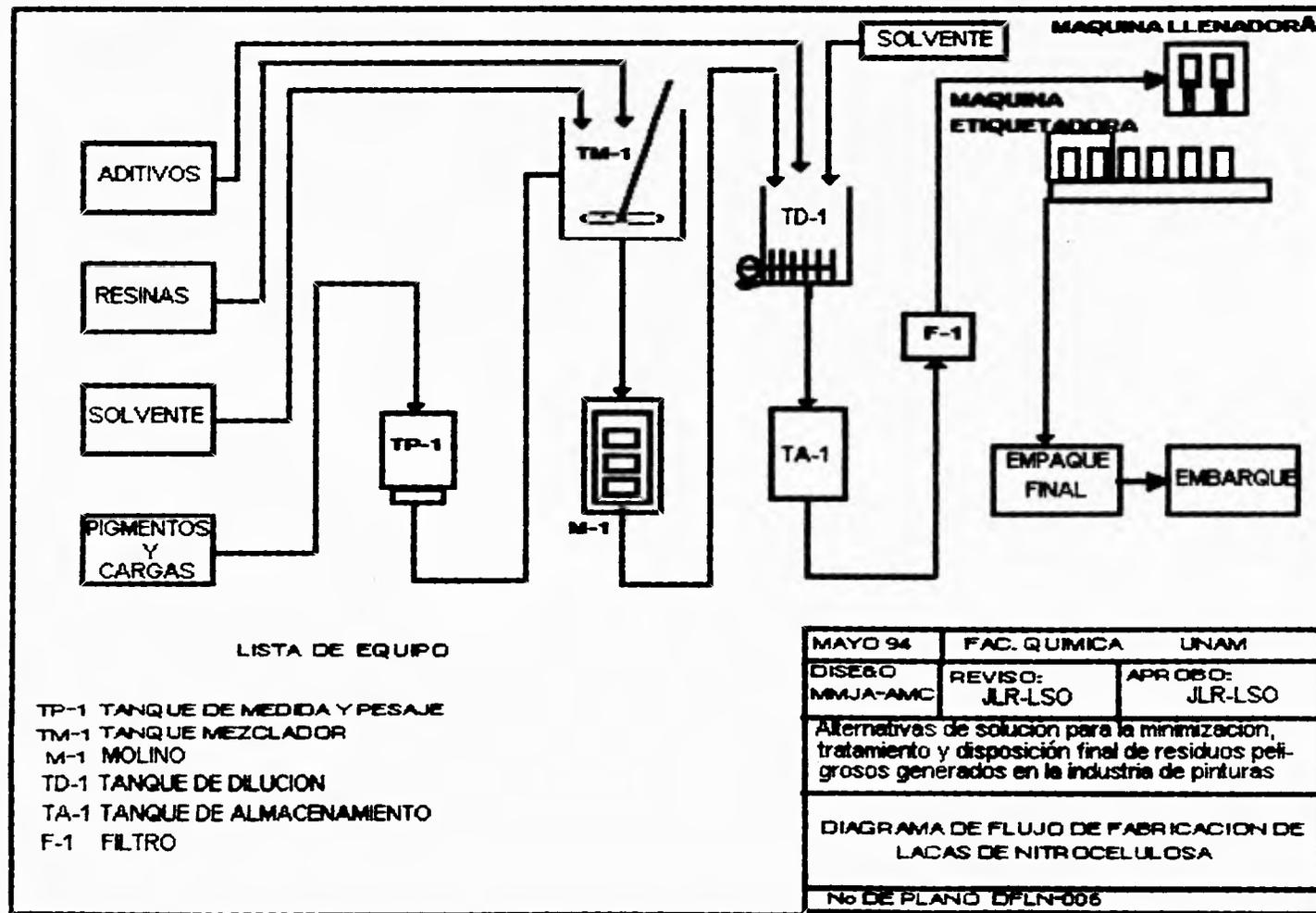
Los acabados pueden ser brillantes, mates o semimates.

Formulación:

COMPONENTE	% EN PESO
NITROCELULOSA CON 30% DE ISOPROPANOL	14.4
OXIDO DE TITANIO RUTILO	9.7
SYNOLAC 6104 X	17.6
FTALATO DE BUTILO	2.5
BUTANOL	3.0
XILENO	11.0
TOLUENO	11.8
ACETATO DE BUTILO	15.0
ACETATO DE ETILO	5.0
SOLVESO 100	10.0
TOTAL	100.0

FUENTE: Nitrocelulosa de México, catálogo de nitrocelulosa, 1987. ANAFAPYT.

El plano No DFLN-006 muestra el diagrama de flujo de la fabricación de lacas de nitrocelulosa.



CAPITULO 4

CARACTERIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS

OBJETIVOS:

- Predecir el comportamiento de los diferentes tipos de residuos generados en la industria de las pinturas hacia el ambiente.
- Decidir los mejores métodos de tratamiento para los residuos generados.

Para la caracterización de los residuos generados en la industria de las pinturas, se tomaron en cuenta las siguientes características (30).

1.- ESTADO FISICO DE LA DESCARGA

- Forma.
- Identificación de las fases componentes.
- Importancia objetiva de las fases componentes.
- Flujo y composición.
- Posibilidad de separación de los componentes.

2.- PROYECCION DE LOS CONTAMINANTES

- Movilidad en el ambiente.
- Tipo de transformación en el ambiente.
- Velocidad de transformación.
- Estado final.

4.1.- IDENTIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

La mayoría de los residuos que la industria de las pinturas maneja son: Residuos de materia prima (tabla No. 12). Empaques de materia prima (tabla No. 13), desechos de lavado de equipo (éstos representan el mayor volumen de desechos en la manufactura de pinturas), derrames, lodos, materiales sólidos de reposición y productos fuera de especificación. Para poder visualizar más fácilmente estos residuos se muestra la Tabla No. 11.

Tabla No 11.- Identificación de los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas.

TIPO DE RESIDUO	PROCESO DONDE SE GENERA
Residuos de materia prima	1.-Materia prima sin reaccionar durante la fabricación de resinas. 2.- Materia prima caduca en almacén.
Empaques de materia prima	1.- Ver tabla No 13.
Lavado de equipo	1.- Lavado de equipo en la fabricación de resinas 1.1.- Tanque dosificador. 1.2.- Reactor. 2.- Lavado de equipos en la fabricación de pinturas base agua. 2.1.- tanque dosificador. 2.2.- molienda. 2.3.- mezclado. 2.4.- envase de producto terminado. 2.5.- lavado de contenedores de pintura de producto terminado devuelto (botes). 2.6.- tanques de almacenamiento temporal. 3.- Lavado de equipos en la fabricación de pinturas base solvente. 3.1.- tanque dosificador. 3.2.- molienda. 3.3.- mezclado. 3.4.- envase de producto terminado. 3.5.- lavado de contenedores de pintura de producto terminado devuelto (botes). 3.6.- tanques de almacenamiento temporal.
Derrames	1.- Derrames y/o purgas del reactor de síntesis de resinas. 2.- Derrames de materia prima durante la dosificación al proceso de reacción de resinas 3.- Derrames de materia prima durante la dosificación al proceso de fabricación de pinturas base agua. 4.- Derrames de materia prima durante la dosificación al proceso de fabricación de pintura base solvente. 5.-Derrames de pintura base agua durante su formulación. 6.- Derrames de pintura base solvente durante su formulación.

CONTINUACION

Tabla No 11.- Identificación de los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas.

TIPO DE RESIDUO	PROCESO DONDE SE GENERA
Lodos	1.- Lodos de fabricación de pintura base agua (natas y sedimentos). 2.- Lodos de fabricación de pinturas base solvente (natas y sedimentos). 3.- Lodos de pintura de filtración base agua. 4.- Lodos de pintura de filtración base solvente. 5.- Lodos de centrifugado y/o filtrado de resinas. 6.- Lodos de lavado en equipo removido por el agua de lavado, solución cáustica y/o solvente.
Material de reposición	1.- Contenedores de materia prima. 1.1.- sacos de papel. 1.2.- tambores. 1.3.- porrones. 2.- Filtros bolsa (retención de contaminantes en la atmósfera, polvos, pigmentos, etc.) 3.- Filtros de cartucho.
Productos fuera de especificación	1.- Devoluciones de producto terminado. 1.1.- pintura base agua. 1.2.- pintura base solvente. 2.- Productos intermedios fuera de especificación 2.1.- formulación inadecuada. 2.2.- producto mal molido . 2.3.- producto mal mezclado. 2.4.- igualación de color 3.- Producto terminado fuera de especificación.

La normatividad mexicana considera como residuos peligrosos algunas materias primas utilizadas en la fabricación de pinturas. La tabla No. 12 muestra una lista de los residuos de materia prima que se consideran peligrosos en esta industria, esta tabla fue publicada el 22 de octubre de 1993 en el Diario Oficial de la Federación.

TABLA No 12. CLASIFICACION DE RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSOS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO
1.- ACEITES MINERALES, ACIDOS, MONOMEROS Y ANHIDRIDOS		
1.1.- Producción general	T	Aceites aromáticos
	T	Aceites naftenicos
	T,I	Acido acético
	T,I	Acido clorhídrico

CONTINUACION

TABLA No 12.- CLASIFICACION DE RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSOS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO
	I	Acido fumárico
	I	Acido isoftálico
	I	Acido isononánico
	T	Acido oxálico
	I	Anhídrido ftálico
	I	Anhídrido maléico
	I	Anhídrido trimelítico
	I	Monómeros de acrilatos de etilo
	T	Monómero de metacrilato de etilo
	I	Monómero de metacrilato de isobutilo
PEROXIDOS, PLASTIFICANTES, POLIOLES Y VARIOS		
2.1.- Producción en general	T	Hidróxido de amonio
	T	Peróxido de laurilo
	T	Ftalato de butil bencilo
	I	Pentaeritritol
	I	Propilenglicol
	I	Trimetilolefano
	I	Trimetilolpropano
	T,I	Formaldehido
	R	Paraformaldehido
	R	Silicato de etilo
PIGMENTOS		
3.1.- Producción en general	T	Amarillo naftol
	T	Azul ftalocianina
	T	Azul victoria colorante
	T	Naranja 29-19 pirazolona
	T	Violeta de carbazol
	T	Amarillo cromo
	T	Rojo Molibdato
	T	Naranja cromo 25
	T	Naranja molibdato
4.- RESINAS		
4.1.- Dispersión y microdispersión en agua	T	Resina de toluen diisocianato
4.2.- Sintéticas en solución de solventes	I	Alquidálicas de aceite larga
	T,I	Alquidálicas de aceite medio
	T	Epóxicas
	I	Fenólicas en solución
	I	Fumáricas
	T	Hematoxi metil amina
	T	Maléicas

CONTINUACION
 TABLA No 12.- CLASIFICACION DE RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS QUE SE
 CONSIDERAN PELIGROSOS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO
	T	Poliéster
	R	Silicón alquidal
	R	Silicones
	T	Ureanos
4.3.- Sólidas	R	Nitrocelulosa
4.4.- Sintéticas	R	Poliámidas
	T	Poliéster
	T,I	Fenólicas modificadas en solución
5.- Solventes		
5.1.- Producción en general		Acetato de butil carbitol
		Acetato de butil cellosolve
		Acetato de carbitol
		Acetato de cellosolve
		Acetona
		Alcohol diacetona
		Alcohol etílico
		Alcohol isobutílico
		Alcohol polivinílico
		Aromina 100
		Aromina 150
		Butanol
		Ciclohexanona
	T	Cloruro de metileno
		Eter metílico de metilenglicol
		Eter monobutílico
	T,I	Eter monoetilico de etilen glicol
	T,I	Eter monopropilico de etilenglicol
		2-etil-hexilalcohol
		gas nafta
		gas solvente
	T,I	Isocetona
	T,I	Metil isobutil cetona
		2-nitropropano
		VMP nafta
		Heptano
		Hexano
		Isopropanol
		Metanol

FUENTE: NOM-CRP-001-ECOL/93

La normatividad mexicana considera como residuos peligrosos algunas bolsas y empaques de materia prima utilizadas en la industria de pinturas (tabla No. 13). Esta tabla se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1994.

TABLA No 13.- CLASIFICACION DE RESIDUOS Y BOLSAS O ENVASES DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO
1.- ACIDOS, ANHIDRIDOS, MONOMEROS Y PEROXIDOS		
1.1.-Producción en general	I	Acido acrílico
	I	Acido azelaico
	I	Acido dimetil propiónico
	I	Acido etil 2-hexanoico
	I	Acido para-toluen sulfónico
	I	Acido sebáico
	T,I	Acido sulfónico aromático
	T	Acido sulfúrico
	I	Acido tereftálico
	I	Anhídrido metacrílico
	I	Anhídrido succínico
	I	Acetato de vinilo
	I	Acetato de butilo
	I	Acrilato de metilo
	I	Estireno
	I	Metacrilato de metilo
	I	Metacrilato de butilo
	T	Hidroperóxido de cumeno
	T	Peróxido de azodisobutironitrilo
	I,R	Peróxido de benzoino
	I,R	Peróxido de ciclohexanona
	T	Peróxido de diterbutilo
	T,R	Peróxido de metil etil cetona
	T,R	Peróxido de terbutil perbenzoato
	T,R	Peroxi-2-etil hexanoato de terbutilo
2.- SECANTES, PIGMENTOS Y VARIOS		
2.1.- Producción en general	T,I	Naftenato de cobalto
	T	Naftenato de plomo
	T,I	Alcanoato de cobalto
	T	Alcanoato de plomo
	T,I	Neodecanato de cobalto
	T	Neodecanato de plomo
	T,I	Octoato de cobalto
	T	Octoato de plomo
	T	Albayaide
	T	Amoniaco
	T	Forniacide b-18
	T	Dibutilamina
	T,I	Dietilenglicol
	T,I	Dietilentríamina
	T,I	Trimetil etil amina

CONTINUACION

TABLA No 13.- CLASIFICACION DE RESIDUOS Y BOLSAS O ENVASES DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO
	T,I	Etil metil cetoxima
	T	Hidroquinona
	R	Hidróxido de sodio
	T	Litargiro
	T	Minio
	R	Nitrito de sodio
	T	Oxido de mercurio
	T	Oximas
	T	Piomo
	T	Sales de mercurio
	T,I	Trietilamina
	T,I	Trietilen triamina
	T	Trifenil fosfito
	T	Amarillo cadmio
	T	Amarillo uramina
	T	Naranja benclidina
	T	Rojo cadmio
	T	Verde cromo 25
3.- RESINAS		
3.1.- Sintéticas en solución de solventes	T,I	Acrílicas en solución
	T,I	Alquidálicas de aceite corto
	I	Fenol-formaldehido
	I	Formaldehido tipo triacina
	T,R	Isocianatos
	I	Melamina formaldehido
	I	Urea formaldehido
4.- SOLVENTES		
4.1 Producción en general	I	Acetato de amilo
	I	Acetato de butilo
	I	Acetato de etilo
	I	Acetato de isoamilo
	I	Acetato de isopropilico
	I	Acetato de metilo
	I	Aguarrás
	T,I	Butil celosolve
	I	Ciclohexano
	I	Dietyl cetona
	I	Eter metílico de propilen glicol
	I	Gasoline incolora
	I	Metil etil cetona
	T,I	Metil isoamil cetona
	T,I	Xileno
	T,I	Metil isobutil carbinol
	T,I	Tolueno

CONTINUACION
TABLA No 13.- CLASIFICACION DE RESIDUOS Y BOLSAS O ENVASES DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS.

5.- RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS EN LA PRODUCCION		
6.- RESIDUOS DE LAVADO CON SOLVENTE		
7.- LODOS DE DESTILACION DE SOLVENTE		
8.- RESIDUOS DE EQUIPO ANTICONTAMINANTE		
9.- LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
10.- LODOS DE LIMPIEZA DE GASES EN EQUIPO DE CONTROL		

FUENTE: NOM-CRP-001-ECOL/93

Para poder identificar los residuos peligrosos dentro de los procesos de fabricación de pinturas es necesario conocer las materias primas utilizadas en las formulaciones (capítulo No. 3), reacciones y/o conversiones y determinar si éstos son potencialmente peligrosos al entorno ecológico.

La Tabla No. 14. Muestra una lista de las materias primas utilizadas en los diferentes procesos de estudio de esta tesis, y que son considerados como peligrosos en la NOM-CRP-001-ECOL/93, además de que éstos son utilizados por una industria productora de más del 60% del consumo nacional y que por ese motivo se tomó como referencia para la elaboración de este trabajo. Las materias primas que a continuación se muestran son utilizadas en los procesos de fabricación de resinas alquidálicas y nitrocelulosa, emulsiones vinílicas, barnices alquidálicos, lacas de nitrocelulosa y pinturas vinílicas.

TABLA No -14. LISTA DE MATERIAS PRIMAS USADAS Y CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS EN LA NOM-CRP-001-ECOL/93, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE RESINAS Y PINTURAS BASE AGUA Y SOLVENTE PARA EL PRESENTE ESTUDIO.

No INE	MATERIA PRIMA	PROCESO DONDE SE UTILIZA
RPP2.1/04	PENTAERITRITOL	RESINAS ALQUIDALICAS
RPP2.1/09	ANHIDRIDO FTALICO	RESINAS ALQUIDALICAS
RPE2.1/18	HIDROXIDO DE SODIO	RESINAS ALQUIDALICAS
RPE1.1/08	ACIDO SULFURICO	RESINAS NITROCELULOSA
RPP4.2/01	RESINA ALQUIDALICA	BARNIZ ALQUIDALICO
RPE4.1/17	XILENO	BARNIZ ALQUIDALICO
RPE2.1/02	NAFTENATO DE PLOMO	BARNIZ ALQUIDALICO
RPE2.1/01	NAFTENATO DE ZINC	BARNIZ ALQUIDALICO
RPE2.1/23	OXIMAS	BARNIZ ALQUIDALICO

CONTINUACION

TABLA No 14.- LISTA DE MATERIAS PRIMAS USADAS Y CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS EN LA NOM-CRP-001-ECOL/93, UTILIZADAS EN LA MANUFACTURA DE RESINAS Y PINTURAS BASE AGUA Y BASE SOLVENTE PARA EL PRESENTE ESTUDIO.

No INE	MATERIA PRIMA	PROCESO DONDE SE UTILIZA
RPP4.3/01	RESINA DE NITROCELULOSA	LACA DE NITROCELULOSA
RPP3.1/01	AMARILLO NAFTOL	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/02	AZUL FTALOCIANINA	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/03	AZUL VICTORIA COLORANTE	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/04	NARANJA 29-19 PIRAZOLONA	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/05	VIOLETA DE CARBAZOL	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/06	AMARILLO CROMO	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/07	ROJO MOLIBDATO	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/08	NARANJA CROMO 25	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPP3.1/09	NARANJA MOLIBDATO	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPE21/34	VERDE CROMO 25	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPE2.1/33	ROJO CADMIO	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPE2.1/30	AMARILLO CADMIO	LACAS Y PINTURA BASE AGUA
RPE4.1/16	TOLUENO	LACA DE NITROCELULOSA
RPP5.1/13	BUTANOL	LACA DE NITROCELULOSA
RPE4.1/17	XILENO	LACA DE NITROCELULOSA
RPE4.1/08	BUTYL CELLOSOLVE	LACA DE NITROCELULOSA
RPE4.1/02	BUTYL ACETATO	LACA DE NITROCELULOSA
RPE1.1/20	PEROXIDO DE BENZOILO	EMULSIONES VINILICAS
RPE1.1/12	ACETATO DE VINILO	EMULSIONES VINILICAS
RPP5.1/10	ALCOHOL POLIVINILICO	EMULSIONES VINILICAS
RPP2.1/01	HIDROXIDO DE AMONIO	PINTURAS BASE AGUA
RPP5.1/08	ACETONA	PINTURAS BASE AGUA
RPP2.1/05	PROPILENGLICOL	PINTURAS BASE AGUA
RPP5.1/08	ALCOHOL ETILICO	PINTURAS BASE AGUA
RPP5.1/30	METANOL	PINTURAS BASE AGUA
RPP5.1/03	ACETATO DE CARBITOL	PINTURAS BASE AGUA
RPE2.1/10	AMONIACO	PINTURAS BASE AGUA
RPE2.1/17	HIDROQUINONA	PINTURAS BASE AGUA
RPE2.1/18	HIDROXIDO DE SODIO	PINTURAS BASE AGUA
RPE2.1/13	DIETILENGLICOL	PINTURAS BASE AGUA
RPE4.1/11	ETER METILICO DE PROPILENGLICOL	PINTURAS BASE AGUA

FUENTE: NOM-CRP-001-ECOL/93

4.1.1.- PROCESOS DE FABRICACION DE RESINAS

Para poder identificar los residuos peligrosos en la industria de las pinturas se deben que tomar en consideración las siguientes actividades: proceso productivo, cuáles son las materias primas, qué reacciones se llevan a cabo, cuáles son los subproductos formados, qué operaciones unitarias se aplican, condiciones de operación y cuáles son los productos finales. De esta manera se identificaron los siguientes residuos peligrosos presentes en los diferentes procesos de producción.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

4.1.2.1.-EMULSIONES VINILICAS

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuo de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén.	Alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzilo
	2.- Materia prima sin reaccionar durante la fabricación.	Alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzilo
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de materia prima.	Acetato de vinilo, peróxido de benzilo
Lavado de equipo	1.- Lavado con agua y/o solución alcalina en el reactor.	emulsiones vinlicas
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de reacción.	Alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzilo
	2.- Derrames y/o purgas del reactor de síntesis.	Alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzilo, emulsiones vinlicas
Lodos	1.- Lodo de centrifuga de resinas.	
	2.- Lodos de lavado del reactor por agua y/o solución cáustica.	Emulsiones vinlicas
Productos fuera de especificación	1.- Lotes de resina en mal estado.	Emulsiones vinlicas

4.1.2.2.-RESINAS ALQUIDALICAS

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuo de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico
	2.- Materia prima sin reaccionar durante la fabricación.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de materia prima.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico
Lavado de equipo	1.- Lavado con solvente y/o solución alcalina en el reactor.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico, resina alquidálica, solvente
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de reacción.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico
	2.- Derrames y/o purgas del reactor de síntesis.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico, resina alquidálica
Lodos	1.- Lodo de centrifuga de resinas.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico, resina alquidálica
	2.- Lodos de lavado del reactor por el solvente.	Pentaeritritol, Anhídrido ftálico, resina alquidálica
Productos fuera de especificación	1.- Lotes de resina en mal estado.	Resina alquidálica

4.1.2.3.- RESINAS DE NITROCELULOSA

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuo de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén. 2.- Materia prima sin reaccionar durante la fabricación.	Celulosa Celulosa, Acido nítrico, Acido sulfúrico
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de materia prima.	Acido sulfúrico, Acido nítrico, Celulosa
Levado de equipo	1.- Lavado con solvente y/o solución alcalina en el reactor.	Resina de nitrocelulosa, solvente
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de reacción. 2.- Derrames y/o purgas del reactor de síntesis.	Acido sulfúrico, Acido Nítrico, Celulosa Resina de nitrocelulosa, Acido nítrico, Acido sulfúrico, Celulosa, sulfato de celulosa
Lodos	2.- Lodos de lavado del reactor por el solvente.	Resina de nitrocelulosa, celulosa
Productos fuera de especificación	1.- Lotes de resina en mal estado.	Resina de nitrocelulosa

4.1.2.- PROCESO DE FABRICACION DE PINTURAS BASE AGUA

Los principales desechos generados por la planta de producción de pinturas base agua son:

- Desechos de limpieza de equipos.
- Material obsoleto
- Devoluciones del cliente
- Productos fuera de especificación
- Derrames
- Filtros bolsa gastados
- Bolsas y empaques vacíos

Desechos de limpieza de equipo.

Los equipos de proceso son rutinariamente limpiados para prevenir la contaminación del producto y/o mantener la eficiencia operacional. Los desechos de limpieza constituyen la mayor cantidad generada. La mayor cantidad de desechos se generan durante la limpieza. Gran parte de ellos son reprocesados dentro de productos comerciales.

Limpieza de molinos.

Los molinos son empleados para un tipo único de producto siempre que es posible. En tales casos, la limpieza del molino después del lote no se requiere. Si el empleo de un molino para un producto único no es posible, entonces la limpieza es necesaria. La limpieza del molino es con agua a chorro o con solvente, dependiendo del lote, los desechos de limpieza son utilizados en el lote siguiente. Así el molino lavado no produce desechos para la planta.

Limpieza de tanques portátiles.

Los tanques portátiles primero son restregados (tallados) manualmente para remover la pintura residual adherida. Luego, son lavados con chorros a alta presión con una solución limpiadora alcalina. La solución limpiadora es recirculada y el desecho o purga es enviado a un tanque de tratamiento de agua residual. Este proceso consiste en floculación y ajuste de pH. El efluente que es agua clara se manda al drenaje, y los sólidos sedimentados, que contienen 70 a 75% de agua, son enviados a un tanque mezclador, que al ser mezclados con un material nuevo produce un recubrimiento coloreado.

Limpieza de tanques estacionarios.

Los tanques estacionarios son grandes, éstos son empleados para hacer un sólo producto. Después de la limpieza manual se le da un enjuague.

El agua de enjuague es enviada a un tanque donde es mezclada con otra corriente acuosa de lavado para darle un tratamiento que consiste en floculación y ajuste de pH.

Limpieza de las unidades de carga.

Las unidades de carga son usadas para pintura base agua y base solvente por separado. Las unidades de carga para productos base agua son lavados con agua. El agua de enjuague es tratada como se describió anteriormente. Las líneas de carga para pintura base solvente son retrolavadas con un solvente compatible en el tanque donde el producto fue elaborado. El solvente gastado es reusado o enviado a recuperación en un destilador.

Limpieza de contenedores.

Los pequeños contenedores (latas, cubos, etc.), que contienen pintura residual son enviados a una recuperadora de metal sin limpieza alguna. Los contenedores que contienen desechos de bactericidas con base mercurio son devueltos al proveedor sin limpieza alguna.

Material obsoleto.

El material obsoleto es pintura que ya no se vende, o materia prima que ya no se usa. Las pinturas obsoletas son retrabajadas dentro de productos comerciales. La materia prima obsoleta es devuelta al proveedor.

Devoluciones del cliente.

Similarmente a lo que ocurre con el material obsoleto, las devoluciones del cliente son retrabajadas dentro de otro producto y los contenedores vacíos son enviados a reciclamiento fuera de sitio.

Productos fuera de especificación.

Los productos fuera de especificación son aquellos que no cumplen los requisitos establecidos o normas de calidad, éstos son causados por errores en la formulación o fallas en el control de calidad para detectar materias primas fuera de especificación. Los productos fuera de especificación son retrabajados en otros productos utilizables.

Derrames.

Los derrames son descargas accidentales, que ocurren en varios lugares de la planta. Los derrames son colectados para evitar que se extiendan lo menos posible. Si el material colectado es base agua es enviado a la unidad de tratamiento de agua. Los derrames que no pueden ser colectados son limpiados con adsorbentes comerciales. Los métodos de limpieza en seco están en desventaja con respecto a la recolección manual por la dificultad de reutilizar los adsorbentes que contienen el material derramado.

Filtros de bolsa.

El proceso utiliza filtros bolsa para todas las aplicaciones de filtrado. Los cartuchos de filtrado no son usados debido a los problemas asociados con la disposición. Los filtros bolsa gastados (usados para ambos productos base solvente y base agua) son lavados, secados y dispuestos como desechos no peligrosos.

Bolsas y empaques vacíos.

Los pigmentos usados por el proceso son frecuentemente usados en forma de pasta y el uso de empaques y bolsas es limitado, esto hace que las bolsas y empaques puedan disponerse como material no peligroso.

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuos de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén.	Tabla No 14.
	2.- Derrames accidentales en el tanque dosificador y mezclador.	Tabla No 14.
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de aditivos dentro del tanque mezclador.	Tabla No 14.
Lavado de equipo	1.- Lavado con agua y/o solución cáustica en el tanque dosificador, tanque mezclador, molinos, envases de producto terminado devuelto, tanques de almacenamiento temporal.	Tabla No 14, agua y/o solución cáustica, pintura vinílica.
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de fabricación	Tabla No 14.
	2.- Derrames accidentales de pintura durante su formulación.	Pintura vinílica.
Lodos	1.- Lodos de pintura (natas).	Pintura vinílica.
	2.- Lodos de pintura en la filtración.	Pintura vinílica.
	3.- Lodos de lavado en los equipos removido por el agua y/o solución cáustica.	Pintura vinílica
Material sólido de reposición	1.- Filtros bolsa, equipo de control de contaminación de aire.	Pigmentos y cargas.
	2.- Cartuchos de filtro, filtración de pintura.	Natas de pintura vinílica.
Productos fuera de especificación	1.- Devoluciones de producto terminado, pintura no usada y retornada por el cliente.	Pintura vinílica.
	2.- Productos intermedios fuera de especificación.	Pintura vinílica.
	3.- Producto terminado fuera de especificación, lotes de pintura en mal estado.	Pintura vinílica.

4.1.3.- PROCESOS DE FABRICACION DE PINTURAS BASE SOLVENTE

DESCRIPCION DE RESIDUOS

Los residuos generados en el proceso de fabricación de pinturas base solvente son (en orden decreciente de volumen) los siguientes:

1.- Residuos de lavado de equipo.

Los equipos como molinos, tanques de mezclado, tanques de almacenamiento temporal, reactores de síntesis, tanques dosificadores son lavados después de cada lote de pintura, para evitar la contaminación del producto. El lavado de estos equipos genera dos corrientes de residuos; solvente gastado y lodos de pintura.

2.- Productos obsoletos.

Los productos obsoletos son en su mayor parte pintura que no está bien formulada, fuera de especificación o almacenada por mucho tiempo (pintura no vendida). Estos materiales son usualmente retrabajados dentro de otros productos. Los contenedores de pintura (botes) pueden ser lavados y reciclados.

3.- Devoluciones por el cliente.

Muy pocas veces ocurren las devoluciones por el cliente. Estos retornos son aceptados para mantener buenas relaciones con el cliente. Después de un análisis de laboratorio, el producto es retrabajado dentro de otro producto.

4.- Productos fuera de especificación.

Los productos fuera de especificación son generados usualmente por los siguientes sucesos.

- Errores en el código de la computadora para el flujo de materias primas.
- Uso de materia prima fuera de especificaciones.
- Adición de material retrabajado en proporciones inadecuadas que se introduce en un lote nuevo.
- Contaminación por el mal lavado de los tanques.

Los productos fuera de especificación son usualmente retrabajados.

5.- Derrames.

Los derrames son descargas involuntarias de pintura que ocurren en el área de producción. Los derrames son usualmente lavados por diferentes métodos.

- Utilizando un material adsorbente sobre el derrame, los residuos son colocados en tambos para su disposición final en landfill (relleno sanitario).
- Lavado del derrame con solvente.

6.- Filtro bolsa y cartuchos.

Los filtros bolsa y cartuchos son utilizados para la filtración de la pintura, cuando éstos contengan más del 1% de solvente su disposición será incineración, en el caso contrario serán puestos para disposición final en landfill.

7.- Bolsas vacías y empaques de materia prima

Las bolsas vacías y empaques contienen trazas de materia prima (pigmentos, resinas, secantes, etc.) y son considerados como materiales peligrosos.

4.1.3.1.- BARNICES ALQUIDALICOS.

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuos de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén.	Tabla No 14
	2.- Derrames accidentales en el tanque dosificador y mezclador.	Tabla No 14
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de aditivos dentro del tanque mezclador.	Naftenato de plomo, naftenato de zinc, naftenato de cobalto, oximas
Lavado de equipo	1.- Lavado con solvente y/o solución cáustica en el tanque dosificador, tanque mezclador, molinos, envases de producto terminado devuelto, tanques de almacenamiento temporal.	Resina alquidálica, xileno, naftenato de plomo, naftenato de zinc, naftenato de cobalto, oximas, solvente y/o solución cáustica, barniz alquidálico.
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de fabricación	Resina alquidálica, xileno, naftenato de plomo, naftenato de zinc, naftenato de cobalto, oximas, solvente.
	2.- Derrames accidentales de barniz durante su formulación.	Barniz alquidálico

CONTINUACION

Lodos	1.- Lodos de barniz (natas).	Barniz alquidámico
	2.- Lodos de barniz en la filtración.	Barniz alquidámico
	3.- Lodos de lavado en los equipos, removido por el solvente y/o solución cáustica.	Barniz alquidámico; resina alquidámica, naftenato de plomo, cobalto y zinc
Material sólido de reposición	1.- Filtros bolsa, equipo de control de contaminación de aire.	Partículas sólidas (pigmentos y cargas)
	2.- Cartuchos de filtro, filtración del barniz.	Barniz alquidámico
Productos fuera de especificación	1.- Devoluciones de producto terminado, barniz no usada y retornada por el cliente.	Barniz alquidámico
	2.- Productos intermedios fuera de especificación.	Barniz alquidámico
	3.- Producto terminado fuera de especificación, lotes de barniz en mal estado.	Barniz alquidámico

4.1.3.2.- LACA DE NITROCELULOSA

RESIDUO	PROCESO DONDE SE ORIGINA	COMPOSICION
Residuos de materia prima	1.- Materia prima caduca en almacén.	Tabla No 14
	2.- Derrames accidentales en el tanque dosificador y mezclador.	Tabla No 14
Empaques de materia prima	1.- Vaciado de pigmentos, aditivos, cargas, etc., dentro del tanque mezclador.	Pigmentos, cargas, resinas.

CONTINUACION

Lavado de equipo	1.- Lavado con solvente y/o solución cáustica en el tanque dosificador, tanque mezclador, molinos, envases de producto terminado devuelto, tanques de almacenamiento temporal.	Tabla No 14, solvente y/o solución cáustica, laca de nitrocelulosa
Derrames	1.- Derrames accidentales de materia prima durante la dosificación al proceso de fabricación. 2.- Derrames accidentales de laca durante su formulación.	Tabla No 14 Laca de nitrocelulosa
Lodos	1.- Lodos de laca (natas). 2.- Lodos de laca en la filtración. 3.- Lodos de lavado en los equipos, removido por el solvente y/o solución cáustica.	Laca de nitrocelulosa Laca de nitrocelulosa Solvente, Laca de nitrocelulosa
Material sólido de reposición	1.- Filtros bolsa, equipo de control de contaminación de aire. 2.- Cartuchos de filtro, filtración de la laca.	Pigmentos y cargas Laca de nitrocelulosa (natas)
Productos fuera de especificación	1.- Devoluciones de producto terminado, laca no usada y retornada por el cliente. 2.- Productos intermedios fuera de especificación. 3.- Producto terminado fuera de especificación, lotes de laca en mal estado.	Laca de nitrocelulosa Laca de nitrocelulosa Laca de nitrocelulosa

4.2.- MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS

El objetivo es asegurar que los residuos generados en la industria de las pinturas sean manejados de manera que se disminuya la posibilidad de que ocurra un efecto adverso al ser humano o al ambiente.

Se entiende por manejo, todas las actividades involucradas en el almacenamiento, recolección-transporte; tratamiento y disposición final, las últimas dos actividades se analizarán en el capítulo No 5.

4.2.1.- ALMACENAMIENTO

En el reglamento en materia de residuos peligrosos se establecen los requerimientos mínimos que deben cumplir las áreas destinadas al almacenamiento de los residuos peligrosos (30). Para almacenar los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas debemos considerar al menos los siguientes requerimientos:

- 1.- Deben estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas y/o producto terminado.
- 2.- Deben estar localizadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones, etc.
- 3.- Deben contar con muros de contención y fosas de retención para la captación de los residuos o lixiviados, con capacidad para contener un 20% de lo que en ese lugar se almacene.
- 4.- Los pisos deben contar con trincheras o canaletas con el fin de que si ocurre un derrame, éste sea canalizado a las fosas de retención.
- 5.- Las paredes deben de estar construidas con materiales no inflamables
- 6.- En su diseño deben contemplarse la existencia de pasillos lo suficientemente anchos, que permitan el tránsito de montacargas, así como los movimientos de los grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia.
- 7.- Deben contar con sistemas de extinción contra incendios.
- 8.- Deben contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos almacenados, en el lugar y con formas visibles y legibles.
- 9.- Contar con pisos lisos y de material impermeable.
- 10.- Deben contar con pararrayos y detectores de gases y vapores.

11.- Considerar que las áreas no deben estar localizadas en sitios por debajo del nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona, tomando como factor de seguridad 1.5.

12.- Deben estar cubiertos y protegidos de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión.

Para llevar un buen control de los residuos peligrosos generados se debe seguir además las siguientes recomendaciones (30).

1.- No está permitido almacenar residuos peligrosos incompatibles.

2.- Queda prohibido almacenar residuos peligrosos en cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento.

3.- Los movimientos de entradas y salidas de los residuos peligrosos del área de almacenamiento deben de quedar registrados en una bitácora, donde quedará asentada la fecha del movimiento, origen y destino del residuo.

4.- Semestralmente, se debe comunicar a la secretaría todos los movimientos realizados en ese período, en un manifiesto específico.

5.- El acceso a las áreas de almacenamiento debe de estar restringido, sólo permitir el acceso a personal autorizado.

6.- El operador del almacén debe de contar con el equipo de seguridad correspondiente al tipo de residuos que maneja.

7.- El área de almacenamiento debe contar con un botiquín de primeros auxilios, perfectamente protegidos para evitar la contaminación de su contenido, e incluir medicamentos sintomáticos y en su caso, antídotos en caso de existir, considerando los diferentes residuos peligrosos que se manejen.

8.- No es recomendable fumar o ingerir alimentos en las áreas de almacenamiento.

9.- En caso de derrames en el área éstos deben ser tratados inmediatamente. Los derrames líquidos deben de ser adsorbidos utilizando un material sólido compatible con el residuo, como puede ser serrín o tierras granuladas. Los derrames sólidos deben recogerse ya sea con una aspiradora industrial o con palas, depositándolos en recipientes apropiados.

10.- El área donde ocurrió el derrame debe ser descontaminada de inmediato, utilizando la técnica correspondiente al tipo y características del residuo derramado.

11.- El envasado de los residuos debe de hacerse de acuerdo a su estado físico, a sus características de peligrosidad y a la posible incompatibilidad con otros residuos. el envase debe de estar fabricado con materiales y en las dimensiones que reúnan condiciones de seguridad para el manejo posterior de los mismos, para evitar que durante el almacenamiento, en las operaciones de carga, descarga y transporte no ocurran pérdidas o escapes y además evitar , la exposición de los operarios a las sustancias componentes del residuo.

12.- El llenado de los envases con residuos peligrosos , ya sean líquidos o sólidos deben realizarse en lugares apropiados, donde existan condiciones normales de humedad relativa y de temperatura.

13.- Todo envase debe de estar perfectamente identificado con el nombre y las características del residuo peligroso.

4.2.2.- RECOLECCION Y TRANSPORTE

Estas actividades consisten en recolectar y trasladar los residuos peligrosos generados en la industria de pinturas, en vehículos y equipos adecuados, hacia las plantas de tratamiento o a los sitios de disposición final. En nuestro país estas actividades recientemente se han regulado por la SEDESOL, sin embargo estas acciones se encuentran en una etapa incipiente, por lo que actualmente existen pocas compañías que ofrecen servicios de este tipo. Por otra parte en nuestro país casi no existen plantas de tratamiento, así que la mayoría de los residuos se transporta sólo a sitios de disposición final. Tales sitios en algunos casos cumplen con las normas de control y seguridad mientras que otros son tiraderos clandestinos que representan una amenaza latente hacia los ecosistemas.

La responsabilidad fundamental del transportista es la de recibir cada embarque con su manifiesto correspondiente al volumen del residuo peligroso a transportar. Debe verificar que los residuos se encuentren correctamente envasados e identificados, el estado general de los envases y debe sujetarse a las disposiciones sobre seguridad e higiene en el trabajo, al igual que a las disposiciones en materia de tránsito. El transportista es responsable de entregar en el destino los residuos recibidos sin modificaciones en cuanto a cantidad y características.

El transportista debe observar los programas de mantenimiento del equipo y los operarios contar con el equipo de protección personal, de acuerdo al tipo de residuo que transporte. Los vehículos registrados y utilizados para el transporte de residuos peligrosos sólo podrán usarse para este fin.

La secretaría de comunicaciones y transportes solicita la presentación de un informe trimestral sobre el tipo de carga, cantidad transportada y las rutas utilizadas; para ello se requiere llevar una bitácora con esa información.

Los residuos peligrosos pueden ser transportados a granel o en recipientes individuales, de acuerdo a sus características de peligrosidad. Para el transporte a granel, los materiales con que deben estar constituidos los carros tanques, tolvas o cajas, deben ser compatibles con el residuo.

Los residuos peligrosos explosivos deben ser transportados en envases individuales, deben tener pisos gruesos, forrado con material no metálico, en la porción que entre en contacto con la carga. Estos residuos no deben de transportarse en tiempo lluvioso, en especial si existen tormentas eléctricas, su transporte debe hacerse a la luz del día, quedando prohibido el abastecimiento de combustible y lubricante durante el viaje. No podrán hacerse paradas en ciudades y poblados, a menos que cuenten con la autorización de las autoridades competentes.

En caso de residuos inflamables, su transportación puede realizarse a granel o en envases individuales. Los carros tanques deben de estar conectados a tierra para evitar la posibilidad de una carga estática. En caso de envases metálicos individuales, deben tener uniones metálicas o conductores a tierra con el mismo fin.

Para el transporte de residuos peligrosos, el vehículo debe de estar perfectamente identificado, debe tener colocados carteles y letreros indicando el tipo de residuo. Entre las disposiciones recomendadas para la circulación de unidades, que transporten residuos peligrosos se debe considerar que la velocidad máxima de operación será de 80 km/h en carreteras de jurisdicción federal y de 50 km/h en zonas urbanas. Se debe evitar los congestionamientos de tránsito. Las paradas innecesarias y la circulación por ciudades y poblados.

En las operaciones de carga y descarga, en ningún momento puede quedar el vehículo sin personal responsable, autorizado para moverlo en casos de necesidad. Debe verificar, que el vehículo esté detenido, fijo, con el motor apagado y que no existan materiales incompatibles en el área (32).

INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Una de las estrategias utilizadas por la SEDESOL para controlar la problemática de los residuos peligrosos es reducir su generación a través de su reciclaje, de su tratamiento, incineración y el establecimiento de confinamientos controlados. Actualmente en nuestro país se cuenta con la siguiente infraestructura para el manejo de los residuos peligrosos (33):

- *Cinco plantas para el reciclaje de solventes.
- *Seis plantas para el reciclaje de baterías automotrices e industriales para la recuperación de plomo.
- *Una planta para la recuperación de polvos que contienen zinc.
- *Una planta para la recuperación de aceites lubricantes.

- *Cuatro plantas para la recuperación de chatarra de aluminio.
- *Una planta para la recuperación de níquel.
- *Tres plantas incineradoras (dos públicas y una privada).
- *Tres confinamientos controlados de servicio público para la disposición final de residuos peligrosos y una para residuos no peligrosos (Tabla No. 15).

NOTA: Actualmente el único confinamiento controlado para residuos peligrosos que se encuentra en funcionamiento es el de Mina en Monterrey, Nuevo León.

*Cuatro confinamientos controlados de servicio privado para residuos industriales (Tabla No. 16).

TABLA No 15. Confinamientos Controlados de Residuos Industriales en México.

LOCALIZACION	TIPO DE RESIDUOS	SITUACION
Tijuana, B.C.	No peligrosos	Fuera de operación
Matamoros, Tamaulipas.	No peligrosos	Fuera de operación
San Luis Potosí, S.L.P.	Peligrosos	Revisión Técnica
Monterrey, Nuevo León	Peligrosos	Operación

FUENTE: CONADE. Informe de la Situación en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1989-1990.

TABLA No 16. Confinamientos Controlados de Residuos Industriales en México. (Uso Privado)

LOCALIZACION	TIPO DE RESIDUO QUE RECIBE	SITUACION
San Juan del Río, Qro.	Residuos procedentes del proceso de celulosa	Operación
San Francisco del Rincón, Guanajuato	Residuos de sales de cromo	Operación
Guadalajara, Jalisco	Residuos de fosfoyeso	Operación
Lechería, Edo. de México	Residuos de sales de cromo	Clausurado

FUENTE: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Dirección de Operación, SEDUE, 1990.

4.3.- METODOLOGIA EN LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

Cuando la industria no cuente con información relativa al aspecto técnico ambiental en materia de residuos peligrosos o se sospeche de la peligrosidad de los residuos generados al medio ambiente, se procederá a tomar muestras representativas para su análisis, siguiendo las actividades marcadas en el **ANEXO A**.

Una muestra es una parte representativa de un residuo a ser analizado (examinado). Para que sea representativa, la muestra necesita ser igual al residuo que va a ser investigado (34). El propósito del muestreo de residuos peligrosos es:

- 1.- Obtener información para ayudar a los investigadores a identificar residuos desconocidos.
- 2.- Evaluar si residuos desconocidos han contaminado el ambiente inmediato.
- 3.- Ayudar a planear acciones correctivas para limpiar el medio ambiente.

TIPOS DE MUESTRAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

Las muestras pueden agruparse de acuerdo a su procedencia (medio) y cómo fueron recolectadas (método).

Las clasificaciones de las muestras de acuerdo a el **medio** son:

MUESTRAS AMBIENTALES.

Las muestras ambientales están generalmente diluidas, son tomadas en los alrededores de un derrame o un confinamiento. Usualmente no requieren de un procedimiento especial para su manejo.

MUESTRAS PELIGROSAS O CONCENTRADAS

Las muestras peligrosas son colectadas de los tambos, tanques, pozos, apilamientos de los desechos, derrames recientes, etc. Ellas requieren de procedimientos de manejo especial debido al peligro y toxicidad potencial.

La clasificación de acuerdo al **método** utilizado para recolectarlas es:

MUESTREO DISCRETO (INSTANTANEO)

Para situaciones de muestreo que involucra residuos peligrosos, las técnicas de muestreo discreto son generalmente preferidas porque:

1.- Minimizan la cantidad del tiempo de muestreo que el personal tiene que estar en contacto con los residuos peligrosos.

2.- Eliminan los cambios químicos que pudieran ocurrir durante un muestreo compuesto.

MUESTREO INTEGRADO (COMPUESTO)

El muestreo integrado es frecuentemente utilizado para muestras del medio ambiente. Sólo puede utilizarse con muestras peligrosas después de haber realizado las pruebas de compatibilidad.

PROCEDIMIENTOS ADECUADOS PARA EL MUESTREO

Los trabajadores involucrados en el muestreo o en la investigación inicial del sitio frecuentemente manejan residuos muy peligrosos. Toda investigación inicial del sitio debe seguir los siguientes procedimientos, con la finalidad de protegerse y proteger a otros a exposiciones insalubres e inseguras (35).

1.- Formular un plan de muestreo

Antes de empezar cualquier actividad de muestreo, siempre es conveniente desarrollar un plan de muestreo. El plan debe describir los siguientes elementos básicos.

- Información de soporte colectada durante la investigación preliminar del sitio.
- Objetivos y metas de la investigación.
- Métodos de muestreo que deben ser utilizados, incluyendo equipo, procedimientos, contenido de las muestras y preservación de las muestras.
- Razones por las cuáles se seleccionaron esos métodos y procedimientos.
- Localización de los lugares a muestrear, incluyendo el número y el tipo de las muestras a ser colectadas en cada localidad.
- Plan de seguridad (incluyendo equipo de seguridad, descontaminación, etc.)
- Transportación de la muestra e información del envío
- Información adicional de la específica del sitio u otros requerimientos.

2.- Mantener una libreta de campo

Toda la información acerca de la investigación debe registrarse en una libreta con páginas numeradas. Cada registro en la libreta debe de contener lo siguiente:

- Fecha y hora de registro.
- Propósito de la muestra.
- Nombre y dirección del contacto en campo (representante federal, estatal o local).
- Quién produjo el desperdicio y dirección.
- Tipo de proceso que produce el residuo.
- Tipo de residuo.
- Descripción de las muestras tomadas.
- Fecha y hora de la toma de las muestras.
- Nombre del colector de las muestras.
- Referencias, tales como mapas o fotografías del sitio y de las muestras.
- Observaciones de campo.
- Medidas de campo tales como pH, estado físico, forma, temperatura, etc.

3.- Utilizar etiquetas y marcas para las muestras

Cada muestra debe de ser sellada en un contenedor y etiquetada inmediatamente después de que es colectada. Asegúrese de que el contenedor esté seco para que la etiqueta pegue adecuadamente. Las etiquetas no adheribles deben de anudarse cuando no se cuente con etiquetas engomadas o cuando no sean aplicables. Las etiquetas se deben escribir utilizando tinta a prueba de agua. Las etiquetas deben de contener al menos la siguiente información:

recolector. _____	no. de muestra del colector _____
lugar de la recolección _____	
fecha del muestreo _____	
hora _____	
información de campo _____	

4.- Procedimientos del seguimiento de la cadena de custodia

Los procedimientos de la cadena de custodia crean un registro escrito preciso de la posesión (custodia) y manejo de una muestra desde su recolección, transportación y hasta su análisis. Cada persona que toma custodia de la muestra debe llenar en la sección apropiada de la cadena de custodia el registro de sus datos.

METODOS DE MUESTREO

Los métodos de muestreo que se emplean para garantizar la exactitud y precisión de los resultados que de ellos se derivan, se basan en procedimientos estadísticos que parten de una selección al azar de las muestras que posteriormente serán analizadas. Cualquiera de los métodos seleccionados deberá generar los valores promedio (\bar{X}) y el error estandar (S_x) de los contaminantes en el residuo de interés, con estos valores se obtiene el intervalo de confianza al 80% el cual, al ser comparado con los valores límites regulados de la norma NOM-CRP-001-ECOL/93 nos permite determinar si el residuo, por la concentración que presenta se considera o no como peligroso.

Algunos de los métodos (36) que se han considerado útiles en el muestreo de residuos peligrosos son los siguientes:

- a) Muestreo simple al azar.
- b) Muestreo estratificado al azar.
- c) Muestreo sistemático al azar.

En el muestreo simple al azar, cada unidad de una población tiene la misma oportunidad de ser elegida y evaluada.

En el muestreo sistemático al azar, la primera unidad que se colecta de una población es seleccionada al azar pero las siguientes unidades son tomadas a intervalos fijos de espacio o de tiempo.

Finalmente el muestreo estratificado al azar, se conoce que la población se distribuye heterogéneamente, por lo que se conforman o dividen los diferentes estratos, ya sea en tiempo o en espacio, con ello se busca aislar las fuentes que den lugar a la heterogeneidad.

Los criterios generales de selección de un método de muestreo se basan en el conocimiento previo que se tiene de la distribución de los contaminantes en el residuo, cuando se cuenta con poca o ninguna información de la distribución del contaminante se sugiere el muestreo simple al azar; cuando se conoce que existe una distribución heterogénea que permite formar estratos, se emplea el método estratificado al azar y cuando la distribución del contaminante presenta una ligera estratificación o no existen tendencias definidas, se sugiere el muestreo sistemático al azar.

En cualquiera de los métodos seleccionados se requiere de una estimación inicial del promedio y la varianza a partir de los cuáles se calcula el número adecuado de las muestras a ser seleccionadas.

Una vez que se tiene el número de muestras necesario, se procede a colectarlas y analizarlas para determinar si el promedio es mayor o igual que el valor límite regulado, en caso de que sea menor el valor promedio al valor límite regulado se procede a calcular el intervalo de confianza y con base en el se determina si el residuo debe ser considerado como peligroso o no.

Algunas variaciones de los métodos de muestreo son el muestreo compuesto, en el cual se toma un número de muestras al azar de un residuo, las cuáles se combinan en una sola muestra que es analizada para los contaminantes químicos de interés, esta variación permite reducir el número de muestras a analizar.

EQUIPOS DE TOMA DE MUESTRAS Y RECIPIENTES

Para la obtención de los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas se deberá seleccionar el equipo adecuado, tomando como criterios de elección la naturaleza del residuo y su localización, además deberá de tomarse en consideración las posibilidades de interacción del equipo con el residuo y la limpieza y conocimiento del uso adecuado del equipo de muestreo (Tabla No 17).

Una vez tomada la muestra, ésta se coloca en un recipiente de boca ancha de 500 g de capacidad en el caso de sólidos o de 3 ó 4 litros en el caso de líquidos, los recipientes deben de presentar las siguientes características (37).

- a) No fracturarse, romperse o presentar fugas como resultado de la interacción con el residuo.
- b) Ser compatible con el residuo.
- c) De paredes gruesas, de manera que resista la manipulación durante la toma de la muestra y el envío al laboratorio.
- d) De capacidad suficiente para contener el volumen óptimo de muestras.
- e) Ajuste perfecto del tapón o tapa de rosca.

El transporte de muestras se considera que se deberá ajustar a los criterios que se establezcan para el transporte de residuos peligrosos cuando de antemano se tenga conocimiento de presencia en el residuo de alguna de las sustancias señaladas en la norma NOM-CRP-001-ECOL/93.

TABLA No 17 EQUIPOS PARA LA TOMA DE MUESTRA DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS.

EQUIPO	NATURALEZA EL RESIDUO	TIPO DE RESIDUO GENERADO
palas y excavadoras	material granular o en polvo contenidos en cubos, contenedores poco profundos y cintas.	Residuos de materia prima, derrames.
coliwasa	líquidos y compuestos de flujo libre, escurrimientos, líquidos estratificados.	Productos fuera de especificación, desechos de lavado de equipo.
botella pesada	líquidos y escurrimientos de flujo libre.	Productos fuera de especificación, desechos de lavado de equipo.
sumergidor	líquidos y escurrimientos de flujo libre.	Desechos de lavado de equipo, productos fuera de especificación.
calador espátulas acanaladas	residuos en forma de granos secos o en polvo.	Residuos de materia prima, derrames.
barrenos o taladros	residuos en forma de astillas o residuos húmedos.	Lodos de pintura, lodos provenientes de los sistemas de tratamiento aplicados a los residuos.
barrenos o taladros	residuos sólidos empacados, suelos o muestras duras.	Lodos de pintura, lodos provenientes de los sistemas de tratamiento aplicados a los residuos.

CONSIDERACIONES EN EL MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS DE ACUERDO A SU LOCALIZACION

La localización de un residuo puede determinar el método de muestreo, el equipo a emplear y la estrategia de muestreo, por tal motivo resulta importante conocer si el residuo se encuentra localizado en tanques, apilamientos, contenedores, bancos de enterrado, lagunas o a granel.

Por ejemplo, cuando se requiere muestrear contenedores, la estrategia del muestreo dependerá del número de contenedores y del acceso que se tenga a los mismos, cuando el residuo se encuentre en varios contenedores, se muestrearán cada contenedor o bien se seleccionará aleatoriamente un juego de contenedores asignando un número a cada contenedor a ser muestreado. El número de muestras que se obtenga de un contenedor dependerá de la distribución de los compuestos del residuo en el contenedor. Se puede emplear estrategias de muestreo tridimensional o bidimensional, empleando equipo coliwasa.

En caso de que se requiera muestrear tanques se deberán obtener suficiente número de muestras del residuo, de diferentes lugares del tanque, para asegurar que los datos analíticos que se obtengan sean representativos del contenido global del tanque. Cuando no existan límites de acceso, se podrán obtener muestras representativas por medio de un muestreo tridimensional simple al azar, empleando botellas de pesado, caladores o equipos coliwasa.

Cuando un residuo presente dos o más estratos se podrá implementar un método de muestreo estratificado, tomando muestras de cada estrato por medio de un muestreo bi o tridimensional simple. Cuando se tenga acceso sólo parcialmente, la muestra será representativa exclusivamente del área de acceso, a menos que se conozca que el residuo se distribuye homogéneamente, en caso contrario, una opción es muestrear el residuo cuando se vacíe el tanque, seleccionando los tiempos de toma de muestra. Lo anterior se aplica también a residuos que se localizan en apilamientos.

En el caso de muestrear residuos en bancos de enterrados o lagunas, se deberá contar con un mapa o croquis del área, se dividirá ésta en dos secciones en forma bidimensional para posteriormente en cada una de ellas realizar un muestreo tridimensional simple. Dicho muestreo deberá abarcar desde la superficie hasta la interfase: residuo/suelo natural, o además considerar el suelo natural si se sospecha de contaminación (36).

PRESERVACION DE MUESTRAS

Los procedimientos de preservación, almacenamiento y preparación de las muestras depende del tipo de análisis que se ejecutará y de los parámetros que se van a determinar.

La preparación de la muestra debe ser planeada cuidadosamente y documentada con suficientes detalles como para proporcionar un registro completo de la historia de la muestra, porque los tratamientos fisicoquímicos de preparación, representan posibles fuentes de contaminación, pérdidas mecánicas y variaciones en los resultados finales.

Una vez que se recolectó la muestra, los cambios biológicos y químicos en ésta ocurren inevitablemente. Es prácticamente imposible una preservación completa de la muestra. Sin embargo existen técnicas de preservación que se pueden emplear para dichos cambios, originados entre otras razones por el pH, la temperatura, la acción bacteriana y la concentración.

Entre estas técnicas de preservación de la muestra se encuentran la adición química, el control de pH y la refrigeración. Se deben emplear procedimientos especiales para proteger a las muestras sensibles a la luz. La refrigeración es el método más comúnmente empleado, el control de la temperatura a 4°C retarda la acción bacteriana y suspende la volatilización de la mayoría de los gases disueltos (38).

En la tabla No 18 se presentan algunas consideraciones prácticas cuando se recolectan muestras de residuos peligrosos (líquidos, sólidos o semisólidos)

TABLA No 18. CONSIDERACIONES PRACTICAS PARA EL MUESTREO

CONTENEDORES	
Vidrio	Ventajas: se puede preservar compuestos orgánicos. Desventajas: son muy frágiles y pueden presentar una lixiviación ácida de metales.
Plástico	Ventajas: se pueden preservar metales. Desventajas: lixiviación de compuestos orgánicos
Nunca	Enjuagar los contenedores con la muestra. Emplear PVC, estireno (porque adiciona compuestos orgánicos a la muestra).
CONSERVADORES	
Control de pH	Acidos: Control de microorganismos. Prevenir la precipitación de metales. disminuir la volatilidad de compuestos orgánicos. Bases: Preservación de cianuros y sulfuros
Adición química	Frecuentemente específica para un constituyente determinado, ejemplos: Acido ascorbico (CN) Acetato de Zn (sulfuro).
Refrigeración	Casi siempre se utiliza. Disminuye la volatilidad de compuestos orgánicos. Retarda las reacciones químicas.
OTRAS CONSIDERACIONES	
Tiempos de duración. Muestras por duplicado.	Es crítico para ciertos análisis.

4.4.- PRUEBAS DE LABORATORIO RECOMENDADAS PARA LA IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

Para realizar una selección adecuada de los métodos analíticos se debe tomar en cuenta aspectos importantes como lo son: Los compuestos que se van a determinar, el tipo de residuo y su origen, la selectividad y sensibilidad del instrumento y el límite de detección deseado. La consideración del costo aun cuando éste es secundario, así como el destinar el uso de datos, pueden ser factores igualmente importantes en la selección del proceso.

Es indispensable hacer una buena preparación de esta etapa, para asegurar que los resultados que se obtengan sean válidos, ya que las determinaciones analíticas que se efectúen sirvan como base para tomar decisiones, cuando se requieren evaluar las ventajas que ofrece la tecnología, la protección a la salud pública y el mejoramiento de la calidad del ambiente.

Otra aplicación importante de las técnicas de análisis, es el monitoreo de cada etapa de los diferentes procesos involucrados, desde la caracterización del residuo hasta su disposición final para asegurar que todo procedimiento que se realice sea sano desde el punto de vista ambiental.

El proceso analítico se debe describir detalladamente, incluyendo los requerimientos de garantía y control de calidad, el plan de muestreo, los métodos analíticos, los cálculos y la documentación. Siempre que se involucre la reglamentación, se debe utilizar un método validado.

La elección del método analítico apropiado es uno de los factores más importantes que repercuten en la confiabilidad de los datos resultantes. Las determinaciones se deben realizar con procedimientos validados y bien documentados. Además cada laboratorio debe evaluar la metodología de análisis utilizando muestras de referencia para demostrar la efectividad del procedimiento de determinación. La caracterización de un residuo involucra el uso de procedimientos de evaluación tanto de sus características como su composición (39).

La tabla No. 19, presenta un resumen de diversos parámetros que se determinan durante un análisis de residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas.

Tabla.No. 19.- Principales parámetros que se determinan durante el análisis de un residuo peligroso.

ESTADO FISICO
Estado físico a 21°C Número de capas Líquidos libres (% en volumen) pH Gravedad específica Temperatura de inflamación Viscosidad
COMPOSICION DEL RESIDUO
Metales tóxicos de acuerdo a la prueba TCLP (arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio, plata). Plaguicidas tóxicos de acuerdo a la prueba TCLP (endrin, lindano, metoxicloro, toxafeno, 2,4-D, 2,4,5-TP) Composición de hidrocarburos Organoclorados Azufre Cianuro Contenido de PCB's
CARACTERISTICAS PELIGROSAS
Reactividad Explosividad Reactivo al agua Radioactivo Inflamable Corrosivo Tóxico Biológico infeccioso

Fuente: Kokoszka, Leopold C. Flood, Jared w., Environmental Management Handbook, Toxic Chemical Materials and Wastes USA, 1989.

PROCEDIMIENTO DE SELECCION ADECUADO PARA LA CARACTERIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

SELECCION DEL METODO ANALITICO.

1.- Estado físico de la muestra.

- Acuosa.
- Aceitosa.
- Lodos.
- Sólidos.
- Muestras multifásicas.
- Extractos (PECT, pruebas de extracción de constituyentes orgánicos tóxicos).

2.- Analitos (constituyentes por determinar).

3.- Límites de detección requeridos.

- Límites de detección: dependen del procedimiento global de la determinación.

4.- Objetivo analítico

- Incide en el plan y procedimientos de muestreo.

- Incide en la selección de técnicas de determinación.

5.- Detección y monitoreo

- **Detección:** Caso en el que se tiene poca o ninguna información sobre los constituyentes peligrosos posibles. Se requiere de técnicas analíticas que permitan la identificación rápida (simultánea o secuencial) de los constituyentes. Después de identificar los constituyentes indeseables y evaluar su nivel de concentración, se puede seleccionar la metodología apropiada para su determinación.

- **Monitoreo:** Se conocen los parámetros por determinar, su nivel de concentración, la naturaleza de la matriz y las posibles interferencias.

6.- Recipientes, conservación, estabilidad de la muestra y de los constituyentes.

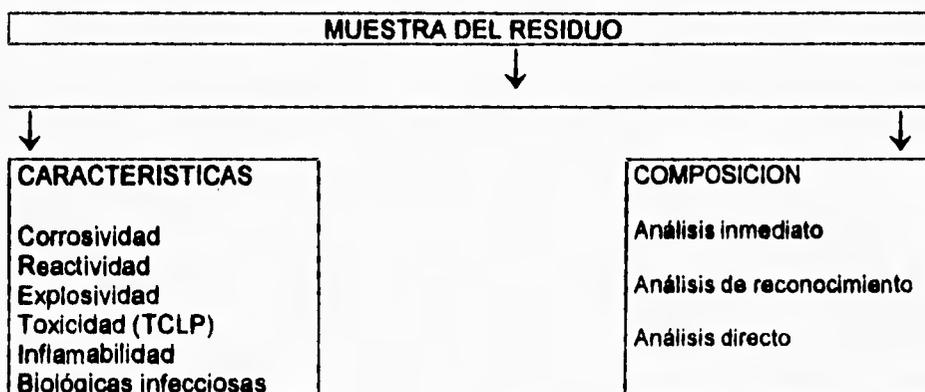
Estabilidad de la muestra:

- Estabilidad física, química y biológica.
- Reacción con la atmósfera (oxígeno, CO₂, humedad).
- Descomposición espontánea (natural o provocada).
- Reacción o contaminación por el recipiente.
- Pérdida por volatilización durante el manejo de la muestra.

El tiempo de permanencia de la muestra antes de su procesamiento para el análisis es un factor que puede ser decisivo para tener resultados adecuados (40).

Otro tipo de procedimiento para la caracterización de residuos peligrosos es el que se muestra en la tabla No. 20.

Tabla No. 20.- Procedimiento a seguir para la caracterización de un residuo peligroso.



ANÁLISIS INMEDIATO

Su objetivo es la determinación de la forma física del residuo y la realización de un balance de masa, que incluye la medición del contenido de humedad (volátil), sólidos y ceniza; la composición elemental (carbón, hidrógeno, nitrógeno, azufre, fósforo, fluor, cloro, bromo, yodo); el poder calorífico y la viscosidad.

ANÁLISIS DE RECONOCIMIENTO

Involucra métodos analíticos para obtener descripciones cualitativas del residuo en términos de los principales elementos inorgánicos y compuestos orgánicos presentes. Dichos métodos analíticos incluyen el uso de las siguientes técnicas:

- Gravimetría
- Cromatografía (de gas (GC) y líquida de alta resolución (HPLC)).
- Espectroscopía (de masa (MS), de infrarrojo (IR), de emisión).
- Combinados (GC/MS, HPLC/MS,HPLC/IR).

ANÁLISIS DIRECTOS

Este tipo de análisis proporciona el medio por el cual se identifican compuestos tóxicos y se cuantifican sus concentraciones. Son los más útiles cuando se pretende determinar contaminantes específicos. Se emplean para:

- Compuestos orgánicos (GC, GC/MS, HPLC)
- Compuestos inorgánicos (espectrofotómetro de absorción atómica).

EQUIPO MINIMO NECESARIO PARA LA DETERMINACION DE ANALISIS EN RESIDUOS PELIGROSOS

Los siguientes equipos son los mínimos necesarios para poder desarrollar análisis a residuos peligrosos, se indica además los parametros que se pueden analizar por medio de este equipo (41).

- 1.- Fotómetro: Nitritos, nitratos, cianuros, cloruros, amonio, DQO e índice de fenol.
- 2.- Espectrómetro de IR: Carbohidratos.
- 3.- Electrodo selectivos: Entre otros pH, fluoruros, amonio y cianuros.
- 4.- Cromatógrafo de gases: Hidrocarburos halogenados volátiles en muestras acuosas, bifenilos policlorados.
- 5.- Cromatógrafo de gases con detector de espectrometría de masas: Para realizar los análisis de manifiesto, las llamadas huellas digitales.
- 6.- Espectrofotómetro de emisión con plasma para medir: Hg, As y otras huellas de metales pesados en aguas residuales y muestras digeridas.
- 7.- Tituladores automáticos: Sulfatos, cianuros, fluoruros, y determinaciones de humedad (p. Karl Fischer).
- 9.- Analizador elemental: Wickbold. Para determinación de elementos en muestras orgánicas.
- 10.- Calorímetro: Para determinación de la inflamabilidad (o punto de inflamación).
- 11.- Equipo de AOX: Para determinación de compuestos orgánicos halogenados adsorbibles.
- 12.- Fluorescencia de R-X: Para el sondeo rápido de elementos.
- 13.- Equipo para digestión a presión.

PUESTA EN OPERACION DE LA METODOLOGIA

- 1.- Disponibilidad de métodos de análisis: consultar métodos y procedimientos normalizados; consultar eventualmente trabajos de investigación relacionados.
- 2.- Conocimiento de las características de las técnicas de separación y medición.
- 3.- Selección de secuencia de métodos: Depende de la información requerida y de la experiencia del analista
- 4.- Control de calidad de resultados: Cuando es satisfactorio, la secuencia del procedimiento puede considerarse como adecuada.

4.5.- EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL REQUERIDOS PARA EL MANEJO, TOMA DE MUESTRA Y CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS

Las personas que están en mayor riesgo con residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas, son aquellas que se encargan de la manipulación, el transporte durante la recolección, transportación, almacenamiento, caracterización y tratamiento o eliminación. Para prevenir la exposición de este personal a estos residuos, ya sea por inhalación, ingestión o por absorción por la piel, se debe implementar programas de seguridad en el trabajo con las medidas de protección adecuadas.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

El equipo de protección personal sirve principalmente para proteger los ojos, la piel y los pulmones de los efectos dañinos de los residuos peligrosos generados.

Hay ciertos materiales que son resistentes a los efectos dañinos de los residuos peligrosos. Estos materiales resisten la penetración de los agentes químicos, también resisten la habilidad de los agentes químicos de degradar el material o pasar a través del mismo.

Es más fácil escoger el equipo de protección personal correcta si se sabe cuáles son los residuos peligrosos con los que se va a interaccionar. Es más difícil escoger el equipo de protección si no se sabe la identidad de los agentes químicos, o si hay más de un agente químico peligroso presente, lo que se recomienda en estos casos es escoger el equipo de protección personal más completo, es decir, con la mayor protección para pulmones, piel y los ojos (42).

Los siguientes pasos explican el proceso de escoger equipo de protección personal adecuado.

- 1.- Averiguar si se podría tener contacto físico con un residuo peligroso.
- 2.- Identificar los residuos peligrosos que están presentes. Identificar los peligros específicos de cada residuo peligroso (inflamable, reactivo, tóxico, explosivo, corrosivo o bacteriológico).
- 3.- Averiguar si el residuo peligroso daña la piel, ojos o pulmones con la cantidad que está presente.
- 4.- Escoger equipo de protección personal que no deje entrar un agente químico peligroso a lo largo del tiempo de exposición.
- 5.- Decidir si es necesario usar un traje protector entero o parcial.

La tabla No. 21 muestra el equipo de protección personal recomendado para el manejo de materiales en la fabricación de pinturas y de los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas.

NIVELES DE PROTECCION DE LA EPA

La EPA tiene un sistema para clasificar el nivel de protección que ofrece cada tipo de ropa protectora (43). Hay cuatro niveles de protección:

El nivel A de ropa protectora ofrece el más alto nivel de protección de los pulmones, piel y ojos. La ropa protectora nivel A incluye lo siguiente:

- 1.- Traje protector resistente y encerrado.
- 2.- Equipo de respiración autónomo.
- 3.- Sistema de radiocomunicación.
- 4.- Mascarilla completa.
- 5.- Guantes interiores y exteriores resistentes a agentes químicos.
- 6.- Botas o zapatos de seguridad, resistentes a agentes químicos.

El nivel B de ropa protectora ofrece el mismo nivel de protección para los pulmones que el nivel A pero con menos protección para la piel. El nivel B de ropa protectora es el mínimo nivel de protección que se debería tener para entrar a un sitio donde todavía no se han identificado los peligros. La ropa incluye lo siguiente:

- 1.- Mascarilla con equipo de respiración autónomo.
- 2.- Casco.
- 3.- Overoles y chaqueta de manga larga, o traje de una o dos piezas contra salpicaduras de agentes químicos, o traje resistente desechable de una pieza.
- 4.- Guantes interiores y exteriores resistentes a agentes químicos.
- 5.- Sistema de radiocomunicación
- 6.- Ropa resistente a agentes químicos.
- 7.- Botas o zapatos de seguridad resistentes a agentes químicos.

El nivel C de ropa protectora ofrece la misma protección para la piel que el nivel B, pero con menos protección para los pulmones. La ropa protectora nivel C incluye lo siguiente:

- 1.- Casco.
- 2.- Mascarilla completa con filtros.
- 3.- Overoles y chaqueta de manga larga, o traje de una o dos piezas contra salpicaduras de agentes químicos, o traje resistente desechable de una pieza.
- 4.- Guantes interiores y exteriores resistentes a agentes químicos.
- 5.- Sistema de radiocomunicación.
- 6.- Botas o zapatos de seguridad resistentes a agentes químicos.

El nivel D de ropa protectora ofrece un mínimo de protección para la piel, y no ofrece ninguna protección para los pulmones. La ropa protectora nivel D incluye lo siguiente:

- 1.- Casco.
- 2.- Anteojos de seguridad o contra salpicaduras.
- 3.- Cubretodo.
- 4.- Botas o zapatos de seguridad.

Para que este equipo sea utilizado adecuadamente se debe disponer de la información necesaria del residuo que se va a manipular, entrenamiento en el manejo del equipo de protección personal, organización del trabajo, higiene personal y vigilancia médica.

TABLA No 21.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDADO PARA EL MANEJO DE MATERIAS PRIMAS Y RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS.

MATERIALES	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	NIVEL DE PROTECCION
SOLVENTES	Goggles, mascarillas para gases, guantes de hule.	C
CARGAS	Mascarilla para polvos, gafas, guantes de lona o de camaza.	C
PIGMENTOS	Mascarilla para polvos, gafas, guantes de lona o camaza.	C
ADITIVOS	Mascarilla para gases, guantes de hule, goggles, chamarras, pantalon y botas de hule.	C
RESINAS	Goggles, mascarilla para gases, guantes de hule.	C
ACEITES	Goggles.	D

CONTINUACION

RESIDUOS GENERADOS		
RESIDUOS	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	NIVEL DE PROTECCION
RESIDUOS DE MATERIA PRIMA	Mascarilla para polvos, guantes de hule, chamarra, pantalon y botas de hule, mascarilla para gases.	C
EMPAQUES DE MATERIA PRIMA	guantes de hule, goggles, mascarilla para polvos,	C
LAVADO DE EQUIPO	Guantes de hule, mascarilla para vapores, chamarra, pantalon y botas de hule, goggles.	C
DERRAMES	Guantes de hule, máscara para vapores, goggles	C
PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACIÓN	Guantes de hule, máscara para vapores, goggles	C
LODOS	Guantes de hule, máscara para vapores, goggles	C

4.6.- RIESGOS A LA SALUD POR EL MANEJO INADECUADO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS.

Los productos terminados que se producen en la industria de las pinturas han participado en el mejoramiento de las condiciones de vida para el ser humano, pero también muchos de los subproductos o residuos que resultan de los procesos de producción son indeseables por no tener una utilidad inmediata y/o por ser altamente tóxicos.

Los efectos tóxicos derivados de la exposición pueden manifestarse a corto plazo, generalmente cuando la exposición es aguda, o bien a largo plazo, cuando la forma de exposición es en dosis bajas durante mucho tiempo.

La importancia de manejar adecuadamente los residuos peligrosos generados se deriva de la necesidad de controlar sus efectos adversos para la salud humana y los ecosistemas, así como su impacto negativo sobre el bienestar social; resulta por tanto identificar el nivel de riesgo de los diferentes tipos de residuos, y determinar los mecanismos y rutas de exposición, a fin de desarrollar las estrategias y medidas de protección más adecuadas.

Las rutas más comunes de exposición en el ser humano son: inhalación, contacto por piel o mucosas, ingestión e inyección (44).

INHALACION

Cualquier sustancia que se encuentre presente en el aire puede ser inhalada, difundirse al torrente sanguíneo o depositarse en el tejido pulmonar. Esta ruta es muy importante por la rapidez con la que los tóxicos llegan a la circulación y pueden alcanzar a otros órganos. La cantidad de material que se absorba dependerá de:

- La concentración del tóxico en el aire.
- El tipo de exposición.
- La frecuencia respiratoria.

ABSORCION A TRAVES DE LA PIEL

La piel es una barrera, cuando está es lesionada, la piel se convierte en una vía muy eficaz para el paso de material tóxico. La relación agente-piel puede presentarse de diversas formas:

- La piel ante el contacto sirve como barrera y no se altera.
- El agente produce irritación primaria.
- El material sensibiliza la piel.
- El agente llega hasta la dermis y pasa al torrente sanguíneo.

INGESTION

Esta ruta puede ocurrir por la ingestión intencional del agente, ingestión por contaminación de alimentos que se ingieren en el sitio de trabajo o al ingerir material que es removido de las vías respiratorias.

INYECCION

El uso de inyectores, trabajo con material cortante (clavos, herramientas con filos), ofrecen la oportunidad de hacer ingresar al organismo residuos peligrosos.

GRUPOS PRIORITARIOS DE RIESGOS PARA LA SALUD POR RESIDUOS PELIGROSOS.

1. Anomalías congénitas y trastornos de la reproducción.
2. Cáncer (sitios específicos).
3. Alteraciones inmunológicas.
4. Trastornos renales.
5. Trastornos hepáticos.
6. Enfermedades respiratorias y pulmonares.
7. Trastornos neuróticos.

La evaluación de la toxicidad consiste en identificar el riesgo y la dosis respuesta.

GRADOS DE TOXICIDAD.

Desconocido=D

Este grado se usa para productos químicos con datos insuficientes de su toxicidad o el peligro que puedan ocasionar.

Los compuestos que caen dentro de esta categoría son aquellos que:

- a) No se ha encontrado información de la toxicidad en la literatura.
- b) Información limitada en experimentos en animales, que fueron favorables, pero en opinión de algunos autores no se puede aplicar a la exposición humana.
- c) Los datos publicados fueron encontrados de validez durable.

No tóxicos=0

Esta designación está dada a materiales que caen en alguna de las siguientes categorías:

- a) Materiales que no causan daño bajo condiciones de uso normal.
- b) Materiales que producen efectos tóxicos en humanos solamente bajo condiciones muy drásticas o por dosis muy grandes.

Toxicidad ligera = 1.

Son sustancias que producen cambios en el cuerpo humano que son reversibles y que pueden desaparecer al terminar la exposición, o con tratamiento médico.

Toxicidad moderada =2

Estas sustancias pueden producir cambios reversibles o irreversibles en el cuerpo humano, estos cambios no son muy severos como para afectar la vida o producir lesiones graves.

Toxicidad severa =3

Estas sustancias pueden producir cambios irreversibles en el cuerpo humano. Estos son muy severos como para afectar la vida o producir lesiones graves.

Agudo local.

Materiales que pueden causar durante una simple exposición daños en la piel o membranas mucosas, sus efectos pueden ser ligeros, moderados o severos.

Agudo sistemático.

Materiales que pueden absorberse por el cuerpo mediante inhalación, ingestión o a través de la piel y sus efectos pueden ser ligeros, moderados o severos.

Crónico local.

Materiales que con exposiciones repetidas o continuas causan daños a la piel o membranas mucosas, sus efectos pueden ser ligeros, moderados o severos.

Crónico sistemático.

Materiales que pueden absorberse en el cuerpo por inhalación, ingestión o a través de la piel, mediante exposición prolongada o repetida y producen efectos ligeros, reversibles, moderados, graves daños físicos o la muerte.

Los tipos de toxicidad en base al tiempo de exposición son:

- a) Exposición aguda.- Corto tiempo de exposición.
- b) Exposición subaguda.- Son exposiciones de duración intermedia alrededor de 90 días.
- c) Exposición crónica.- Se usa para exposiciones de larga duración.

La tabla No. 22 muestra los riesgos a la salud por el manejo de materiales utilizados en la producción de pinturas.

DOSIFICACION

Es el factor más importante para determinar si una enfermedad puede o no ocurrir como resultado de la exposición de un compuesto químico específico, la diferente toxicidad de los compuestos se ha estandarizado mediante las siguientes reglas: la dosis media letal o LD50, se expresa en términos del peso del veneno por unidad-peso del cuerpo. Es decir mg producto químico/ Kg peso del cuerpo (45).

Los factores que intervienen en la dosis son.

- a) Vía de exposición.- Es importante saber si el tóxico fue ingerido, inhalado, vertido en la piel o por alguna combinación de éstas.
- b) Tipo de formulación o estado de dispersión del tóxico.
- c) Temperatura y humedad.
- d) Condiciones fisiológicas del individuo.
- e) Interacción entre el tóxico con otros productos tóxicos y drogas.

CONCENTRACIONES MAXIMAS ADMISIBLES

Estos valores se refieren a la máxima concentración de una sustancia a la que está expuesta una persona, ocho horas al día, durante cinco días a la semana sin afectar al individuo.

Para gases y vapores se expresan en partes por millón (parte de gas o vapor/ partes por millón de aire).

Para humos, rocío y para algunos polvos los datos se dan en mg/ m³ o por 10m³ de aire (46).

TABLA No 22.- RIESGOS A LA SALUD POR EL MANEJO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS

SUSTANCIA	GRADOS Y VIAS DE TOXICIDAD										CONCENTRACION MAXIMA ADMISIBLE			EXPLOR	LIMITES % V		REACCION PELIGROSA EN CALIENTE			AGENTE EXTINTOR		PQLVM.										
	AGUDO					CRONICO					mg/m ³	ppm	mp/m ³		SUPERIOR	INFERIOR	SI NO	CON OXI	CON RED	H ₂ O	CO ₂											
	IRRT	INH A L	ING E S	AL E R G	AP B I S E L	IRRT	INH A L	ING E S	AL E R G	AP B I S E L																						
I. PIGMENTOS:																																
ALUMINIO EN PASTA	1	1	2	-	2	1	1	1	1	-	-	1	1	-	-	200	50	1.7	9													
BIOXIDO DE TITANIO	1	1	1	D											15																	
OXIDO DE FIERRO (R Y A)	1	1													15																	
COMPLEJO DE FERROCIANURO	1				1					D			1	1	ALTO																	
AZUL DE FTALOCIANINA	1	1	1	1	2	2						1	1	1																		
VERDE DE FTALOCIANINA	1	1	1	1	2	2						1	1	1																		
2 NITRO TOLUENO	2	1	2		3	3	3			2	D			3	3	3																
CROMATO DE PLOMO	3	3	3		3	3				3	3	3		3	3	3	0.15															
SAL DE: K ₂ O, ZnO, CrO ₃	3	3	3		D					3	3	3		3	3	0.1																
MOLIBDATO DE PLOMO					3	3							3	3	3	0.15																
SULFATO DE PLOMO					3	3							3	3	3	0.15																
NEGRO DE HUMO		1								1																						
2 NITRO P. TOLIDINA ACETATO DE ACETANILIDA	2	2	1	2	1	3	3	3				1	3	3	3																	
2 NITRO P. TOLIDINA BETA NAFTOL	2	1	2		3	3	3			2	D			3	3	3																
II. CARGAS:																																
OXIDO DE ZINC	1									1						ALTO																
CARBONATO DE CALCIO	1	1	1		D					1				D		ALTO																
SULFATO DE BARIO																INDUCO																
SILICATO DE ALUMINIO			2							3			1			50																
SILICATO DE MAGNESIO	1	2								3			D			5																
SILICATO DE CALCIO	1	2				1				1	3			D		20																
ARCILLA COLOIDAL			2							3				1		50																
III. RESINAS:																																
ESTER EPOXICO	1	1	2		2	1	1	1					1	1		200																

CLAVES : SI NO

Fuente: Riesgos en el proceso de fabricación de pinturas. Tesis, 1979. León Ranero Luis Alfonso

TABLA No 22.- RIESGOS A LA SALUD POR EL MANEJO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS

SUSTANCIA	GRADOS Y VIAS DE TOXICIDAD										CONCENTRACION MAXIMA ADMISIBLE			EXPLORATIVO	LIMITES		REACCION PELIGROSA EN CALIENTE			AGENTE EXTINTOR				
	AGUDO					CRONICO					mgm ³	ppm	mpta ³		% V	SI NO	CON OXI	CON RED	H ₂ O	CO ₂	POLV.M.			
	IRRIT	INH.AL	ALERG	INH.AL	INGRES	ABISEL	IRRIT	INH.AL	ALERG	INH.AL												INGRES	ABISEL	
RESINA BUTILICA	1	2	2	2	2	D				1	1	1	100			4	11.2							
UREA FORMALDEHIDO	1	2	2	2	2	D				1	1	1	100			4	11.2							
RESINA FORMALDEHIDO	1	2	2	2	2	D				1	1	1	100			4	11.2							
RESINA ALCODALICA	1	1	2	2	1	1	1			1	1		200			1.7	9							
BARNIZ POLIURETANO	1	1	2	2	1	1	1			1	1		100			1.7	9							
IV. SOLVENTES :																								
NAFTOL 15	1	1	2	2	1	1	1			1	1		240											
SOLVOSO 100	1	1	2	2	1	1	1			1	1		200											
SOLVOSO 150	1	1	2	2	1	1	1			1	1		200											
WATER	1	1	2	2	1	1	1			1	1		500											
GAS NA	1	1	2	2	1	1	1			1	1		200											
ALCOHOL BUTILICO	1	2	2	2	2	D				1	1	1	100											
CELLOSELVE	1	1		2		D				1	1		200											
V. SECANTES :																								
NAFENATO DE CALCIO	1	1	2	2	1	1	1			1	1					1.7	9							
NAFENATO DE PLOMO	1	1	2	3	3	1	1			3	3	3	100			1.7	9							
NAFENATO DE MANGANESO	1	1	2	2	2	1	1	D		3	3					1.7	9							
NAFENATO DE COBALTO	1	1	2	1	2	2	1	1		1	1	1				1.7	9							
VI. DISPERSANTES :																								
LECITINA DE SOYA																								
NAFENATO DE ZINC	1	1	2	2	1	1	1			1	1					1.7	9							
TRI-OULFOSFATO DE K.																								
VII. PLASTIFICANTES :																								
PROPYLEN GLICOL	1		1		1		1			1	1													
OXIMA							1	1				ALTO												
HIDROXIL EN EL DE CELULOSA							1					ALTO												
VIII. FUNGICIDAS :																								
MOSELE SUCCINATO DE (SODIO NITRATO)	3	2	3	2	3	3	2	2		2	3	3	3	200			1.7	9						
GLICON																								

116

CLAVES : SI NO

Fuente: Riesgos en el proceso de fabricación de pinturas. Tesis, 1979. León Ranero Luis Alfonso

CAPITULO No.5

ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS.

Una vez que la industria tenga identificados y clasificados los residuos peligrosos generados en los procesos de producción, debe de proceder a darles tratamientos adecuados, con el objeto de minimizar el riesgo de una posible contingencia ambiental.

Lo primero y más importante, es el de tener el conocimiento exacto de que tipo de residuo se trata y que lo conforma, para proceder a seleccionar el método de tratamiento al residuo; y lo segundo es saber que el residuo peligroso generado dentro del proceso de producción ya no es materia prima, esto debido a que es una mezcla de distintos componentes y que las concentraciones de sustancias tóxicas, pueden estar presentes en grandes cantidades, o existir trazas de las mismas, o que al estar en contacto con otras sustancias químicas, puede llevarse a cabo una reacción de resultados no previstos y ocasionar un accidente.

De lo anterior se puede deducir que un residuo peligroso puede estar constituido por parte de las materias primas que entraron al proceso de producción, materias que se generaron como subproductos dentro del mismo proceso de producción, y otros materiales que no provienen del proceso productivo si no que son generados en otros lugares de la empresa y que por falta de la adecuada educación son depositados en los recipientes destinados para almacenar y disponer definitivamente los residuos peligrosos, éstos otros materiales son, en la mayoría de las veces basura orgánica, restos de ropa (trapos), estopas, polvo, guantes, etc (47).

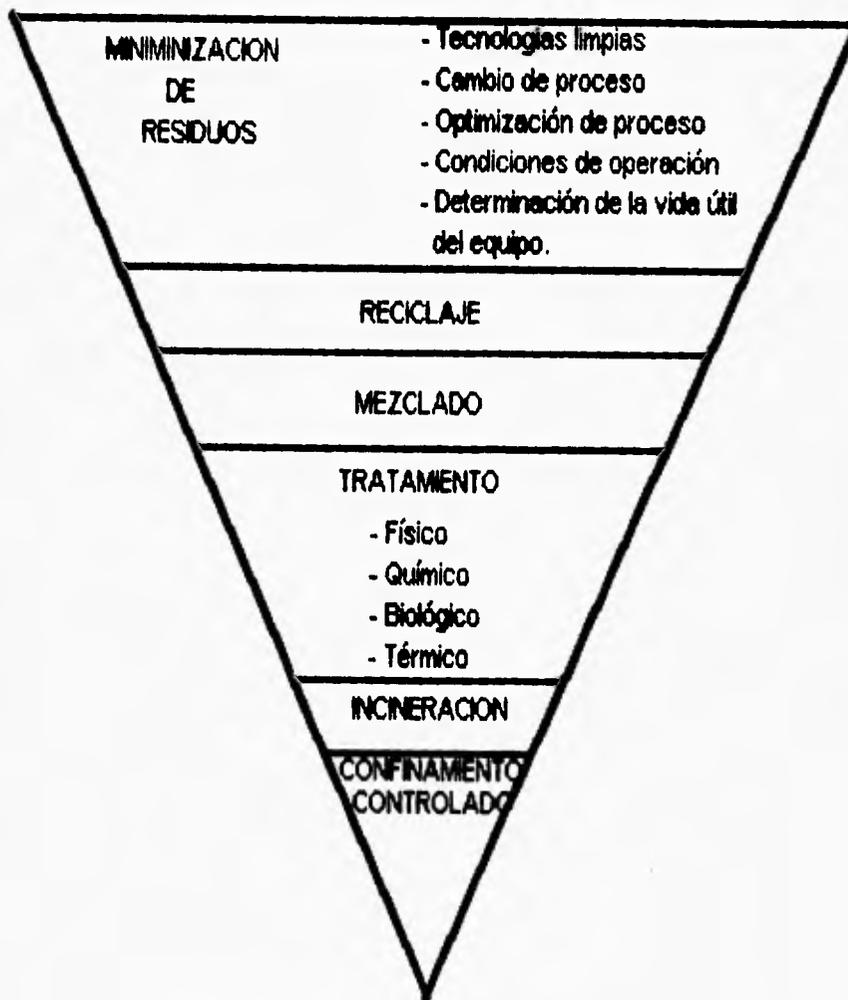
Antes de aplicar tratamiento alguno a los residuos peligrosos, se debe decidir anticipadamente el destino final que los mismos van a tener. Se debe tener un pensamiento abierto para decidir la mejor alternativa de tratamiento, ya sea dentro de la misma industria generadora o en industrias especializadas en darles un tratamiento y/o posterior reuso.

Ante la imperiosa necesidad de iniciar, medidas que a corto, mediano o largo plazo, solucionen y prevengan el impacto de los residuos peligrosos generados en la industria de las pinturas al entorno ecológico, se han generado diversas alternativas de solución ver figura No. 3 (48).

1. Desarrollar y aplicar procesos industriales que no generen residuos peligrosos o que los generen en cantidades mínimas.
2. Desarrollar tecnologías y/o técnicas para incorporar o reciclar los residuos peligrosos al mismo proceso o incorporarlos como materia prima a otro tipo de proceso.

3. Mezclar los residuos peligrosos para producir combustibles suplementarios.
4. Tratamiento de los residuos peligrosos mediante diferentes tecnologías, con la finalidad de reducirlos a formas menos peligrosas o inocuas.
5. Destruir, minimizar y/o hacerlos menos peligrosos por medio de incineración.
6. Disposición final de los residuos peligrosos en sitios especialmente diseñados para tal efecto.

Figura No. 3.- Alternativas de minimización de residuos peligrosos.



Hasta hace algunos años, se consideraban los residuos peligrosos, como productos inevitables que requerían un tratamiento posterior. Sin embargo, con el incremento de los costos de materia prima y energía, la minimización de residuos a ganado importancia. Una solución técnica para eliminar los residuos desde la fuente donde se generan es precisamente lo que se denomina "proceso de ninguna o mínima generación de residuos".

Consiste en eliminar el proceso donde se generan los residuos peligrosos, o bien la modificación de dicho proceso para que de esta manera se produzcan menos residuos.

Otra estrategia a considerar en las llamadas tecnologías limpias es, la sustitución de materias primas por otras, cuyos subproductos no dañen a la salud y al ambiente. Este método puede ofrecer una de las mayores oportunidades en cuanto a reducción de desechos. Se logra reemplazando una materia prima que genera grandes cantidades de residuos peligrosos, por una que genere poco o ningún residuo peligroso, de esta manera los residuos pueden reducirse sustancialmente en volumen.

Otro aspecto importante de tomar en cuenta es, mejorar prácticas de operación por medio de procedimientos o vigilancias a través de instituciones a fin de reducir los residuos. Esto incluye (49):

1) Separación de la corriente residual.

Esto impide a los residuos peligrosos contaminar a los residuos no peligrosos, y se logra mediante procesos de manejo adecuados que impidan a los residuos no peligrosos entrar en contacto con los residuos peligrosos. Este es el método más fácil y barato de reducir costos de disposición, se reducen los costos de manejo y transporte de residuos.

2) Prácticas personales.

- Iniciativas de manejo.
- Instrucción al empleado.
- Incentivos al empleado.

3) Medidas de procedimiento

- Documentación.
- Manejo de material y almacenamiento.
- Localización de material e inventario de control.
- Programación.

4) Prácticas de prevención de pérdidas.

- Prevención de derrames.
- Mantenimiento preventivo.
- Estado de preparación de emergencia.

5) Prácticas de contabilidad.

- Aportación de costos de manejo de residuos a los departamentos que generen los residuos.

De lo anterior, se proponen metodologías de minimización de residuos peligrosos generados en los procesos de producción de pinturas base agua y base solvente.

5.1.- MINIMIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION

Los métodos de minimización de residuos pueden ser clasificados según la fuente de generación, los cuáles pueden ser llevados a cabo a través de la sustitución de la materia prima, modificación de proceso o equipo, mejores prácticas de operación, o reciclamiento. Los métodos considerados para la minimización de residuos son :

Limpieza de equipo.

1.- Uso de aparatos mecánicos tales como limpiadores de goma.

Las gomas limpiadoras son usadas para raspar las paredes del tanque de mezclado, esta operación requiere de trabajo manual, por esto la reducción de los residuos es función del operador. Los nuevos mezcladores son diseñados con raspadores de pared automático (rastras). Estos limpiadores pueden ser usados en algún tanque mezclador cilíndrico de fondo liso o cónico.

2.- Uso de alta presión en cabezas rociadoras y reducción de tiempo de lavado/enjuague.

Después de raspar las paredes del tanque, se puede usar alta presión en mangueras rociadoras en lugar de las mangueras usuales para limpiar tanques con pintura base agua. Según estudios de la USEPA (1979), sistemas de lavado con alta presión pueden reducir el uso de agua en un 80% a 90%. Además el lavado con alta presión puede remover parcialmente la suciedad en pintura, así que la necesidad de sosa cáustica se reduce. Los tanques usados en la preparación de pintura base solvente normalmente emplean un sistema de limpieza de alta presión. Mediante bombeo continuo una cantidad de solvente mezclado se introduce en un tanque hasta que esté limpio, disminuyendo el volumen de solvente para la limpieza.

3.- Uso de teflón.

Utilizar tanques forrados de teflón para reducir la adhesión y perfeccionar el desagüe. La cantidad de pintura adherible puede hacerse más atractiva si la limpieza es en seco. Este método es aplicable únicamente para pequeños lotes de tanques para limpieza manual.

4.- *Uso de plástico o espuma "pig" (tragadora) para limpiar tubería.*

Se ha reportado que en gran parte de la industria es ampliamente usado plástico o espuma "pigs", para limpiar pintura de las tuberías. El "pig" es forzado a través de la tubería desde el tanque de mezclado hacia el embudo de la máquina envasadora. El "pig" impulsa hacia adelante la pintura que está adherida a las paredes de la tubería, con esto se incrementa el rendimiento y se reduce la degradación de la tubería al hacerle la limpieza requerida. Un gas inerte es usado para impulsar el "pig" y retardar el secado de la pintura en el interior de la tubería. El equipo debe ser cuidadosamente diseñado para prevenir derrames, esparcidos, efectos nocivos, y el curso de la tubería debe estar libre de obstrucciones para que el "pig" no se incruste o se pierda en el sistema.

5.- *Mejores prácticas de operación.*

El solvente residual de lavado de cada lote de pintura base solvente debe ser colectado por separado y almacenado. Cuando el mismo tipo de pintura va a ser producida, el solvente residual del lote previo es usado en lugar de solvente virgen.

La minimización de residuos está basada en las buenas prácticas de operación, como puede ser la producción de grandes cantidades de pintura programada o para ciclos de colores desde claros a oscuros, reduciendo así la necesidad de limpiar el equipo a cada rato. Facilitar el uso de pequeños tanques mezcladores portátiles para pintura base agua, limpiándolos inmediatamente después ser usados, para reducir la cantidad de pintura seca en el tanque y así reducir la necesidad de sosa caústica. Muchas veces, el equipo es enviado a una central de operación limpiadora donde se guarda hasta ser limpiado (usualmente en la noche).

Para plantas que emplean CIP (limpieza en lugar) y sistemas de reciclamiento para operaciones de lavado/enjuagado, el volumen de residuos puede ser minimizado por el uso de los siguientes métodos de reducción.

Secuencia de enjuague a contra-corriente.

Esta técnica usa solución "sucia" reciclada para darle una limpieza inicial al tanque, en el siguiente paso la solución "limpia" es usada para enjuagar la solución "sucia" del tanque. El nivel de contaminación es menor en la solución "limpia" pudiéndose aprovechar para otra limpieza inicial en otro tanque.

Agentes limpiadores alternativos.

Tiene muchas ventajas usar solución cáustica para limpiar el equipo de mezclado. Cuando sólidos y compuestos orgánicos disueltos alcanzan cierta concentración, la eficiencia de la solución decrece y debe ser reemplazada. O bien cambiar por otro tipo de solución limpiadora alcalina.

Desaguado de lodos.

Únicamente reduce el volumen de lodo a disponer, pero no debe verse como una minimización de residuo, esto se logra de la siguiente manera:

- Un adecuado tiempo de sedimentación de sólido en la solución de enjuague gastada.
- Uso de desemulsificadores en agua de enjuague para promover el rompimiento de la emulsión y la separación de fases orgánicas.

Pintura fuera de especificación.

- 1.- Incremento de la automatización.
- 2.- Mejores prácticas de operación.

Los lodos de limpieza pueden ser reciclados dentro de un producto comercializable, el uso de métodos de limpieza en seco debe ser maximizado hasta donde sea posible. Otra manera efectiva para reducir el uso de agua incluye el empleo de mangueras con boquillas de volumen límite, usando agua reciclada para limpieza, y promover activamente una supervisión.

Bolsas y empaques.

- 1.- Uso de bolsas solubles en agua para pigmentos tóxicos y compuestos usados en pinturas base agua. Al vaciar la materia prima, las bolsas pueden ser disueltas o mezcladas con la pintura. Tal método es usado comúnmente para manejar compuestos de mercurio. Este método no puede ser usado, cuando se producen pinturas de alta calidad, pintura de fino acabado donde la presencia de este material puede afectar las propiedades de formación de película o se puede aumentar la carga en los filtros y así incrementar el residuo debido al filtrado.
- 2.- Uso de cuñetes o tambores lavables/reciclables con cubiertas interiores de plástico en lugar de bolsas de papel.
- 3.- Mejores prácticas de operación. Las industrias han reportado que la manera más efectiva de reducción de residuos peligrosos asociados con bolsas y empaques es separar el material peligroso del no peligroso y colocarlos en contenedores especiales hasta ser colectados para disposición final.

Emisiones al aire.

Control de emisiones al aire en el almacén (solventes, pigmentos y cargas).

- 1.- Métodos para reducir la cantidad de emisiones resultantes de los tanques de almacenamiento fijos. Algunos de estos métodos son: venteos, cubiertas móviles, cubiertas de nitrógeno para detener emisiones y reducir la oxidación de materia, uso de condensadores, uso de adsorbedores de carbón, compresores de vapor, etc. Cuando se trata de materiales volátiles, se emplea uno o más de éstos métodos para ahorrar en costos. Algunos de los polvos generados durante el manejo, molienda y mezclado de pigmentos pueden ser peligrosos. Sin embargo, los equipos colectores de polvos (campanas, extractores, filtros de bolsa) están instalados en el área de trabajo para minimizar la exposición de los trabajadores. Otros métodos para reducción de residuos en polvo considerados son :

Uso de pigmentos en pasta en lugar de polvos secos.

Los pigmentos en pasta son pigmentos secos que han sido mezclados con resinas. Dado que estos pigmentos son húmedos, no se genera polvo cuando el paquete es abierto. Además, la mayoría de los pigmentos en pasta son suministrados en cuñetes (los cuáles pueden ser reciclados) eliminando residuos cuando se vacían. Este método puede incrementar la cantidad de pigmentos manejables facilitando además su suministro.

También evitar el manejo de los polvos secos para reducir la probabilidad de derrames y generación de polvos.

Derrames.

Métodos de reducción.

- 1.- Incremento de la automatización en los procesos.
- 2.- Mejorar prácticas de operación. Los lodos de limpieza pueden ser reciclados dentro de un producto comercial, el uso de métodos de limpieza en seco debe ser maximizado hasta donde sea posible.

Filtros de cartucho.

- 1.- Otras alternativas viables para sustituir filtros de cartucho son filtros de bolsa y filtros de malla metálica. Hay filtros de malla metálica con tamaños de orificio muy fino del orden de micras los cuáles pueden ser limpiados y reusados. Los desechos de lavado de los filtros de malla metálica son reusados o reciclados.

Productos obsoletos/ devoluciones del cliente.

- 1.- Una vigilancia del mercado, puede reducir la cantidad de productos obsoletos.

5.1.1.- PROCESO DE PRODUCCION DE PINTURA BASE AGUA

El objetivo es la minimización de los **RESIDUOS** producidos en la fabricación de pinturas base agua.

Los siguientes párrafos describen la aplicación y uso de las medidas de reducción de las fuentes generadoras de residuos peligrosos en el proceso de producción de pinturas base agua.

Residuos de limpieza de equipos.

Esta corriente constituye una gran proporción del total de desechos generados. Las siguientes medidas de reducción en las fuentes son usadas con frecuencia :

Reemplazo de la solución cáustica de limpieza.

En el pasado los tanques portátiles y pequeños contenedores eran limpiados con solución cáustica. Desde hace 3 años la solución cáustica fue reemplazada por una solución de propiedades alcalinas. El reemplazo de esta solución de limpieza es la mitad de la solución cáustica regular, así el volumen de agua de limpieza residual es reducido a la mitad.

Empleo de tanques a desnivel.

Los tanques a desnivel usados para pinturas blancas son empleados para hacer sólo colores claros minimizando los lavados intermedios de estos tanques. El depósito en tanques estacionarios permite reducir el tiempo usado para lavarlos manualmente. Emplear tanques estacionarios contribuye a la reducción del 5 al 10% en el volumen de residuo de limpieza.

Uso de sistemas rociadores de alta presión.

En el pasado los equipos de proceso para base agua eran lavados con mangueras de baja presión. Este proceso generaba grandes cantidades de agua residual, al utilizar un sistema portátil de rociadores de alta presión se obtiene una reducción del 25% en el volumen de desechos de limpieza.

Planeación adecuada de lotes.

El proceso utiliza una planeación secuencial de lotes que van del claro al oscuro. Este plan elimina la necesidad de limpieza intermedia.

Sustitución de pigmentos.

Eliminar el uso de pigmentos de plomo y cromo, dado que estos pigmentos son prohibidos en los productos por el consumidor.

Material obsoleto.

Prevenir la obsolescencia de materia prima.

La materia prima debe ser usada tan rápido como sea posible para evitar su expiración o degradación. Las materias primas son aceptadas únicamente cuando se cumplen rigurosamente las normas de control de calidad. Cuando la materia prima es obsoleta, es devuelta al distribuidor. Esto se logra con un cuidadoso control y monitoreo del inventario.

Prevenir la obsolescencia de producto terminado.

El producto terminado obsoleto puede evitarse si se tiene una adecuada planeación en la producción y un control del inventario, este último es muy importante. El control de inventario en una planta es más conveniente si es computarizado, ya que provee información más detallada en corto tiempo.

Productos fuera de especificación.

Los productos fuera de especificación son retrabajados en el sitio para producir productos comerciales, esto representa un costo adicional, sin embargo la reducción de productos fuera de especificación se logra si se tiene un adecuado control de calidad con la materia prima, incrementando la automatización en el proceso y teniendo una limpieza efectiva del equipo.

Derrames.

Como se mencionó anteriormente, los derrames primero se recuperan con un colector manual (recogedor), y son retrabajados dentro de un producto útil. Los remanentes residuales después son recuperados usando adsorbentes en una limpieza en "seco". Si se usa directamente el adsorbente (sin recuperación previa), resulta un residuo difícil o imposible de reprocesar.

Filtros de bolsa.

El uso de filtros de cartucho fueron eliminados dado que presentaba problemas para su disposición. Se pueden sustituir por filtros bolsa. Estos filtros son reusados lo más que se pueda. Los filtros de bolsa gastados cuando son enjuagados y secados no son considerados como desechos peligrosos.

Bolsas y empaques vacíos.

Para minimizar la generación de estos residuos se recomiendan los siguientes puntos:

- ▲ **Uso de pigmentos no peligrosos.**
- ▲ **Uso de pigmentos en forma de pasta.** La mayoría de los pigmentos utilizados están en forma de pasta, el uso de bolsas y empaques para pigmentos es mínimo.
- ▲ **Uso de bolsas solubles en agua.** Algunos de los bactericidas base-mercurio están contenidos en bolsas solubles en agua. Estas bolsas son adicionadas al lote con los bactericidas, evitando así la generación de desechos en forma de bolsas y empaques vacíos.

Tabla 23.- Medidas de minimización de residuos peligrosos en la fabricación de pinturas base agua.

Residuo	Metodología de control
Desechos de limpieza de equipo	1. Cambio de la solución limpiadora cáustica. 2. Uso de sistemas de alta presión. 3. Empleo de tanques a desnivel. 4. Planeación adecuada de lotes. 5. Sustitución de pigmentos. 6. Uso de bactericidas que no contengan mercurio.
Material obsoleto	1. Prevenir la obsolescencia del material. 2. Prever la caducidad del material.
Productos fuera de especificación	1. Planear adecuadamente la formulación del lote.
Derrames	1. Evadir métodos de limpieza en seco.
Filtros bolsa	1. Lavado y secado antes de su disposición.
Bolsas y empaques vacíos	1. Uso de pigmentos no peligrosos. 2. Uso de pigmentos en forma de suspensión y pasta. 3. Uso de bolsas solubles en agua.

5.1.2.- PROCESOS DE PRODUCCION DE PINTURA BASE SOLVENTE.

1.- RESIDUOS DE LAVADO

El objetivo es la minimización de los residuos generados en la fabricación de pinturas base solvente.

Los desechos de lavado constituyen la proporción mayor de los desechos totales generados en la planta de fabricación base solvente. Estos pueden reducirse eficientemente si se consideran las siguientes alternativas:

MODIFICACION DEL PROCESO

- *Planeación de mejoras en la producción.* Los molinos son generalmente limpiados con un solvente compatible, metil etil cetona (MEK) por lo tanto genera un fluido que puede ser utilizado en la producción, sin embargo esto no es posible si los pigmentos son dispersados secuencialmente. En el último de los casos el fluido es usado para limpiar los molinos de bolas.

Planeación del horario de producción de tal forma que las materias primas y productos intermedios se utilicen en el lote de fabricación (eliminando la necesidad del almacenamiento intermedio).

- *Recirculación a través de los molinos.* La recirculación de la mezcla de solvente a través del molino y su regreso al mismo contenedor debería tomarse en cuenta, este proceso evita el uso de un contenedor secundario para coleccionar el material proveniente del molino, con la eliminación de un paso de lavado. Este método tiene un alto potencial para la reducción de desechos donde se necesitan pasos múltiples a través del molino. La desventaja de este método es que también, los pigmentos dispersados se mezclan con pigmentos no dispersados antes de atravesar el molino, esto disminuye la eficiencia del molino y requiere más tiempo para su operación. La degradación de las resinas puede también presentarse como un problema en el sistema de recirculación.

- *Reemplazo de soluciones cáusticas.* La solución cáustica para limpieza puede ser sustituida por un fluido más estable. En algunos limpiadores alcalinos comercialmente disponibles se noto que son más efectivos que los que generalmente se utilizan. No hay problema de disposición por el uso de éstos.

- *El secado de lodos producidos en el lavado cáustico.* El lodo generado del sistema de lavado cáustico es generalmente almacenado en un tambor para su disposición. El desaguado del lodo por floculación o filtración, puede minimizar el volumen del desecho. Otra forma es adicionando desémulsificadores al agua de lavado para romper la emulsión y disminuir el volumen de lodo. El agua de lavado utilizada pasa a un sedimentador para que permita la separación completa de los sólidos en el agua.

MODIFICACION DEL EQUIPO.

- *Limpieza mecánica.* El uso de aparatos mecánicos para limpiar los tanques se lleva sólo a cabo en tanques pequeños, los residuos de pintura son limpiados con una espátula antes de enviarlos a la solución cáustica. Esto evita el uso de solventes para limpieza.

- *Reemplazo de lanzas de alta presión.* Reemplazo de las lanzas de alta presión por limpiadores cáusticos.

- *Reemplazo de los molinos existentes.*- La instalación de molinos más eficientes que no requieran la dispersión en multipasos, evitando el lavado continuo de los mismos.

- *Limpieza de alta presión a tanques.* Los tanques pueden limpiarse mediante sistemas de limpieza a alta presión, esta medida hace que disminuya la cantidad total de solvente requerido para limpieza.

MEJORAS EN LA OPERACION

- *Evitar la limpieza innecesaria.* El equipo debe ser limpiado solamente cuando sea estrictamente necesario, por ejemplo, cuando se hace una dispersión primaria, se emplea un paso a través de los molinos, los contenedores son lavados entre pasos para la fabricación de otro lote. La limpieza intermedia puede evitarse si el producto contaminante no es significativo. En general, la posibilidad de eliminar la limpieza entre lotes secuenciales debería explorarse. Los experimentos podrían realizarse en menor escala en un laboratorio para medir la contaminación resultante, si la contaminación está dentro de los estándares de control de calidad este paso de limpieza puede eliminarse.

- *Lote secuencial de claro a oscuro.* Deben programarse los lotes de tal manera que las pinturas claras sean producidas antes de las pinturas oscuras, lo que implica la eliminación de un paso de limpieza intermedio.

- *Evitar el secado de pintura en los tanques.* Se deben limpiar los tanques inmediatamente después de haber utilizado retardantes para evitar el secado de pintura. Esto también reduce la limpieza y la cantidad de solvente. Una apropiada coordinación entre la producción y la limpieza puede prevenir que esto suceda.

- *Control de inventario computarizado.* Existen algunos sistemas de inventario computarizado comercialmente disponibles, éstos pueden mejorar el trayecto de la materia prima, lo cual ayuda a identificar y remediar las pérdidas de materia prima en su primera etapa.

- *Control y documentación de residuos por computadora.* Puede ayudar a describir la trayectoria de desechos en el proceso y puede ayudar a establecer estrategias de control.

2.- PRODUCTOS OBSOLETOS

Planeación apropiada y control por inventario. Almacenar productos obsoletos puede minimizarse con una planeación adecuada y un control de inventario, actualmente la verificación del inventario se hace dos veces al año, mediante un sistema computarizado.

3.- DEVOLUCIONES POR EL CLIENTE

Programas de estímulo al cliente. Cuando los clientes regresan pinturas no usadas, éstas se retrabajan en otros productos y los contenedores se limpian. A los clientes que adquieran grandes volúmenes de pintura en tanques, pueden ofrecerse algunos estímulos en la tarifa de adquisición a granel. Esto reducirá la cantidad de tanques regresados que requieran limpieza, y también se reducirá la producción de residuos. El tamaño de los contenedores puede controlarse mediante programas de estímulos similares.

4.- PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACION

Asegurar la apropiada formulación del lote. Antes de hacer un lote es una práctica común probar la formulación a pequeña escala en los laboratorios, cuando se hacen lotes grandes de pintura las formulaciones a escala laboratorio deben repetirse dos o tres veces para asegurar la calidad de producción. Así se prevee que un lote de gran volumen vaya a deteriorarse.

5.- DERRAMES

- *Mejorar entrenamiento y supervisión.* El mantenimiento apropiado del equipo puede prevenir fugas. El aumento de entrenamiento y supervisión puede prevenir el sobrellenado y derrames en una transferencia manual.

- *Métodos de limpieza en seco.* La limpieza en seco con adsorbentes se ocupa mucho para los derrames. Los procedimientos de limpieza en seco generan desechos que no pueden reciclarse y por lo tanto necesitan ser desechados. Por lo tanto la limpieza en seco debe evitarse cuando sea posible.

6.- FILTROS BOLSA Y CARTUCHOS

- *Uso de filtros bolsa en lugar de cartuchos.* Este proceso utiliza dos unidades de filtración por cartucho, cada uno con seis cartuchos. El desecho o la disposición de los cartuchos gastados es un problema, los filtros cartucho pueden remplazarse por filtros bolsa, éstos contienen menos pintura y pueden utilizarse muchas veces, sin embargo, los filtros bolsa son más caros. Los filtros bolsa pueden reusarse ya que se lavan fácilmente con solvente y una vez que no sirven se pueden desechar como un residuo no peligroso. El solvente de lavado puede combinarse con otros solventes de desecho y mandarse a disposición o a reciclaje.

- *El uso de mallas en lugar de cartuchos o filtros bolsa.* Las mallas pueden usarse casi indefinidamente cuando se lavan con un solvente, el proceso de lavado puede producir un solvente de desecho. Por lo tanto el uso de mallas es recomendable si esta corriente de desecho puede reusarse en el mismo sitio.

7.- EMPAQUES Y BOLSAS VACIAS

- *La disposición de bolsas con trazas de pigmentos.* La disposición de bolsas con trazas de pigmentos debe investigarse, esto significaría una reducción de bolsas y empaques. El pigmento puede venir en tambores o granel, cuando sea posible estos deben de regresarse al proveedor.

- *Segregación de bolsas vacías y empaques.* Actualmente todas las bolsas vacías y empaques son etiquetados como residuos peligrosos, pero no todos son peligrosos. La segregación de bolsas y empaques que contienen pigmentos peligrosos (cromo, plomo) de aquellos que no contienen material peligroso debe intensificarse para evitar que el resto de bolsas y empaques no se consideren como peligrosos.

Tabla No. 24.- Metodologías de control para la minimización de residuos peligrosos generados en la fabricación de pinturas base solvente.

RESIDUO	METODOLOGIA DE CONTROL
Lavado de equipo	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Sustitución de materia prima 2.- Planeación de mejoras en la producción. 3.- Recirculación a través de los molinos. 4.- Reemplazo de la solución caústica. 5.- Secado de lodos del lavado caústico 6.- Limpieza mecánica. 7.- Reemplazo de lanzas de alta presión. 8.- Reemplazo de molinos existentes. 9.- Limpieza de alta presión a tanques estacionarios. 10.- Evitar la limpieza Innecesaria. 11.- Lote secuencial de claro a oscuro. 12.- Prevenir el secado de pintura en los tanques. 13.- Control de inventario por computadora. 14.- Control y documentación de residuos por computadora.
Productos obsoletos	1.- Planeación apropiada y control de inventario.
Devoluciones	1.- Programas de estímulos a clientes.
Productos fuera de especificación	1.- Asegurar apropiadamente la formulación.
Derrames	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Mejorar entrenamiento y supervisión. 2.- Métodos de limpieza en seco.
Filtros bolsa y cartuchos	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Uso de filtros bolsa en lugar de cartuchos. 2.- Uso de mallas en lugar de cartuchos.
Bolsas y empaques vacíos	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Reciclaje de tambores. 2.- Uso de pigmentos en forma de pasta.

5.2.- RECICLAJE

El reciclaje es el proceso mediante el cual se separa una sustancia de un desperdicio, transformándolo y devolviéndolo al uso productivo. Los generadores pueden reciclar gran variedad de productos químicos, ya sea por ellos mismos o mediante servicio externo. Los residuos que pueden ser reciclables son aquellos en los que es relativamente fácil su separación y/o purificación (50). Desde el punto de vista operacional, el reciclaje se puede dividir en tres modalidades:

- 1.- Reciclaje en la propia planta.
- 2.- Recuperación comercial fuera de la planta.
- 3.- Intercambio, venta y compra de residuos mediante la "bolsa de residuos"

El reciclaje es recomendado cuando:

- 1.- Existe un proceso técnico confiable para recuperar.
- 2.- Su eficiencia es aceptable (>70%).
- 3.- Es rentable (costos de inversión y operación)
- 4.- No se altera la calidad de la producción con el reciclaje de materiales.

Reuso de desechos de limpieza base solvente.

Los desechos de limpieza son reusados varias veces para enjuague de tanques. Este procedimiento asegura que el total de solvente usado para limpieza sea mínimo. Cuando los solventes de enjuague son considerados también sucios para reuso directo, entonces se destilan en el sitio. El solvente recuperado por destilación es reciclado para la operación de limpieza.

Plantas de recuperación de solventes existentes en el territorio mexicano.

Empresa	Lugar
Chemical Waste Management.	Carretera Tijuana-Ensenada.
Reind Química, S.A. de C.V.	Baja California.
Química Omega, S.A. de C.V.	Estado de México.
Química Fortek.	Tenango del Valle, Edo. Mex.
Solventes San Martín.	Chihuahua, Chihuahua
Recuperación Industrial de Residuos.	Laguna de Amozoc, Hermosillo, Son.
Química Wimer, S.A. de C.V.	Chalco, Edo. Mex.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental. INE. 1993.

Retrabado de desechos.

Todos los desechos de retornos de cliente, tallado de residuos de pintura, productos terminados obsoletos, productos fuera de especificación, y derrames colectados son retrabajados dentro de productos comerciales. Una adecuada identificación es básica para determinar la estrategia para retrabajar el desecho. Para adicionarlos dentro de otros productos comerciales.

Tabla 25.- Reuso y reciclamiento de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas.

Reciclamiento y reuso	Metodología de control
Reciclamiento en el sitio	1. Reuso de solvente residual 2. Retrabado de desechos
Reciclamiento fuera de sitio	1. Reciclamiento fuera de sitio/incineración

5.3.- COMBUSTIBLES SUPLEMENTARIOS

La verdadera cuestión está en ¿qué hacer con los residuos que hemos terminado de usar?. Una respuesta rápida es enterrarlos, depositarlos en confinamientos, pero eso pone en peligro nuestro suministro de agua del subsuelo, y además no representa una solución definitiva, sólo hereda el problema a las generaciones futuras. Otra respuesta sería quemarlos en incineradores, pero eso puede provocar la contaminación del aire (si no se tiene un estricto control), y generan cenizas tóxicas que tienen que ser enterradas. La mejor respuesta sin duda es convertir los residuos en algo productivo.

Desde hace más de 10 años, en Europa, Canadá y los Estados Unidos, se usan residuos industriales como combustible suplementario en procesos de combustión controlada.

Los hornos de cemento presentan características ideales que permiten el uso de combustibles suplementarios. Los combustibles son una mezcla balanceada y homogénea de diversos residuos que provienen de una gran variedad de fuentes.

En la industria de las pinturas tenemos los siguientes residuos que pueden considerarse para ser enviados a los hornos de cemento: thinner, tintas, residuos de pinturas, solventes gastados, desengrasantes, sedimentos y lodos de pintura, productos fuera de especificación y productos caducos. La legislación ambiental considera estos residuos como peligrosos porque son inflamables.

Una vez mezclados los residuos, constituyen un combustible balanceado y homogéneo con valor calorífico que permite la sustitución de combustibles primarios tales como combustóleo, gas o carbón. De esta manera se logra una recuperación de recursos, y la destrucción total de los residuos mediante un proceso térmico de combustión limpia.

Para poder entender que es lo que le ocurre al combustible suplementario en un horno de cemento, es importante comprender la química de la fabricación del cemento (51).

¿Qué se introduce al horno?

- Combustible.
- Aire.
- Materiales crudos.

¿Qué es lo que sale del horno?

- Calor.
- Clinker de cemento.
- Emisiones.

¿Qué sucede en el interior?

Mientras el combustible se quema, el calor hace que las moléculas de combustible, aire y materiales crudos se separen. Entonces, estas moléculas se recombinan y se unen para formar un nuevo compuesto mineral estable llamado clinker.

Químicamente lo que sucede a las moléculas es lo mismo si el combustible fuera carbón, petróleo, gas natural o combustible suplementario. Todos estos combustibles tienen componentes orgánicos e inorgánicos. Los componentes orgánicos generalmente contienen hidrógeno y carbono, todo lo demás es inorgánico. Al quemar los componentes orgánicos, se produce calor, bióxido de carbono y vapor de agua. Los componentes inorgánicos se unen con los materiales durante el proceso de fabricación.

Un horno de cemento es simplemente un horno giratorio (rotatorio) muy grande, comúnmente de 4.57m de diámetro y 70.10m de largo, con precalentadores de 91.44m de alto, este horno puede procesar hasta 150 toneladas de material crudo en una hora mientras quema 12 toneladas de combustible por hora (figura No. 4).

- 1.- Materiales crudos. Piedra caliza, arcilla y arena.
- 2.- Combustibles fósiles. Carbón de coque, petróleo (combustóleo), o gas natural.
- 3.- Mientras los materiales crudos se mueven a través del horno rotatorio inclinado, se calientan a temperaturas extremadamente altas de 1467 °C. Las moléculas se separan en estas zona y se reagrupan para formar nuevos compuestos llamados clinker.
- 4.- El combustible suplementario también se separa químicamente, los componentes orgánicos se destruyen y los componentes inorgánicos se unen con los materiales crudos.
- 5.- El clinker en grumos del tamaño de pelotas de golf sale del horno para ser enfriado y mezclado con yeso, molerse en un polvo fino (cemento) y entonces transportarse a revolvedoras de concreto premezclado.
- 6.- Los gases producidos por el proceso son usados para precalentar los materiales crudos
- 7.- La piedra caliza pulverizada (90% del material crudo) limpia los gases calientes mientras pasan por el precalentador ayudando a neutralizar gases ácidos.
- 8.- Gases comunes. Bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, conforman más del 99.9% de las emisiones producidas.
- 9.- Las emisiones de contaminantes (tales como bióxido de azufre, y monóxido de carbono) son particularmente inexistentes y menores cuando se utiliza un combustible suplementario en lugar de un combustible tradicional.

En México la SEDESOL especifica que el combustible suplementario debe cumplir con las siguientes características:

1.- poder calorífico	superior a 5,500 Kcal/Kg
2.- total de halógenos	< 1% en peso
3.- contenido máximo de azufre	1% en peso
4.- sólidos en suspensión	30% máximo
5.- agua (libre)	5% máximo
6.- viscosidad	bombeable
7.- BPC's / plaguicidas	< 2 ppm
8.- metales	máximo ppm
arsénico	100
bario	6,000
cadmio	500
cromo	2,000
plomo	6,000
mercurio	1
selenio	100
plata	100
contenido total de metales	1.48% máximo

Las emisiones de gases de la chimenea no deberán exceder las siguientes concentraciones.

HCl	1% de lo que se dosificó
partículas	NOM-CCAT-002/91

Las condiciones de operación a cumplir son las siguientes:

- 1.- Temperaturas de operación de la flama en la "zona de clinkerización" de más de 1500°C .
- 2.- El tiempo de residencia a través del cuerpo del horno no será menor de 3 seg.
- 3.- El nivel máximo de CO no deberá exceder 100 ppm en los gases de la chimenea de salida.

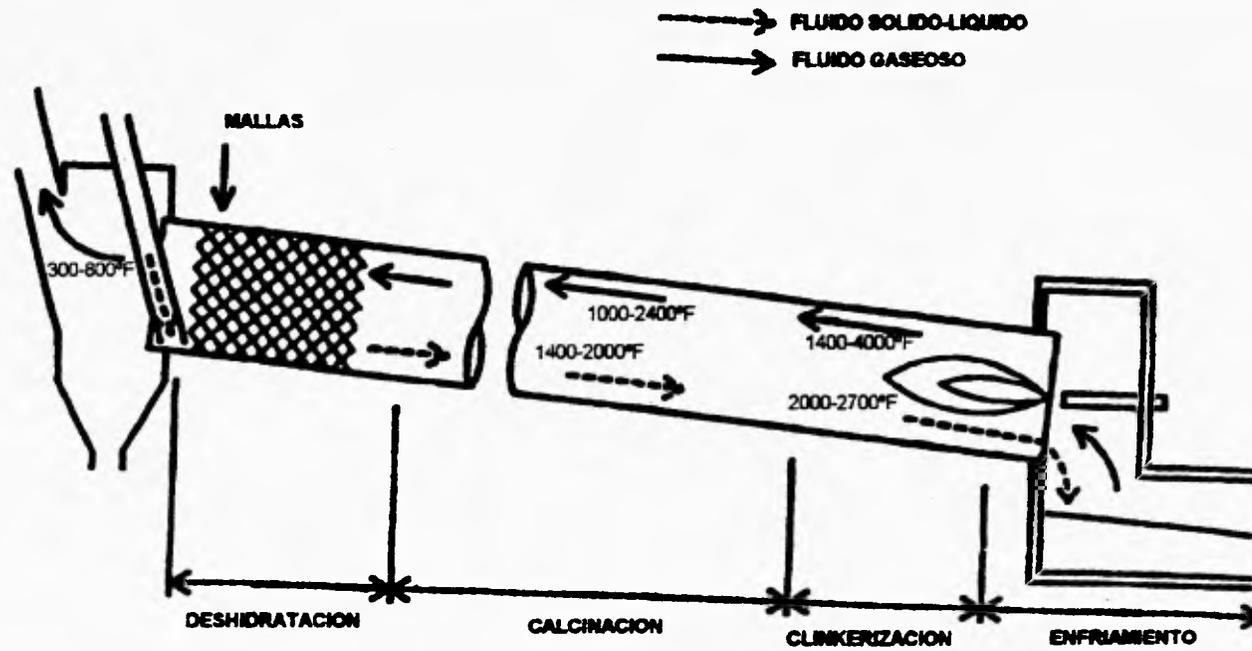


FIGURA No. 4 .- SISTEMA DE INCINERACION DE COMBUSTIBLES SUPLEMENTARIOS EN HORNO DE CEMENTO

5.4.- TRATAMIENTO

Son los diferentes procesos mediante los cuáles los residuos peligrosos son transformados en sustancias inocuas, para posteriormente poderlos reutilizar, o enviarlos hacia los sitios de disposición o bien destruirlos.

Existen cinco tipos de tratamiento, que son los siguientes: físico, químico, biológico, térmico, y fijación/ encapsulación.

Cada uno de ellos involucra tecnologías diferentes. Frecuentemente, se utiliza una combinación de estas tecnologías para el tratamiento adecuado de los residuos peligrosos. En algunos casos los residuos no pueden ser transformados a formas no dañinas, entonces éstos deben ser cuidadosamente transportados y confinados a sitios de disposición final.

El tratamiento que se aplique a un residuo peligroso, debe ser de acuerdo a las características fisicoquímicas de éste, su cantidad, costo de inversión en el tratamiento seleccionado, posibilidad de reuso, etc.

Es casi imposible pensar que los residuos peligrosos se presentan en formas químicamente puras, por lo que un sólo proceso tecnológico difícilmente será apropiado para el tratamiento del residuo peligroso. En general, un residuo peligroso requiere un tren de tratamiento, diseñado de acuerdo a las características del residuo o mezcla de residuos que finalmente, permiten recuperar, reciclar o disminuir el efecto peligroso del residuo.

Para la aplicación de cualquiera de los tratamientos es indispensable contar con un control de los ingresos y egresos de los materiales al tren de tratamiento, además de considerar las necesidades de apoyo de un laboratorio analítico, control ambiental y de seguridad e higiene industrial a lo largo de todo el sistema de tratamiento (52).

La selección de la(s) tecnología(s), estará en función de las siguientes características (53):

Tipo de Residuo. Se refiere a la caracterización de los componentes del residuo, por ejemplo, lodos que contienen metales pesados, aceite contaminado, sulfato de bario contaminado, etc.

Forma o estado físico del residuo. Se encuentran principalmente en estado sólido, semisólido o líquido.

Cantidad. Se refiere a la cantidad de residuos que requieren tratamiento.

Economía relativa del tratamiento. Uno de los puntos determinantes, para la elección de la(s) tecnología(s) de tratamiento, es el costo de operación, cuando ya se cuenta con la infraestructura necesaria ó en caso contrario, se requiere analizar los costos de inversión, así como los de operación y mantenimiento. Así pues, la elección de la, ó las tecnologías, además de tomar en cuenta las características fisicoquímicas del residuo, estará determinada por los factores de índole económico y por su puesto de la infraestructura que exista así como de los requerimientos del personal capacitado.

Legislación. Es indispensable que las alternativas seleccionadas se encuentren acordes a las leyes gubernamentales, pues solamente así, se podrá contar con un control de las mismas. En nuestro país aún no contamos con Plantas de tratamiento como las que existen en otras partes del mundo; sin embargo, se prevee que a mediano y largo plazo comiencen a instalarse, lo que traerá como consecuencia la promulgación de las normas al respecto.

5.4.1.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO QUIMICO

Se basan en la modificación química de las propiedades de los residuos peligrosos; con lo cual las sustancias se convierten en no tóxicas.

TABLA No 26.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO QUIMICO.

METODO	FUNCION	TIPO DE RESIDUO	FORMA DEL RESIDUO
Calcinación	Reduc. Volumen	1 2 3 4 5	Líqu./Sól.
Intercambio iónico	Red. Vol., Sep. de Sint.	1 2 3 4 5	Líquido
Neutralización	Desintoxicación	1 2 3 4	Líquido
Oxidación	Desintoxicación	1 2 3 4	Líquido
Precipitación	Reduc. Vol., Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Reducción	Desintoxicación	1 2	Líquido
Extracción (Liq-Liq)	Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Sorción	Separación	1 2 3 4	Líquido
Quelatación	Separación	2 4 5	Líquido
Disolución	Separación de Sint.	1 2 4 5	Sólido
Hidrólisis	Desintoxicación	3 4	Líquido
Ozonización	Desintoxicación	1 2 3 4	Líqu.-Gas
Cloronólisis	Desintoxicación	3	Líquido
Electrólisis	Separación	2	Líquido

1=Sustancia Inorgánica sin Metales Pesados

2=Sustancia Inorgánica con Metales Pesados

3=Sustancia Orgánica sin Metales Pesados

4=Sustancia Orgánica con Metales Pesados

5=Sustancia Radiológica

Fuente: Rich Q. 1987 "Hazardous Waste Treatment Technologies The Choice is Your", Pollut. Eng.

5.4.2.-TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO.

Se basan en la modificación física de las propiedades de los residuos peligrosos.

TABLA No 27.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO.

METODO	FUNCION	TIPO DE RESIDUO	FORMA DEL RESIDUO
Aereación	Separación	1 2 3 4	Líquido
Separación con NH ₃	Red.Vol., Separación	1 2 3 4	Líquido
Adsorción en carbono	Reduc. Vol. Separación	1 3 4 5	Líquido/Gas
Centrifugación	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Dialísis	Red.Vol., Separación	1 2 3 4	Líquido
Destilación	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Electrólisis	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5 6	Líquido
Encapsulamiento	Almacenamiento	1 2 3 4 5 6	Líquido-Sólido
Evaporación	Red.Vol., Separación	1 2 5	Líquido
Filtración	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5	Líquido-Gas
Flocu/Sedimenta	Red.Vol. Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Flotación	Separación	1 2 3 4	Líquido
Osmosis Inversa	Red.Vol., Separación	1 2 4 6	Líquido
Sedimentación	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Separación con aire	Separación	1 2 3 4 6	Líquido-Sólido
Grav(agua/aceite)	Separación	2 4 9	Líquido
Ultrafiltración	Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Separ. con vapor	Separación	1 2 3 4 6 7 8	Líquido
Microondas	Desintoxicación	1 2 3 4 5 7 8	Sól.-Liq.-Gas
Congel/Cristal	Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Separ. Magnética	Separación	1 2 3 4 5 6	Sól.-Liq.-Gas
Coagulación	Separación	1 2 3 4 5	Líquido
Detonación	Desintoxicación	6 9	Sól.-Liq.-Gas
Sep. Aceite/Agua	Separación	9	Líquido
Resina de Absorción	Red.Vol., Separación	1 2 3 4 5 6	Líquido-Gas
Fotólisis	Desintoxicación	1 2 3 4	Líquido
Compensación	Mejora tratamiento	Mejora tratamiento	Líquido
Ajuste temperatura	Agiliza algunos trat.	Agiliza algunos trat.	Líquido

- 1=Compuesto Inorgánico sin Metales Pesados
- 2=Compuesto Inorgánico con Metales Pesados
- 3=Compuesto Orgánico sin Metales Pesados
- 4=Compuesto Orgánico con Metales Pesados
- 5=Compuesto Radiológico
- 6=Compuesto Biológico
- 7=Compuesto Inflamable
- 8=Compuesto Explosivo
- 9=Aceite/Agua

Fuente: Rich.Q. 1987 "Waste Treatment Technologies The Choice Is Yours", Pollut., Eng.

5.4.3.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

Son muy similares a los empleados en el tratamiento de aguas residuales y se aplican a residuos peligrosos cuya toxicidad no es letal para los microorganismos.

TABLA No 28.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

METODO	TIPO DE RESIDUO	FORMA DEL RESIDUO
Lodo Activado	3 6	Líquido
Laguna de Aereación	3 6	Líquido
Digestión Anaerobia	3 6	Líquido
Filtros Anaerobios	3 6	Líquido
Filtros de Escurrimiento	3 6	Líquido
Laguna de Estabilización	3 6	Líquido
Biodiscos Rotatorios	3 6	Líquido
Siembra Biológica	3 6	Líquido
Composta	3 4 6	Sólido
Enzimático	3 4 6	Líquido

3=Sustancia Orgánica sin Metales

4=Sustancia Orgánica con Metales

6=Sustancia Biológica

Fuente: Rich, G. 1967, "Hazardous Waste Treatment Technologies: The Choice is Yours", Pollut. Eng.

5.4.4.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO TÉRMICO.

Ofrece como ventajas que induce cambios permanentes en los residuos peligrosos; reduce su volumen considerablemente y permite la recuperación de energía, ya que es posible obtener importantes cantidades de vapor de alta presión, a partir del cual se puede generar calor o electricidad.

TABLA No 29.- TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO TÉRMICO.

METODO	FUNCION	TIPO DE RESIDUO	FORMA DEL RESIDUO
Incineración	Reduc. Vol. Desintoxic.	3 5 6 7 8	Sólido-Líquido-Gas
Pirólisis	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4 6	Sólido-Líquido-Gas
Sol Fundida	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4 5 6	Sólido-Líquido
Sistema de Plasma	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4	Sólido-Líquido
Oxidación Aire Humedo	Reduc. Vol. Desintoxic.	3 4	Líquido
Oxidación Térmica de Lecho Fluidizado	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4 5 6 7 8	Sólido-Líquido-Gas
Hogar Múltiple	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4 5 6 7 8	Sólido-Líquido
Horno Rotatorio	Reduc. Vol. Desintoxic.	1 2 3 4 5 6 7 8	Sólido-Líquido-Gas
Oxidación Catalítica	Reduc. Vol. Desintoxic.	3 6 7 8	Sólido-Líquido-Gas

1=Sustancia Inorgánica sin Metales Pesados

2=Sustancia Inorgánica con Metales Pesados

3=Sustancia Orgánica sin Metales Pesados

4=Sustancia Orgánica con Metales Pesados

5=Sustancia Radiológica

6=Sustancia Biológica

7=Sustancia Flamable

8=Sustancia Explosiva

Fuente: Rich, H. 1967, "Hazardous Waste Treatment Technologies: The Choice is yours", Pollut. Eng.

5.4.5.- TECNOLOGIAS DE FIJACION/ENCAPSULAMIENTO.

Elimina el desperdicio de agua de un residuo peligroso, o bien lo cambia químicamente; de esta manera lo hace menos permeable y menos susceptible de ser transportado por flujos de agua.

TABLA No 30.- TECNOLOGIAS DE FIJACION/ENCAPSULACION.

METODO	TIPO DE RESIDUO	FORMA DEL RESIDUO
Encapsulación	1 2 3 4 5	Sólido-Líquido
Solidificación en Cemento	1 2 3 4 5	Sólido-Líquido
Solidificación en Cal	1 2 3 4 5	Sólido-Líquido
Microencapsulamiento Termoplástico	1 2 5	Sólido-Líquido
Polímero Orgánico	1 2 5	Sólido-Líquido
Autoglutinación	1 2 3 4 5	Sólido-Líquido
Vitrificación	5 (Residuo muy Tóxico)	Sólido-Líquido
Sorbentes	1 2 3 4 5	Líquido
Inyección Profunda	1 2 4 6 7	Líquido

- 1=Sustancia Inorgánica sin Metales Pesados
- 2=Sustancia Inorgánica con Metales Pesados
- 3=Sustancia Orgánica sin Metales Pesados
- 4=Sustancia Orgánica con Metales Pesados
- 5=Sustancia Radiológica
- 6=Sustancia Biológica
- 7=Sustancia Flammable

Fuente: Rich. H. "Hazardous Waste Treatment Technologies: The Choice is Yours", Pollut, Eng.

TABLA No 31.- COMPATIBILIDAD DE ALGUNAS CATEGORIAS DE RESIDUOS CON LAS TECNICAS DE ESTABILIZACION/SOLIDIFICACION.

TIPOS DE TRATAMIENTO ESTABILIZACION/SOLIDIFICACION

COMPONENTES	CEMENTO	CAL	TERMOPLASTICA	POLIMERO ORG	MICROENCAPSULACION
ORGANICOS					
1.-Solventes Orgánicos y Aceites	Muchos Dificultan el Fraguado Pueden escapar como Vapor	Muchos Dificultan el Fraguado Pueden escapar como Vapor	Los Compuestos Orgánicos pueden Vaporizar en Caliente	Puede retardar la Fijación del Polímero	Primero deben ser Absorbidos en la Matriz Sólida
2.-Compuestos Orgánicos Sólidos	Buenos. Frecuentemente Incrementan su Durabilidad	Buenos. Frecuentemente Incrementan su Durabilidad	Posible uso como Agente Aglutinante	Puede retardar la fijación del Polímero	Muy compatible con la Encapsulación de Materiales Plásticos
INORGANICOS					
1.-Residuos Ácidos	El Cemento Neutraliza los Ácidos	Compatible	Puede Neutralizarse Antes de su Incorporación	Compatible	Puede ser Neutralizado Antes de su Incorporación
2.-Oxidantes	Compatible	Compatible	Puede causar Ruptura de la Matriz, Fuego	Puede causar Ruptura de la Matriz	Puede causar Deterioro de Materiales Encapsulados
3.-Sulfatos	Puede retardar el Fraguado y causar Astillamiento a menos que se use Cemento Especial	Compatible	Puede Deshidratarse y Rehidratarse causando Hidrólisis	Compatible	Compatible
4.-Haluros	Los Lixiviados del Cemento pueden retardar el Fraguado	Puede retardar el Fraguado. Fácilmente Lixiviables	Se pueden Deshidratar	Compatible	Compatible
5.-Metales Pesados	Compatible	Compatible	Compatible	Un pH ácido solubiliza Hidróxidos Metálicos	Compatible
6.-Materiales Reductivos	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

Nota: Compatible indica que el proceso de estabilización/Solidificación generalmente puede aplicarse satisfactoriamente al componente residual.

Fuente: Malone, P.G. y Jones, L.W. USEPA 1992, "Guide to the Disposal of Chemically Stabilized and Solidified Waste".

PROBLEMATICA ACTUAL DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Las leyes y reglamentos de varios países, limitan la introducción de residuos químicos peligrosos a la biosfera y prohíben que los seres humanos se expongan a estos residuos a través de las diferentes rutas: ingestión directa o indirecta de alimentos y bebidas contaminadas, del contacto físico, por inhalación de polvos o vapores contaminados. El cumplimiento de estas leyes resulta caro y por lo general la disposición adecuada es muy costosa.

En todo el mundo hay cada vez más grupos de personas que rechazan ubicar las instalaciones de tratamiento y disposición de residuos peligrosos en sus comunidades. A pesar que la mayor parte de la gente reconoce que éstos, deben de recibir un tratamiento y disposición adecuados, temen que ocurra un accidente o que las emisiones continuas de bajo nivel de agentes contaminantes al aire, agua o suelo puedan eventualmente perjudicar su salud.

Las empresas que estabilizan los residuos peligrosos, no consiguen lugares adecuados para los sitios de disposición. En algunos caso, les es más barato embarcarlos hacia un país en el que los reglamentos de control sobre almacenamiento, tratamiento y disposición no sean tan estrictos. Es más, un país menos industrializado todavía puede no estar conciente de los posibles peligros causados por los residuos peligrosos.

Los pagos para aceptar los residuos también pueden ser atractivos. A menudo se presentan los siguientes beneficios: nuevos empleos, creación de industrias locales afines que utilizan los materiales recuperados, y tratamiento de los generados en la misma localidad. Por esto, pueden ser grandes las motivaciones económicas, tanto para los exportadores como para los importadores, para llevar a cabo el transporte internacional.

Un gran volumen de residuos peligrosos se ha generado durante las últimas décadas, como resultado de diversos procesos químicos, los sitios previstos para su almacenamiento y disposición controlada, se han saturado paulatinamente y como consecuencia, se encuentran saturados la mayoría de ellos.

La industria, por su parte, ha tomado medidas para tratar de solucionar el problema, considerando diferentes estrategias y medidas para procesos futuros. Las llamadas "Tecnologías limpias" resuelven en gran medida la reducción de riesgos, ya que emplean tratamientos para la estabilización de las sustancias que no se pueden integrar nuevamente al proceso.

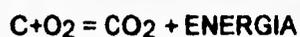
En los últimos seis años el Gobierno Federal y el de los estados ha legislado más en materia ecológica que en toda su historia. Esto implica la aceleración de los impulsos y de los esfuerzos humanos para pretender la reducción de tiempo, pero significa también la multiplicación de errores y la improvisación. Legisla SEDESOL, la STyPS y el IMSS, los gobiernos estatales; se edita la Gaceta Ecológica y se activa la inspección, la acción y la ejecución oficial, alterando ya no el equilibrio ecológico sino el equilibrio psíquico-emocional y económico de los industriales que buscan apoyo en los laboratorios académicos y privados y los encuentra también "privados" de recursos humanos y de infraestructura técnica analítica, organizacional y económica. Existen pocos (casi raros) laboratorios capacitados para hacer frente a tan intempestivo reto, y comienzan a surgir nuevos e improvisados, pero oportunistas laboratorios (54).

5.5.- INCINERACION

Es un tratamiento térmico cuyo propósito es reducir tanto el peso como el volumen de los residuos peligrosos sólidos, así como la eliminación de la peligrosidad. Dichos propósitos generalmente se alcanzan mediante la destrucción de los residuos.

La combustión es la reacción de una mezcla formada por un combustible y oxígeno, este último comúnmente obtenido del aire, con producción de energía (calor, luz y sonido) y productos de combustión (sólidos, gases y agua). Bajo buenas condiciones de incineración el combustible se transforma en una mezcla de bióxido de carbono y vapor de agua, pero también se producen óxidos de azufre y nitrógeno (55).

Las ecuaciones químicas que representan las reacciones de oxidación que suceden durante la combustión son las siguientes:



La combustión de residuos peligrosos se lleva a cabo de dos formas diferentes:

a) Combustión continua.

Los residuos sólidos son alimentados al horno en donde su combustión y la remoción de cenizas se realiza en forma continua y su velocidad puede ser elegida según la calidad de los residuos. Este tipo de procesos deben ser operados continuamente las 24 horas del día. Aun cuando puedan operarse intermitentemente un mínimo de 16 horas, y en tal caso se le nombra "combustión semicontinua".

b) Combustión por hornada (batch).

Este tipo es conveniente para una alimentación de residuos al horno y remoción de cenizas intermitente y debe ser operado ocho horas por día. Este tipo de procesos requiere un número de componentes menor y la construcción de sus instalaciones es más simple, siendo útil para incineración a pequeña escala.

FACTORES QUE AFECTAN LA COMBUSTION.

Los residuos peligrosos sólidos son comúnmente una mezcla heterogénea de materiales. Esta heterogeneidad puede afectar la eficiencia de la combustión impidiendo un buen contacto "aire-combustible" necesario para una buena combustión. La heterogeneidad de la composición de los residuos más o menos ricos en capacidad calorífica pueden hacer variar la cantidad de aire necesario para una combustión completa, por otra parte el agua contenida en los residuos, no aporta calor y además absorbe parte de éste para su evaporación.

VARIABLES QUE AFECTAN LA COMBUSTION DE LOS RESIDUOS

- Combustibilidad (poder calorífico).
- Tiempo de residencia.
- Temperatura de flama.
- Turbulencia en la zona de reacción.

BENEFICIOS DE LA INCINERACION

- Reducción de volumen.
- Eliminación de bacterias y material viral.
- Destrucción de compuestos orgánicos tóxicos.
- Permite recuperación de energía.

PRODUCTOS DE INCINERACION QUE PUEDEN AFECTAR AL AMBIENTE

- Compuestos de azufre.
- Compuestos de nitrógeno.
- Compuestos halogenados.
- Metales pesados (mercurio, arsénico, selenio, plomo, cadmio).
- Partículas suspendidas.

5.6.- DISPOSICION FINAL

Se define como la acción de depositar permanentemente a los residuos peligrosos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

Esta actividad, es uno de los que causan mayor polémica, porque si bien no es ampliamente recomendada es la más utilizada en países en vías de desarrollo que aun no cuentan con la infraestructura necesaria para proporcionar a los residuos peligrosos un tratamiento y obtener las ventajas de estos métodos.

Sin embargo, se admite hoy en día que no existe ningún método de disposición final totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales y seleccionar con propiedad los sitios para disponer los residuos.

Los materiales resultantes del tratamiento de los residuos peligrosos, así como los residuos que puedan ser eliminados sin tratamiento previo de destoxificación han sido dispuestos en confinamientos tales como (56).

- 1.- Tiradero a cielo abierto.
- 2.- Confinamiento controlado.
- 3.- Receptor de agroquímicos.
- 4.- Presa de jales o sistema de contención revestido para minerales.
- 5.- Receptor de agropecuarios.
- 6.- Confinamiento controlado en formaciones geológicas.

MALA DISPOSICION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

TIRADEROS CLANDESTINOS

A) Del sitio

- No hay preselección ni selección técnica del sitio.
- Se encuentran próximos a asentamientos humanos.
- No hay ningún tipo de control para el acceso a personas y vehículos.
- Existe arrastre de los residuos por las corrientes superficiales.
- No realizan ningún tipo de impermeabilización, consecuentemente existen filtraciones a las aguas subterráneas.
- No cuentan con obras y equipo de protección.

B) De los residuos

- No solicitan ni realizan los análisis físicos y químicos de los residuos para su caracterización.
- Reciben cualquier cantidad y tipo.
- Existe mezcla de los residuos y materiales.

- No aplican ningún criterio de clasificación.
- Son quemados indiscriminadamente.
- Existe generación de lixiviados.

C) De operación

- Existe pepena.
- No cuenta con ninguna autorización o licencia.
- Resultan antiestéticos.
- No cuentan con un plan de contingencia.

5.7.- DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PINTURAS.

5.7.1.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA FABRICACIÓN DE RESINAS.

5.7.1.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE SÍNTESIS DE EMULSIONES VINÍLICAS.

La corriente residual proviene de la sección de reacción de emulsiones vinílicas, contiene las purgas del reactor de emulsiones (acetato de vinilo), materia prima sin reaccionar (lauril sulfato de sodio, alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzoilo), polímeros de alto peso molecular, gomas, etc; así como también agua de lavado de equipo, agua de lavado de envases (solución alcalina, agua con solvente). Esta corriente es enviada a través de la bomba B-1 al tanque TA-1 donde se rompe la emulsión.

El rompimiento de la emulsión se lleva a cabo mediante la adición de un desmulsificante mediante una bomba dosificadora, así como también con la dosificación de un álcali o un ácido según el pH que tenga la corriente residual. Este rompimiento de la emulsión se lleva a cabo mediante agitación con el motor M-1. Posteriormente se pasa al tanque TA-2 donde se lleva a cabo la coagulación. Es esencial dispersar el coagulante, cuya dosis es proporcional a los sólidos suspendidos (misma que se determinará mediante pruebas de jarras realizadas con anterioridad) en todo el cuerpo de agua. Esto se lleva a cabo en el TA-2 de mezclado rápido con un mezclador M-2 de alta velocidad o agregando el coagulante en un punto de turbulencia.

El coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para producir un floculo insoluble del hidróxido del metal que se incorpore a las partículas coloidales.

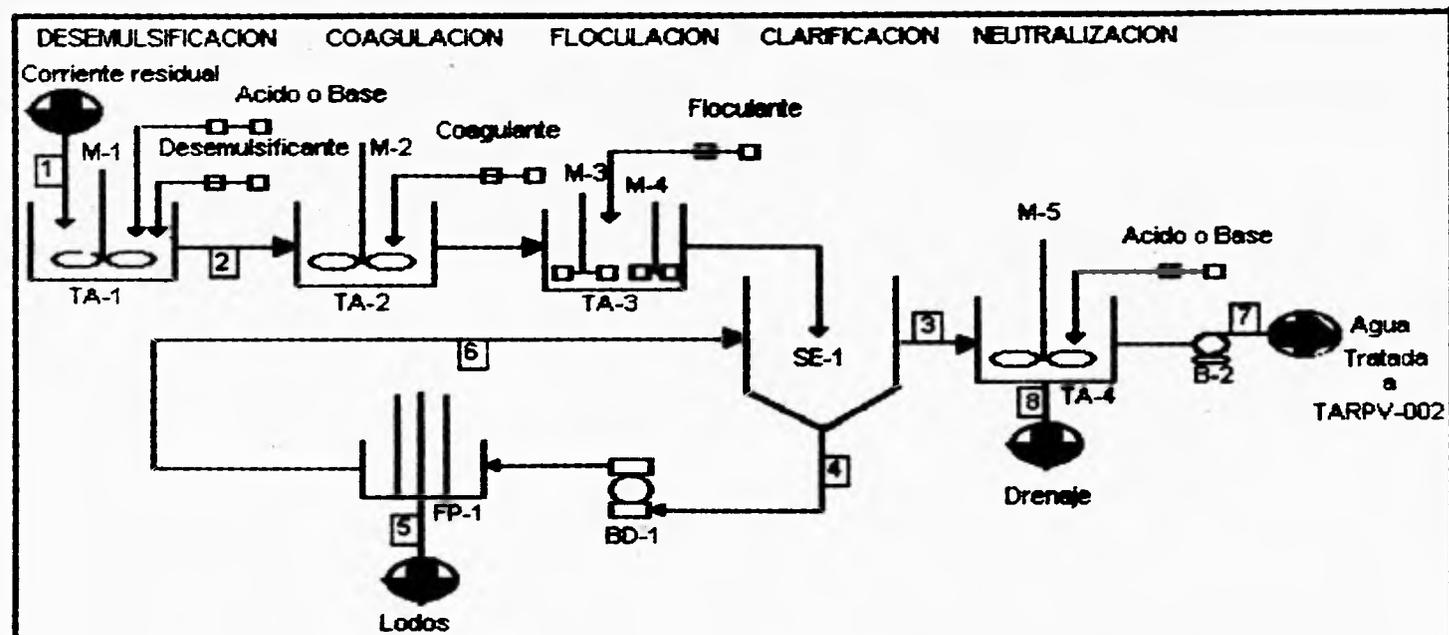
El efluente pasa al tanque TA-3 donde se lleva a cabo la floculación. Se efectúa la colisión entre partículas por medio de un agitado vigoroso mediante el motor M-3, se incorpora el floculante al cuerpo de agua provocando la colisión entre partículas, para producir sólidos sedimentables a partir de una alta concentración de partículas coloidales. Para producir el crecimiento de los floculos se utiliza un mezclador de velocidad variable M-4. Debido a la naturaleza esponjosa de las partículas de floculo, éstas tienen un área superficial muy grande y son capaces de la adsorción de la materia disuelta en solución. Este efecto de superficie activa resulta en que la coagulación quita tanto el color disuelto como la turbidez coloidal del agua. El floculante puede ser un polímero catiónico o aniónico, el cual se agrega mediante una bomba dosificadora.

El proceso siguiente es la clarificación que se lleva a cabo en un sedimentador SE-1, las partículas por lo regular son más densas que el líquido circundante por lo tanto ocurre la sedimentación.

La unidad de sedimentación tiene una función dual : la remoción de sólidos sedimentables y la concentración de los sólidos removidos en un volumen más pequeño de lodo. En este caso la aglomeración de las partículas de flóculo resulta en una mayor velocidad de sedimentación en el fondo, debido a la formación de partículas más grandes y más pesadas. El intervalo de remoción de sólidos sedimentables del agua residual por sedimentación es de 50 a 60%.

Los lodos sedimentados se pasan a través de un filtro prensa FP-1 mediante la bomba de diafragma BD-1 e inyección de aire, donde los lodos se comprimen en las placas, el agua filtrada es retornada a SE-1. Los lodos una vez prensados son secados por una corriente de aire por el tiempo que sea necesario, una vez hecha esta operación los lodos son recibidos en tambos para posteriormente realizarles un análisis CRETIB. Si el análisis demuestra que son residuos peligrosos entonces se estabilizan y se mandan a confinamiento y en caso contrario se pueden reusar.

El agua clarificada es enviada al tanque de almacenamiento TA-4 donde se realiza el ajuste final de pH, mediante la dosificación de un ácido o una base según el pH de la corriente de agua, en este punto un 50% del flujo es enviado al drenaje y el 50% restante es enviado al TA-7 (Plano TARPV-002) por medio de la bomba B-2 para seguir con su tratamiento, ya que no se puede recircular al reactor de emulsiones vínflicas, por que éste requiere agua desionizada.



LISTA DE EQUIPO

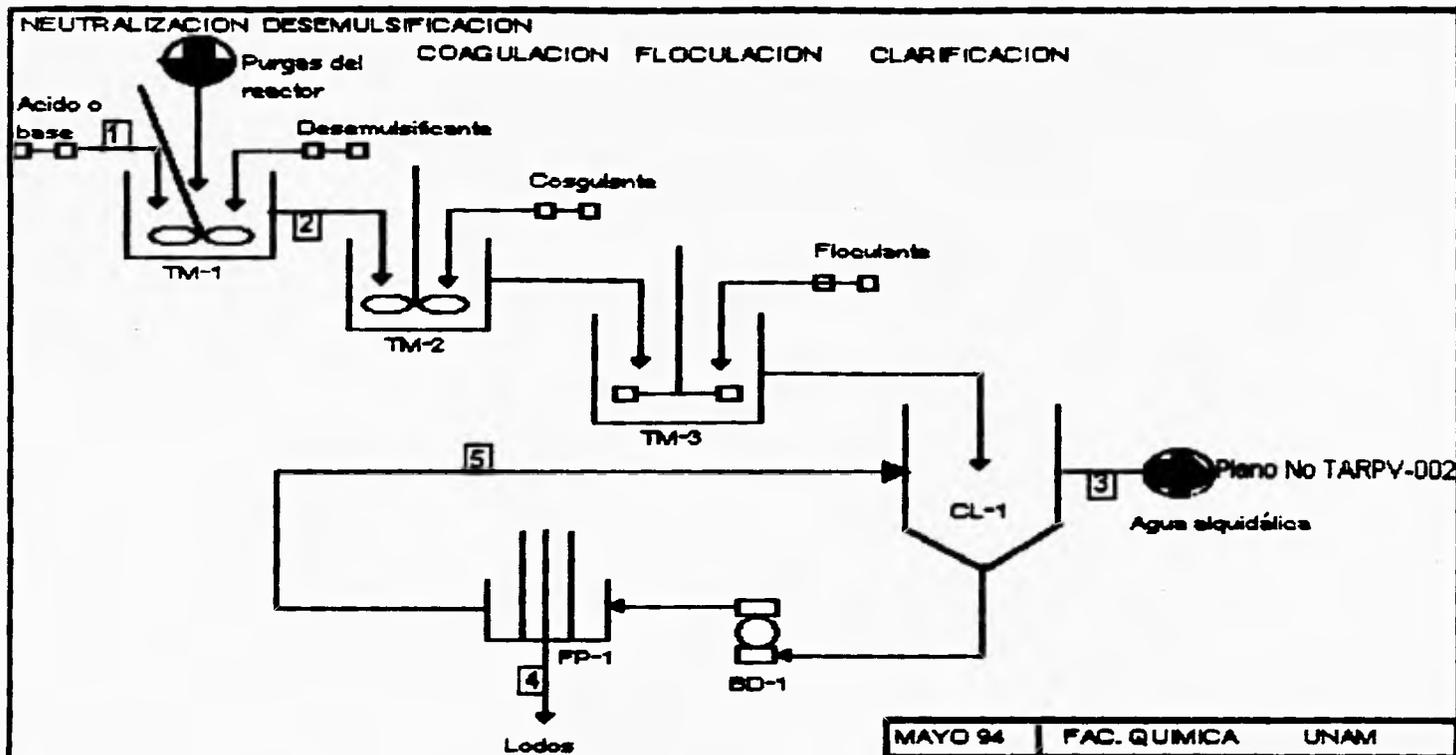
TA-1 Tanque desmulsificante	M-1 Mezclador de tanque TA-1
TA-2 Tanque de mezclado rápido	M-2 Mezclador de tanque TA-2
TA-3 Tanque de Floculación	M-3 Mezclador de tanque TA-3
TA-4 Tanque de almacenamiento	M-4 Mezclador de velocidad variable de TA-3
SE-1 Sedimentador de lodos	M-5 Mezclador de Tanque TA-4
FP-1 Filtro prensa	
B-2 Bomba centrífuga	
BD-1 Bomba de diafragma	

MAYO 94		FAC. QUIMICA		UNAM
DISEÑO	REVISO:	APROBO:		
MMJA-AMC	JLR-LSO	JLR-LSO		
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas				
Sistema de tratamiento de agua residual de la sección de reacción de emulsiones vinílicas				
No DE PLANO		TEV-001		

5.7.1.2.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS PURGAS DEL REACTOR DE SÍNTESIS DE RESINAS ALQUIDÁLICAS

Las purgas provenientes del reactor de síntesis de resinas alquidálicas tienen los siguientes componentes: materia prima sin reaccionar (pentaeritritol, anhídrido ftálico, aceite de soya), subproductos (gomas y polímeros de alto peso molecular de tipo reticular) y producto (resina alquidálica y agua); éstos son enviados al tanque de almacenamiento y neutralización (TM-1), donde se acumulan hasta alcanzar el volumen necesario para el tratamiento (el proceso de fabricación es de tipo intermitente), a este tanque se le agrega un desmulsificante y una solución para neutralizar (ácida o básica) la mezcla, se pone en operación el agitador hasta romper la emulsión. El producto obtenido es enviado por derrame hacia el tanque de mezclado rápido (TM-2) en donde se adiciona un coagulante para precipitar los componentes, se envía la mezcla por derrame hasta el tanque de mezclado lento (TM-3) y se adiciona un floculante que tiene la función de agrupar partículas suspendidas pequeñas, el pH es monitoreado porque es un factor importante en el control de la floculación. El producto de este tanque es derramado al clarificador (CL-1) en donde las partículas suspendidas en solución acuosa son sedimentadas mediante un proceso de gravedad, es en esta etapa es donde se separan los lodos y el agua clarificada.

El agua clarificada es enviada al tanque de balance (TA-5) en el proceso de tratamiento de agua proveniente de la fabricación de pinturas base agua para terminar su tratamiento (plano TARPV-002); los lodos son enviados por la bomba de diafragma (BD-1) a través del filtro prensa (FP-1) para comprimir los lodos y separar el agua que llevan, el agua es recirculada al clarificador y los lodos son almacenados para un análisis CRETIB, dependiendo de este análisis se les dispone adecuadamente.



151

LISTA DE EQUIPO

- TM-1 TANQUE DE MEZCLADO Y NEUTRALIZACION
- TM-2 TANQUE DE MEZCLADO RAPIDO
- TM-3 TANQUE DE MEZCLADO LENTO
- CL-1 CLARIFICADOR
- FP-1 FILTRO PRENSA
- BD-1 BOMBA DE DIAFRAGMA

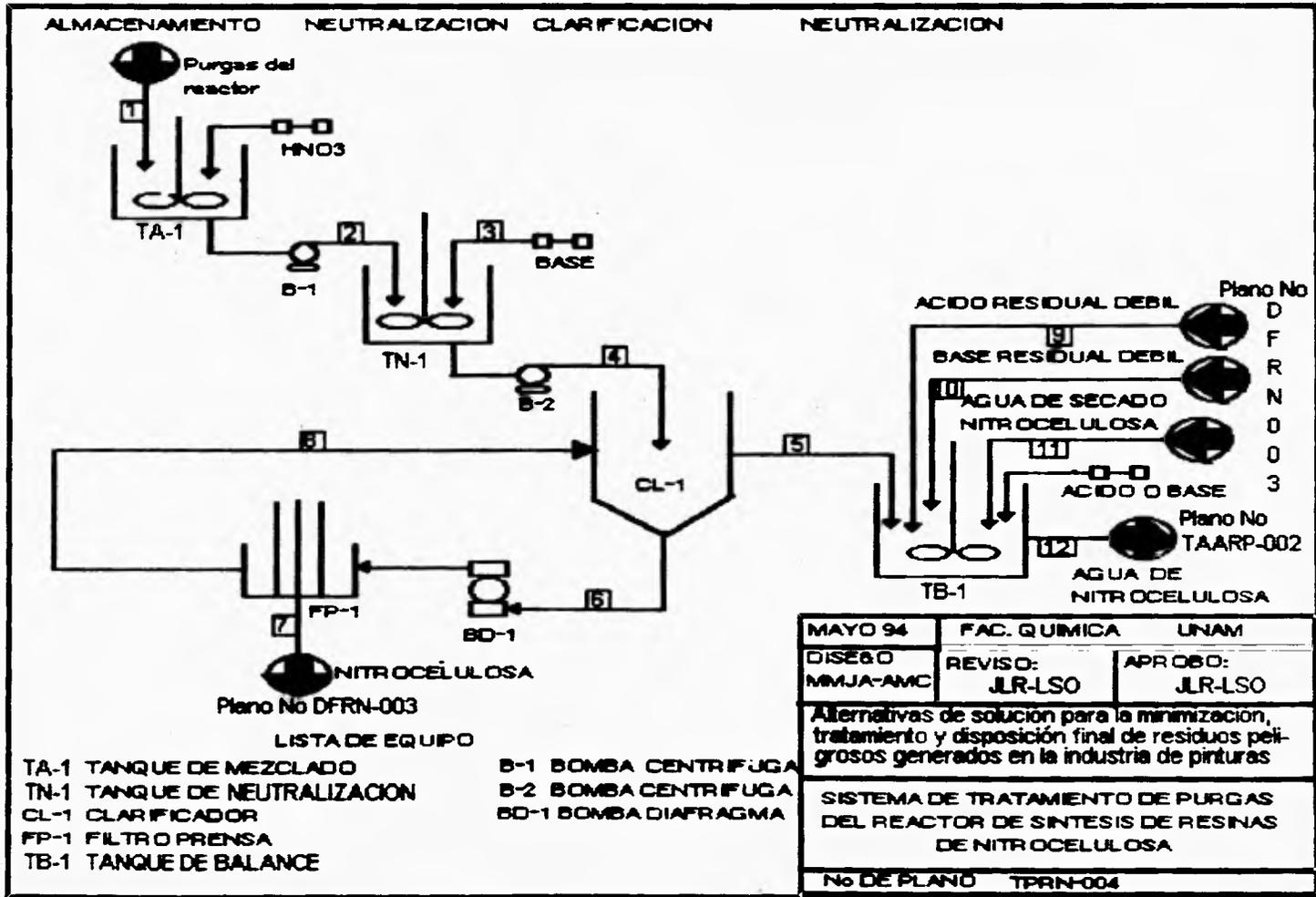
MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO MMJA-AMC	REVISO: JLR-LSO	APROBO: JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peli- grosos generados en la industria de pinturas		
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE SINTESIS DE RESINAS ALQUIDALICAS		
No DE PLANO		TPRA-003

5.7.1.3.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS PURGAS DEL REACTOR SINTESIS DE RESINAS DE NITROCELULOSA

El tratamiento inicia con la recolección de purgas del reactor de síntesis de nitrocelulosa, el reactor opera en forma intermitente y por tal motivo las purgas son almacenadas en el tanque de almacenamiento (TA-1), la composición de las purgas es: materia prima sin reaccionar (H_2SO_4 , HNO_3 , no hay celulosa porque es el reactivo limitante), subproductos (agua, sulfato de celulosa, gomas y polímeros de alto peso molecular de tipo reticular) y producto (nitrocelulosa), cuando el tanque de almacenamiento (TA-1) tiene el volumen necesario para llevar a cabo el tratamiento se adiciona ácido nítrico y se pone en operación el motor del mezclador, el ácido nítrico se adiciona para convertir el sulfato de celulosa a nitrocelulosa.

La mezcla es enviada del tanque de almacenamiento hacia el tanque de neutralización (TN-1) por medio de la bomba (B-1), a este tanque se le adiciona una base para neutralizar la mezcla ácida contenida, la base debe tener la característica de que al llevarse a cabo la reacción de neutralización la sal producida debe ser soluble en agua; se agita la mezcla y se monitorea el pH, cuando se tiene el pH adecuado la mezcla es llevada por la bomba (B-2) hacia el clarificador (CL-1) donde se sedimenta la nitrocelulosa mediante un proceso físico de gravedad. El agua es enviada por derrame al tanque de balance (TB-1) el cual recibe además agua residual débilmente ácida proveniente del lavado de nitrocelulosa (plano DFRN 003), agua residual débilmente básica proveniente de la etapa de estabilización de la nitrocelulosa y agua residual resultante del secado de nitrocelulosa en el proceso de fabricación de resina de nitrocelulosa; se mezclan y se ajusta el pH, cuando se obtiene el pH necesario se envía hacia el tanque de balance (TA-5) en el proceso de tratamiento de agua residual proveniente de la elaboración de pinturas base agua, para finalizar el tratamiento

Los lodos sedimentados en el clarificador (CL-1) son enviados por la bomba de diafragma (BD-1) hacia el filtro prensa donde se separa el agua y los sólidos, el agua es recirculada por medio de la bomba (B-3) hacia el clarificador y los sólidos (resina de nitrocelulosa con agua) son enviados a la etapa de secado de nitrocelulosa, en una mezcla de 90% resina nueva y 10% resina proveniente de este tratamiento, y continuar con el proceso de fabricación de resinas.



5.7.2.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE PINTURAS BASE AGUA (VINILICAS).

La corriente residual proviene de la elaboración de pinturas base agua (pinturas vinílicas), contiene residuos de lavado de equipo (agua o solución cáustica), lavado de contenedores de materia prima, lavado de pisos (derrames de pintura, derrames de materia prima, por ejemplo pigmentos). El proceso de descarga de agua residual es intermitente, por lo cual el agua es captada en una fosa de homogeneización TA-1, antes de entrar a la fosa el agua pasa a través de una criba para retener basura o partículas muy grandes, en la fosa también se retienen algunos lodos, el agua residual es bombeada a través de la bomba B-1 al tanque de neutralización TA-2, donde se dosifica ácido sulfúrico para alcanzar un pH ≈ 7 , la dosificación del ácido se lleva a cabo conjuntamente con una agitación por medio del mezclador M-1.

Posteriormente se pasa al tanque TA-3 donde se lleva a cabo la coagulación. Es esencial dispersar el coagulante, cuya dosis es proporcional a sólidos suspendidos (misma que se determinará mediante pruebas de jarras realizadas con anterioridad) en todo el cuerpo de agua. Esto se lleva a cabo en el tanque TA-3 de mezclado rápido con un mezclador M-2 de alta velocidad o agregando el coagulante en un punto de turbulencia. El coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para producir un flóculo insoluble del hidróxido del metal que incorpore a las partículas coloidales.

El efluente pasa al tanque TA-4 donde se lleva a cabo la floculación. Se efectúa la colisión entre partículas por medio de un agitado vigoroso mediante el mezclador M-3 se incorpora el floculante al cuerpo de agua provocando la colisión entre partículas, para producir sólidos sedimentables a partir de una alta concentración de partículas coloidales. Para producir el crecimiento de los flóculos se utiliza un mezclador de velocidad variable M-4. Debido a la naturaleza esponjosa de las partículas de flóculo, éstas tienen un área superficial muy grande y son capaces de la adsorción de la materia disuelta en solución. Este efecto de superficie activa resulta en que la coagulación quita tanto el color disuelto como la turbidez coloidal del agua. El floculante puede ser un polímero catiónico o aniónico, el cual se agrega mediante una bomba dosificadora.

El proceso siguiente es la clarificación que se lleva a cabo en un sedimentador SE-1, como las partículas por lo regular son más densas que el líquido circundante ocurre la sedimentación.

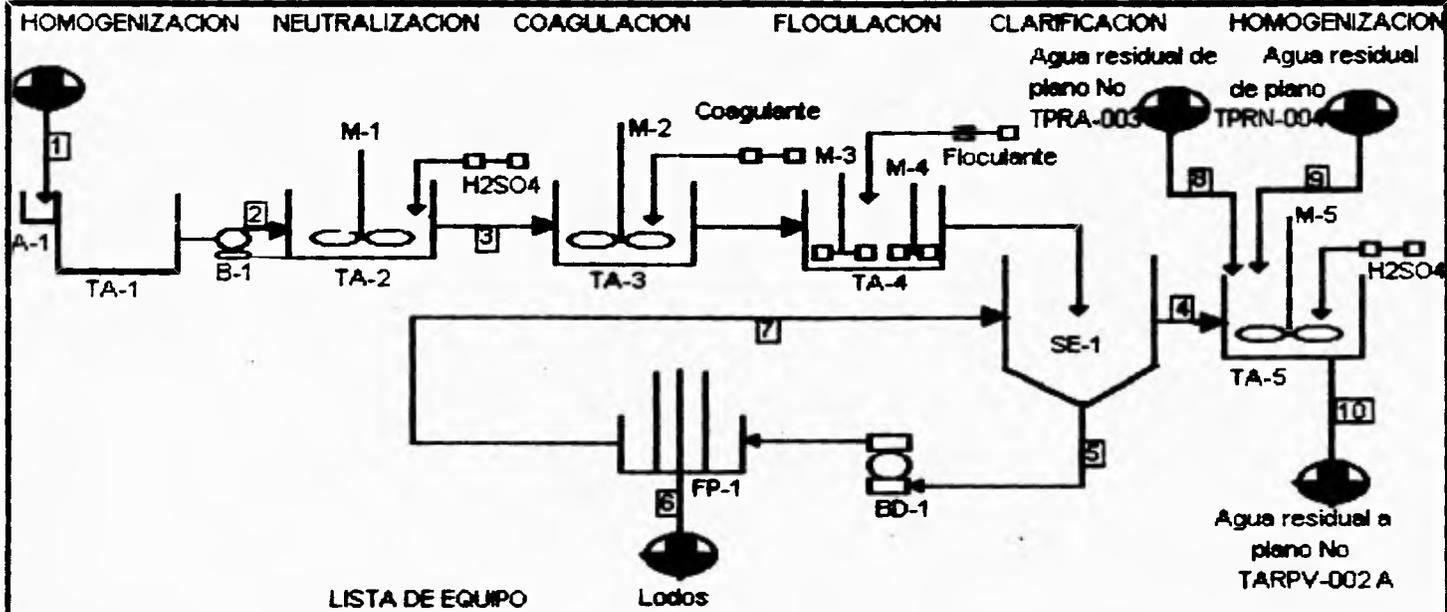
La unidad de sedimentación tiene una función dual : la remoción de sólidos sedimentables y la concentración de los sólidos removidos en un volumen más pequeño de lodo. En este caso la aglomeración de las partículas de flóculo resulta en una mayor velocidad de sedimentación en el fondo, debido a la formación de partículas más grandes y más pesadas. El intervalo de remoción de sólidos sedimentables del agua residual por sedimentación es de 50 a 60%.

Los lodos sedimentados se pasan a través de un filtro prensa FP-1, mediante una bomba de diafragma BD-1 de inyección de aire, los lodos se comprimen en las placas, el agua filtrada es retornada a SE-1. Los lodos una vez prensados son secados por una corriente de aire por el tiempo que sea necesario, una vez hecha esta operación los lodos son recibidos en tambos para posteriormente realizarles un análisis CRETIB, si el análisis demuestra que son residuos peligrosos entonces se estabilizan y se mandan a confinamiento y en caso contrario se pueden reusar o tirar.

El agua clarificada es enviada al tanque de balance TA-5 donde se junta con la corriente de agua tratada de resinas alquídicas y con la corriente de agua tratada de resinas de nitrocelulosa, se le ajusta el pH entre 6 y 9 para asegurar la tasa de vida de los microorganismos que se utilizarán en el tratamiento biológico con lodos activados, este proceso depende del uso de una alta concentración de microorganismos presentes cuya aglomeración asemeja a un flóculo que se mantiene suspendido por medio de agitación, esta agitación es mediante mezclado mecánico con M-5, para obtener altas tasas de transferencia de oxígeno. La efectividad del proceso depende del retorno de una parte de los lodos (microorganismos vivos), estos lodos son enviados al sedimentador SE-2, después del periodo de sedimentación son enviados mediante la bomba de diafragma BD-3 a la zona de aireación TA-6 para mantener la estabilización. El resto de los lodos son pasados a través de un filtro prensa FP-2, como son residuos peligrosos son enviados a estabilización y posteriormente a confinamiento. El agua filtrada que se optiene de FP-2 es retornada a TA-6.

El agua clarificada en el sedimentador SE-2 es enviada al tanque de balance TA-7 junto con la corriente proveniente del plano TEV-001. La corriente resultante es enviada mediante la bomba B-4 a un sistema de adsorción con carbón activado, el sistema consta de 2 torres conectadas en paralelo (CA-1 y CA-2) lo cual permite hacer uso de una mientras la otra está en regeneración, ésta regeneración generalmente se hace con vapor. La finalidad de pasar el agua a través de las torres de carbón activado es para eliminar turbidez, color y olor, así como solventes orgánicos volátiles. El efluente es enviado al tanque de transferencia TA-9, en este punto un 50% del flujo es enviado al tanque TA-8 donde se efectúa una cloración, para este fin se utilizarán pastillas de hipoclorito de calcio que se introducen en un tubo de PVC que tiene orificios, el agua pasa a través de los orificios y disuelve las pastillas alcanzando una concentración de cloro libre entre 1 y 5 ppm en el cuerpo de agua. El efluente pasa a través de un sistema de adsorción con carbón activado la finalidad de pasar el agua a través de la torre pequeña de carbón activado CA-3 es eliminar turbidez, color y olor, solventes orgánicos volátiles, así como también el cloro en exceso, posteriormente el efluente se descarga al drenaje en las condiciones que establece la NOM-CCA-031-ECOL/1993.

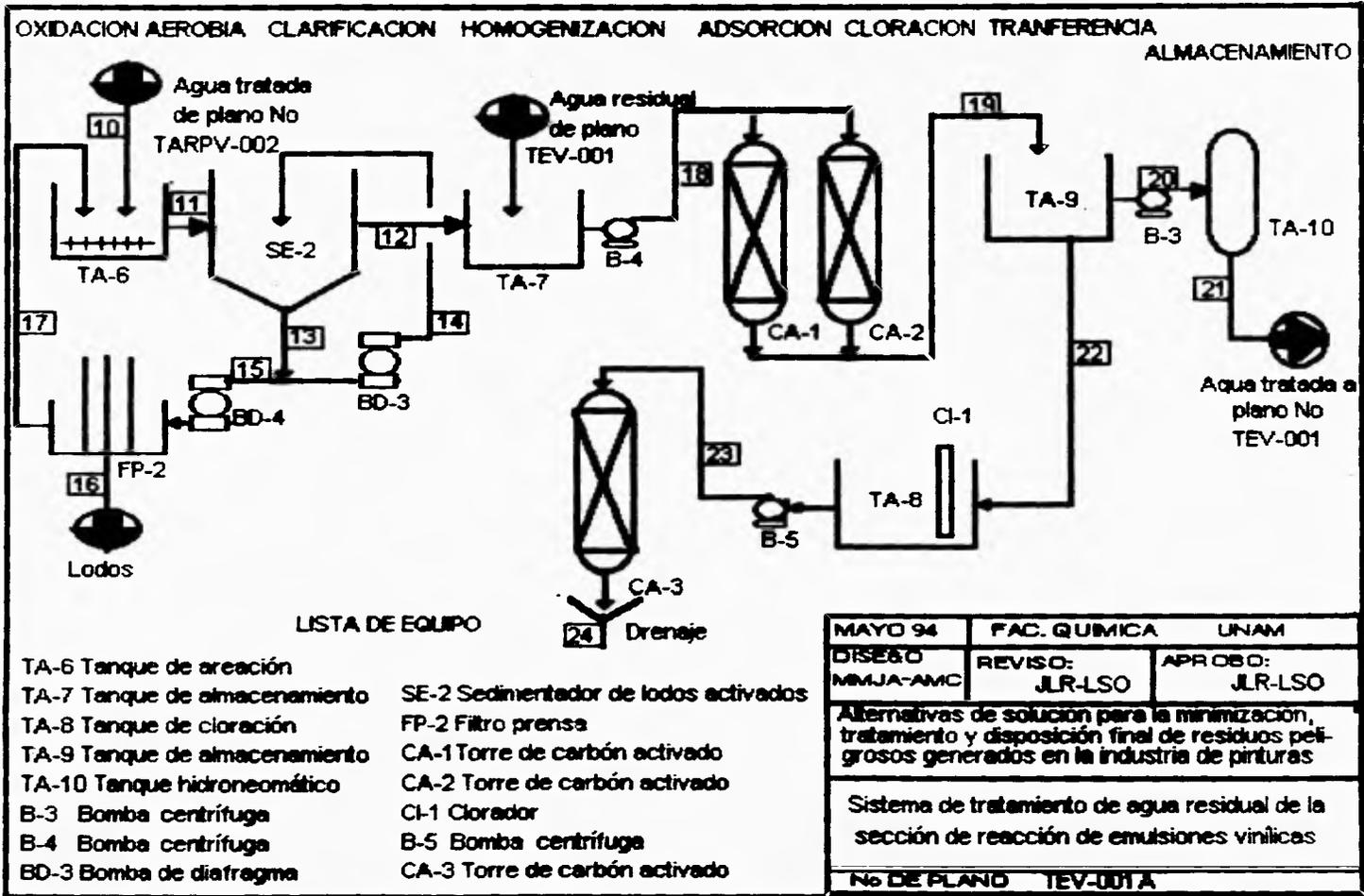
El 50% restante de agua tratada se bombea mediante B-3 a un tanque hidroneumático TA-10 de donde se abastece de agua a los sitios donde se requiera agua para lavado de equipo.



LISTA DE EQUIPO

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| TA-1 Tanque de homogenización | M-1 Mezclador de tanque TA-2 |
| TA-2 Tanque de neutralización | M-2 Mezclador de tanque TA-3 |
| TA-3 Tanque de Coagulación | M-3 Mezclador de tanque TA-4 |
| TA-4 Tanque de Floculación | M-4 Mezclador de alta velocidad |
| SE-1 Sedimentador de flóculos | M-5 Mezclador de tanque TA-5 |
| FP-1 Filtro prensa | |
| B-1 Bomba centrífuga | |
| BD-1 Bomba de diafragma | |
| A-1 Arenero | |

MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO	REVISÓ:	APROBÓ:
MMJA-AMC	JLR-LSO	JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas		
Sistema de tratamiento de agua residual de la sección de reacción de emulsiones vinílicas		
No DE PLANO TEV-001		



5.7.3.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE PINTURAS BASE SOLVENTE

5.7.3.1.- TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE BARNICES ALQUIDALICOS

Durante el proceso de fabricación de barnices alquidáticos se identificaron los siguientes residuos:

- 1.- Empaques de materia prima.
- 2.- Derrames de materia prima y producto terminado.
- 3.- Pérdidas de solvente por evaporación.
- 4.- Residuos de lavado (solvente sucio).
- 5.- Lodos del filtro prensa (geles formados).

El tratamiento para cada uno de ellos es el siguiente:

1.- Empaques de materia prima. No hay tratamiento para estos residuos pero se puede minimizar su generación siguiendo las siguientes actividades:

- Uso de bolsas solubles en solvente.
- Uso de cuñetes y tambores lavables y reciclables.
- Segregación de las bolsas con residuos peligrosos de las bolsas con residuos no peligrosos.

2.- Derrames de materia prima y producto terminado. No hay tratamiento para este tipo de residuos pero se puede minimizar su generación con la aplicación de las siguientes actividades:

- Incremento de la automatización.
- Mejorar practicas de operación (entrenamiento y supervisión).

Los derrames de producto terminado se envían a retrabajo en otro producto de menor calidad y cuando éste no es posible se estabilizan y se envían a disposición final.

3.- Pérdidas de solvente por evaporación. A éstas emisiones de solvente al aire se les aplica el tratamiento sistema de recuperación de compuestos orgánicos volátiles (ver descripción del proceso).

4.- Residuos de lavado. Los residuos de lavado son los que se generan en mayor volumen, el solvente sucio es recolectado y enviado al tanque de almacenamiento (TA-1) del sistema de tratamiento de recuperación de solventes; ver descripción del proceso.

5.- Lodos del filtro prensa. Estos lodos son separados del filtro prensa y almacenados, se les aplica un análisis CRETIB para determinar la peligrosidad de los mismos, si son peligrosos se estabilizan y se envían a disposición final, si no son peligrosos se pueden aprovechar como materia prima en otro proceso o disponerlos de la mejor manera posible.

5.7.3.2.- TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE LACAS DE NITROCELULOSA

Durante el proceso de fabricación de lacas de nitrocelulosa se identificaron los siguientes residuos:

- 1.- Empaques de materia prima.
- 2.- Derrames de materia prima y producto terminado.
- 3.- Pérdidas de solvente por evaporación.
- 4.- Residuos de lavado (solvente sucio y lodos de pintura).
- 5.- Lodos de filtrado de laca de nitrocelulosa

El tratamiento para cada uno de ellos es el siguiente:

1.- Empaques de materia prima. No hay tratamiento para estos residuos pero se puede minimizar su generación siguiendo las siguientes actividades:

- Uso de pigmentos no peligrosos.
- Uso de pigmentos en forma de pasta.
- Uso de bolsas solubles en solvente.
- Uso de cuñetes y tambores lavables y reciclables.
- Segregación de bolsas con residuos peligrosos de los no peligrosos.

2.- Derrames de materia prima y producto terminado. No hay tratamiento para este tipo de residuos, pero se puede minimizar su generación con la aplicación de las siguientes actividades.

- Incremento de la automatización.
- Mejorar prácticas de operación (entrenamiento y supervisión).

Los derrames de producto terminado se envían a retrabajo en otro producto de menor calidad y cuando esto no es posible se estabilizan y se envían a disposición final.

3.- Pérdidas de solvente por evaporación. Estas emisiones de solvente al aire se controlan con el sistema de tratamiento de control de compuestos orgánicos volátiles (ver descripción del proceso).

4.- Residuos de lavado. Los residuos de lavado son los que en mayor volumen se generan, el solvente sucio es recolectado y enviado al tanque de almacenamiento (TA-1), del sistema de tratamiento de recuperación de solventes (ver descripción del proceso).

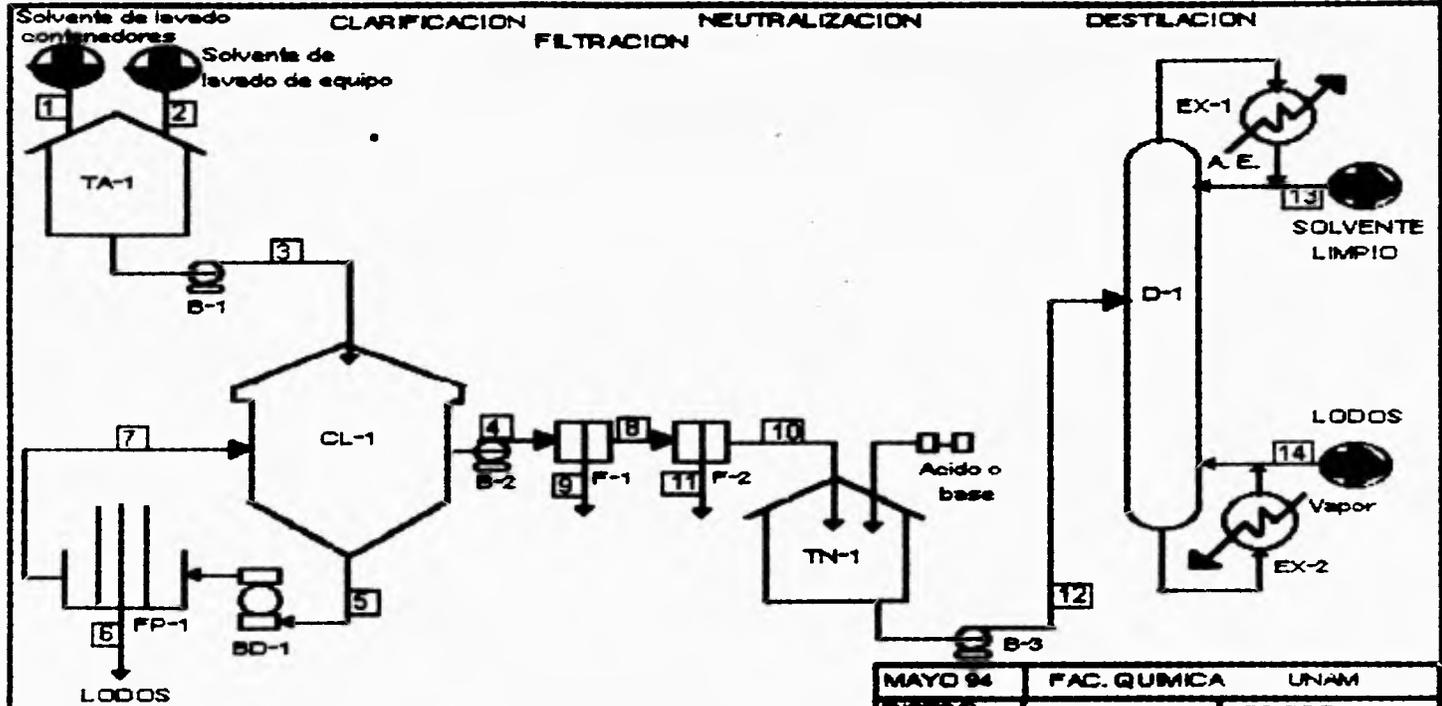
5.- Lodos del filtrado de laca de nitrocelulosa. Estos lodos son separados del filtro y almacenados, se les aplica un análisis CRETIB para determinar la peligrosidad de los mismos, si son peligrosos se estabilizan y se envían a disposición final.

5.7.3.4.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RECUPERACION DE SOLVENTES

Los solventes sucios son producidos en el lavado de equipo de proceso de fabricación de pinturas base solvente (barnices y lacas), resinas (alquidálicas y nitrocelulosa), limpieza de contenedores de producto terminado caduco y contenedores de devoluciones por el cliente, éstos son almacenados en el tanque (TA-1) con tapa para evitar la evaporación de solvente, los solventes son enviados por la bomba (B-1) al clarificador (CL-1); mediante un proceso físico de gravedad que ocurre en un período que va de 24 a 72 horas se separan compuestos suspendidos (cargas, pigmentos, resinas, etc.) y algo de agua, el clarificador debe tener una cubierta para evitar la evaporación del solvente en el tiempo requerido para la sedimentación. Los lodos sedimentados en el clarificador son enviados por la bomba de diafragma (BD-1) al filtro prensa (FP-1) donde se separa el solvente que es recirculado al clarificador (CL-1), los lodos producidos son almacenados, estabilizados y enviados a disposición final.

El solvente clarificado es llevado por la bomba (B-2) hacia el filtro (F-1), que contiene un tamiz grueso, este proceso consiste en eliminar del solvente gastado el residuo sólido en suspensión o materiales no solubles, eliminando partículas de gran tamaño, este filtro contiene en serie otro filtro (F-2) con un tamiz más fino, este filtro nos da un solvente con una cantidad mucho menor de sólidos suspendidos. De los filtros se obtiene un residuo sólido, que en muchos de los casos se almacenan para disposición final. El solvente filtrado pasa al tanque de neutralización (TN-1) con tapa para evitar pérdidas por evaporación, en la mayoría de las veces, el solvente a recuperar tiene en solución sustancias que pueden afectar el proceso de limpieza, por lo tanto es necesario conocer lo más exacto posible el contenido y proporción de estos compuestos en el solvente, el tratamiento de neutralización (ácido o base) dependerá de las características fisicoquímicas de las sustancias.

El solvente ya sin sólidos y neutralizado es enviado por la bomba (B-3) hacia el destilador (D-1) para proceder a efectuar su purificación, esto con la finalidad de eliminar de ellos impurezas disueltas (resinas, aceites, otros.) y el agua que no pudo ser eliminada por el proceso de sedimentación. El destilador tiene integrado un condensador (EX-1) en el producto de destilación para condensar el solvente recuperado y enviar una parte del mismo al destilador, y la otra parte a un tanque de almacenamiento de solvente recuperado. Las colas de destilación son enviadas a un rehervidor (EX-2) con la finalidad de recuperar solvente que a un contienen las colas. Las colas son almacenadas, estabilizadas y enviadas a disposición final.



LISTA DE EQUIPO

- TA-1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- CL-1 CLARIFICADOR
- FP-1 FILTRO PRENSA
- F-1 FILTRO DE TAMIZ FINO
- F-2 FILTRO DE TAMIZ GRUESO
- TN-1 TANQUE DE NEUTRALIZACION
- D-1 TORRE DE DESTILACION
- EX-1 CONDENSADOR

- EX-2 REHEVIDOR
- B-1 BOMBA CENTRIFUGA
- B-2 BOMBA CENTRIFUGA
- B-3 BOMBA CENTRIFUGA
- DD-1 BOMBA DIAFRAGMA

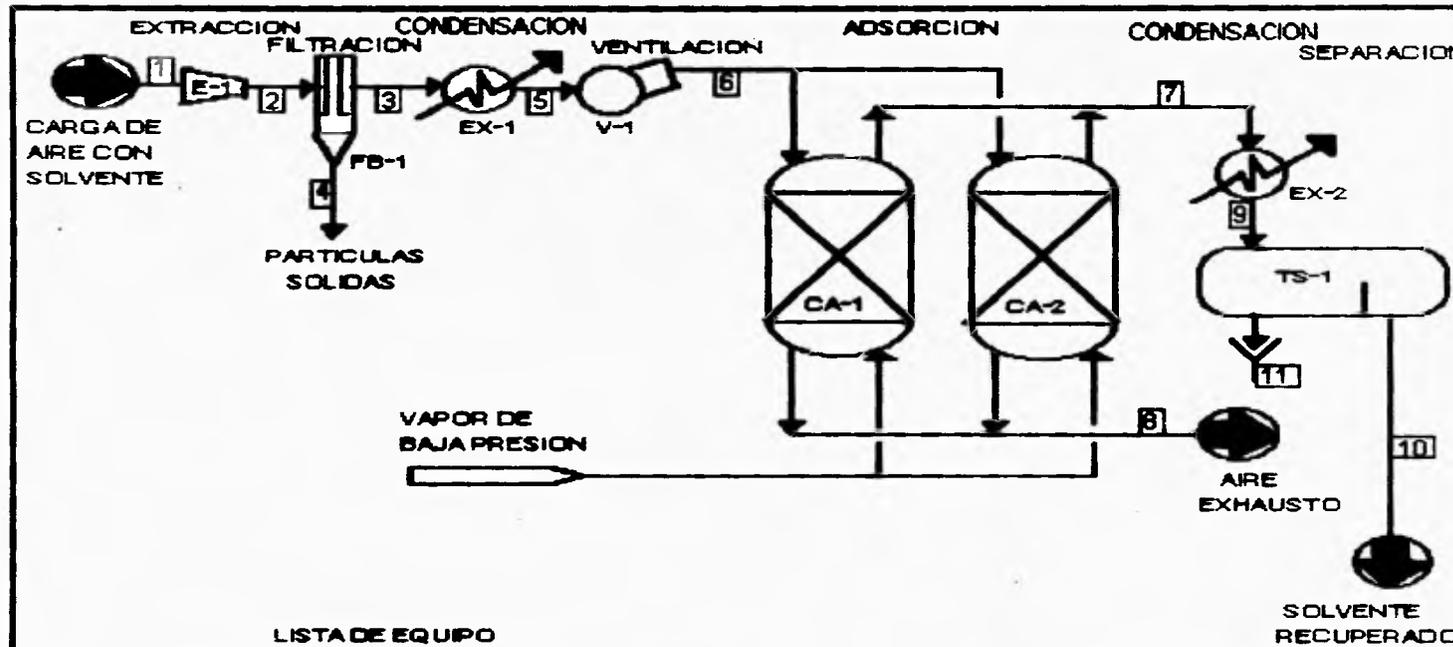
MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO MMJA-AMC	REVISÓ: JLR-LSO	APROBÓ: JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peli- grosos generados en la industria de pinturas		
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RECUPERACION DE SOLVENTES		
No DE PLANO STRS-005		

5.7.3.5.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RECUPERACION DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES (VOC's)

El tratamiento utilizado para recuperación de solventes en fase vapor provenientes de los equipos de proceso (pérdidas por evaporación de solventes) y tanques de almacenamiento de solvente es el siguiente: el tratamiento inicia con un extractor de aire (E-1) con ductos en los equipos de proceso y tanques de almacenamiento, la carga de aire contaminada con solvente y con algunas partículas sólidas (pigmentos y polvos) se pasa a través de un filtro bolsa (FB-1) donde se acumulan las partículas sólidas, el filtro bolsa se limpia cuando está muy saturado y las partículas sólidas se reprocessan. La carga de aire con solvente se envía a un condensador parcial (EX-1) para enfriar el aire. Con la ayuda del ventilador (V-1) se envía la carga de aire con solvente hacia las fibras de carbón activado colocadas en paneles (CA-1 y CA-2); estos paneles están acoplados en paralelo, con el fin de que mientras opera un panel el otro está en regeneración (desadsorción) este sistema tiene eficiencias de concentración de solvente entre 95-98% dejando pasar el aire a la atmósfera en condiciones necesarias para no causar un impacto ambiental negativo.

Este sistema tiene acoplado la desadsorción de los solventes haciendo pasar una corriente de vapor de baja presión a contracorriente sobre los paneles de carbón activado, el producto resultante pasa a través de un condensador total (EX-2) y finalmente a un tanque separador (TS-1) donde se separa el vapor condensado y el solvente recuperado. El primero se envía al drenaje y el segundo se manda al tanque de almacenamiento de solvente recuperado.

Este tratamiento presenta las siguientes ventajas: no causar corrosión, tiene bajo consumo de energía, los equipos son compactos de tamaño, totalmente automáticos, cuentan con fácil cambio de carbón y son fáciles de instalar.



LISTA DE EQUIPO

- E-1 EXTRACTOR DE AIRE CON VOC's
- FB-1 FILTRO BOLSA
- EX-1 CONDENSADOR PARCIAL
- V-1 VENTILADOR
- CA-1 COLUMNA DE CARBON ACTIVADO
- CA-2 COLUMNA DE CARBON ACTIVADO
- EX-2 CONDENSADOR TOTAL
- TS-1 TANQUE DE SEPARACION

MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO MMJA-AMC	REVISÓ: JLR-LSO	APROBÓ: JLR-LSO

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RECUPERACION DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES

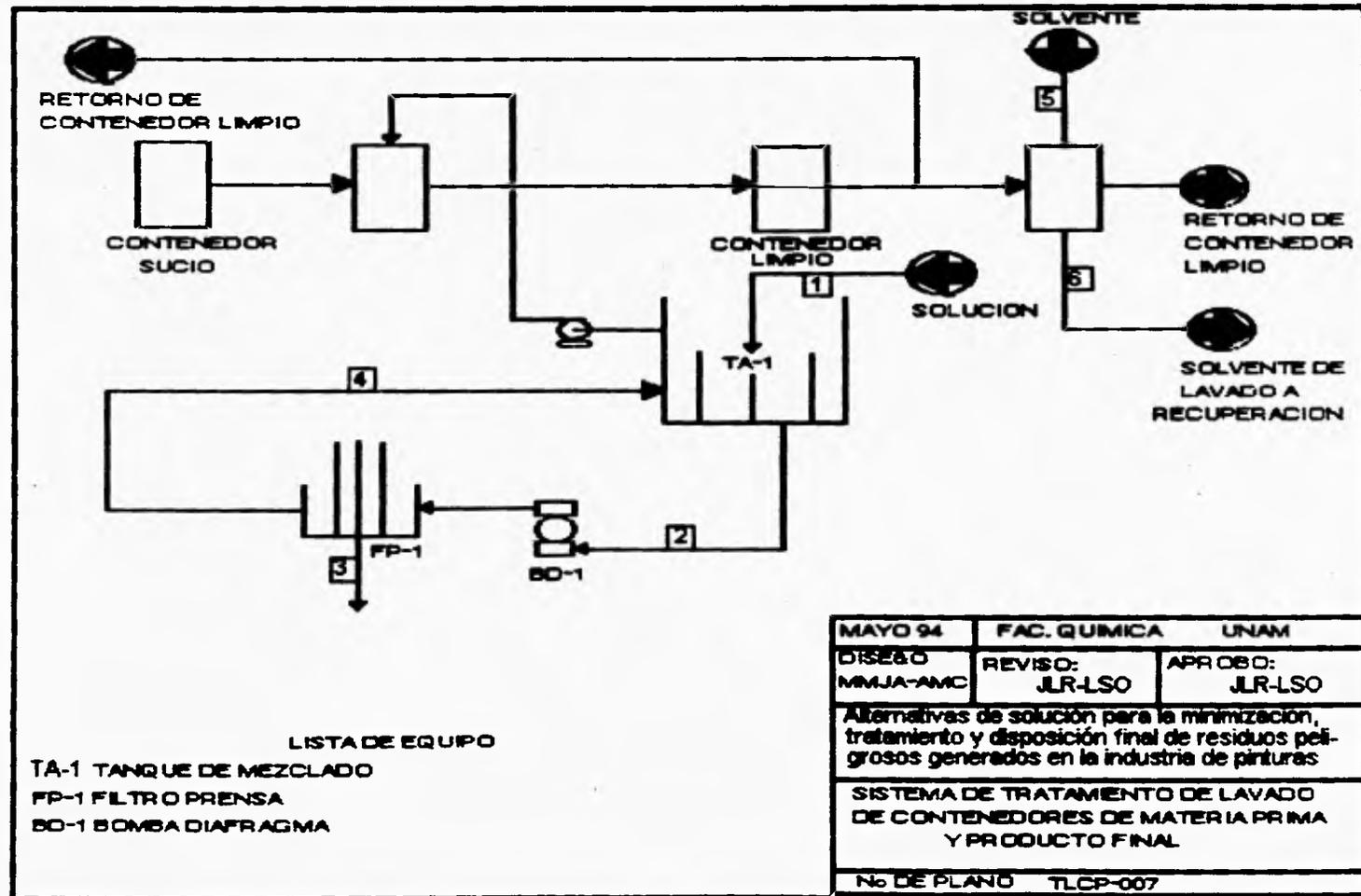
Alternativas de tratamiento para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas
 No DE PLANO TVOC-006

5.7.3.6.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAVADO DE CONTENEDORES DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL

Los contenedores de materia prima, producto terminado fuera de especificación, devoluciones y equipo menor de proceso móvil (tanques mezcladores y de almacenamiento de menor capacidad) se almacenan en el área de lavado donde después de checar su estado físico y ser aprobados se procede a su lavado con una solución de sosa cáustica. El proceso inicia cuando el contenedor sucio es colocado junto al tanque de almacenamiento de solución cáustica (TA-1), con la ayuda de la bomba (B-1) se envía la solución hacia un aspersor de alta presión que se controla con una válvula de paso, se dirige el aspersor hacia las paredes del interior del recipiente, cuando el contenedor contiene una buena cantidad de solución ésta se devuelve al tanque de almacenamiento; el proceso se repite las veces que sea necesario hasta que el contenedor esté limpio y listo para reuso.

Al tanque de almacenamiento (TA-1) se le agrega periódicamente una solución cáustica nueva para alcanzar la concentración y nivel requerido, cuando el tanque tiene la cantidad suficiente de lodo sedimentado, éste es enviado por la bomba de diafragma (BD-1) al filtro prensa (FP-1) donde es separada la solución cáustica y recirculada al tanque (TA-1), los lodos son almacenados en un tambor para disposición final.

Cuando no es suficiente el lavado con solución cáustica el contenedor es lavado con solvente, la forma de limpieza es mediante un sistema de limpieza de alta presión, con bombeo continuo, una cantidad de solvente se introduce al contenedor hasta que éste quede limpio, el solvente residual de lavado es colectado por separado y enviado al sistema de recuperación de solventes. Finalmente el contenedor limpio es reusado en el proceso de fabricación de pinturas emulsionadas, lacas o barnices.



- LISTA DE EQUIPO
- TA-1 TANQUE DE MEZCLADO
 - FP-1 FILTRO PRENSA
 - BO-1 BOMBA DIAFRAGMA

MAYO 94	FAC. QUIMICA	UNAM
DISEÑO MMJA-AMC	REVISO: JLR-LSO	APROBADO: JLR-LSO
Alternativas de solución para la minimización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en la industria de pinturas		
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAVADO DE CONTENEDORES DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL		
Nº DE PLANO TLCP-007		

5.7.3.7.- Resumen del balance de materia en las corrientes de cada uno de los sistemas de tratamiento propuestos.

1.- Sistema de tratamiento de agua residual de la sección de reacción de emulsiones vinílicas.

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	35.507	35,507.0	Purgas de reacción
2	35.507	35,507.0	Agua residual desemeulsificada
3	28.406	28,406.0	Agua clarificada
4	7.101	7,101.0	Lodos sedimentados
5	5.326	6,391.2	Lodos sedimentados
6	1.775	1,775.0	Agua recirculada
7	14.203	14,203.0	Agua tratada (agua vinílica)
8	14.203	14,203.0	Agua tratada (a drenaje)

2.- Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas alquidálicas.

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	0.380	380.0	Purgas de reacción
2	0.380	380.0	Corriente residual neutralizada
3	0.151	151.0	Agua clarificada (agua alquidálica)
4	0.171	205.2	Lodos sedimentados
5	0.057	57.0	Agua a recirculación

3.- Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas de nitrocelulosa.

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	0.499	499.0	Purgas del reactor
2	0.512	512.0	Purgas del reactor
3	0.025	25.0	Base (NaOH)
4	0.538	538.0	Corriente residual neutralizada
5	0.323	323.0	Agua clarificada
6	0.215	215.0	Lodos sedimentados
7	0.161	193.2	Lodos sedimentados
8	0.053	53.0	Agua a recirculación
9	0.620	620.0	Acido residual debil
10	0.536	536.0	Base residual debil
11	1.241	1,241.0	Agua del secado de nitrocelulosa
12	2.721	2,721.0	Agua tratada (agua de nitrocelulosa)

4.- Sistema de tratamiento de agua residual proveniente de la elaboración de pinturas base agua (vinílicas).

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	50.0	50,000.0	Agua residual
2	50.0	50,000.0	Agua residual
3	50.0	50,000.0	Agua residual
4	38.0	38,000.0	Agua clarificada
5	12.0	12,000.0	Lodos sedimentados
6	4.6	5,624.4	Lodos sedimentados
7	7.3	7,321.0	Agua recirculada
8	2.7	2,721.0	Agua alquidática
9	0.1	0,121.0	Agua de nitrocelulosa
10	40.8	40,842.0	Agua residual neutralizada
11	40.8	40,842.0	Agua a tratamiento biológico
12	32.6	32,674.0	Agua clarificada
13	10.1	10,110.0	Lodos activados sedimentados
14	8.1	8,168.0	Lodos activados recirculados
15	2.0	2,450.4	Lodos activados sedimentados
16	6.1	7,351.0	Lodos activados
17	2.0	2,042.0	Agua a recirculación
18	46.8	46,877.0	Agua residual homogeneizada
19	44.5	44,533.0	Agua no adsorbida
20	22.2	22,266.0	Agua residual
21	22.2	22,266.0	Agua residual tratada
22	22.2	22,266.0	Agua residual
23	22.2	22,266.0	Agua residual
24	22.2	22,266.0	Agua residual a denaje

5.- Sistema de tratamiento de recuperación de solventes.

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /2día)	Flujo másico (Kg/2día)	Fluido
1	47.00	37,605.2	Solvente de lavado de contenedores
2	1.82	1,462.1	Solvente de lavado de equipo
3	50.66	40,529.4	Solvente sucio
4	30.85	24,682.1	Solvente clarificado
5	20.26	16,211.7	Lodos sedimentados
6	2.74	2,741.4	Lodos sedimentados
7	16.83	13,951.1	Solvente recirculado
8	29.93	23,951.1	Solvente clarificado
9	0.73	731.0	Lodos
10	29.75	23,804.9	Solvente
11	0.14	146.2	Lodos
12	29.75	23,804.9	Solvente neutralizado
13	26.76	21,413.2	Solvente limpio recuperado
14	2.37	2,379.2	Colas de destilación

6.- Sistema de tratamiento de recuperación de compuestos orgánicos volátiles (VOC's).

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	3,529.5	3,246.13	VOC's
2	3,529.5	3,346.13	VOC's
3	3,461.0	3,183.38	VOC's filtrados
4		62.74	Partículas sólidas retenidas
5	3,461.0	3,183.39	VOC's enfriados
6	3,461.0	3,183.39	VOC's
7	3,288.2	3,024.22	VOC's desadsorbidos
8	173.0	159.17	VOC's no adsorbidos
9	3,780.0	3,024.21	VOC's condensados
10	3,760.0	3,009.31	Solvente recuperado

7.- Sistema de tratamiento de lavado de contenedores de materia prima y producto final.

No. corriente	Flujo volumétrico (m ³ /día)	Flujo másico (Kg/día)	Fluido
1	0.994	994.24	Solución cáustica
2	1.656	1,656.48	Lodos cáusticos
3	1.242	1,491.36	Solución cáustica
4	0.413	413.68	Solución cáustica recirculada
5	0.828	662.82	Solvente limpio
6	0.828	662.82	Solvente sucio

5.8.- BALANCES DE MATERIA PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PROPUESTOS

1.- Sistema de tratamiento de agua residual de sección de reacción de emulsiones vinílicas.

La corriente residual contiene:

- Purgas de reacción de emulsiones vinílicas, materia prima sin reaccionar (lauril sulfato de sodio, alcohol polivinílico, acetato de vinilo, peróxido de benzofl).)
- Subproductos como son: polímeros de alta peso molecular de tipo reticular y gomas mismos, que en el presente análisis no se consideran por requerirse de la realización de un muestreo exhaustivo de la reacción en operación a nivel industrial, lo cual rebasa ampliamente el alcance de una tesis de licenciatura.
- Agua de lavado de equipo (reactores) ; de envases (materia prima, de producto terminado); de lavado de pisos en caso de derrames.

Según la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT) para el año de 1991 se tuvo la siguiente producción para pinturas emulsionadas.

Pinturas emulsionadas: 143,895,000 L/año

Hipótesis:

- Se considera para el presente trabajo el 30% de la producción anual con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de tratamiento de efluentes acuosos. Debido a que una industria de pinturas competitiva en el mercado puede tener esta producción anual.

El 30% de la producción anual es: 43,168,500 L/año

- Si la planta trabaja 330 días al año, se tiene : 130,813.6 L/día

Formulación de pintura vinílica emulsionada.

Componente	% en peso	L/día
Pigmento opaco	20.0	26,162.72
Pigmento extendedor	15.0	19,622.04
Pigmento dispersante	0.3	392.44
Coloide protector	1.2	1,569.78
Emulsión de acetato de polivinilo	40.0	52,325.44
Preservativo	0.5	654.07
Agente antioxidante	0.1	130.81
Ajustador de pH	0.1	130.81
Funguicida	0.5	654.07
Agente coalescente	2.0	2,616.27

Antiespumante	0.5	654.07
Anticongelante	2.5	3,270.34
Agua	16.8	21,976.66
Adelgazador	0.5	654.07
	-----	-----
	100.0	130,513.6

- Si la reacción tiene una eficiencia de reacción del 95% por ser una reacción vía radicales libres.

Formulación de emulsiones vinílicas (sección de reacción):

Componente	% en peso	L/día
Agua	43.6	22,813.9
Lauril sulfato de sodio	0.2	104.7
Alcohol polivinílico	2.0	1,046.5
Acetato de vinilo	54.0	28,255.7
Peróxido de benzoilo	0.2	104.7
	-----	-----
	100.0	52,325.5

Materia prima sin reaccionar 5%. 2,753.9 L/día

- Considerando la composición de purgas de reacción como sigue:

	COMPONENTE	% EN PESO	L/día
Materia prima sin reaccionar		2.5	1,376.98
Subproductos de reacción	Gomas y polímeros	2.5	1,376.98
Productos de reacción	Emulsión vinílica	5.0	2,753.97
		-----	-----
		10.0	5,507.94

- Se estima que se requieren 30 m³/día de agua para lavado de equipo, lavado de pisos, lavado de envases de materia prima. Se tiene un tanque de pre-emulsificación, reactor de emulsión y tanque de producto final, teniendo en cuenta que el lavado se hace utilizando las medidas de minimización de residuos como son: utilizar mangueras con boquillas de alta presión, lavar primero los tanques que contengan pintura de colores claros a oscuros, reutilizar el agua para varios lavados, etc. (capítulo No. 4).

Entonces se tiene que la carga de agua residual a tratar proveniente de la sección de reacción es:

$$30,000 \text{ L/día} + 5,507.94 \text{ L/día} = 35,507.94 \text{ L/día}$$

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global, con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Etapas de tratamiento:

• **Neutralización-Desemulsificación.**

El tratamiento inicia con el rompimiento de la emulsión y con la neutralización de la carga ya sea con una base o con ácido dependiendo del pH de la corriente. Se considera una eficiencia del 100% en esta etapa.

• **Tratamiento físicoquímico (coagulación-floculación y clarificación)**

Eficiencia del tratamiento 80%

Carga: 35,507.94 L/día

Agua clarificada: 28,406.35 L/día
Otros componentes: 7,101.59 L/día

• **Filtración (filtro prensa).**

Eficiencia del tratamiento: 75%

Carga. Lodos sedimentados: 7,101.59 L/día

Carga. Lodos: 5,326.19 L/día.
El 60% son líquidos: 3,195.71 L/día
El 40% son sólidos: 2,130.47 L/día(1.2 Kg/L)=2,556.57 Kg/día

• **Neutralización.**

Eficiencia del tratamiento 100%

El tratamiento finaliza con un ajuste final de pH. El proceso de neutralización tiene una eficiencia del 100%. La neutralización se lleva a cabo con una base o un ácido según el pH que tenga la carga de agua.

Carga de agua: 28,406.35 L/día

Apartir de este punto el flujo se divide. Un 50% se descarga al drenaje cumpliendo con la normatividad vigente aplicable a descargas de aguas residuales.

Carga: 14,203.17 L/día

El 50% restante se envía a un tratamiento posterior (Plano TARPV-002).

Carga: 14,203.17 L/día

2.- Sistema de tratamiento de las purgas del reactor de síntesis de resinas alquidálicas.

El mercado mexicano de pinturas y recubrimientos fue estimado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT), para el año de 1991 la producción de barniz alquidálico para ese año fue de:

4,665,000 L/año

Con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de tratamiento de efluentes acuosos en la presente tesis se establecieron las siguientes hipótesis:

- El 30% de la producción total anual de barnices alquidálicos resulta razonable para la capacidad a manejar en una planta de tratamiento debido a que una industria de pinturas competitiva en el mercado puede tener esta producción anual.

El 30% de la producción total anual es de 4,665,000 L/año.

La densidad del barniz alquidálico es de 1.04 Kg/L.

Lo que da un total de producción anual del barniz de 4,455,480 Kg /año.

- 330 días de operación en la planta en un año.
- A partir de la producción anual se puede calcular el peso de cada uno de los componentes de la fórmula.

Formulación:

Componente	% en peso	Kg/año	Kg/día
Resina alquidálica con 40% de soya	49.18	715805.06	2169.1
Xileno	49.18	715805.06	2169.1
Naftenato de Zn al 8%	0.54	7859.59	23.8
Naftenato de Pb al 24%	0.54	7859.59	23.8
Naftenato de Co al 8%	0.27	3929.79	11.9
Oximas	0.27	3929.79	11.9

- A partir de la cantidad de resina alquidálica necesaria en la formulación calculamos la cantidad de reactivos para la fabricación de la resina.

Formulación

Composición	% en peso	Kg/día
Soya	58.0	1258.0
Pentaeritritol	23.0	498.8
Anhídrido ftálico	26.0	563.9
	107.0	2320.9
Agua	-7.0	151.8
Total	100.0	2169.1

- Eficiencia de reacción del 95%, por ser una reacción vía radicales libres.

95% = 2169 Kg/día

- Considerando la composición de las purgas de reacción como sigue:

	Componente	% Conversión	Kg/día
Materia prima sin reaccionar	Soya, pentaeritrol. anhídrido ftálico	2.5	57.08
Subproductos	Gomas y polímeros	2.5	57.08
Productos de reacción	Resina alquidálica	5.0	114.15
	Agua	7.0	151.18
Total		17.0	380.0

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global, con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Tratamiento de la purga de reacción.

Carga total del efluente para tratamiento= 380.0 Kg/día.

Etapas de tratamiento:

- **Neutralización.**

El tratamiento inicia con la neutralización de la carga con un ácido o una base dependiendo del pH de la carga. La eficiencia de neutralización es del 100%.

- **Tratamiento fisicoquímico (coagulación-floculación y clarificación).**

Eficiencia del tratamiento = 80%.

Carga de agua= 151.8 Kg/día

Agua clarificada en el tratamiento= 121.44 Kg/día

Otros componentes = 228.2 Kg/día

- **Filtración (filtro prensa).**

Eficiencia de filtración = 75%

Lodos retenidos = 171.15 Kg/día

Sólidos (40%) = 68.46 Kg/día

Líquidos (60%) = 102.69 Kg/día

3.- Sistema de tratamiento de las purgas del reactor de síntesis de resinas de nitrocelulosa.

El mercado mexicano de pinturas y recubrimientos fue estimado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT), para el año de 1991, la producción de laca de nitrocelulosa para ese año fue de:

Industria automotriz= 7,186,000 L/año

Industria de muebles= 19,839,000 L/año

Industria electrodoméstica = 1,173,000 L/año

Industria litográfica= 1,901,00 L/año

Total= 30,099,000 L/año

Con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de tratamiento de efluentes acuosos en la presente tesis se establecieron las siguientes hipótesis:

- El 30% de la producción total anual de lacas de nitrocelulosa resulta razonable para la capacidad a manejar en una planta de tratamiento debido a que una industria de pinturas competitiva en el mercado puede tener esta producción anual.

El 30% de la producción total anual es de 9,029,700 L/año.

La densidad de la laca de nitrocelulosa es de 1.05 Kg/L.

Lo que nos da un total de producción anual de laca de 9,481,185 Kg /año.

- 330 días de operación en la planta en un año.
- A partir de la producción anual se puede calcular el peso de cada uno de los componentes de la fórmula.

Formulación:

Componente	% en peso	Kg/año	Kg/día
Resina de Nitrocelulosa 30% de propanol	14.4	1365290.6	4137.2
Oxido de titanio rutiló	9.7	919674.9	2786.6
Synolac 8104 x	17.6	1668688.6	5056.6
Ftalato de butilo	2.5	237029.6	718.2
Butanol	3.0	284435.5	861.9
Xileno	11.0	1042930.4	3160.4
Tolueno	11.8	1118779.8	3390.2
Acetato de butilo	15.0	1422177.8	4309.6
Acetato de etilo	5.0	474059.2	1436.5
Solvesso 100	10.0	948118.5	2873.1

- A partir de la cantidad de resina de nitrocelulosa necesaria en la formulación calculamos la cantidad de reactivos para la fabricación de la resina.

Resina con 30% de propanol= 4137.2 Kg/día
 - 30% alcohol

Resina de nitrocelulosa= 1241.1 Kg/día

Formulación

Composición	% en peso	Kg/día
Celulosa	0.21	268.8
Mezcla ácida H ₂ SO ₄ -HNO ₃	1.08	1344.7
	1.30	1613.5
Agua	-0.30	372.3
Total	1.00	1241.1

- Eficiencia de reacción del 95%, por ser una reacción vía radicales libres.

95% = 1241.1 Kg/día

- Estimación de la composición de las purgas de reacción como sigue:

	Componente	% Conversión	Kg/día
Materia prima sin reaccionar	H ₂ SO ₄ -HNO ₃	2.5	32.66
Subproductos	Sulfato de celulosa	1.0	13.06
	Gomas y polímeros	1.5	19.59
Productos de reacción	Resina de nitrocelulosa	5.0	62.05
	Agua	30.0	372.35
Total			499.71

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Tratamiento de la purga de reacción.

Carga total del efluente para tratamiento= 499.71 Kg/día.

Al tanque de purga se le adiciona ácido nítrico para convertir el sulfato de celulosa a nitrato de celulosa (nitrocelulosa) si estimamos una relación en peso igual entonces tendremos que agregar 13.06 Kg/día de ácido nítrico, sumando una carga neta de 512.77 Kg/día.

Etapas de tratamiento:

- **Neutralización.**

El tratamiento inicia con la neutralización de la carga con una base. La eficiencia de neutralización es del 100%. Considerando una generación de agua del 5% del total de la carga. Sumada a la carga tenemos una carga neta de 538.4 Kg/día, con una cantidad de agua generada en este tratamiento de 25.63 Kg/día.

- **Clarificación.**

Eficiencia del tratamiento = 60%.

Carga = 538.4 Kg/día
Líquidos y sólidos suspendidos = 463.29
Sólidos (nitrocelulosa) = (62.05 + 13.06) = 75.11 Kg/día
Agua clarificada = 323.04 Kg/día
Sólidos sedimentables más agua = 215.36 Kg/día

- **Filtración (filtro prensa).**

Eficiencia de filtración = 75%

Lodos retenidos = 161.52 Kg/día
Sólidos (40%) = 64.60 Kg/día (nitrocelulosa)
Líquidos (60%) = 96.91 Kg/día

- **Tanque de balance.**

A este tanque llega el agua clarificada (323.04 Kg/día) junto con el agua débilmente ácida producto del lavado de la resina de nitrocelulosa (se estima el 50% del peso de la resina producida para lavar = 620.58 Kg/día), agua débilmente alcalina producto del lavado de la resina estabilizada (se estima el 43% del peso de la resina producida para lavar = 536.32 Kg/día) y agua del secado de la resina (La nitrocelulosa producida contiene 30% de alcohol y ese porcentaje es el mismo de agua que tiene la resina = 1241.17). Resultando una carga neta de agua de 2721.08 Kg/día.

4.- Sistema de tratamiento de agua residual proveniente de la sección de elaboración de pinturas base agua (vinílicas)

La corriente residual contiene :

- Residuos de lavado de equipo con agua o solución cáustica.
- Agua de lavado de contenedores de materia prima.
- Agua de lavado de pisos (derrames de pintura, derrames de materia prima).

Según la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT), para el año de 1991 se tuvo la siguiente producción para pinturas emulsionadas.

Pinturas emulsionadas: 143,895,000 L/año

Hipótesis:

-Se considera para el presente trabajo el 30% de la producción anual con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de tratamiento de efluentes acuosos. Debido a que una industria de pinturas competitiva en el mercado puede tener esta producción anual.

El 30% de la producción anual es: 43,168,500 L/año

-Si la planta trabaja 330 días al año, se tiene : 130,813.6 L/día

Para el caso de tanques de preparación de pinturas se estima que el volumen de agua requerida para lavar un tanque de aproximadamente 7,000 litros de capacidad es del 50% de la capacidad del mismo.

7,000 Litros (0.5) = 3,500 L/ tanque.

Si se tienen \approx 10 tanques entonces tenemos 35,000 L.

Además se requiere de agua para lavado de molinos, contenedores y lavado de pisos.

Para este gasto de agua se tomo en cuenta las medidas de minimización recomendadas en capítulos anteriores. Algunas de estas medidas son:

- Colectar y usar en el próximo lote compatible de pintura como parte de la formulación.
- Colectar y usar con o sin tratamiento para limpieza hasta que se gaste.
- Uso de limpiadores mecánicos en los tanques de mezclado.
- Uso de sistemas de alta presión para lavado.
- Instalación de líneas de teflón en los tanques de mezclado.
- Limpiar inmediatamente el equipo después de usar.
- Lavados a contracorriente.
- Disminuir derrames aumentando la automatización.
- Colectar los derrames y reciclarlos.

Por los motivos anteriores se propone que la planta de tratamiento tenga una capacidad de 50 m³/ día.

Si se considera que hay una merma de pintura elaborada del 5% de la producción total en los equipos de lavado.

El agua tratada tiene la siguiente composición:

Componente	L/día
Pintura emulsionada (mermas)	2,500.0
Agua	47,500.0
Total	50,000.0

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar, el balance que se presenta es global con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Etapas de tratamiento.

- **Homogeneización**

El tratamiento se inicia con la colección de las descargas intermitentes para su homogeneización.

- **Neutralización.**

Eficiencia del tratamiento 100%.

- **Tratamiento fisicoquímico (Coagulación-Floculación -Clarificación)**

Eficiencia de tratamiento 80%.

En este tratamiento se espera una remoción de sólidos totales, sólidos suspendidos totales y de sólidos sedimentables.

Carga: 50,000 L/día

Agua clarificada: 38,000.0 L/día
Otros componentes: 12,000.0 L/día

Agua no clarificada: 9,000.0L/día
Sólidos removidos(sedimentables): 2,500.0 L/día

- **Filtración (filtro prensa).**

Eficiencia del tratamiento: 75%

Carga. Lodos: 4,687.5 L/día al 60% de humedad.
El 60% son líquidos: 2,812.5 L/día
El 40% son sólidos: 1,875.0 L/día(1.2Kg/L)=2,250.0 Kg/día

Carga. Agua filtrada libre de sólidos: 6,185.5 L/día, agua que es retornada a SE-1.

- En el tanque de balance TA-5 se homogeneizan las corrientes procedentes del tratamiento de aguas de resinas alquidáticas y de resinas de nitrocelulosa.

TPRA-003
TPRN-004
Agua clarificada

121.50 L/día
2721.08 L/día
38,000.00 L/día

40,842.58 L/día

- **Oxidación aerobia.**

Se estima una eficiencia global del 80% para los procesos que se llevan a cabo en el equipo TA-6 de oxidación aerobia y el clarificador SE-2.

Carga: 40,842.58 L/día

Carga agua clarificada: 32,674.06 L/día

Carga de lodos: 8,168.51 L/día

De los lodos sedimentados entre el 50 y el 90% de este volumen se recirculan a la zona de aereación.

- **Filtración (filtro prensa).**

Eficiencia del tratamiento: 75%

Carga. Lodos sedimentados: 8,168.51 L/día

Carga. Lodos retenidos: 6,126.38 L/día.

El 60% son líquidos: 3,675.82 L/día

El 40% son sólidos: 2,450.0 L/día(1.2 Kg/L)=2940.60 Kg/día

- **Homogeneización de corrientes.**

	L/día
Sistema de tratamiento de agua residual de la sección de reaccion de emulsiones vinificas plano TEV-001	14,203.17
Agua clarificada	32,674.33

	46,877.5

- **Adsorción con carbón activado.**

Sistema de carbón activado en paralelo.
Eficiencia del tratamiento 95%.

En este equipo se espera remover materia orgánica, color, olor y compuestos orgánicos.

Carga : 46,877.5 L/día.

Materia removida = 2,343.87 L/día

Materia no removida = 44,533.35 L/día

- **Desadsorción.**

Eficiencia = 100%

Materia desadsorbida = 2,343.87 L/día

- **Tanque de transferencia.**

Carga = 44,533.35 L/día.

En este punto el flujo se divide en:

50 % se transfiere al tanque hidroneumático TA-10 donde el agua se almacenara para mandar al sitio donde se requiere agua para el lavado del equipo.

44,533.35 L/día (0.5) = 22,266.75 L/día.

El 50% restante se envía al tanque TA-8 en donde se efectua una cloración con una eficiencia del 100%.

Finalmente se pasa a un filtro pequeño de carbón activado cuya eficiencia de tratamiento es del 95%.

Carga = 22,266.75 L/día.

Efluente adsorbido = 1,113.40 L/día.

Carga no adsorbido = 21,155.34 L/día.

Se estima que el efluente cumple con las especificaciones establecidas en la norma de descargas de aguas residuales industriales NOM-CCA-031-ECOL/1993.

5.- Sistema de tratamiento de recuperación de solventes.

El solvente a recuperar es producto de la limpieza del equipo de reacción (resinas alquídicas y resinas de nitrocelulosa), de los procesos de fabricación de barnices alquídicos y lacas de nitrocelulosa; a demás del lavado de contenedores de materia prima, producto terminado caduco, devoluciones y productos fuera de especificación.

Con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de recuperación de solventes, en la presente tesis se establecieron las siguientes hipótesis:

- Se estima que el solvente para el lavado de equipo es el 10% del volumen total de solvente necesario para la producción, multiplicado por el número de equipos de proceso con una frecuencia de lavado de dos días.

Proceso	Kg/año	Kg/2días	No de equipos	10%
Resinas de nitrocelulosa	409587.1	2482.3	2	496.4
Resinas alquídicas	715805.0	4338.2	2	867.6
Bamiz alquídico	1455480.0	884.1	2	1764.2
Laca de nitrocelulosa	9481185.0	57481.7	6	34477.0
Total				37605.2

- Se estima el 2% de la producción total de resinas y pinturas en mermas (pintura y resina adherida a los recipientes), con una frecuencia de lavado de dos días.

mermas= 1462.1 Kg/2días

- Para el solvente de lavado de contenedores de materia prima y producto terminado se estima el 2% de la producción total. Con una frecuencia de lavado de dos días

2%= 1462.1 Kg/2días

Carga neta de solvente estimado= 39,067.3 Kg/2días
mermas= 1,462.1 Kg/2días
carga total= 40,529.4 Kg/2días

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Etapas de tratamiento:

- **Clarificación.**

Eficiencia =60%
Solvente clarificado= 24,317.64 Kg/2días
Sólidos = 1462.1 Kg/2días

- **Filtración.**

Filtro prensa.

Eficiencia =75%
Lodos retenidos= 2741.43 Kg/2días
Sólidos= 1096.57 Kg/2días (40%)
Solvente= 1644.8 Kg/2días (60%)

Filtración gruesa

Eficiencia= 80%

Carga de solvente= 24,317.64 Kg/2días
Carga de sólidos= (1,462.1 - 1,097.57)=364.53 Kg/2días
Lodos retenidos= 731.0 Kg/2días
Sólidos= 292.4 Kg/2días (40%)
Solvente= 438.6 Kg/2días (60%)

Filtración fina

Eficiencia =80%

Carga de solvente= 23,879.04 Kg/2días
Carga de sólidos= (364.53 - 292.4) = 72.13 Kg/2días
Lodos retenidos= 146.25 Kg/2días
Sólidos= 57.7 Kg/2días (40%)
Solvente= 86.55 Kg/2días (60%)

• Destilación.

Eficiencia=90%
Carga solvente= 23,792.49 Kg/2días
Carga de sólidos= (72.13 - 57.70) = 14.63 Kg/2días
Solvente destilado= 21,413.24 Kg/2días
Colas de destilación=2,379.24 Kg/2días
Sólidos= 14.43 Kg/2días
Solvente= 2,364.81 Kg/2días

6.- Sistema de tratamiento de recuperación de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)

Los VOC's son generados en los procesos de fabricación de barnices alquidáticos y lacas de nitrocelulosa por la evaporación de solventes.

Con el fin de estimar el orden de magnitud de la capacidad de una planta de recuperación de VOC's, en la presente tesis se establecieron las siguientes hipótesis:

Barnices alquidáticos.

- Considerando solamente que una parte volátil de la fórmula se pierde hacia la atmósfera, se estima el 10% del total de solventes en pérdidas por evaporación en todo el proceso de fabricación (tanque mezclador, contenedor

de producto terminado y llenado) y el 3% de evaporación en tanques de almacenamiento de solventes sumando un total de 13% en pérdidas. El total de solvente necesario para la producción es de 715305.06 Kg/año. El 13% de solvente evaporado, la carga neta de tratamiento de VOC's de 93,054.65 Kg/año.

Laca de nitrocelulosa.

- Se estima el 18% de pérdidas por solvente, 15% de evaporación en el proceso de fabricación y 3% de evaporación en el almacenamiento. Si se requiere una carga total de solvente de 5,290,501.2 Kg/año y considerando el 18% de pérdidas de solvente, la carga neta de solvente de tratamiento de VOC's es de 952,290.22 Kg/año.

Sumando las cargas de VOC's en ambos procesos tenemos un total de 1,045,344.9 Kg/año.

- 330 días de operación en la planta en un año.
- Se estima también partículas de cargas y pigmentos que son extraídos en el proceso de lacas de nitrocelulosa en 0.3%.

pigmentos= 919,674.9 Kg/año
cargas= 1,668,689.6 Kg/año
total= 2,588,363.5 Kg/año
0.3%=78.435 Kg/día.

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global, con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Etapas de tratamiento.

- **Extracción.**

La extracción se lleva acabo con ductos acoplados a los procesos de producción.

Eficiencia del 100%

Carga de tratamiento

VOC's =3,246.13 Kg/día

Partículas sólidas= 78.43 Kg/día.

- **Filtración (Filtro bolsa).**

Eficiencia= 80%

Carga de tratamiento

VOC's =3,246.13 Kg/día

Partículas sólidas= 78.43 Kg/día.

Sólidos retenidos= 62.74 Kg/día.

El filtro bolsa se limpia y se retiran las partículas sólidas para incorporarlas al mismo proceso productivo.

- **Adsorción con carbón activado.**

Eficiencia =95%

Carga de tratamiento

VOC's =3,183.39 Kg/día

Partículas sólidas= 15.69 Kg/día.

Solvente adsorbido= 3,183.39 Kg/día

Sólidos adsorbidos= 14.90 Kg/día

Aire exhausto:

Solvente= 158.39 Kg/día

Partículas sólidas= 0.78 Kg/día.

- **Desadsorción.**

La desadsorción se lleva a cabo con vapor, haciendo pasar el vapor a contracorriente sobre los paneles de carbón activado con una eficiencia de desadsorción del 100%. El vapor con el solvente y partículas sólidas pasan a un condensador total donde se condensa el solvente con el vapor de agua, éstos son separados por diferencia de densidades en el tanque. La carga orgánica (solvente) se envía al tanque de almacenamiento de solvente recuperado, la fase acuosa con sólidos son enviados a disposición final.

Solvente recuperado= 3009.31 Kg/día.

7.- Sistema de tratamiento de lavado de contenedores de materia prima y producto terminado.

Con el fin de estimar el orden magnitud de la capacidad de un sistema de lavado de contenedores, en la presente tesis se establecieron las siguientes hipótesis:

- 330 días de operación en la planta en un año.

- Estimando el 5% del peso de la producción total de barnices y lacas para el lavado de contenedores.

Producción total= 10,936,665.0 Kg/día
 5%= 1,657.07 Kg/día

- De este 5% se estima el 3% para el lavado con solución alcalina al 20% y el 2% para el lavado con solventes

3%= 994.24 Kg/día
 2%= 662.82 Kg/día.

- Se estima el 2% en mermas (residuos de pintura adheridos a los contenedores) = 662.82 Kg/día

Debido a que no se tiene una caracterización del efluente a tratar el balance que se presenta es global, con las eficiencias características de cada proceso de tratamiento.

Etapas de tratamiento.

- **Sistema alcalino.**

Tanque de almacenamiento.
 Capacidad= 994.24 Kg/día
 Carga de tratamiento= 662.82 Kg/día

- **Filtración (filtro prensa)**

Eficiencia=75%
 Lodos retenidos:
 Sólidos retenidos= 497.12 Kg/día
 Solución cáustica 745.68 Kg/día

- **Sistema de solvente**

Capacidad = 662.82 Kg/día
 Carga de solvente = 662.82 Kg/día
 Una vez utilizado el solvente en la limpieza de los contenedores (cuando sea necesario) se recolecta y se envía al tratamiento de recuperación de solventes.

5.9.- TRATAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE PINTURAS

Las plantas "integrales" de tratamiento de residuos peligrosos, consisten en optimizar las reacciones entre los residuos (campo en el cual todavía hay muchas cosas por investigar). Estas plantas utilizan inteligentemente las propiedades de los residuos, para neutralizar las características que los hacen riesgosos para la comunidad y el medio ambiente

Existe además una razón de eficiencia para recomendar este tipo de plantas, ya que los diversos procesos se encuentran interrelacionados entre sí de múltiples formas.

Las instalaciones integrales permiten optimizar el manejo de los residuos, el monitoreo ambiental y los sistemas de control administrativos.

Existen tres razones fundamentales que hacen de las plantas de tratamiento integrales el método más seguro y eficiente para resolver el problema de los residuos peligrosos (57).

- 1.- La facilidad de control.
- 2.- Sinergismo de los procesos.
- 3.- Economía de escala.

Una planta moderna de tratamiento de residuos peligrosos, debe incluir personal capacitado, un sistema de control de los residuos y productos que se generen (sólidos, líquidos y gases), estricto control externo, responsabilidad y respaldo financiero, además de las más modernas y probadas tecnologías para transportar, descargar, almacenar, tratar y disponer los residuos peligrosos.

El sistema integral óptimo es aquél que puede efectivamente tratar o recuperarr los residuos peligrosos en forma más económica. Identificar los residuos en un paso esencial para poder seleccionar el sistema y convertirlos en productos o residuos inocuos al medio ambiente.

Es común que en la planeación de un sistema integral de tratamiento, la atención se centre en los procesos de tratamiento de los residuos peligrosos. Sin embargo, se debe tener igual atención en la entrada de materiales, recepción, manejo y almacenamiento, así como en la salida de efluentes, por emisiones, descargas o disposición de desechos sólidos y en los sistemas de control de estos productos. Estos dos subsistemas absorben cantidades equivalentes de capital y esfuerzo de operación que el tratamiento de los residuos y puede causar que la planta falle o presente accidentes en el sistema.

Algunas operaciones posibles para el tratamiento integral de residuos peligrosos son (58).

- 1.- Residuos ácidos y alcalinos para neutralizarse entre si.
- 2.- Residuos oxidantes para tratar cianuros y contaminantes orgánicos.
- 3.- Materiales orgánicos separados del agua y lodos, usados como combustible para incineradores y calderas de vapor.
- 4.- Iones metálicos para formar flóculos en procesos de precipitación.
- 5.- Ácidos para romper emulsiones.
- 6.- Sales y ácidos para separar del agua compuestos orgánicos formando sales.
- 7.- Incineradores para disponer vapores orgánicos y desechos de carbón activado generado a lo largo del tratamiento.
- 8.- Cenizas y óxidos de calcio y magnesio como ayudas en el proceso de estabilización.
- 9.- Enriquecimiento energético de combustibles.
- 10.- Uso de procesos avanzados de separación como extracción supercrítica, extracción con solventes y congelamiento.

El tratamiento integral desarrollado para los residuos peligrosos generados en los procesos de fabricación de pinturas en estudio (emulsiones vinílicas, resinas alquídicas, resinas de nitrocelulosa, pinturas base agua, barnices alquídicos y lacas de nitrocelulosa) es el siguiente.

Principalmente se tiene que trabajar con los procesos de producción separados, es decir, la segregación de cada una de las corrientes residuales para evitar mezclas de residuos y procesos de tratamiento complejos y costosos.

Se deben implantar las metodologías de control de minimización de residuos peligrosos generados en los procesos de producción (capítulo 5.1), para disminuir la cantidad de residuos producidos y la capacidad de tratamiento.

De lo anterior se propone iniciar el tratamiento con la separación de cada uno de los sistemas de tratamiento propuestos.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE EMULSIONES VINILICAS

Este sistema de tratamiento comprende las siguientes etapas:

Desemulsificación (rompimiento de la emulsión), coagulación-floculación y clarificación, en esta etapa se obtienen los lodos sedimentados los cuáles se comprimen en un filtro prensa, los lodos prensados se recolectan para posteriormente realizarles un análisis CRETIB, si el análisis demuestra que son residuos peligrosos entonces se estabilizan y se mandan a confinamiento o en caso contrario se pueden reutilizar. El agua clarificada es enviada a un tanque para un ajuste final de pH, a partir de este punto el flujo se divide, un 50% se descarga al drenaje y el otro 50% se envía al sistema de tratamiento de agua residual proveniente de la elaboración de pinturas base agua (vinílicas), para continuar con su tratamiento.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE RESINAS ALQUIDALICAS

Este sistema contiene las siguientes etapas de tratamiento: tanque de almacenamiento de las purgas ya que el proceso de fabricación es intermitente, coagulación- floculación y filtración; los productos de este sistema de tratamiento son: lodos producidos en la filtración a los cuáles se les tiene que aplicar un análisis CRETIB y determinar si éstos son peligrosos o no peligrosos y disponerlos adecuadamente. Otro producto del sistema de tratamiento es el agua clarificada (agua alquidálica) que es enviada al tanque de balance del sistema de tratamiento de agua residual generada en la fabricación de pinturas base agua (residuos de lavado de equipo, contenedores de materia prima, lavado de pisos y lavado de contenedores de producto final).

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS PURGAS DEL REACTOR DE RESINAS DE NITROCELULOSA.

Este sistema contiene las siguientes etapas de tratamiento: neutralización, clarificación, filtración y un tanque de balance a donde llega agua débilmente ácida producida en el lavado de nitrocelulosa, agua débilmente básica producto del lavado de nitrocelulosa estabilizada y agua del secado de nitrocelulosa; en este tanque se adiciona un ácido o una base para neutralizar la carga de agua, una vez neutralizada (agua de nitrocelulosa) es enviada al tanque de balance del sistema de tratamiento de agua residual en la fabricación de pinturas base agua. Los sólidos retenidos en el filtro prensa son enviados al secado de nitrocelulosa (recirculación al proceso de fabricación de resinas de nitrocelulosa), en el proceso de fabricación de resinas de nitrocelulosa

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA FABRICACION DE PINTURAS BASE AGUA.

Este sistema de tratamiento contiene las siguientes etapas: homogeneización de corrientes, neutralización, coagulación-floculación, clarificación, filtración de lodos sedimentados, homogeneización de corrientes, tratamiento biológico mediante oxidación aerobia (lodos activados) y su posterior clarificación donde se sedimentan los lodos activados, una parte de estos lodos se retornan a la zona de aereación, el resto son prensados en un filtro prensa, una vez hecho lo anterior los lodos residuales son enviados a estabilización para confinarlos. El agua clarificada es enviada a un tanque para homogeneizar corrientes, luego se envía a un sistema de adsorción con carbón activado en paralelo, para la remoción de partículas, materia orgánica y color. El efluente de este proceso se divide en dos corrientes, la primera se envía a un tanque hidroneumático para enviar el agua cuando se requiera al lavado de equipo de proceso la segunda corriente pasa a una cloración, para enseguida pasar el agua a través de un filtro de carbón y quitar materia orgánica y cloro en exceso, para posteriormente descargar el 50% al drenaje municipal cumpliendo con la NOM-CCA-031-ECOL/93, el otro 50% se envía al tanque hidroneumático el cual abastece de agua a los sitios donde se requiere, para el lavado de equipo de proceso.

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE PINTURAS BASE SOLVENTE (BARNICES ALQUIDALICOS Y LACAS DE NITROCELULOSA).

Los residuos que se generan en estos procesos son: empaques de materia prima, derrames de materia prima y producto terminado, pérdidas de solvente por evaporación y residuos de lavado de equipo (solvente sucio). En los primeros se puede reducir su generación aplicando metodologías de minimización. Las pérdidas por evaporación y los residuos de lavado de equipo se les puede aplicar sistema de tratamiento para recuperar y reciclar los solventes de la siguiente manera:

Sistema de tratamiento para recuperación de solventes.

El sistema tiene las siguientes etapas de tratamiento: clarificación, filtración de sólidos sedimentables y sólidos suspendidos, neutralización y destilación. Los residuos producidos en este sistema son lodos de filtración y las colas de destilación a los cuáles se les tiene que analizar para determinar si son peligrosos y disponerlos adecuadamente. El solvente destilado se envía al tanque de almacenamiento de solvente recuperado para usarlo en la limpieza del equipo de proceso.

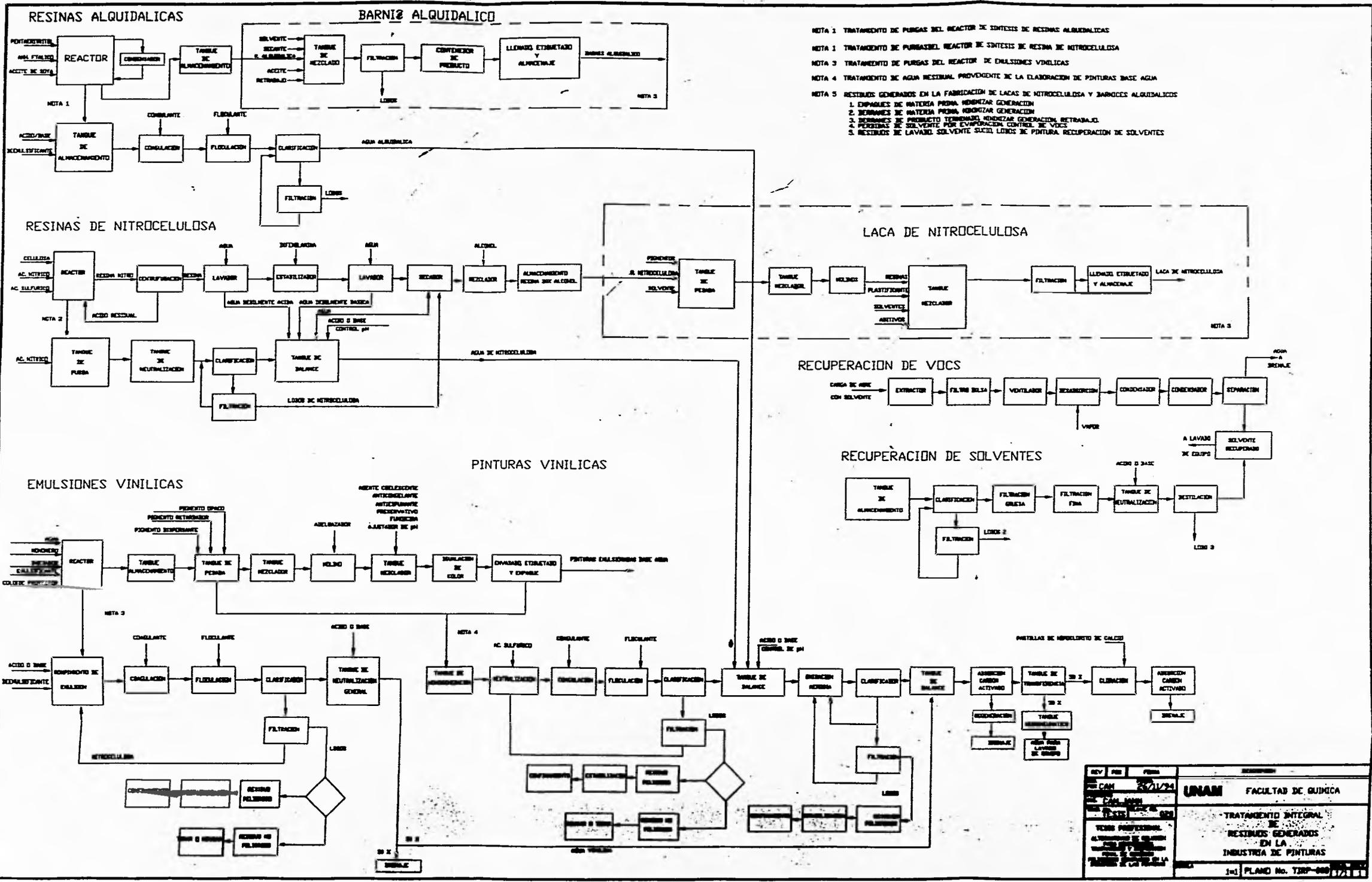
Sistema de tratamiento de compuestos orgánicos volátiles.

Este sistema consiste en recuperar los compuestos orgánicos volátiles (VOC's) generados en los procesos de fabricación con las siguientes etapas de tratamiento: extracción, filtración, condensación y adsorción; este sistema también tiene acoplado la desadsorción de los VOC's haciendo pasar vapor a los paneles de carbón activado con la recuperación de solventes en estado líquido los cuáles son separados del vapor condensado y enviados al tanque de almacenamiento de solvente recuperado y reciclarlo al proceso de limpieza de equipo. Los residuos generados son partículas sólidas retenidas en el filtro bolsa, una vez son reciclados al proceso productivo en donde se generan.

Como se puede observar este sistema de tratamiento integral tiene la finalidad de separar los procesos de producción en base agua y base solvente, éste último en barnices alquidáticos y lacas de nitrocelulosa. Al aplicar los sistemas de tratamiento se obtienen las siguientes corrientes residuales:

- Agua generada en el sistema de tratamiento de agua residual generada en la fabricación de pinturas con la recirculación de un porcentaje de la misma a la limpieza de equipo de proceso.
- Solvente recuperado en los sistemas de tratamiento de VOC's y recuperación de solvente de lavado de equipo, el solvente recuperado es almacenado y utilizado para la limpieza de equipo de proceso.
- Lodos generados en los diferentes sistemas de tratamiento los cuáles se tienen que analizar (análisis CRETIB) para determinar si son peligrosos o no y disponerlos adecuadamente: Los lodos activados una vez secos se envían a disposición final.

Para poder entender mejor lo antes planteado se desarrolló un diagrama de bloques (plano No. TIRP-008) de cada uno de los sistemas de tratamiento propuestos, se optimizaron las corrientes residuales para integrarlas de la manera más efectiva. Con el tratamiento integral se logra disminuir la cantidad de residuos y efluentes tratados y/o generados.



- NOTA 1 TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE SINTESIS DE RESINAS ALQUIDALICAS
 NOTA 2 TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE SINTESIS DE RESINA DE NITROCELULOSA
 NOTA 3 TRATAMIENTO DE PURGAS DEL REACTOR DE EMULSIONES VINILICAS
 NOTA 4 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA ELABORACION DE PINTURAS BASE AGUA
 NOTA 5 RESIDUOS GENERADOS EN LA FABRICACION DE LACAS DE NITROCELULOSA Y BARNICES ALQUIDALICOS
1. ESPUMAS DE MATERIA PRIMA HORIZAR GENERACION
 2. ESPUMAS DE MATERIA PRIMA HORIZAR GENERACION
 3. ESPUMAS DE PRODUCTO TERMINADO HORIZAR GENERACION RETRABAJA
 4. PERDIDAS DE SOLVENTE POR EVAPORACION CONTROL DE VOCS
 5. RESIDUOS DE LAVADO SOLVENTE SUCIO LINDOS DE PINTURA RECUPERACION DE SOLVENTES

REV	FECHA	FECHA	REVISION
1	20/11/24		
2			
3			
4			
5			

UNAM FACULTAD DE QUIMICA

TRATAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE PINTURAS

PLANO No. YDRP-000

CAPITULO No 6

ESTIMADO DE INVERSION Y COSTOS DE OPERACION DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PROPUESTOS

El objetivo del análisis económico es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporciona el estudio técnico y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica.

Comienza con la determinación de los costos totales de operación y de la inversión inicial, cuya base son los estudios de ingeniería, ya que tanto los costos totales de operación como la inversión inicial dependen de las tecnologías seleccionadas.

El análisis económico, pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto y cuál será el costo total de operación de la planta.

El costo es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado, en el presente, en el futuro o en forma virtual. El costo de inversión es el desembolso hecho en el presente, la inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos y diferidos necesarios para iniciar la operación de la empresa.

Los costos variables de operación son el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento e incluyen: gastos de agentes químicos, combustibles, contratos de servicio como luz, agua, teléfono, etc.

Los costos fijos de operación están constituidos por la mano de obra directa e indirecta, mantenimiento, gastos administrativos, depreciación y amortización.

Costos fijos de operación = Inversión Total X 0.1 (factor de amortización 10 años)

Los costos totales de operación son la suma de los costos variables de operación y los costos fijos de operación **(59)**.

Para fines de este trabajo en este capítulo sólo se analizarán estimados de inversión y costos de operación fijos y variables del estudio técnico desarrollado para los sistemas de tratamiento de residuos peligrosos generados en la fabricación de emulsiones vinílicas, resinas alquidálicas, resinas de nitrocelulosa, pinturas vinílicas, lacas de nitrocelulosa y barnices alquidálicos.

1.- Sistema de tratamiento de agua residual de la sección de reacción de emulsiones vinílicas.

Los costos de inversión se obtuvieron de la cotización hecha por una empresa que vende sistemas de tratamiento para agua. Los costos están referidos a junio de 1994.

Operaciones unitarias de tratamiento.

- i) Neutralización-desemulsificación, coagulación-floculación y clarificación.
- ii) Filtración (filtro prensa).
- iii) Neutralización.

- Considerando un sobrediseño de 20%.
- Se considera que el costo de instalación es 25% del costo de la compra de equipo, por tal motivo se le adicionará a los costos de inversión.

i) *Neutralización-desemulsificación, coagulación-floculación y clarificación.*

Costo de inversión.

Capacidad de tratamiento=35,507.94 L/día = 6.514 gpm

capacidad de sobrediseño=7.817gpm

Capacidad de cotización = 12 gpm

Tanque de neutralización-desemulsificación, coagulación-floculación, clarificación, dosificación de reactivos y panel de control.

Costo de equipo= N\$157,488*

Costo de instalación= N\$39,312

Costo de inversión= N\$196,860

bomba centrífuga.

Costo de inversión

Capacidad= 12 gpm

Costo de equipo= N\$2,040*

Costo de instalación= N\$510

Costo de inversión= N\$2,550

Costo de inversión = N\$199,410

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$199,410/10 años X (1/14,061,144 L/año) = N\$0.0014/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.
CVO: N\$0.0032/L
Costos totales de operación: N\$0.0047/L.

ii) Filtro prensa con bomba

Costos de inversión.
Capacidad de tratamiento = 6.23 ft³
Capacidad de cotización = 8.0 ft³
Costo de equipo= N\$92,320*
Costo de instalación= N\$23,081
Costo de inversión= N\$115,408

Costos de operación.
Costos fijos de operación:
CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)
CFO= N\$115,408/10 años X (1/ 2,4671ft³/año) = N\$4.67/ft³
Costos variables de operación:
De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.
Costos variables de operación.
CVO: N\$4.67/ft³
Costos totales de operación: N\$ 9.34/ft³.

iii) Neutralización.

Costos de inversión.
Capacidad de tratamiento = 16.8 gpm
Capacidad de cotización = 18 gpm
Costo de equipo= N\$15,300*
Costo de instalación= N\$3,825
Costo de inversión= N\$19,125

bomba centrífuga.

Costo de inversión
Capacidad= 8gpm
Costo de equipo= N\$2,700*
Costo de instalación= N\$625
Costo de inversión= N\$3,375

Costo de inversión del sistema = N\$ 22,500

Costos de operación.
Costos fijos de operación:
CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)
CFO= N\$22,500/10 años X (1/ 11,248,875L/año) = N\$0.00020/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.000085/L

Costos totales de operación: N\$0.000285/L.

2.- Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas alquídálica.

Los costos de inversión se cotizaron con una empresa que vende sistemas de tratamiento para agua residual. Los costos están referidos a junio de 1994.

- Operaciones unitarias de tratamiento.

i) Neutralización.

ii) Precipitación (coagulación-floculación, clarificación).

iii) Filtración (filtro prensa).

- Ecuaciones para cálculo.

$$S_{94} = (1.05)^n \times U\$ \times (\$94/U\$94)$$

$$S_2 = S_1 \times (\text{cap } 2/\text{cap } 1)^{0.6}$$

- Considerando un sobrediseño de 20%.

- Se considera que el costo de instalación es 25% del costo del equipo, por tal motivo se le adicionará a los costos del tratamiento, sólo cuando sea aplicable.

i) Neutralización.

Costo de inversión.

Capacidad de tratamiento = 456 L/día

Capacidad de cotización = 3,000 L/día

Tanque de neutralización, incluye: motor, agitador y dosificación de reactivos.

Costo de equipo = N\$10,000*

Costo de instalación = N\$2,500

Costo de inversión = N\$12,500

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO = inversión total / 10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO = N\$12,500 / 10 años X (1/150,480 L/año) = N\$0.0083/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0035/L

Costos totales de operación: N\$0.011/L.

ii) Precipitación.

Costo de inversión.

Capacidad de tratamiento = 456.04 L/día

Capacidad de cotización = 6 gpm

Tanque de coagulación, floculación, clarificación, dosificación de reactivos y panel de control.

Costo de equipo= N\$42,305*

Costo de instalación= N\$10,576

Costo de inversión= N\$52,881

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$52,881/10 años X (1/ 150,480L/año) = N\$0.035/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.081/L

Costos totales de operación: N\$0.116/L.

iii) Filtro prensa con bomba.

Capacidad de tratamiento = 2.87 ft³

Capacidad de cotización = 3 ft³

Costo de equipo= N\$38,246*

Costo de instalación= N\$9,561

Costo de inversión= N\$47,807

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$47,807/10 años X (1/ 947ft³/año) = N\$5.04/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$5.04/m³

Costos totales de operación: N\$10.08/m³.

3.- Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas de nitrocelulosa.

Los costos de inversión se cotizarán con una empresa que vende sistemas de tratamiento para agua residual. Los costos están referidos a junio de 1994.

- Operaciones unitarias de tratamiento.

- i) Neutralización.
- ii) Clarificación.
- iii) Tanque de balance.
- iv) Filtración.

- Ecuaciones para cálculo.

$$S_2 = (1.05)^n \times U\$ \times (\$94/U\$94)$$
$$S_2 = S_1 \times (\text{cap } 2/\text{cap } 1)^{0.6}$$

- Considerando un sobrediseño de 20%.

- Se considera que el costo de instalación es 25% del costo del equipo, por tal motivo se le adicionara a los costos del tratamiento, sólo cuando sea aplicable.

i) Neutralización.

Capacidad de tratamiento = 599.65 L/día

Capacidad de cotización = 3,000 L/día

Costo de inversión.

Tanque de neutralización, incluye: motor, agitador y dosificación de reactivos.

Costo de equipo= N\$10,000*

Costo de instalación= N\$2,500

Costo de inversión= N\$12,500

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$12,500/10 años X (1/ 197,885.1L/año) = N\$0.0063/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0027/L

Costos totales de operación: N\$0.009/L.

ii) Clarificación.

Costo de inversión.

Capacidad de tratamiento = 615.324 Kg/hr

Capacidad de cotización = 10 gpm

Costo de equipo = N\$14,196.*

Costo de instalación = N\$2,839.

Costo de inversión = N\$17,035.

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO = inversión total / 10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO = N\$17,035 / 10 años X (1/ 203,056L/año) = N\$0.0083/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 80% corresponden a los costos fijos de operación y el 20% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.002/L

Costos totales de operación: N\$0.01/L.

iii) Tanque de balance.

Capacidad de tratamiento = 2,721 L/día

Capacidad de cotización = 3,000 L/día

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$15,000*

Costo de instalación = N\$3,750

Costo de inversión = N\$18,750

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO = inversión total / 10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO = N\$18,750 / 10 años X (1/ 1,077,545L/año) = N\$0.0017/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 90% corresponden a los costos fijos de operación y el 10% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00019/L

Costos totales de operación: N\$0.0018/L.

iv) Filtro prensa con bomba.

Capacidad de tratamiento = 3.6 ft³
Capacidad de cotización = 4 ft³

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$63,695*
Costo de instalación = N\$15,924
Costo de inversión = N\$79,619

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$79,619/10 años X (1/1201ft³/año) = N\$6.62/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$6.62/ft³

Costos totales de operación: N\$13.24/ft³.

4.- Sistema de tratamiento de agua residual proveniente de la elaboración de pinturas base agua.

Los costos de inversión se cotizarán con una empresa que vende sistemas de tratamiento para agua residual. Los costos están referidos a junio de 1994.

i) Homogenización.

Capacidad de tratamiento = 60,000 L/día (tiempo de retención de 2 horas típico para homogenización)

Capacidad de cotización = 1500 galones (El equipo incluye bomba)

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$16,289*
Costo de instalación = N\$4,072
Costo de inversión = N\$20,362

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$20,360/10 años X (1/ 19,800,000L/año) = N\$0.0001/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0001/L

Costos totales de operación: N\$0.0002L.

ii) *Neutralización, coagulación, floculación y clarificación.*

Capacidad de tratamiento = 60,000 L/día = 11.9 gpm

Capacidad de cotización = 12 gpm (con reactivos y panel de control)

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$157,488*

Costo de instalación = N\$39,372

Costo de inversión = N\$196,860

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$196,860/10 años X (1/ 19,800,000L/año) = N\$0.00099/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0023/L

Costos totales de operación: N\$0.0033/L.

iii) *Filtración (filtro prensa con bomba).*

Capacidad de tratamiento = 10.73 ft³

Capacidad de cotización = 15 ft³

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$163,234*

Costo de instalación = N\$40,808

Costo de inversión = N\$163,234

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$163,234/10 años X (1/3,540ft³ /año) = N\$4.60/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$4.60/ft³

Costos totales de operación: N\$9.2/ft³.

iv) *Homogenización (Balance).*

Capacidad de tratamiento = 1,079gal (tiempo de retención de 2 horas)
Capacidad de cotización = 1,500gal (con bomba)

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$16,289*
Costo de instalación = N\$4,072
Costo de inversión = N\$20,362

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)
CFO= N\$20,362/10 años X (1/ 16,110,930L/año) = N\$0.00012/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00012/L

Costos totales de operación: N\$0.00024/L.

v) *Oxidación aerobia (lodos activados).*

Capacidad de tratamiento = 0.0107 MGD (millones de galones por día)

De la gráfica "costos de proceso Vs Caudal proyectado"

Lectura de gráfica= &18,000

Costo de equipo = N\$61,200**

Costo de instalación = N\$15,300

Costo de inversión = N\$76,500

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)
CFO= N\$76,500/10 años X (1/ 161,10,864L/año) = N\$0.00047/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00047/L

Costos totales de operación: N\$0.00094/L.

vi) *Sedimentación.*

Capacidad de tratamiento = 8.99 gpm

Capacidad de cotización = 10 gpm (clarificador de fondo cónico)

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$48,226.4*
Costo de instalación = N\$12,106
Costo de inversión = N\$60,333

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$60,333/10 años X (1/ 16,110,930L/año) = N\$0.00037/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 80% corresponden a los costos fijos de operación y el 20% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00009/L

Costos totales de operación: N\$0.00046/L.

vii) Filtración (filtro prensa con bomba).

Capacidad de tratamiento = 3.591 ft³

Capacidad de cotización = 4.0 ft³

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$71,191*

Costo de instalación = N\$17,797

Costo de inversión = N\$88,988

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$88,988/10 años X (1/ 1184ft³/año) = N\$7.51/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$7.51/ft³

Costos totales de operación: N\$15.02/ft³.

viii) Homogenización (Tanque de balance).

Capacidad de tratamiento = 1,238.5gal (tiempo de residencia 2 horas)

Capacidad de cotización = 1,500L/día

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$16,289*

Costo de instalación = N\$4,072

Costo de inversión = N\$20,362

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$20,362/10 años X (1/ 18,563,381L/año) = N\$0.0001/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00011/L

Costos totales de operación: N\$0.00021/L.

ix) Adsorción (columna de carbón activado para remoción de orgánicos).

Capacidad de tratamiento = 10.32 gpm

Capacidad de cotización = 10.0 gpm

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$24,019*

Costo de instalación = N\$6,005

Costo de inversión = N\$30,024

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$30,024/10 años X (1/ 18,563,379L/año) = N\$0.00016/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.000065/L

Costos totales de operación: N\$0.00022/L.

x) Tanque de transferencia (incluye bomba).

Capacidad de tratamiento = 588.2 gpd

Capacidad de cotización = 3,000 gpd

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$24,690*

Costo de instalación = N\$6,172

Costo de inversión = N\$30,863

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$30,863/10 años X (1/ 17,635,200/año) = N\$0.00017/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 90% corresponden a los costos fijos de operación y el 10% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00002/L

Costos totales de operación: N\$0.00018/L.

xi) Cloración.

Capacidad de tratamiento = 588.2 gal. (Tiempo de retención 2 horas)

Capacidad de cotización = 1,500 gal

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$20,848*

Costo de instalación = N\$5,213

Costo de inversión = N\$26,061

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$26,061/10 años X (1/ 8,817,633L/año) = N\$0.0003/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00012/L

Costos totales de operación: N\$0.00042/L.

xii) Adsorción (filtro con carbón activado para eliminar cloro, sabor y color).

Capacidad de tratamiento = 4.90 gpm

Capacidad de cotización = 10.0 gpm

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$6,011*

Costo de instalación = N\$1,502

Costo de inversión = N\$7,514

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$7,514/10 años X (1/ 8,817,633/año) = N\$0.00008/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.
CVO: N\$0.00003/L
Costos totales de operación: N\$0.00011/L.

xiii) *Tanque hidroneumático.*

Capacidad de tratamiento = 26,720 L/día
Capacidad de cotización = 30,000 L/día

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$6,000*
Costo de instalación = N\$1,500
Costo de inversión = N\$7,500

Costos de operación.

Costos fijos de operación:
CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)
CFO= N\$7,5000/10 años X (1/ 8,817,633L/año) = N\$0.000085/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.
CVO: N\$0.000036/L
Costos totales de operación: N\$0.00012/L.

5.- Sistema de tratamiento de recuperación de solventes

• Operaciones unitarias de tratamiento.

- i) Clarificador.
- ii) Filtro prensa.
- iii) Filtración fina.
- iv) Filtración gruesa.
- v) Neutralización.
- vi) Destilación.

• Ecuaciones para cálculo.

$$S_2 = (1.05)^n \times U\$ \times (S_1/U\$)$$
$$S_2 = S_1 \times (\text{cap } 2/\text{cap } 1)^{0.6}$$

• Considerando un sobrediseño de 20%.

- Se considera que el costo de instalación es 25% del costo del equipo, por tal motivo se le adicionará a los costos del tratamiento, sólo cuando sea aplicable.

i) Clarificación.

Costo de inversión.

Capacidad de tratamiento = 11.15 gpm

Capacidad de cotización = 15 gpm

Costo de equipo = N\$72,000.*

Costo de instalación = N\$18,000.

Costo de inversión = N\$90,000.

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO = inversión total / 10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO = N\$90,000 / 10 años X (1/ 20,062,053L/año) = N\$0.00044/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 80% corresponden a los costos fijos de operación y el 20% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00011/L

Costos totales de operación: N\$0.00055/L.

ii) Filtro prensa con bomba.

Costos de inversión.

Capacidad de tratamiento = 34.86 ft³

Capacidad de cotización = 35 ft³

Costo de equipo = N\$208,199*

Costo de instalación = N\$52,049

Costo de inversión = N\$260,248

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO = inversión total / 10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO = N\$260,240 / 10 años X (1/ 11,503ft³/año) = N\$2.26/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$2.26/ft³

Costos totales de operación: N\$4.52/ft³.

iii) Filtración fina.

Capacidad de tratamiento = 6.79 gpm

Capacidad de cotización = 12 gpm

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$3,499*
Costo de instalación = N\$874
Costo de inversión = N\$4,373

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$4,373/10 años X (1/ 12,217,676L/año) = N\$0.000035/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.000035/L

Costos totales de operación: N\$0.000070/L.

iv) Filtración gruesa.

Capacidad de tratamiento = 6.59 gpm

Capacidad de tratamiento = 12 gpm

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$3,499*
Costo de instalación = N\$874
Costo de inversión = N\$4,373

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$4,373/10 años X (1/ 11,855,828L/año) = N\$0.000036/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.000036/L

Costos totales de operación: N\$0.000072/L.

v) Neutralización.

Capacidad de tratamiento = 35,707 L/día

Costo de inversión.

Tanque de neutralización, incluye: motor, agitador y dosificación de reactivos.

$S_2 = 10,000.0(35,707/3,400.0)^{0.6} = 40,998.18$

Costo de equipo= N\$40,998.18*

Costo de instalación= N\$10,249.55

Costo de inversión= N\$51,247.73

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$51,247/10 años X (1/ 11,783,432L/año) = N\$0.00043/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00018/L

Costos totales de operación: N\$0.00061/L.

vi) Destilación.

Costo de inversión = U\$39,670.0***

500 gph

año = 1985

Capacidad de tratamiento = 393.0 gph

$S_2 = (1.09)^9 \times 39,670.0 \times 3.4 = \text{N}\$209,240.05$

$S_2 = 209,240.05 (393/500)^{0.6} = \text{N}\$181,114$

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$181,114/10 años X (1/ 11,783,434L/año) = N\$0.0015/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0035/L

Costos totales de operación: N\$0.00501/L.

6.- Sistema de recuperación de compuestos orgánicos volátiles

i) Extracción.

Capacidad de tratamiento = 2.75 m³ /día

Capacidad de cotización = 28.0 m³/día

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$4,132*

Costo de instalación = N\$1.033

Costo de inversión = N\$5,165

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$5,165/10 años X (1/ 907m³/año) = N\$0.567/m³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0001/L

Costos totales de operación: N\$0.0002/L.

ii) Filtro bolsa

Capacidad de tratamiento = 13.28ft³

Capacidad de tratamiento = 6ft³ US\$1,995 para el año1985***

\$94 = (1.05)⁹xUS\$1995x3.4\$/U\$= N\$10,522.

s2 = 10,522(13.284/6.0)^{0.5} = N\$16,952

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$16,952***

Costo de instalación = N\$4,238

Costo de inversión = N\$21,190

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$21,190/10 años X (1/ 717ft³/año) = N\$2.95/ft³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$2.95/ft³

Costos totales de operación: N\$5.90/ft³.

iii) Condensador parcial de tubos concéntricos.

Capacidad de tratamiento = Area de transferencia: 14.80 ft²

Capacidad de cotización = Area de transferencia: 20.0 ft²

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$11,848****

Costo de instalación = N\$2,959

Costo de inversión = N\$14,808

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$14,808/10 años X (1/ 900m³/año) = N\$1.64/m³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$1.64/m³

Costos totales de operación: N\$3.28/m³.

iv) Ventilador

Capacidad de tratamiento = 2.75 m³/día

Capacidad de tratamiento = 28 m³/día

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$4,132*

Costo de instalación = N\$1.033

Costo de inversión = N\$5,165

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$5,165/10 años X (1/ 900m³/año) = N\$0.57/m³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 30% corresponden a los costos fijos de operación y el 70% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$1.33/m³

Costos totales de operación: N\$1.90/m³.

v) Adsorción (columnas de carbón activado)

Capacidad de tratamiento = 1,198.4gpd

Capacidad de cotización = 20,000gpd U\$200.000 para el año 1985

Costos de inversión.

$S_1 = (1.04)^9 \times U\$200,00 \times 3.4\$/U\$ = N\$ 967,852$

$S_2 = 967,852(1,198/20,000)^{0.6} = 178,794.95$

Costo de equipo = N\$178,794.95*****

Costo de instalación = N\$44,698.7

Costo de inversión = N\$223,493.69

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$223,493/10 años X (1/ 1,247,489L/año) = N\$0.0171/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 70% corresponden a

los costos fijos de operación y el 30% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.076/L

Costos totales de operación: N\$0.0246/L.

vi) Condensador total de tubos concéntricos

Capacidad de tratamiento = Área de transferencia: 6.960 ft²

Capacidad de cotización = Área de transferencia: 20.0 ft²

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$11,848****

Costo de instalación = N\$2,959

Costo de inversión = N\$14,808

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$14,808/10 años X (1/ 900m³/año) = N\$1.64/m³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$1.64/m³

Costos totales de operación: N\$3.28/m³.

vii) Tanque separador.

Capacidad de tratamiento = 315.02 L/día

Capacidad de tratamiento = 3000 L (tiempo de retención de 2 horas)

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$15,682*

Costo de instalación = N\$3,920

Costo de inversión = N\$19,603

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$19,603/10 años X (1/ 1,247,489/año) = N\$0.0015/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 90% corresponden a los costos fijos de operación y el 10% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0001/L

Costos totales de operación: N\$0.0016/L

7.- Sistema de tratamiento de lavado de contenedores

- Operaciones unitarias de tratamiento.

- i) Tanque de almacenamiento solución alcalina.
- ii) Filtración (filtro prensa).
- iii) Tanque de almacenamiento de solvente..

- Ecuaciones para cálculo.

$$S_2 = (1.05)^n \times S_1 \times (\$/\$)$$
$$S_2 = S_1 \times (\text{cap } 2/\text{cap } 1)^{0.6}$$

- Considerando un sobrediseño de 20%.

- Se considera que el costo de instalación es 25% del costo del equipo, por tal motivo se le adicionará a los costos del tratamiento, sólo cuando sea aplicable.

i) Tanque de almacenamiento de solución alcalina.

Capacidad de tratamiento = 1.987 m³

Capacidad de cotización = 3 m³

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$14,357*

Costo de instalación = N\$3,589

Costo de inversión = N\$17,947

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$17,947/10 años X (1/ 655,941L/año) = N\$0.0027/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 90% corresponden a los costos fijos de operación y el 10% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.0003/L

Costos totales de operación: N\$0.003/L.

ii) Filtración

Filtro prensa con bomba

Costos de inversión.

Capacidad de tratamiento = 5.85ft³

Capacidad de cotización = 6.0 ft³

Costo de equipo = N\$74,932*

Costo de instalación = N\$18,733
Costo de inversión = N\$93,665

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$93,665/10 años X (1/ 1,930m³/año) = N\$4.85/m³

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 50% corresponden a los costos fijos de operación y el 50% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$4.85/m³

Costos totales de operación: N\$9.7/m³.

iii) Tanque de almacenamiento de solvente.

Capacidad de tratamiento = 0.794 m³

Capacidad de cotización = 1 m³

Costos de inversión.

Costo de equipo = N\$10,00*

Costo de instalación = N\$2,500

Costo de inversión = N\$12,500

Costos de operación.

Costos fijos de operación:

CFO= inversión total/10 años X (1/capacidad anual de tratamiento)

CFO= N\$12,500/10 años X (1/ 262,152L/año) = N\$0.0047/L

Costos variables de operación:

De los costos totales de operación se estima que el 90% corresponden a los costos fijos de operación y el 10% corresponden a los costos variables de operación.

Costos variables de operación.

CVO: N\$0.00052/L

Costos totales de operación: N\$0.0052/L.

NOTAS

- * Precios de cotización.
- ** Precio obtenido de la tabla de costos del curso "Caracterización y tratamiento de efluentes acuosos industriales", mayo 12-jun 4 de 1993. PUMA-UNAM. (Dr. Julio Landgrave Romero)
- *** EPA/625/7-90/005. Guides to pollution Prevention: The paint industry
- **** Economic indicators. Chemical engineering. october 24, 1988
- ***** W. Glinn. Mobile waste processing systems and treatment technologies USA. 1987

RESUMEN DE ESTIMACION DE COSTOS DE INVERSION

SISTEMA	COSTOS DE INVERSION NS
Sistema de tratamiento de agua residual de sección de reacción de emulsiones vinílicas	337,318
Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas alquidálicas	113,188
Sistema de tratamiento de purgas del reactor de síntesis de resinas de nitrocelulosa	127,904
Sistema de de tratamiento de agua residual proveniente de la fabricación de pinturas base agua	748,963
Sistema de tratamiento de recuperación de solventes	573,117
Sistema de tratamiento de recuperación de compuestos orgánicos volátiles	304,232
Sistema de tratamiento de lavado de contenedores de materia prima y producto terminado	124,112
TOTAL	2'328,834

Los costos estan referidos a nuevos pesos (junio de 1994).

ANEXO A

VISITAS DE INSPECCION EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

La problemática actual del desarrollo industrial del país plantea la necesidad de mejorar e implantar las herramientas de análisis ambiental y el control de los procesos productivos, con el fin de minimizar los riesgos de accidentes y efectos adversos sobre la población y el medio ambiente.

En este contexto, es indispensable realizar visitas de inspección en materia de residuos peligrosos a prácticamente toda la planta industrial del país, con el objetivo central de identificar, evaluar y controlar, aquellos procesos industriales que generen residuos peligrosos o que pudiesen estar operando bajo condiciones de riesgo (59).

1.- OBJETIVOS.

Las visitas de inspección, tienen por objeto verificar si los responsables de las fuentes de generación de residuos peligrosos están cumpliendo con los señalamientos indicados en la LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE y los REGLAMENTOS respectivos, así como los correspondientes a las NORMAS OFICIALES MEXICANAS que se han publicado en el diario oficial de la federación.

Las visitas de inspección pueden ser de dos tipos:

- ORDINARIAS.- Aquellas donde la inspección debe efectuarse en días y horas hábiles habituales del establecimiento.
- EXTRAORDINARIAS.- Aquellas donde la inspección puede efectuarse en cualquier tiempo.

2.- PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE VISITAS DE INSPECCION

i) Acreditación de los inspectores.

Los inspectores deben contar con una identificación que los acredite como tales; para tal efecto, la autoridad deberá expedir cartas-credenciales (carta de presentación) en donde se asiente este hecho, las cuáles deben de contener los siguientes datos:

- Nombre del inspector.
- Fundamento legal.
- Firma del titular de la dependencia.
- Sello de la dependencia, abarcando la fotografía del inspector.
- Firma del inspector.
- Vigencia del documento.

ii) Oficio de comisión.

Las visitas de inspección se practicarán previa orden escrita, expedida por el director general de ecología. El oficio de comisión debe contener:

- Nombre del inspector o inspectores que realizarán la diligencia.
- Razón social y/o nombre del propietario del negocio que ha de inspeccionarse.
- Domicilio del establecimiento por inspeccionar.
- Objetivo de la visita de inspección.
- Fundamento legal para realizar la visita de inspección.
- Firma del titular de la dependencia.

iii) Presentación del inspector en las empresas.

- El inspector se presenta ante el propietario, encargado u ocupante del establecimiento y le exhibe el documento que lo acredite como tal, así como el oficio de comisión, dejándole una copia del mismo.

- Si en el momento de presentarse el inspector, no se encontrara el propietario de la negociación, ni la persona autorizada que lo represente, deberá dejar un citatorio en el que se fije la hora, dentro de las veinticuatro horas siguientes.

- El encargado u ocupante del establecimiento, está obligado a permitir el acceso y dar todo género de facilidades e informes al inspector, para el desarrollo de su cometido.

- En el caso de que el propietario se oponga a la práctica de la visita de inspección o se niegue a dar facilidades e informes, se hará saber que su actitud negativa puede ser sancionada, de acuerdo a lo estipulado en los artículos 165, 166, 171, y demás aplicables de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

- El inspector deberá solicitar al propietario, encargado u ocupante del establecimiento, la designación de dos testigos de asistencia con identificación, a quienes se les hará saber que deberán permanecer el tiempo que dure la diligencia.

- En caso de que el propietario se niegue a hacerlo, o en ausencia de éstos, el inspector podrá designarlos, asentando este hecho en el acta de inspección.

- Si el inspector desea verificar algunos datos de la empresa; el propietario, encargado u ocupante del establecimiento deberá proporcionar la información que les sea requerida.

iv) Planeación de la visita de inspección

En términos generales, se deberá efectuar una planeación de la visita de inspección, considerando las siguientes fases:

- 1.- Visita preliminar de inspección.
- 2.- Recopilación de información general de la industria.
- 3.- Elaboración de una propuesta técnica-económica para la realización de la inspección.
- 4.- Verificación y evaluación del (los) proceso(s) industrial de producción, mediante la aplicación de cuestionarios técnicos y ambientales específicos, los cuáles concentrarán toda la información relativa de la industria.
- 5.- En caso de que la industria inspeccionada no cuente con información relativa a algún aspecto técnico o ambiental, ésta deberá ser evaluada mediante la toma de muestras o el procedimiento que corresponda, conforme a los lineamientos establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.
- 6.- El dictamen de la visita de inspección deberá identificar, evaluar regular las medidas preventivas y de control necesarias que deberá realizar la empresa u organismo inspeccionado, para minimizar riesgos, prevenir y controlar la generación de residuos peligrosos y atender a emergencias ambientales.

v) revisión de documentación.

El supervisor deberá cumplir con la supervisión de los siguientes puntos:

- 1.- Recopilación de la información general de la empresa (nombre o razón social, giro industrial, ubicación propietario o representante legal, número de empleados, horas de operación al día, turnos de trabajo, área ocupada, etc).
- 2.- Revisión de archivos y registros técnicos de diseño, construcción y operación de la industria (planos de proyecto, planos de tubería y drenaje, distribución de equipos, diagramas y descripción del proceso, inventario de emisiones al ambiente, bitácora de muestreo de emisiones, tipo y ubicación de obras para prevención y control de accidentes y de sistemas anticontaminantes.
- 3.- Operación del proceso (número de procesos, materias primas utilizadas, consumo, tipo de identificación, almacenamiento, productos principales, volúmenes de producción, subproductos, disposición, etc.).
- 4.- Legislación ambiental (cumplimiento de obligaciones legales, permisos y/o registros de descarga, condiciones particulares de descarga, estudios de impacto ambiental y riesgo, etc.).

5.- Manejo de residuos peligrosos, volumen producido, tipo de almacenamiento, bitácoras de inspección de contenedores, sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos, rutas de transporte, manifiestos y reportes periódicos de generación).

6.- Instalaciones especiales (tanques de gas, tanques bajo tierra, tanques de almacenamiento de combustibles, materiales corrosivos ya sean ácidos o alcalinos, líneas y/o ductos de conducción, subestación eléctrica, bitácoras de inspección y mantenimiento , etc.)

7.- Políticas de protección a la población y medio ambiente (plan de seguridad, salud medio ambiente, plan de emergencias y desastres, servicios médicos y bomberos, plan de notificación para evacuación civil circundante, ubicación y tipo de contenedores para cada derrame, etc.):

vi) Recorrido por las instalaciones de las empresas.

El inspector debe de observar y recabar la siguiente información:

1.- Revisar cada proceso desde la recepción de materia prima hasta la salida de los productos manufacturados, e ilustrar con diagramas de flujo cada punto de generación de residuos a lo largo del proceso, deberá incluir un diagrama que identifique el manejo y disposición final del residuo.

2.- Revisar cada área de almacenamiento de productos químicos existentes en los terrenos de la instalación. Para cada área identificar la cantidad de agentes químicos peligrosos y/o desechos que comúnmente se almacenan; así como las dimensiones, capacidad y el número de cada tipo de contenedor. Para cada área de almacenamiento, proporcionar una lista de los productos químicos, e incluir una evaluación de la compatibilidad de los materiales almacenados. Indicar las dimensiones de cada área de almacenamiento, incluyendo diques u otro tipo de dispositivos para prevenir derrames. Identificar los materiales de construcción de cada área.

3.- Revisar si los contenedores dentro de cada área de almacenamiento están debidamente rotulados en relación a su contenido. Para contenedores de residuos proporcionar una copia de la calcomanía típica de residuo utilizada por la instalación. Si no se utilizan rótulos típicos proporcionar los tipos de información que comúnmente se encuentran en los contenedores para almacenamiento de residuos.

4.- Revisar planos del área para tanques de almacenamiento sobre y bajo tierra. Proporcionar planos que indiquen la localización y dimensiones de todas las tuberías subterráneas que transporten combustibles o productos químicos.

5.- Identificar si las instalaciones en cuestión poseen algún lugar de almacenamiento para materias primas, agentes químicos o productos terminados que contengan componentes peligrosos.

6.- Manejo de residuos peligrosos, volumen, tipo de almacenamiento, bitácoras de inspección de contenedores, sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos, rutas de transporte, manifiestos y reportes periódicos de generación.

CONCLUSIONES

La industria de las pinturas es una de las principales fuentes generadoras de residuos peligrosos en el país. Estos se generan dentro de los procesos productivos, por el uso de materias primas peligrosas (pigmentos, solventes, resinas, plastificantes, etc.), así como de los residuos que se generan simultáneamente con los productos (purgas de reacción, solvente sucio de lavado, emisiones a la atmósfera por compuestos orgánicos volátiles, pigmentos y cargas, y descargas de efluentes acuosos generados en la fabricación de pinturas base agua).

Se identificaron los residuos de acuerdo a la fuente donde se generaron (procesos productivos), se clasificaron de acuerdo a la clave CRETIB, y se cuantificaron, lo cual dio un panorama real de la magnitud del problema que se pretende solucionar.

Una vez identificados los residuos generados, lo primero que se propone es la minimización de los residuos en la fuente de generación. Para abordar este problema se planteó una serie de medidas de minimización de residuos dentro de los procesos de producción, como son:

- Sustitución de materia prima.
- Planeación de mejoras en la producción.
- Recirculación a través de los molinos.
- Reemplazo de la solución alcalina para lavado de equipo.
- Limpieza de alta presión a tanques.
- Evitar la limpieza innecesaria.
- Producción de lotes secuenciales de claros a oscuros.
- Prevenir el secado de pintura en los tanques.
- Control de inventario por computadora.
- Aseguramiento apropiado para la formulación.
- Implantar métodos de limpieza en seco.
- Uso de filtros bolsa en lugar de filtros de cartucho.
- Reciclaje de contenedores de materia prima y producto terminado.
- Uso de pigmentos en forma de pasta.
- Uso de pigmentos no peligrosos.
- Uso de bolsas solubles en agua.
- Mejorar entrenamiento y supervisión.

Si se aplican estas medidas de control se estima que la minimización de residuos llegaría a un 50% en el primer año, y se espera llegar al 11% en un período de cuatro años.

Otra medida importante que se implantó, es el reciclado de solvente sucio producto del lavado de equipo de proceso, por medio del sistema de tratamiento de recuperación de solvente, este sistema de reciclado resulta rentable porque se logra recuperar más del 60%, disminuyendo con esto los costos variables de operación, por la compra de solvente virgen para el lavado de los equipos de proceso.

Los efluentes acuosos residuales de las purgas de reacción de las emulsiones vinílicas, resinas alquidáticas y de nitrocelulosa, se deben separar en líneas de tratamiento independientes, para evitar el mezclado y métodos de tratamiento complejos y costosos.

Igualmente los efluentes residuales de los procesos de fabricación de pinturas base agua y base solvente, se deben separar en dos procesos de tratamiento independientes ya que las características de cada uno de ellos, al estar juntos provocan que los tratamientos sean complejos y costosos.

Considerando la caracterización de los residuos y la segregación de las corrientes residuales se procedió a diseñar los sistemas de tratamiento para cada uno de los efluentes producidos en la industria de las pinturas.

Se desarrolló el balance de materia en cada uno de los sistemas de tratamiento para poder estimar la cantidad y los tipos de residuos peligrosos generados, así como la capacidad de tratamiento y las etapas de tratamiento necesarias para tratar adecuadamente los residuos generados. Además permitió estimar el predimensionamiento de cada uno de los equipos, para dar una panorámica del tamaño real de los sistemas de tratamiento.

El balance de materia en los sistemas de tratamiento se calculó tomando en cuenta las eficiencias características en cada una de las etapas de tratamiento, logrando estimar las capacidades de tratamiento en cada sistema.

Una vez desarrollados los sistemas de tratamiento para cada uno de los efluentes se notó que hay corrientes residuales que se pueden optimizar en otro sistema de tratamiento, por tal motivo se desarrolló un tratamiento integral de efluentes residuales, para el agua clarificada producto del tratamiento de resinas de nitrocelulosa, resinas alquidáticas y emulsiones vinílicas, las cuales se unen en el sistema de tratamiento de efluentes en la fabricación de pinturas base agua, en donde se termina con su tratamiento; el 50% del agua tratada se envía al tanque de almacenamiento del cual se toma cuando se requiere, para el lavado del equipo de proceso en la fabricación de emulsiones vinílicas y pinturas vinílicas; el otro 50% se envía al drenaje municipal, con el tratamiento aplicado se estima que la descarga residual si cumple con la NOM-CCA-031-ECOL/93, evitando dañar al medio ambiente y posibles sanciones por el no cumplimiento de dicha norma por parte de las autoridades correspondientes. Los solventes recuperados en los sistemas de tratamiento de recuperación de solventes y el

sistema de recuperación de compuestos orgánicos volátiles se unen en el tanque de almacenamiento, éste solvente recuperado se utiliza para el lavado de equipo de proceso en la fabricación de barnices alquidáticos y lacas de nitrocelulosa. Los lodos producidos en los sistemas de tratamiento propuestos: lodos del clarificador de resinas de nitrocelulosa, lodos del clarificador de emulsiones vinílicas, lodos activados producidos en el sedimentador, lodos del clarificador del tratamiento de agua en el proceso de fabricación de pinturas base agua, y las colas de destilación de solvente: a todos estos lodos se les tiene que aplicar un análisis CRETIB, por separado, para determinar si éstos son o no peligrosos de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, si son peligrosos se deben estabilizar y confinar, si resultan no peligrosos se deben disponer adecuadamente ya sea en otro proceso como materia prima o para recuperar compuestos o elementos valiosos en ellos.

Con los sistemas de tratamiento diseñados y el balance de materia calculado, se realizaron estimaciones de costos de inversión y operación para cada uno de ellos, obteniendo un costo de inversión total para todos los sistemas de tratamiento de N\$ 2'328,834.00. Se considera que el costo de inversión es mínimo debido a los beneficios que se proporcionan al medio ambiente, además de que se cumple con la legislación vigente, evitando sanciones que repercuten en el aspecto económico de la planta. Otro aspecto que también se observó es que a menor capacidad de tratamiento los costos de operación se incrementan.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Benavides Livia.
Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos
Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Lima, Peru, Julio de 1993.
- (2) Ortiz monasterio F.
Manejo de los desechos industriales peligrosos en México.
Universo XXI
México, 1987.
- (3) SEDESOL.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
Porrúa, S.A.
México, 1993.
- (4) Metry A. Amir y colaboradores.
Handbook of Hazardous Waste Management
Pergamon Press
USA, 1984.
- (5) (7) (15) Cortinas de Nava y Vega Gleason S.
Serie de Monografías No. 3
Residuos Peligrosos en el Mundo Y México
SEDESOL-INE
México, 1993.
- (6) German Arriaga Garcia, Alejandro Guzman Aguirre.
Fuentes Generadoras de los Desechos Peligrosos y su Naturaleza
Programa a desarrollar para la solución del problema de los desechos
sólidos peligrosos a escala nacional
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
Ciudad Universitaria, México, 1993.
- (8) (10) (13) (14) Emiko Miyasaco Kobashi.
Legislación, Normalización y Movimiento Transfronterizo de Residuos
Peligrosos
Primera reunión anual del Programa Universitario de Medio Ambiente
Ciudad Universitaria, México, Octubre 1992.
- (9) Dirección General de Normatividad, INE
Reflexiones para una Política de Residuos Peligrosos en México
Taller abierto sobre residuos peligrosos: Bases para una Política Ambiental
México, Mayo 1993

- (11) (31) (32) SEDESOL.
Reglamento de la LEy General del Equilibrio Ecológico y la Protección al
Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos
Porrúa, S.A.
México 1993.
- (12) Espinosa German.
Aspectos Relevantes de Normatividad
Primer Seminario Sobre Residuos Peligrosos
Facultad de Química, UNAM
13-14 de mayo de 1993.
- (16) Tamayo Jesús.
Plan Integral Ambiental Fronterizo
Primera etapa 1992-1994
SEDESOL-USEPA
México 1992.
- (17) SEDESOL-USEPA.
Convenio Bilateral México- Estados Unidos
México, 1988.
- (18) (43) Entrenamiento Sobre Salud y Seguridad para los Trabajadores de
Desperdicios Peligrosos.
Universidad de California En Berkeley
Programa de salud ocupacional
Diciembre 1991.
- (19) (46) Luis Alfonso León Ranero.
Riesgos en el Proceso de fabricación de Pinturas
Tesis 1979
Facultad de Química, UNAM.
- (20) Myers, Raymond R.
Tecnología de los recubrimientos de superficie
M. Dekker
New York, 1987.
- (21) Flick, W. Ernest.
Industrial Water-Based Paint Formulations.
Noyes Data Corporation
USA, 1988.
- (22) (26) Charles R. Martens.
Technology of paints, varnishes and lacquer
Reinhold Publishing Corporation
New York, 1981.

- (23) Chaffield W. H.
Los barnices y sus constituyentes
Reverte, S.A.
Barcelona, 1976.
- (24) Nitrocelulosa de México S.A.
Catalogo de nitrocelulosa
Nitro de México, 1967.
- (25) (28) George T. Austin.
Manual de procesos químicos en la industria.
Tomo 2
Mc Graw Hill.
- (27) EPA/625/7-90/005.
Guides to Pollution Prevention
The Paint Manufacturing Industry
Jun 1990
Risk Reduction Engineering Laboratory
Center for Environmental Research Information
Cincinnati, Ohio, 45268.
- (29) Osawa Díaz José.
Lacas de Nitrocelulosa
Pinturas Dia, S.A.
Agosto 23, 1991.
- (30) Ramírez Burgos Landy.
Caracterización de residuos peligrosos
Curso: Residuos Sólidos Peligrosos
Facultad de ingeniería UNAM
15-26 de marzo de 1993.
- (33) CONADE.
Informe de la situación en materia del Equilibrio Ecológico y Protección al
Ambiente
México 1989-1990.
- (34) (49) Fernández Villagomez Georgina.
Procesos de tratamiento para residuos peligrosos
Primera Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente
21-24 de octubre de 1992, Ciudad Universitaria.

- (35) (38) (40) Fernández Villagomez Georgina.
Caracterización, Clasificación y Fuentes generadoras de Residuos Peligrosos
Curso: REsiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (36) Sánchez Mesa Juan Carlos.
Análisis y monitoreo de residuos peligrosos
Curso: REsiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (37) (42) Johnson, L. James, R.
Sampling and analisis of hazardous waste
Mc Graw Hill
USA, 1990.
- (39) Qeuré Alain.
Análisis y monitoreo de residuos peligrosos
Curso: REsiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (41) Saldivar Osorio Liliana.
Manejo práctico de residuos peligrosos
Curso: REsiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (44) Gutiérrez Avila J. Hector, Fortoul Van Der Goes Teresa.
Repercusiones a la salud
Curso: REsiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (45) Ostrowsky Wegman Patricia.
Riesgos a la salud dedido a los residuos peligrosos
Primer seminario sobre residuos peligrosos
PUMA-Facultad de Química
12-14 de mayo de 1993.
- (47) (55) Rion Ariola Rafael.
Alternativas de tratamiento de residuos peligrosos
Curso: Residuos Peligrosos
Facultad de ingeniería UNAM
15-26 de marzo de 1993.

- (48) (52) (53) López Rincón M. A.
Introducción a los residuos peligrosos y su disposición final
Tesis 1989
Facultad de Química UNAM.
- (50) Landgrave Romero Julio.
Recuperación y neutralización
Curso: RESiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (51) Combustibles suplementarios.
Boletín Informativo
Instituto Sobre Desechos Peligrosos A.C.
México D. F., Junio 1992.
- (54) Fernández Villagomez Georgina.
Problemática actual del tratamiento de residuos peligrosos
Primera Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente
Octubre 1992.
- (56) Aguilar Aguilar Fulgencio.
Disposición final de residuos peligrosos
Curso: Residuos Sólidos Peligrosos
Facultad de Ingeniería UNAM
15-26 de marzo de 1993.
- (57) Leopoldo Cervantes León.
Manejo integral de residuos industriales
Curso: RESiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (58) Ana Elisa Silva Martinez.
Alternativas de tratamiento de residuos peligrosos
Curso: RESiduos Peligrosos
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM)
25 de octubre al 12 de noviembre de 1993.
- (59) Gabriel Vaca Urbina.
Evaluación de proyectos
Segunda edición
Mc Graw Hill
México 1992.

(60) **Manual de procedimientos para realizar visitas de inspección.**
Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ecología
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
México, 1988.