64
17

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ACETONA: SU RECUPERACION A PARTIR DE UN RESIDUO PELIGROSO, GENERADO EN LA ELABORACION DE CAMARAS DE HULE PARA AUTOMOVIL

T R A B A J O E S C R I T O

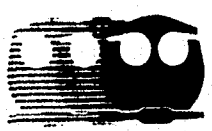
VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O Q U I M I C O

P R E S E N T A :

S A L V A D O R H E R E D I A P E R E Z



MEXICO, D. F. 1996.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	PROF. DOMINGUEZ BETANCOURT RAMON E.
VOCAL	PROF. TORRES BARRERA RODOLFO
SECRETARIO	PROF. MARTINEZ MARTINEZ MARIO
1er. SUPLENTE	PROF. MALDONADO TAPIA MARIO ALBERTO
2º SUPLENTE	PROF. RAMIREZ BURGOS LANDY IRENE

Sitio donde se desarrollo el tema:

Facultad de Química, U.N.A.M., México, D.F.
Industrias de Hule Galgo, S.A. DE C.V.,
Miguel Angel de Quevedo No. 1209 col. Atlántida, C.P. 04370

Ing. Q. Mario Martínez Martínez
Asesor

Salvador Heredia Pérez
Sustentante

A Dios con Amor

Por darme la vida y permitirme llegar a este momento en el que se ha cristalizado el sueño que de niño tuve.

Gracias

A mis Padres con Cariño

Por haberme enseñado a luchar y por ayudarme a vencer. Por inculcar en mi el estudio y por apoyarme siempre y sobre todo por su confianza.

Gracias

A mi esposa Paty

Por su Amor, comprensión y apoyo factor fundamental para realizar los logros que se fija una pareja y con quien entre tantas cosas vividas puedo compartir este momento.

Gracias

A mis hijos Laura y Mauricio

A lo mejor que me ha dado la vida, con inmenso cariño y como un estímulo para su superación personal.

Gracias

A toda mi Familia

Agradezco la ayuda que siempre nos han brindado y el apoyo que nunca nos ha faltado.

Gracias

Al Profesor Mario Martínez M.

Por sus consejos, sus comentarios y por las facilidades, el tiempo y el apoyo que me brindo para la realización de este trabajo.

Gracias

Al Jurado

Agradezco el interes mostrado en la revisión de este trabajo.

Gracias

A la U.N.A.M.

En Especial a la Facultad de Química que me brindo la oportunidad de realizar un bello anheto.

Gracias

INDICE

INTRODUCCION 1

CAPITULO I. GENERALIDADES 4

A. Acetona 4
A.1 Propiedades fisicoquímicas de la acetona 4
A.2 Usos de la acetona 10
A.3 Aspectos toxicológicos de la acetona 11
A.4 Seguridad y manejo de la acetona 12

B. Dióxido de Carbono 13
B.1 Propiedades fisicoquímicas del dióxido de carbono 13
B.2 Usos del dióxido de carbono 15
B.3 Aspectos toxicológicos del dióxido de carbono 16
B.4 Seguridad y manejo del dióxido de carbono 17

C. Residuos Peligrosos 19
C.1 Definición y problemática de los residuos peligrosos 19
C.2 Clasificación de los residuos peligrosos 25
C.3 Fuentes generadoras de residuos peligrosos 29
C.4 Legislación ambiental en materia de residuos peligrosos 37
C.4.1 Legislación en México 37
C.4.2 Reglamentación 42
C.4.3 Normatividad 43
C.5 Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos 47
C.5.1 Convenio bilateral México - Estados Unidos 50
C.6 Alternativas de solución para residuos peligrosos 52
C.6.1 Tratamientos 52
C.6.2 Problemática actual de tratamiento de residuos peligrosos 54
C.6.3 Reducción 56
C.7 Tecnologías de tratamiento 57
C.7.1 Tratamiento térmico 57
C.7.2 Tratamiento biológico 59
C.7.3 Tratamiento químico 61
C.7.4 Tratamiento físico 63

D. Proceso de fabricación de las cámaras de hule 68
D.1 Descripción de la elaboración de las cámaras 68
D.2 Elementos constitutivos de una cámara de hule 69
D.3 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de las cámaras 71
D.4 Proceso de fabricación de las cámaras 72
D.5 Etapa del proceso donde se genera el residuo peligroso que nos interesa para su recuperación 73

CAPITULO II. MATERIALES Y METODOS 74

E. Metodología para la recuperación de la acetona 74
E.1 Material y equipo empleado en el laboratorio 77
E.2 Preparación de muestras para su análisis en el laboratorio 78
E.3 Procedimiento de recuperación realizado 79
E.4 Métodos ASTM empleados para determinar las propiedades físicas de la acetona 81
E.5 Diagrama de bloques para la recuperación de la acetona 81

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION 82

F. Valores cuantitativos de la acetona gastada 82
F.1 Valores obtenidos del análisis de las acetonas 83
F.2 Espectro de infrarrojo de las acetonas 85
F.3 Composición de los lodos 86
F.4 Discusión de resultados 87

G. Estudio Técnico económico 89
G.1 Estudio Técnico 89
G.2 Estudio económico 92
G.3 Estimación de la inversión 93
G.4 Depreciación 95
G.5 Tiempo de recuperación de la inversión 96
G.6 Rentabilidad de la inversión 97

CONCLUSIONES 98

BIBLIOGRAFIA 100

APENDICE 105

INTRODUCCION

Si bien todas las sociedades en el mundo producen desperdicios, es decir, desechos domésticos, aguas negras, residuos sólidos municipales, subproductos de manufacturas, descargas y emisiones de fábricas, la minimización de los mismos constituye una meta tecnológica, pero su logro no significa que se elimine el problema de su disposición, que a su vez da origen a otros problemas tanto políticos como sociales, en diferentes comunidades; también se pueden tener problemas a nivel internacional por la mala disposición, debido a ésto se han creado diferentes acuerdos y tratados internacionales, los cuales se mencionarán en el desarrollo de éste trabajo.

La problemática relacionada con los residuos industriales peligrosos es muy compleja e involucra, como ya se mencionó, aspectos técnicos, políticos, económicos y sociales, ya que el desarrollo industrial que ha tenido el mundo en estas últimas décadas no corresponde a un esfuerzo similar en la creación de instalaciones apropiadas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

México por ser un país en vías de desarrollo, cuenta básicamente con tecnologías antiguas y a veces obsoletas dentro del sector industrial, lo que ocasiona que no se tenga ningún control sobre la generación de sus residuos peligrosos y no peligrosos, los cuales no están clasificados, ni cuantificados en su totalidad. Aún cuando ya hay una clara preocupación por parte de la ciudadanía y de las autoridades, este problema sigue siendo de difícil solución para la industria nacional.

El desarrollo industrial de nuestro país a partir de la década de los 80'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, aunado a la apertura comercial con el TLC, lo que hace que tal desarrollo deba ser acelerado, para poder competir internacionalmente. Si bien, lo

anterior ha traido innegables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión hacia el entorno natural.

La actividad industrial tiene un impacto ambiental importante sobre el medio donde se desenvuelve, pero a la vez es fuente de trabajo y de productos que la sociedad demanda e inclusive es un parámetro del grado de desarrollo de un país. Por tanto, no es factible pensar, por ejemplo, en un cierre masivo de industrias. Pero si en lograr una reducción de efluentes contaminantes en agua, aire y suelo mediante una operación eficiente dentro de cada industria, un mantenimiento adecuado de las instalaciones, una mayor investigación en nuevos procesos y equipos, y además un renovado interés del personal involucrado, independientemente de la creación de restricciones legales más rígidas.

El primer paso para alcanzar una conducta ambientalmente responsable, consiste en disminuir los residuos peligrosos desde el lugar mismo donde estos se originan, ya que en muchas ocasiones su emisión se debe a pérdidas de insumos, productos intermedios, subproductos o de producto final. El siguiente paso es reutilizar al máximo todos los productos que tengan las características apropiadas para ello, con lo cual es posible reducir el volumen de contaminantes y cumplir con las normas legales que existan, evitándose también gastos excesivos en el manejo de estos. Por último, se considera el tratamiento de los residuos peligrosos con la finalidad de escoger la técnica que mejor se adecúe para la recuperación de la acetona que es uno de los objetivos primordiales de éste trabajo.

En el presente trabajo se considera la situación particular de recuperar la acetona, a partir de un residuo peligroso, el cual es generado en la fabricación de las cámaras de hule en una industria hulera, el método de separación empleado es el de la destilación. Así mismo, por su importancia se hace un marco teórico con los conceptos que se considerán de interés, los cuales están

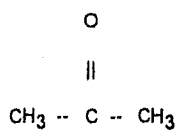
relacionados al tema de este trabajo. También se hace mención, en forma breve, sobre el proceso de fabricación de las cámaras de hule para tener una mejor comprensión de las sustancias que pudieran estar presentes en el residuo peligroso. Además se describe la metodología que se siguió para la recuperación de la acetona. Este trabajo se complementa con un estudio económico con la finalidad de que el proyecto sea implantado en la fábrica.

CAPITULO I. GENERALIDADES

A. Acetona

A.1 Propiedades fisicoquímicas de la acetona

La fórmula química de la acetona es $CH_3\ COCH_3$ y su estructura molecular está integrada de la siguiente manera:



Su nomenclatura, según la U.I.Q.P.A., es 2-Propanona, pero su nombre común es acetona o dimetil-cetona; también tiene los siguientes sinónimos: dimetilcetona, betacetopropanona, propanona, eter piroacético.

El grupo carbonílico polarizado convierte las cetonas en sustancias polares, por lo que tiene puntos de ebullición más elevados que los compuestos no polares de peso molecular comparable. No son capaces, por sí mismas de ligarse intermolecularmente por medio de puentes de hidrógeno unido al carbono como consecuencia, sus puntos de ebullición son inferiores al de los alcoholes o de los ácidos carbóxilicos comparables.

Las cetonas inferiores son apreciablemente solubles en agua, probablemente por los puentes de hidrógeno que pueden establecerse entre moléculas de solvente y soluto; se alcanza la solubilidad límite para unos cinco carbonos. Las cetonas son solubles en los solventes orgánicos. La Acetona es la más importante cetona industrial[1].

Entre las propiedades fisicoquimicas de la acetona están las siguientes:

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA ACETONA	
CARACTERISTICAS:	Incolora, ligeramente higroscópica, olorosa con el olor característico de las cetonas alifaticas simples, olor étero agradable, altamente volátil, muy inflamable[2].
PESO MOLECULAR:	58.08
PUNTO DE EBULLICION:	56.2 °C a 760 mmHg
PUNTO DE FUSION:	- 94.3 °C
PUNTO DE INFLAMACIÓN:	copa cerrada: - 17 °C
	copa abierta: - 9 °C
TEMPERATURA DE AUTOINFLAMACION:	600 °C - 650°C
INDICE DE REFRACCION:	1.3591 a 20 °C
	1.3573 a 25 °C
VALOR CALORIFICO:	7.373 cal/g.
CALOR ESPECIFICO:	0.528 cal/g. a 20 °C
COEFICIENTE DE EXPANSION CUBICA:	0.00143 a 20 °C
PROMEDIO:	0.00162 de 0 ° - 100 °C
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:	5.5×10^{-8} mho a 20 °C
CONSTANTE DIELECTRICA:	21.45 a 20 °C
MEZCLAS EXPLOSIVAS CON AIRE A 20 °C[3]	Límite superior 11.0 a 13.0 % Vol.
	Límite inferior: 2.15 a 3.0 % Vol.

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA ACETONA (Cont.)	
CALOR LANTENTE DE EVAPORACION:	125.3 cal/g.
CALOR LANTENTE DE FUSION:	23.4 cal/g.
RAZON DE EVAPORACION:	(Eter = 1) : 2.1
	(n - Butilacetato = 100) : 1160
RAZON DE DILUSION:	Agua: 0.21
	Nafta de petróleo: 0.6
	Tolueno: 4.5
	Butanol: 7.0
	Xileno: 3.7
TENSION SUPERFICIAL:	23.7 din/cm a 20 °C
	22.01 din/cm a 30 °C
TEMPERATURA CRITICA:	235 °C
PRESION CRITICA:	47 atm
DENSIDAD CRITICA:	0.268 g/cm^3
SOLUBILIDAD EN AGUA (g/100g de H_2O):	completamente$_{(4)}$
PARAMETRO DE SOLUBILIDAD (δ, hildebrands) :	10
VELOCIDAD DE EVAPORACION (evaporómetro de película delgada a 90%) (segundos):	82

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA ACETONA (5)			
Temperatura T °C	Sp. gr a T °C /20 °C	Temperatura T °C	Sp. gr. a T °C /20 °C
0	0.8141	30	0.7796
5	0.8081	35	0.7736
10	0.8026	40	0.7681
15	0.7966	45	0.7621
20	0.7911	50	0.7566
25	0.7851		

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS DE ACETONA - AGUA			
Acetona % p/p	Sp. gr a 20 °C /20 °C	Acetona % p/p	Sp. gr. a 20 °C /20 °C
10	0.985	60	0.895
20	0.972	70	0.872
30	0.955	80	0.849
40	0.936	90	0.822
50	0.917	100	0.791

AZEOTROPOS EN MEZCLAS BINARIAS			
Acetona, % p/p	segundo componente	% p/p	Punto de ebullición °C
88.5	Tetracloruro de carbono	11.5	56.28
33	Disulfuro de carbono	67	39.25
20.5	Cloroformo	79.5	64.5
88	Metanol	12	56.4
99	1 - Bromopropano	1	56.33
50	2 - Bromopropano	50	54.0
20	n - Pentano	80	32.0
59	n - Hexano	41	49.6

PRESION DE VAPOR DE LA ACETONA			
Temperatura °C	Presión de Vapor mm Hg	Temperatura °C	Presión de Vapor mm Hg
-94.6	0.017	20	184.6
-90	0.021	25	229.2
-70	0.34	30	282.7
-50	2.4	35	346.4
-30	11.2	40	421.5
-10	38.7	45	510.5
-2	60.0	50	612.6
+5	89.1	56.2	760.0
10	115.6		

PRESION DE VAPOR DE LA ACETONA (Cont.)			
Temperatura °C	Presión de Vapor en atmósferas	Temperatura °C	Presión de Vapor en atmósferas
60	1.14	100	3.67
70	1.58	120	6.01
80	2.12	150	11.5
90	2.81	200	28.0

VISCOSIDAD DE LA ACETONA			
Temperatura °C	Viscosidad en cp	Temperatura °C	Viscosidad en cp
-92.5	2.148	-10.0	0.450
-80.0	1.487	0	0.399
-59.6	0.932	15.0	0.337
-42.5	0.695	25.0	0.316
-30.0	0.575	30.0	0.295
-20.9	0.510	41.0	0.280
-13.0	0.470		

VISCOSIDAD DE LA ACETONA - AGUA A 25 °C			
Acetona % p/p	Viscosidad en cp	Acetona % p/p	Viscosidad en cp
100	0.316	50	1.25
90	0.44	40	1.35
80	0.60	30	1.35
70	0.83	20	1.26
60	1.05	10	1.09

FRECUENCIAS CARACTERISTICAS DE ABSORCION INFRARROJA[6]		
ENLACE	TIPO DE COMPUESTO	RANGO DE FRECUENCIA cm^{-1}
C = 0	Aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres	1690 - 1760

En el apéndice se muestra el espectro de infrarrojo de la acetona.

A.2 Usos de la acetona

La acetona se emplea como solvente en la manufactura de lacas, resinas, caucho, grasas, aceites, como solvente para acetileno, mezclas de adhesivos, pieles, perfumes artificiales, alcanfor, limpiadores, tintes, desinfectantes, explosivos, se usa como medio de extracción, pinturas, barnices, medicinas, combustibles, ceras, esmaltes y en la industria de los plásticos[7].

A.3 Aspectos toxicológicos de la acetona[8]

TOXICOLOGIA DE LA ACETONA	
Concentración máxima permisible	TLV - TWA : 750 ppm en aire
Dosis letal	LD 50 : 900 mg/Kg

Efectos de exposición:

Inhalación:	1) Dolor de cabeza
	2) Fatiga
	3) Narcosis
Ingestión:	1) Gastritis
	2) Náuses
	3) Parálisis
Contacto ocular:	1) Conjuntivitis
	2) Erosión de la cornea
Absorción:	Inhalación, ingestión
Patología:	Irritación, depresión del sistema nervioso central.

SIGNOS Y SINTOMAS: eczema, conjuntivitis, erosión corneal, faringitis, bronquitis, dolor de cabeza, desvanecimiento, gastritis con náuseas y vómito, obnubilación, narcosis.

TEST DE DIAGNOSTICO: Acetona en sangre por encima de 2 mg/dl.

TRATAMIENTO: Lavado de ojos con agua, lavado de agua y jabón de las partes contaminadas del cuerpo, lavado gástrico si se ha ingerido un purgante salino, sintomático y de fortalecimiento general.

SECUELAS: No se ha consignado ningún efecto permanente.

A.4 Seguridad y manejo de la acetona[9].

Incompatibilidad con:	1) Bases
	2) Agentes reductores
	3) Agentes oxidantes
	4) Agua
	5) Calor
Productos de descomposición:	1) Monóxido de carbono
	2) Dióxido de carbono
Tratamiento del lugar físico en caso de derrame:	1) Capturar con arena u otro material no combustible.
	2) Incinerar
Equipo para combatir fuego:	1) Extinguidor de polvo químico
	2) Extinguidor de CO_2

B. Dióxido de carbono

B.1 Propiedades fisicoquimicas del dióxido de carbono.

La fórmula química del dióxido de carbono es CO_2 y su estructura molecular está integrada de la siguiente manera:

O = C = O

Vulgarmente se le llama gas carbónico, nombre impropio que le aplican algunas veces al CO. Por su propiedad de anhidro, comunmente se le llama también anhidrído carbónico, su importancia histórica estriba en haber sido uno de los primeros que se reconocieron como diferentes del aire (Van Helmont, 1640). Fue estudiado cuidadosamente por el químico escocés Jose Blank en 1754, quien le llamó entonces aire fijado sin lograr establecer su composición. A Lavoisier se debe el haber indicado que era un compuesto de carbono y de oxígeno. Se encuentra presente en la atmósfera en una proporción variable comprendida entre el 0.03 y el 0.06 % en volumen(10).

Entre las propiedades fisicoquímicas del dióxido de carbono están las siguientes:

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL DIOXIDO DE CARBONO	
CARACTERISTICAS:	En condiciones normales (20 °C y 1 Kg/cm^2), es un gas, incoloro e inodoro y con un sabor ácido, no es inflamable .
PESO MOLECULAR:	44.01
TEMPERATURA DE EBULLICION:	-78.5 °C a 760 mmHg

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL DIOXIDO DE CARBONO (Cont.)	
PUNTO DE FUSION:	Sublima a presión atmosférica -56.6 °C a 5.2 atm.
PUNTO DE INFLAMACIÓN:	No es combustible, ni alimenta las combustiones ordinarias; pero en su seno arden metales como magnesio y aluminio, previa incandescencia: se libera carbón y el metal queda convertido en óxido(11)
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:	No conduce la corriente eléctrica
CALOR DE VAPORIZACION:	136.3 cal/g. líquido a -56 °C
CALOR DE FUSION:	50.9 cal/g.
TEMPERATURA CRITICA:	31 °C
PRESION CRITICA:	77 atm
SOLUBILIDAD EN AGUA:	3.35 g/Kg a 0 °C; 1.07 g/Kg a 37 °C; 171 ml/100ml a 0 °C; 90 ml/100ml a 20 °C; es más soluble que otros gases como el nitrógeno o el oxígeno.
DENSIDAD DE LIQUIDO:	1.562 Kg/m^3 a 1 atm y a -79.8 °C
DENSIDAD DE GAS:	2.814 Kg/m^3 a 1 atm
PESO ESPECIFICO:	1.53 (aire = 1)

SOLUBILIDAD DEL CO_2 EN DIFERENTES SOLVENTES A DIFERENTES TEMPERATURAS								
Solvente	Cantidad disuelta, ml/g (STP) Temperatura, °C							
	-80	-40	0	10	20	25	30	40
Acetato de metilo	350	41	11.5	9.2	7.4		6.0	
Acetona	460	50	13	10.6	8.2	7.1	6.6	5.4
Benceno				2.9	2.71	2.69	2.59	
Dietil éter	300	36	9.6	7.8	6.3			
Etanol	100	28	5.3	4.3	3.6		3.2	
Heptano					2.8	2.63		
Metanol	220	24.5	6.3	5.0	4.1		3.6	3.2
Tolueno	21	4.4	3.5	3.4	3.0	2.48	2.8	
Xileno		4.9	1.9		2.31	2.15		

B.2 Usos del Dióxido de Carbono

Para usos industriales se suministra licuado en botellas de acero a temperatura ambiental. También se puede entregar en cisternas, en estado líquido y a baja temperatura (-14 °C / -27 °C).

En un principio (año 1914) el CO_2 se utilizó como extintor de incendios. En alimentación se empleó por primera vez para la carbonatación de bebidas.

Comercialmente se presenta también como nieve carbónica o hielo seco, a una temperatura de -78 °C y a la presión atmosférica, teniendo entonces una alta capacidad frigorífica (150 Kcal/Kg).

La solubilidad aumenta al bajar la temperatura, propiedad que se emplea en el envasado de cervezas y bebidas carbónicas en general. El CO_2 realza el sabor de las bebidas a las que se agrega o en las que se produce por fermentación natural.

Por ser un gas inerte y antioxidante se puede utilizar en la conservación de productos alimenticios, cuyo contacto con el oxígeno es perjudicial (carnes, determinados tipos de vinos, etc.) (12).

B.3 Aspectos toxicológicos del dióxido de carbono (13).

TOXICOLOGIA DEL DIOXIDO DE CARBONO	
Concentración máxima permisible	TLV - TWA : 5000 ppm en aire

Posibles riesgos del dióxido de carbono:

Altera la conciencia (efecto narcótico) y la respiración a partir de un contenido del 2% en el aire. Por encima del 7% se puede llegar rápidamente a la pérdida del conocimiento.

- Existe el riesgo de que se acumule en los puntos bajos (fosas, sótanos, etc.), donde origina los peligros indicados más arriba (14).
- Un enfriamiento excesivo produce la formación de nieve carbónica en el interior de la botella y una fragilización del metal de la misma.

- Si el CO_2 líquido estuviera dentro de un espacio cerrado, existiría riesgo de explosión por aumento excesivo de presión.
- El contacto de la nieve carbónica con una parte del cuerpo puede producir congelaciones en la piel.
- El rápido vaciado de una botella de CO_2 produce la formación de nieve carbónica y provoca con facilidad descargas eléctricas en la atmósfera, creándo un riesgo si esta atmósfera es explosiva.
- El desprendimiento gaseoso producido por el calentamiento de la nieve carbónica (sublimación) entraña un aumento de presión si se produce en un espacio cerrado.

B.4 Seguridad y manejo del dióxido de carbono

Precauciones que se deben tomar en el manejo del CO_2.

- Las zonas de almacenamiento o de utilización del CO_2 deben tener una buena ventilación, manteniendo el contenido de oxígeno por encima del 18% y el de CO_2 por debajo del 0.5% (concentración máxima admisible durante ocho horas al día). Utilizar un detector de fugas apropiado para su localización.
- Suprimir toda comunicación entre las zonas de almacenamiento o de utilización del CO_2 y los puntos bajos (fosas, atarjeas, sólanos, etc.), donde existe el riesgo de que se acumule y haga la atmósfera irrespirable. Si esto no es posible, permitir el acceso a estos puntos bajos únicamente después de haber tomado las precauciones a definir en cada caso, pero que comporten en particular una ventilación enérgica y la medida del contenido de oxígeno y de CO_2 (este inferior al 2%).
- No descender por debajo de -20 °C en la pared de la botella, en caso de sobrecaudal en fase gaseosa.

- Si se quiere calentar una botella, no hacerlo nunca con una llama desnuda, sino en baño maría, no sobrepasando los 50 °C.
- En cualquier circuito de CO_2 líquido, prever los dispositivos de seguridad contra las sobrepresiones.
- En las manipulaciones con CO_2 líquido o nieve carbónica es preciso protegerse contra las proyecciones y los riesgos de congelación con gafas, guantes, etc.
- Las instalaciones de inertización con CO_2 deben estudiarse cuidadosamente para evitar descargas eléctricas en atmósfera explosiva.
- Los recintos que contengan nieve carbónica o pellets no se deben cerrar herméticamente, sino que deben tener aberturas de desgasificación.

Que se debe hacer en caso de accidente.

En caso de fuga:

- Evacuar el local. Cerrar la válvula principal de almacenamiento.
- Abrir las puertas y ventilar enérgicamente.
- También debe aconsejarse la verificación del contenido de CO_2, que deberá ser inferior al 2%.

En caso de asfixia:

- La persona que acuda en auxilio de la víctima debera ir equipada de una mascarilla respiratoria autónoma y de un cinturón de seguridad que permita, a un compañero, sacarla de esta atmósfera en caso de dificultad.
- La victima será llevada rápidamente al aire libre.
- Se iniciará inmediatamente la respiración artificial.
- Se avisará a los bombreros, precisándoles la causa del accidente.

En caso de proyección de CO_2 líquido.

- En los ojos: lavarlos abundantemente durante al menos quince minutos. Llamar a un médico.
- En la piel: no frotar nunca. Quitar o romper la ropa si fuese preciso. Descongelar las partes afectadas por medio de calentamiento moderado y progresivo (con agua tibia si es posible, o colocándolas contra una parte caliente del cuerpo). Llamar a un médico.

C. Residuos peligrosos.

C.1 Definición y problemática de los residuos peligrosos.

Se denominan residuos a todos aquellos materiales que por alguna razón, son desechados en los diferentes procesos industriales, actividades domésticas, laborales, etc. En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se encuentra una definición más específica de **residuo:** *"es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó*(15). Dichos residuos pueden ser peligrosos o no peligrosos, la diferencia estriba en que los primeros producen un impacto ambiental negativo, con la consecuente modificación de la vida en los ecosistemas, reflejada en una disminución de la biodiversidad y efectos adversos a la salud.

Se debe decir que en la LGEEPA también se encuentra la definición de **residuos peligrosos:** "son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente". En la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93 se definen las características anteriores, mejor conocidas como CRETIB:

Corrosivo.- Cuando en estado líquido o en solución acuosa presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5; o que a una temperatura de 55 °C es capaz de corroer al acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 mm o más por año.

Reactivo.- Cuando en condiciones normales (25 °C y 1 atm) se combina o polimeriza violentamente sin detonación; cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente para formar gases, vapores o humo, cuando 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 humo; si posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H_2S/kg de residuo; o si es capaz de producir radicales libres.

Explosivo.- Si tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno, es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y a 1.03 kg/cm^2 de presión.

Tóxico.- Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la NOM-CRP-002-ECOL/1993, el lixiviado de la muestra representativa que contiene cualquiera de los constituyentes listados en la tabla C.1 en concentraciones mayores a los límites señalados en dicha tabla.

Inflamable.- Si en solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen; es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60 °C; no es líquido pero es capaz de provocar fuego por

fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25 °C y a 1.03 kg/cm^2) ; si se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión.

Biológico infeccioso.- Cuando el residuo contiene bacterias, virus u otros microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

Tabla C.1

Características del lixiviado (PECT) que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente.

Constituyente inorgánico	Concentración máxima permitida (mg/L)
Arsénico	5.0
Bario	100.0
Cadmio	1.0
Cromo hexavalente	5.0
Níquel	5.0
Mercurio	0.2
Plata	5.0
Plomo	5.0
Selenio	1.0

Continuación de la tabla C.1

Constituyente orgánico	Concentración máxima permitida (mg/L)	Constituyente orgánico volatil	Concentración máxima permitida (mg/L)
Acrilonitrilo	5.0	Benceno	0.5
Clordano	0.03	Eter bis 2-cloroetílico	0.05
Ortocresol	200.0	Clorobenceno	100.0
Metacresol	200.0	Cloroformo	6.0
Paracresol	200.0	Cloruro de metileno	8.6
Acido 2,4-Diclorofenoxi-acético	10.0	Cloruro de vinilo	0.2
2,4-Dinitrotolueno	0.13	1,2-Diclorobenceno	4.3
Endrin	0.02	1,4-Diclorobenceno	7.5
Heptacloro y su epóxido	0.008	1,2-Dicloroetano	0.5
Hexacloroetano	3.0	1,1-Dicloroetileno	0.7
Lindano	0.4	Disulfuro de carbono	14.4
Metóxicloro	10.0	Fenol	14.4
Nitrobenceno	2.0	Hexaclorobenceno	0.13
Pentaclorofenol	100.0	Hexacloro 1,3-Butadieno	0.5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	1.5	Isobutanol	36.0
Toxafeno (Canfenoclorado técnico)	0.5	Etilmetilcetona	200.0
2,4,5-Triclorofenol	400.0	Piridina	5.0

Continuacion de la tabla C.1

2,4,6-Triclorofenol	2.0
Acido 2,4,5-Triclorofenoxi-propiónico (Silvex)	1.0

Etilmetilcetona	200.0
Piridina	5.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	10.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	1.3
Tetracloruro de carbono	0.5
Tetracloro etileno	0.7
Tolueno	14.4
1,1,1-Tricloroetano	30.0
1,1,2-Tricloroetano	1.2
Tricloroetileno	0.5

Fuente: D.O.F. Tercera sección. NOM-CRP-001-ECOL/93. 22/X/93 Pp. 29-30

Además se considerará como **residuo peligroso a la mezcla** de un residuo **no peligroso con uno que lo sea**, al cumplir con las características enunciadas en la NOM-CRP-001-ECOL/93. En la tabla siguiente se muestran algunos ejemplos de residuos peligrosos de acuerdo a sus características de peligrosidad.

Tabla C.2

Corrosivos	Reactivos	Explosivos	Tóxicos	Inflamables	Biológicos
Acidos fuertes	Nitratos	Peróxidos	Cianuros	Hidrocarburos alifáticos	Sangre humana
Bases fuertes	Metales alcalinos	Cloratos	Arsénico y sales	Hidrocarburos aromáticos	Agentes infecciosos residuos de pacientes infecciosos
Fenol	Fósgeno	Percloratos	Plomo	Alcoholes	
Bromo	Metil-Isocianato	Acido pícrico	Polifenoles	Eteres	Residuos patológicos
Hidracina	Magnesio	Trinitrotolueno	Fenol	Aldehídos	Material médico quirúrgico
	Cloruro de acetilo	Trinitro-benceno	Anilina	Cetonas	
	Hidruros metálicos	Permanganato de potasio	Nitro-benceno	Fósforo	Objetos punzocortantes contaminados.
		Nitrato de celulosa	BPCs		

Fuente: Gordon, A. J. The Chemist Companion. A Handbook of Practical Data, Techniques and References. John Wiley and Sons. New York. 1972. P 537.

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA), un residuo peligroso se define como "un residuo o una combinación de residuos los cuales debido a su cantidad, concentración, sus características físicas, químicas e infecciosas pueden:(16)

1. Causar o contribuir significativamente a incrementar la mortalidad o enfermedades serias, irreversibles o que produzcan incapacitación.

2. Poseer un peligro sustancial o potencial para la salud o el ambiente cuando se tratan, almacenan, transportan o se disponen inadecuadamente.

C.2 Clasificación de los residuos peligrosos.

La Organización de las Naciones Unidas presenta la siguiente clasificación de materiales peligrosos(17)

Clase 1.- Explosivos

División: 1.1 Explosivos con peligro de reacción en cadena

1.2 Explosivos con peligro de proyección

1.3 Explosivos con peligro da incendio

1.4 Explosivos con peligro de detonación

1.5 Explosivos muy sensibles

Clase 2.- Gases

División: 2.1 Gases inflamables

2.2 Gases no inflamables

2.3 Gases tóxicos

2.4 Gases corrosivos

Clase 3.- Líquidos inflamables

División: 3.1 Temperatura de inflamación menor de 18 °C

3.2 Temperatura de inflamación de 18 °C a 23 °C

3.2 Temperatura de inflamación de 25 °C a 61 °C

Clase 4.- Sólidos inflamables, materiales espontáneamente combustibles y materiales húmedos peligrosos

División: 4.1 Sólidos inflamables

4.2 Materiales espontáneamente combustibles

4.3 Materiales peligrosos cuando se humedecen

Clase 5.- Oxidantes y peróxidos orgánicos

División: 5.1 Oxidantes

5.2 Peróxidos orgánicos

Clase 6.- Materiales tóxicos y etiológicos

División: 6.1 Materiales tóxicos

6.2 Materiales etiológicos

Clase 7.- Materiales radiactivos

Clase 8.- Materiales corrosivos

Clase 9.- Diversos materiales peligrosos

Dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se han considerado prioritarios por sus graves efectos a la salud y al ambiente, a los residuos peligrosos que a continuación se enlistan:(18)

Acidos y álcalis. Comprenden una gran variedad de sustancias, las más comunes de las cuales se producen y emplean en grandes cantidades; tal es el caso de las mezclas crómica y sulfonítrica, del agua regia, las soluciones residuales de procesos electroquímicos, las soluciones alcalinas de lavado y fabricación de papel y celulosa. Estas soluciones acuosas pueden disolver y movilizar metales en los suelos y contaminar cuerpos de agua.

Asbestos. Grupo de fibras minerales naturales que se emplean en la manufactura de una gran variedad de productos, prácticamente indestructibles y no inflamables; pero generadores de problemas respiratorios en los trabajadores expuestos a dichas fibras. Se considera a la crocidolita, un tipo especial de asbesto y la principal forma de asbesto involucrada en el desarrollo del cáncer del pulmón y de la pleura.

Cianuros. Son ampliamente utilizados, particularmente en el beneficio de metales y en la síntesis de productos químicos tales como plaguicidas y polímeros. Se caracterizan por su gran toxicidad.

Fenoles. Sustancias altamente corrosivas y peligrosas en su manejo; empleadas para producir resinas, herbicidas, desinfectantes y otros.

Plaguicidas (herbicidas e insecticidas). Son en sí productos peligrosos pero, además, durante su síntesis se pueden generar sustancia intermedias (por ejemplo dioxinas) con propiedades que las hacen tan peligrosas como los residuos de los propios plaguicidas.

Bifenilos policlorados (BPCs o askareles). Al igual que los bifenilos polibromados (BPBs), han tenido un amplio uso como aislantes eléctricos y plastificantes (fabricación de películas plásticas aplicadas a utensilios de cocina), así como antisecantes. Por su gran persistencia y sus efectos tóxicos, se ha buscado a nivel mundial prohibir su producción y sustituirlos por sustancias menos peligrosas.

Metales pesados. La toxicidad de un gran número de ellos es bien conocida, así como su persistencia y capacidad de bioacumulación, razones por las cuales su manejo está sujeto a regulación y control.

Residuos de pinturas. Durante la producción de pinturas, barnices y lacas se caracterizan por generar grandes cantidades de residuos peligrosos, los cuales involucran mezclas de solventes orgánicos -hidrocarburos aromáticos, derivados halogenados, cetonas y aldehídos- resinas vinílicas, acrílicas y epóxicas; pigmentos y colorantes diversos, algunos a base de metales pesados.

Residuos de gases combustibles del petróleo. En los procesos de extracción del petróleo se genera gas natural y gas de petróleo, considerados ambos como residuos peligrosos si no se utilizan integralmente.

Residuos de petróleo. Los procesos de extracción, destilación y cracking generan mezclas de sustancias que pueden convertirse en residuos peligrosos, tales como: hidrocarburos aromáticos policíclicos, asfaltenos, azufre y metales pesados.

Solventes orgánicos. En este grupo se incluyen hidrocarburos alifáticos y aromáticos, sus derivados halogenados, cetonas, aldehídos, ésteres, éteres y otras sustancias. Se emplean en gran

diversidad de procesos, en particular en la limpieza de equipos, motores y en la industria electrónica.

C.3 Fuentes generadoras de residuos peligrosos

Aún cuando los residuos peligrosos se pueden dar en cualquier tipo de actividad, principalmente se encuentran en las industrias, generadoras de satisfactores y desarrollo económico; por tanto, es necesario conocer la siguiente definición sobre **Residuos Industriales Peligrosos**: "Son los residuos aislados, mezclados o en solución, sólidos, líquidos o en forma de lodos generados como subproductos de un proceso, así como los residuos resultantes de la realización de operaciones unitarias o de la limpieza de maquinarias e instalaciones, y que por sus características fisicoquímicas y toxicológicas representen un peligro para la vida humana, la salud, los ecosistemas o la propiedad. En algunos casos, también se consideran residuos industriales, las materias primas que caducan o se deterioran durante el almacenamiento; así como los productos rechazados por los consumidores, o que se deterioran durante su transporte o almacenamiento.

En consecuencia, resulta obvio que un residuo industrial peligroso presenta un riesgo potencial en todas las etapas por las que pasa: generación, recolección, transporte, recepción y almacenamiento; así como durante su tratamiento y disposición final; por ello el residuo debe separarse desde su fuente generadora, de acuerdo a sus propiedades y características con el fin de facilitar su reciclaje y reuso cuando sea factible o su tratamiento adecuado para lograr una disposición final segura. Esto se denomina tratamiento integral de un residuo, es decir, "desde su cuna hasta su tumba".

Enseguida se presenta un esquema de las posibles causas de generación de un residuo peligroso dentro de un proceso industrial.

Etapas	Posibles Causas
Materia prima:	- Caducidad
	- Deterioro durante su almacenamiento
	- Por no utilizarse
Procesos de producción:	- Subproductos de reacción
	- Desechos resultantes de operaciones unitarias (destilación, filtración, evaporación, etc.)
	- Productos rechazados
Productos finales:	- Deterioro durante su transporte o almacenamiento
	- Por no haberse vendido

Fuente: Ortiz, F. Manejo de los Desechos Industriales Peligrosos en México. Universo XXI. 1987.

La generación por día de residuos peligrosos industriales que se ha calculado en todo el país es de aproximadamente 450,000 Ton (estimada en 1991). De ese total, 14,500 Ton/día corresponden a residuos potencialmente peligrosos, básicamente generados en la industria química orgánica e inorgánica, así como en la petroquímica. Esto da una idea de la magnitud del problema por afrontar[19].

Se ha determinado que en nuestro país, la industria minera es la principal generadora de residuos industriales, seguida de la industria de los metales no ferrosos, la química orgánica, la

química inorgánica, la refinación del petróleo, la petroquímica, la de recubrimientos metálicos, la de plaguicidas, la de pinturas y recubrimientos y la de curtiduría.

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, pues se obtienen aguas residuales que contienen sustancias diversas como metales pesados, ácidos, etc., además el manejo de los jales producidos es inadecuado.

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.

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

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 además se utilizan cianuros.

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 de los sistemas de tratamiento de efluentes, los cuales son tóxicos e inflamables.

Por lo que se refiere a la generación de solventes se tiene un inventario de generación de 70 millones de litros por año, de los siguientes disolventes: (20)

- Cloruro de metilo	7 500 000 de litros
- Dicloroetano	4 000 000 de litros
- Triclorofluorcetano	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

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 (entre líquidos, polvos y granulados), se estima que la generación de residuos se encuentra entre el 5 y 10% de la producción total.

Para ejemplificar en forma más específica, se presenta una seria de tablas donde se agrupan los constituyentes peligrosos, generados por proceso o producto de cada una de las principales ramas industriales.

Tabla C.3

INDUSTRIA DEL HIERRO Y DEL ACERO		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Coque.	Residuos de licor de amoniaco.	Fenol, cianuro.
Horno eléctrico.	Emisiones de polvo.	Plomo y otros metales pesados.
Fundido, rolado, galvanizado.	Lodos.	Aceite, grasa y algunos metales pesados.
Fundición de acero.	Polvos, lodos, escorias.	Zinc, magnesio, cromo, níquel, plomo.

DE LOS METALES NO FERROSOS		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Fundición de cobre.	Suspensiones misceláneas, polvos, lodos, escorias.	Cobre, plomo, zinc, antimonio.
Plomo.	Suspensiones ácidas.	Metales pesados ácidos.
Estaño primario.	Escorias.	Estaño, plomo, arsénico.
Cobre obtenido por refinación electrolítica.	Lodos.	Níquel, zinc, cobre, cromo, cadmio.

Continuación Tabla C.3

QUIMICA ORGANICA		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Antibióticos.	Solventes no halogenados.	Butanol, acetato de butilo, acetona, etilenglicol.
Medicamentos.	Solventes halogenados.	Dicloruro de etileno.
Pesticidas.	Solventes no halogenados.	Acetona, tolueno, xileno, metanol, acetonitrilo.
Acrilonitrilo.	Metales pesados.	Zinc, arsénico, cromo, cobre, mercurio clordano, cianuro, acrilonitrilo.

QUIMICA INORGANICA		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Obtención de pigmentos de óxido de antimonio.	Lodos provenientes del proceso de purificación del producto y lodos de tratamientos de aguas residuales como filtración.	Arsénico, antimonio.
Dicromato de sodio y de potasio.	Lodos resultantes de la precipitación, filtración.	Cromatos.
Acido fluorhídrico.	Lodos resultantes de los reactores.	Fluoruro de calcio.
Anhídrido arsenioso.		Arsénico III.

Continuación Tabla C.3

REFINACION DEL PETROLEO		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Refinación del petróleo.	Lodos provenientes de separadores API.	Fenoles, metales pesados, aceite.
	Fondos de tanques de crudo.	Fenoles, aceites y benzoapirenos.
	Lodos remanentes de las torres de enfriamiento.	Fenoles, metales pesados y aceites.

DE LA GALVANOPLASTIA Y EL ACABADO METALICO		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Limpieza por tratamiento ácido.	Lodos residuales.	Metales pesados.
Limpieza alcalina.	Lodos residuales.	Metales pesados.
Cromado-fosfatado.	Lodos residuales.	Metales pesados.
Electrodepositación: níquel, cromo, cadmio, zinc, cobre.	Residuos misceláneos, por ejemplo ánodos.	Metales pesados, aceites y grasa, cianuro y solventes.
Acabados.	Polvo metálico, disolventes de limpieza y desengrasado.	Aceites y grasa, metales pesados.

Continuación Tabla C.3

DE LA CURTIDURIA		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Curtido de pieles. Acabados de pieles.	Lodos residuales. Lodos residuales finales.	Cromo. Solventes, zinc, cromo, plomo.

DE LA PINTURA Y LOS RECUBRIMIENTOS		
Proceso o Producto	Corriente Residual	Constituyente peligroso
Pinturas de aceite.	Lodos residuales, filtros de control de emisiones, lotes en mal estado.	Solventes y pigmentos tóxicos, cadmio, cobre.
Pinturas vinílicas.	Lodos residuales, lotes en mal estado.	Agentes químicos tóxicos, materiales inflamables, solventes químicos tóxicos.
Recubrimientos.	Lodos residuales, lotes en mal estado.	Agentes químicos tóxicos y solventes químicos tóxicos.

Fuente: Metry, a: Handbook of Hazardous Waste Management. Pergamon Press. 1984.

C. 4 Legislación ambiental en materia de residuos peligrosos

La dispersión de residuos peligrosos en el ambiente se ha convertido en una de las principales preocupaciones de casi todos los gobiernos. El primer problema con el que se enfrentan para poder controlar esta dispersión, es el de establecer los criterios para definirlos, clasificarlos e identificarlos. En segundo lugar, es preciso optar por una u otra forma de manejo, que incluye desde la recuperación y reutilización hasta su eliminación, con métodos adecuados, eficientes y seguros.

Para poder resolver estos problemas y, así evitar que la calidad del ambiente continúe degradándose y nuestra salud siga deteriorándose, las autoridades se han dado a la nada fácil tarea de elaborar leyes, reglamentos y normas avaladas técnicamente. No obstante aún falta mucho por hacer, pero han comenzado a darse las primeras acciones al respecto.

C.4.1 Legislación en México(21)

La base del sistema jurídico mexicano se encuentra en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos -promulgada el 5 de febrero de 1917- en ella se fundamenta la protección al ambiente, mediante los siguientes artículos:

Art. 4 (Reformado el 3 de febrero de 1983). "Toda persona tiene derecho a la protección de la salud". Adiciona al listado de garantías individuales el Derecho a la Salud, postulando el manejo racional de los elementos del ecosistema, a efecto de que el desequilibrio del mismo no afecte a la población y en especial al individuo.

Art. 25 (Reformado el 2 de febrero de 1983). "Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente". Conforme a este precepto, la actividad industrial tiene como condición para operar que los procesos productivos que involucre tengan como premisa fundamental la conservación de los recursos productivos y el ciudado al ambiente, estando el Estado facultado para imponer las modalidades de control que se requieran para este fin.

Art. 27 Párrafo tercero. (Reformado el 10 de agosto de 1987). "... y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico". Para completar la redacción original sobre la conservación de los recursos naturales, se le adiciona el concepto de preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

Art. 73 Fracción XXIX-G (Reformado el 6 de junio de 1971). "Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico". Se incorpora el principio de prevención y control de la contaminación.

Art. 115 Indica que los municipios son responsables de los servicios de limpia y recolección de residuos sólidos, tanto domésticos como industriales y de la protección al ambiente.

Partiendo de estas bases se han emitido las leyes, reglamentos y normas correspondientes. Asi mismo se han creado organismos gubernamentales y secretarías de estado para la vigilancia y cumplimiento de dichos estatutos. En lo que respecta a la administración de las sustancias tóxicas y los materiales peligrosos, así como de los residuos que de ellas derivan, diversas dependencias tienen competencia en la materia, conforme lo dicta la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF).

Tabla C.4

Artículo	Fracción	Secretaría	Disposiciones
3	VIII	Energía, Minas e Industria Paraestatal	Regular la industria petrolera, petroquímica básica, minera, eléctrica y nuclear.
32	XXIII, XXIV, XXV, XXVI	Desarrollo Social	Conducir la política de saneamiento ambiental. Establecer normas y criterios ecológicos. Ejecutar acciones en situaciones de contingencia y emergencia ambiental.
34	XXI	Comercio y Fomento Industrial	Regular y promover el desarrollo de la industria de la transformación y suministro de gas.
35	VI, VII	Agricultura y Recursos Hidráulicos	Definir y aplicar métodos técnicos para mejorar rendimientos. Administrar servicios de vigilancia sanitaria y producción de fármacos de uso animal.

Continuación Tabla C.4

Artículo	Fracción	Secretaría	Disposiciones
36	IX	Comunicaciones y Transporte	Otorgar concesiones y permisos y reglamentar el transporte de materiales peligrosos.
39	I, X, XII, XIII,XVII, XXI	Salud	Establecer y dirigir la política sanitaria para preservar la salud humana. Proteger la salud de los trabajadores.
40	XI	Trabajo y Previsión Social	Ordenar medidas de seguridad e higiene industrial.

Fuente: Cortinas, C. Regulación y Gestión de Productos Químicos en México, INE.1992.

La LOAPF estableció las bases para crear la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) el 25 de mayo de 1992, hoy llamada Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP); la cual tiene entre sus objetivos formular y evaluar la política general de desarrollo social, regional y urbano, vivienda y ecología.

Para cumplir con tales objetivos SEMARNAP cuenta con dos organismos descentralizados, que son:

1. El Instituto Nacional de Ecología (INE) con facultades técnico-normativas; dentro del cual se encuentra la Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA) con las siguientes funciones respecto a los materiales y residuos peligrosos:

a. Integrar sus listados, previa opinión de las dependencias de la Administración Pública Federal.
b. Otorgar, con las restricciones que procedan, las autorizaciones para recolectarlos, almacenarlos, transportarlos, alojarlos, reusarlos, tratarlos, reciclarlos, incinerarlos y disponer finalmente de ellos.
c. Formular las Normas Oficiales Mexicanas respectivas.
d. Así como autorizar su movimiento transfronterizo.

2. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) con facultades para vigilar la correcta aplicación de la normatividad ambiental. En la gestión de los residuos peligrosos existe una interacción de sus tres subprocuradurías:

a) Participación Social y Quejas. Involucra a la sociedad en la formulación y aplicación de la política ecológica y está encargada de informar, difundir y vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental.

b) Auditoría ambiental. En particular, revisa la documentación con que el generador de residuos peligrosos debe contar, misma que debe haberse gestionando ante el INE; además, efectúa una revisión física detallada en lo relativo a caracterización, almacenamiento temporal, reciclaje, transporte y disposición final de los desechos. Aborda aspectos de prevención y control de la contaminación y a la vez de minimización del riesgo ambiental.

c) Verificación Normativa. Lleva a cabo los programas de visitas de inspección a las empresas para identificar la peligrosidad de los residuos, vigilar su adecuado manejo y realizar su inventario, además verifica la inscripción de la empresa en el registro de generadores.

Como consecuencia de los preceptos constitucional el 28 de enero de 1988, se publica en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Esta Ley establece la regulación de las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos, desde su generación hasta su disposición final, así como la importación o exportación de los mismos y faculta a la SEMARNAP para que, previa opinión de otras dependencias del Ejecutivo Federal, publique los listados correspondientes. De manera particular y definida, la gestión de los residuos peligrosos está contenida en los artículos del capítulo V, título IV.

C.4.2 Reglamentación

El 25 de noviembre de 1988 fue publicado en el D.O.F. el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos el cual regula el transporte, almacenamiento, recolección y disposición final de estos residuos, así como los sitios para su confinamiento. Además establece que es competencia de la SEMARNAP determinar y publicar en el D.O.F., los listados de residuos peligrosos y sus actualizaciones; expedir normas 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. También se hace mención de los requisitos y condiciones que deben cumplir los generadores; la autorización para importar y exportar residuos; y de las sanciones por infringir el reglamento.

Para ayudar a la administración de los residuos peligrosos también existen otros dos reglamentos:

a) El reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (18/I/88), que contiene diversas disposiciones que se aplican a las sustancias tóxicas y a los residuos peligrosos, y

b) El reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (7/IV/93), del cual se derivan NOMs referentes a etiquetado envasado, identificación, información de emergencia, inspecciones y compatibilidad.

C.4.3. Normatividad

La actual Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) emitida por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), publicada en el D.O.F. el 1° de julio de 1992, en sus disposiciones generales señala sus objetivos en materia de Metrología, Normalización, Acreditamiento y Verificación.

Esta Ley en su título tercero se refiere a la Normalización, donde se establece que corresponde a las dependencias según el ámbito de su competencia, contribuir en la integración del Programa Nacional de Normalización con las propuestas de Normas Oficiales Mexicanas (NOMs). Así mismo expedir las NOMs en las materias relacionadas con sus atribuciones y participar con voz y voto en todos los comités consultivos nacionales de normalización en los que se afecten las actividades industriales o comerciales(22).

Las NOMs tienen como finalidad establecer las características y/o especificaciones que hacen peligroso a un residuo, así como definir los criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de estos materiales. Sus lineamientos son de carácter obligatorio.

El apoyo técnico a las NOMs son las Normas Mexicanas (NMXs), pues tienen por objeto marcar los métodos analíticos detallados y previamente validados, mediante los cuales se pueden caracterizar a los residuos peligrosos tanto cualitativamente como cuantitativamente, además determinan los métodos de muestreo. Por el momento estas NMXs no se han redactado, por lo cual se debe hacer uso de las normas internacionales respectivas, con sus restricciones correspondientes.

La relación entre las normas mexicanas y las oficiales debe ser congruente en tiempo y forma, para que sean específicas, realizables, repetibles y reproducibles.

En la tabla C.5 se muestran las normas publicadas en el D.O.F. el 22 de octubre de 1993, para el manejo y control de los residuos peligrosos en México.

Tabla C.5

Normas Oficiales Mexicanas para residuos peligrosos (23)

NOM-CRP-001-ECOL/93 (actualmente: NOM-052-ECOL-93 NOM-CRP-002-ECOL/93 (actualmente: NOM-053-ECOL-93)	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente

Continuación Tabla C.5

NOM-CRP-003-ECOL/93 (actualmente: NOM-054-ECOL-93)	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-001-ECOL-96 (actualmente: NOM-052-ECOL-93).
NOM-CRP-004-ECOL/93 (actualmente: NOM-055-ECOL-93)	Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos.
NOM-CRP-005-ECOL/93 (actualmente: NOM-056-ECOL-93)	Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
NOM-CRP-006-ECOL/93 (actualmente: NOM-057-ECOL-93)	Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
NOM-CRP-007-ECOL/93 (actualmente: NOM-058-ECOL-93)	Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

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 (SSA)
3. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)

4. Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS)
5. Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
6. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)
7. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
8. Diversas dependencias homólogas de las mencionadas pero de carácter estatal, municipal, algunas otras de carácter gremial y otras más.

También se emplean algunas normas de aceptación oficialmente restringida o sancionada, que son del conocimiento y aceptación internacional o específica de otros países o regiones; tales como:

1. Wokl Health Organization (WHO)
2. International Standars Organization (ISO)
3. American Society for Testing and Materials (US-ASTM)
4. Environmental Protection Agency (US-EPA)
5. American Work Whealth Association (US-AWWA)
6. Association of Official Analytical Chemist (US-AOAC)
7. American Oil Chemist Society (US-AOCS)
8. Food and Drugs Administration (FDA)
9. Varias otras europeas y japonesas
10. 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 o seminormativo.

Para lograr la gestión integral sobre los residuos peligrosos se ha creado un sistema de información constituido por los siguientes manifiestos y reportes:(24)

1. Manifiesto para empresas generadoras
2. Manifiesto de entrega, transporte y recepción
3. Manifiesto para casos de derrame por accidente
4. Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento
5. Reporte mensual de residuos peligrosos, confinados en sitios de disposición final
6. Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento.
7. Manifiestos y Guías Ecológicas de importación/exportación
8. Manifiesto para generadores eventuales de bifenilos policrorados.

C.5 Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos

El crecimiento industrial del mundo ha generado una innumerable cantidad de satisfactores al ser humano: alimento, vestido, vivienda, etc., pero al mismo tiempo se han obtenido subproductos dañinos los cuales han provocado un gran daño ecológico. La transferencia de dichos subproductos de una nación a otra para "solucionar" el problema dió origén al movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, favorecido por los factores que a continuación se listan:

- Incremento, en el país exportador, del rigor de la legislación y el control, así como de los precios por concepto de manejo de residuos.
- Acceso a países que no regulan los residuos peligrosos.
- Acceso a confinamientos legales baratos en otros países
- Carencia en el país exportador de la tecnología requerida por la ley para el tratamiento de sus residuos.

- Empresas multinacionales que han invertido en una instalación para el tratamiento y disposición de residuos en un país dado, y que envían ahí residuos de otros países.
- Existencia de tecnologías de punta baratas en el país importador, favorecidas por economías de escala al dar servicio a concentraciones industriales importantes.

Por lo anterior, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y el Convenio de Basilea han sentado las bases internacionales para regular y controlar la transferencia de residuos peligrosos de un país a otro. Desde 1990 México forma parte del Convenio y a partir de 1994 se ha constituído como miembro de la OCDE(25)

En marzo de 1992, la Organización adoptó la Decisión C(92) 39, para crear e instrumentar mecanismos internacionales para controlar el movimiento transfronterizo de los residuos que se van a reutilizar o reciclar en el país importador de los mismos, dentro del área de los países miembros. En esta Decisión se reconocen tres tipos de residuos de acuerdo a su peligrosidad potencial.

- Verdes (G): no peligrosos, sólo se controlan sus aspectos comerciales.
- Ambar (A) y rojos (R): peligrosos, se propone la regulación de sus movimientos transfronterizos.

A partir de esta Decisión se crea el sistema de notificación para los países involucrados: exportadores, importadores y todo país por donde transiten los residuos antes de llegar a su destino. Esto es para tomar decisiones sobre su aceptación.

El Convenio de Basilea adoptado en 1989, tiene como objetivos:

- Asegurar que la generación de residuos peligrosos se reduzca al mínimo.
- Disponer de los residuos peligrosos en el país en el que se generan, en la medida de lo posible.

- Mejor control en importaciones y exportaciones.
- Prohibir los embarques de residuos peligrosos hacia países que carezcan de capacidad legal, administrativa y técnica para manejar y disponer de ellos de manera ambientalmente idónea.
- Cooperar en el intercambio de información, transferencia tecnológica y armonización de normas, códigos y lineamientos.

El Convenio reconoce la existencia de acuerdos bilaterales y multilaterales para el manejo de residuos, siempre y cuando sean congruentes con los lineamientos de la propia convención y se notifiquen al secretariado. Además cuenta con los siguientes anexos(26)..

1. Enlista los residuos objeto de control por parte de la convención.
2. Identifica los residuos no peligrosos que puedan ser objeto de comercio regulado.
3. Establece las características de CRETI.
4. Define las operaciones de disposición final y reciclaje.
5. Establece los formatos de notificación en el movimiento transfronterizo.

De la Segunda Reunión de las Partes de la Convención de Basilea, celebrada en marzo de 1994 en Ginebra, se llegó a los siguientes acuerdos:

1. Prohibir de inmediato todos los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de Estados de la OCDE a Estados que no forman parte de esa organización destinados a su eliminación definitiva.

2. Suprimir al 31 de diciembre de 1997, y prohibir a partir de esa fecha, todos los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de Estados de la OCDE a Estados No OCDE, destinados a operaciones de reciclado y de recuperación.

3. Todo Estado que no forme parte de la OCDE, en el que no exista una prohibición de importación de estos desechos desde los Estados de la OCDE para reciclar o recuperar, hasta el 31 de diciembre de 1997, deberá informar a la Secretaría del Convenio que permita su importación

C.5.1. Convenio bitateral México - Estados Unidos(27)

En 1983, los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América se comprometen a instrumentar las medidas necesarias para prevenir y controlar la contaminación en la Zona Fronteriza (considerando el área situada a 100 km hacia ambos lados de las líneas divisorias terrestres y marítimas entre las partes) mediante la firma del Convenio de La Paz.

Siendo esta área donde se ha dado la transferencia ilegal de residuos peligrosos, los gobiernos de ambas naciones, firmaron el 12 de noviembre de 1986 el Anexo III del Convenio de La Paz, donde se busca asegurar que las actividades relacionadas con los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos se realicen en forma tal que se reduzcan y prevengan los riesgos a la salud pública, a las propiedades y a la calidad del ambiente, con la aplicación de leyes y reglamentos. Deberá haber un intercambio de información y asistencia, generado del monitoreo e inspección de los movimientos, en un plazo fijado por las partes. En dicho Anexo también se indica que las empresas maquiladoras deben regresar a los países de origen los residuos que se produzcan en sus procesos a partir de materia prima importada, señalando que el país exportador debe recibir estos residuos.

Derivado de los lineamientos anteriores, se instrumentó, el Plan Integral Ambiental Fronterizo (PIAF), expedido en febrero de 1992, el cual se fundamenta en cuatro objetivos generales

1. Cumplir con la legislación existente
2. Reducir la contaminación mediante nuevos recursos e iniciativas
3. Incrementar la cooperación para la planeación, capacitación, y educación ambiental.
4. Ampliar el conocimiento sobre las cuestiones ambientales en la frontera.

A partir de la firma del Convenio de La Paz se constituyeron cuatro grupos de trabajo conformados por funcionarios de México y Estados Unidos, enfocados a analizar los asuntos relativos al aire, al agua, a la respuesta conjunta a emergencias y residuos peligrosos. Posteriormente se crearon otros dos grupos para la aplicación de la ley y la prevención de la contaminación.

Para concluir lo relacionado a los movimientos transfronterizos, se comentara que el grupo de trabajo sobre residuos peligrosos está divido en seis subgrupos:

a) movimientos transfronterizos
b) identificación de sitios clandestinos
c) repatriación
d) transferencia de tecnología
e) conferencia de maquiladoras
f) comunicación

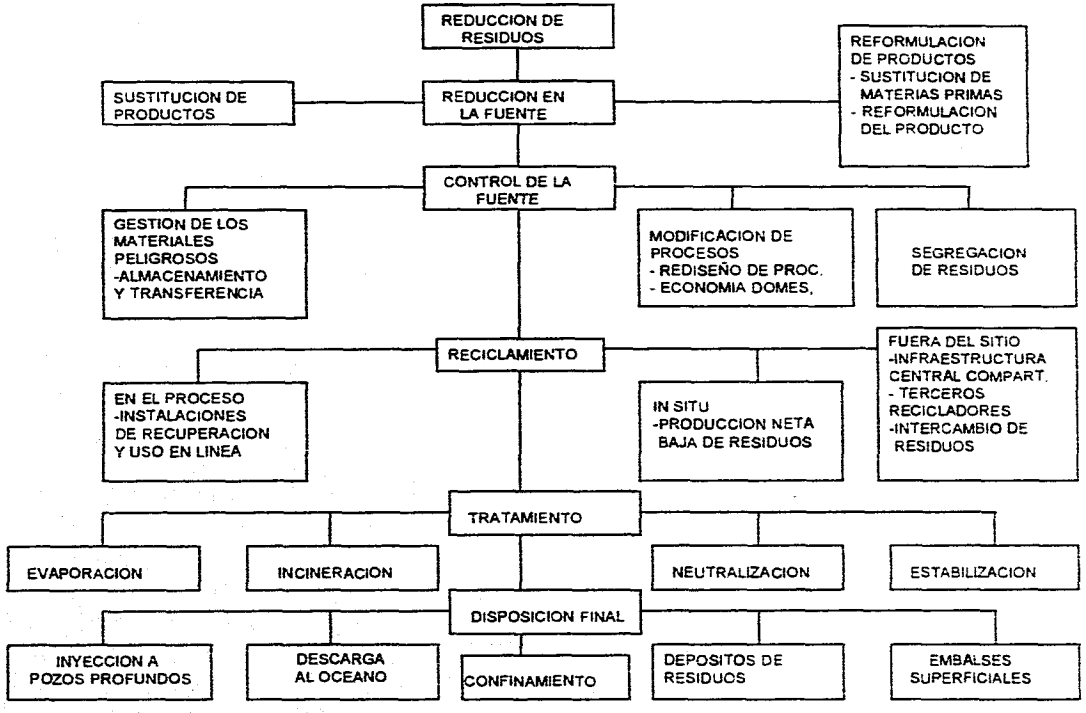
Como se observa, cada uno tiene una tarea especifica, que hasta el momento ha realizado en forma conjunta obteniendo logros significativos, y se puede decir, que los demás grupos del Convenio han trabajado de manera similar para el cumplimiento de sus objetivos.

C.6 Alternativas de solución para residuos peligrosos

C.6.1 Tratamientos[28]. , Son diferentes procesos, mediante los cuales los residuos peligrosos son transformados en sustancias inocuas, para posteriormente poderlos reutilizar; enviarlos hacia sitios de disposición o bien para destruirlos.

Existen 4 tipos fundamentales de tratamientos: físico, químico, biológico y térmico. Frecuentemente, se utiliza una combinación de tecnologías para el tratamiento adecuado de los residuos peligrosos, el cual deberá ser seleccionado de acuerdo con las características fisicoquímicas de los residuos, su cantidad, costo de inversión, posibilidades de reuso, etc., a fin de seleccionar el más adecuado. En algunos casos los residuos no pueden ser transformados a formas no dañinas, entonces éstos deben ser estabilizados y enviados cuidadosamente a los sitios de disposición final. Ver el esquema en la siguiente página.

MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSO



NOTA: No se considera el transporte.

Ante la imperiosa necesidad de iniciar medidas que a corto, mediano y largo plazo solucionen y prevengan el impacto de los residuos peligrosos sobre el entorno ecológico, se han generado diversas estrategias de solución:

1. Desarrollar y aplicar procesos industriales que no generen residuos industriales o que los generen en cantidades mínimas.
2. Desarrollar tecnologías para incorporar o reciclar los residuos peligrosos al mismo proceso o incorporarlos como materia prima a otro tipo de proceso.
3. Mezclar residuos peligrosos para producir combustibles suplementarios.
4. Tratamiento de los residuos industriales peligrosos mediante diferentes tecnologías, con la finalidad de reducirlos a formas menos peligrosas, es decir, inocuas.
5. Destruir o hacer menos peligrosos los residuos industriales por medio de incineración.
6. Disposición final de los residuos industriales peligrosos en sitios especialmente diseñados para tal efecto.

C.6.2. PROBLEMATICA ACTUAL DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Las leyes y reglamentos de varios países, limitan la introducción de residuos peligrosos a la biosfera y prohiben que los seres humanos se expongan a ellos a través de las diferentes rutas: ingestión directa o indirecta de alimentos y bebidas contaminadas, del contacto físico y por inhalación de polvos o vapores contaminados. El cumplimiento de estas leyes resulta caro y por lo general la disposición adecuada de los residuos 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, esta posición -conocida como el síndrome de "no en mi patio trasero" (NIMBY: Not In My Back Yard)-

derivada de sucesos ocurridos en poblaciones vecinas a instalaciones de alto riesgo, ha tenido su equivalente en funcionarios públicos, temerosos de las repercusiones de sus decisiones, quienes se niegan a firmar autorizaciones para construir u operar tales instalaciones. A pesar de que la mayor parte de la gente reconoce que estos residuos deben 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. Pero estas acciones, además de ser contrarias al desarrollo de la economía, son peligrosas por impedir el establecimiento de la infraestructura necesaria para dar un manejo ambientalmente seguro a los residuos y conducen a una disposición final inadecuada de éstos, lo que incrementa los riesgos.

Las empresas que estabilizan los residuos peligrosos, no consiguen lugares adecuados para los sitios de disposición, los incineradores y plantas de tratamiento. En algunos casos, les es más barato embarcar sus residuos peligrosos hacia un país en el que los reglamentos de control sobre almacenamiento, tratamiento y disposición de tales residuos no sean tan estrictos. Es muy posible que un país menos industrializado no esté consciente de los peligros potenciales de 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 a fines que utilizan los materiales recuperados y tratamiento de los residuos generados en la misma localidad. Por ello, pueden ser grandes las motivaciones económicas, tanto para los exportadores como para los importadores, para llevar a cabo el transporte internacional.

El gran volumen de residuos peligrosos generado durante las últimas décadas, como resultado de diversos procesos químicos, ha saturado la mayoría de los sitios previstos para su almacenamiento y disposición controlada.

La industría, por su parte, ha comenzado a tomar medidas para tratar de solucionar el problema, considerando diferentes estratégias y medidas para procesos futuros.

Las alternativas tecnológicas para administrar los residuos peligrosos pueden agruparse en tres grandes rubros:

a) Las que persiguen reducir su generación

b) Las enfocadas a disminuir su peligrosidad mediante diversos tratamientos y

c) Las empleadas para su disposición final.

C.6.3. REDUCCION.

Las medidas adoptadas para disminuir los residuos peligrosos comprenden cuatro tipos de acción:

1. Modificación de procesos .La innovación tecnológica ha repercutido en la creación procesos productivos más eficientes , capaces de economizar energía y de aprovechar mejor las materias primas, así como de disminuir la generación de residuos peligrosos, reduciendo con ello los costos de manufactura. Ejemplos de modificaciones pueden ser: pequeños cambios en los métodos de operación (temperatura, presión), sustitución de materias primas, o cambios mayores, como instalación de nuevos procesos o nuevas maquinarias.

Se pueden mencionar las siguientes aplicaciones: obtención de vapor a partir de residuos industriales; produccion de ácido sulfúrico a partir de residuos de alto contenido de azufre; y el cambio en los procesos de producción de polietileno a partir de óxido de etileno para disminuir la cantidad de aguas residuales y el contenido de productos no degradables en ellas.

2. *Sustitución de productos.* Mediante ésta opción se busca reemplazar productos altamente tóxicos o peligrosos por otros que aporten sus mismos servicios y cuyo manejo a lo largo de su ciclo de vida sea más seguro y respetuoso del ambiente. Tal es lo ocurrido al sustituir los bifenilos policlorados en los transformadores eléctricos por otros tipos de dieléctricos como ciertos aceites minerales o por aire.

3. Recuperación y reciclaje. Estos métodos en general, no requieren de inversiones por parte de los generadores de residuos peligrosos, ya que son operaciones rentables en las que se emplean materiales de fácil separación y purificación. Se distinguen tres tipos de opción: a) **reciclaje en la propia planta**, b) recuperación comercial fuera de la planta y c) intercambio de materiales.

4. Segregación en la fuente. Consiste en prevenir la contaminación de grandes volúmenes de residuos industriales no peligrosos con otros que si lo sean, además el manejo y disposición adecuada de éstos últimos. Estos métodos proporcionan beneficios importantes a las empresas, al disminuir las cantidades de residuos peligrosos y reducir los costos de su manejo.

C.7. TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO.

Las principales tecnologías existentes para el tratamiento y destoxificación de residuos peligrosos son:

C.7.1. Tratamiento térmico. Induce cambios permanentes en los residuos peligrosos; el volumen final se reduce considerablemente y permite la recuperación de energía, ya que es posible obtener importantes cantidades de vapor a alta presión, a partir de lo cual se puede generar calor o electricidad. En la tabla C.6. se presentan algunas tecnologías.

Tabla C.6

Tecnologías de Tratamiento Térmico

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Incineración	Se lleva a cabo en presencia de oxígeno, produciendo bióxido de carbono, agua y cenizas inorgánicas.	Los BCPs se incineran a 2 ppm junto con basura doméstica * 1 3 5 6 7 8.
a) Lecho fluidizado	El incinerador es una cámara de material refractario con una cama de material inerte, generalmente arena.	Se utiliza para residuos sólidos orgánicos de cierto diámetro, lodos y líquidos. * 1 2 3 4 5 6 7 8.
b) Hogar múltiple	La característica distintiva de este tipo de incinerador es que tiene una serie de quemadores; la temperatura de operación va de 760° C a 985 °C.	No se puede utilizar para residuos que se fundan a la temperatura de operación. * 1 2 3 4 5 6 7 8.
c) Horno rotatorio	Utiliza un horno rotatorio, sistema de alimentación, un postquemador y una unidad de control de contaminación del aire. La temperatura de operación es de 1100 a 1400° C.	Se utiliza para toda clase de residuos sólidos, líquidos y semisólidos * 1 2 3 4 5 6 7 6.
d) Inyección líquida	El incinerador consiste en una cámara de combustión refractaria y una serie de atomizadores.	Se utiliza para residuos que pueden ser atomizados, por ejemplo líquidos, pesticidas, etc.

Continuación tabla C.6

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Pirólisis	Se realiza en ausencia de oxígeno. En ella se obtienen sustancias resultantes de la ruptura término de las moléculas iniciales y se requiere de equipo especializado.	Se utiliza para residuos que tienen alto contenido calorífico. * 1 2 3 4 6.
a) Arco de Plasma	El proceso se lleva a cabo a una temperatura superior a los 2760° C	La eficiencia del sistema varía del 75 al 90% * 1 2 3 4.
b) Oxidación con aire húmedo	Es un proceso que se lleva a cabo a altas presiones y altas temperaturas.	Se utiliza para tratar compuestos orgánicos como: fenoles, pesticidas o inorgánicos como: sulfuros, cianuros, etc. * 3 4.

Nota: Ver Tabla C.10.

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

C. 7.2. Tratamiento Biológico. Utiliza microorganismos desarrollados selectivamente para degradar sustancias tóxicas específicas. Su aplicación ha tenido éxito en las siguientes ramas: refinación, extracción de petróleo, química, farmacéutica, textil, de pulpa y papel. De entre los métodos biológicos destacan:

Tabla C.7

Tecnologías de Tratamiento Biológico

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Lodos activados	Es un proceso que utiliza una masa activa de microorganismos (biomasa) que es capaz de descomponer sustancias biodegradables en forma aerobia.	Sólo se utiliza para sustancias biodegradables o que puedan ser bioadsorbibles. * 3 6.
Composteo	El proceso involucra una oxidación biológica. Se puede llevar a cabo mediante dos métodos: en tierra o en reactor.	Los productos resultantes se pueden utilizar como mejora- dores de suelos, * 3 4 6.
Lagunas de estabilización	Es un proceso parecido al de lodos activados, sólo que se lleva a cabo en forma anaerobia.	* 3 6.
a) Digestores anaerobios	Es un proceso en el que se degrada la materia orgánica a metano y dióxido de carbono en un medio carente de oxígeno.	Se utiliza para compuestos como: fenol, ácido ftálico, propanol, propilénglicol, *3 6.
b) Biocontactadores	El contactador tiene una serie de discos de poliestireno, cloruro de vinilo y otro material similar. Estos discos se sumergen parcialmente en el residuo y entonces se les adhiere una biomasa de 2-4 milímetros de espesor.	Se aplican a residuos orgánicos diluidos. * 3 6.

Nota: Ver Tabla C.10.

Fuente: Rich, Q. 1987 "Waste Treatment Technologies The Choise is Yours"., Pollut., Eng.

C.7.3. Tratamiento químico. Se basa en la modificación química de las propiedades de los residuos peligrosos; con lo cual las sustancias se convierten en no tóxicas y su solubilidad en el agua se reduce.

Tabla C.8

Tecnologías de Tratamiento Químico

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Neutralización	Se realiza en tanques de mezclado mediante la adición de ácidos y bases.	Es uno de los procesos más utilizados, generalmente se genera desprendimiento de calor. * 1 2 3 4.
Precipitación	Se basa en el tratamiento con hidróxicos de sodio o calcio, para transformarlos en compuestos insolubles en agua; tambien pueden tratarse con sulfuro de sodio, tiourea o tiocarbamatos.	Se aplica a soluciones residuales que contienen metales pesados * 1 2 3 4 5.
Oxidación	Destoxifica un residuo peligroso combinándolo con oxígeno.	Este proceso es usado en el tratamiento de desperdicios que contienen componentes tales como: cianuros, fenoles y compuestos orgánicos de azufre. * 1 2 3 4.

Continuación tabla C.8

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Reducción	El uso de agentes de reducción es menos común que los de oxidación por la alta reactividad de los primeros.	Ejemplo de reducción: cromo VI. Se realiza con objeto de reducir el ácido crómico -material corrosivo y altamente tóxico- a cromo-III; se emplea metabisulfito de sodio. * 1 2.
Adsorción con carbón	Es un proceso en el cual las sustancias se adhieren a la superficie de carbón tratado especialmente.	Dicho método es bastante efectivo para eliminar compuestos orgánicos de residuos líquidos, pero a través del tiempo se obtiene carbón con residuos, el cual debe ser tratado de alguna manera. * 1 2 3 4.
Decloración	Elimina el cloro de una sustancia, reemplazándolo químicamente con hidrógeno e hidróxilos.	Este proceso es usado para destoxificar las sustancias cloradas, por ejemplo, los bifenilos policlorados o askareles.
Solidificación y estabilización	Elimina el 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.	Solidificación de lodos y suelos que contienen metales pesados, sulfuros, asbestos, plásticos y resinas, entre otros.

Nota: Ver Tabla C.10.

Fuente: Rich, Q. 1987 "Waste Treatment Technologies The Choise is Yours"., Pollut., Eng.

C.7.4. Tratamiento físico. En general, estos procesos separan el residuo por aplicación de fuerzas físicas o cambiando la forma física del mismo. Sus ventajas son: simplicidad, costo relativamente bajo y amplio intervalo de aplicación.

Tabla C.9

Tecnologías de Tratamiento Físico

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Sedimentación magnética	Utiliza equipo de separación mediante imanes.	Su uso es limitado. * 1 2 3 4 5 6.
Separación mediante cribas o mallas	Separa materiales de gran tamaño	El costo es bajo
Compactación	Disminuye el volumen del material sólido	El costo es bajo
Sedimentación	Se utiliza para separación de fases líquido-sólido	Retiene los sólidos sedimentales únicamente. * 1 2 3 4 5.
Filtración	Remueve el exceso de humedad de sólidos y semisólidos mediante presión y vacío	* 1 2 3 4 5.
Centrifugación	Remueve el exceso de humedad de sólidos y semisólidos.	Residuos líquidos * 1 2 3 4 5.
Flotación	Remueve el exceso de humedad de sólidos y semisólidos.	Residuos líquidos * 1 2 3 4

Continuación tabla C.9

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Destilación	Utiliza columnas empacadas o de platos.	**Se utiliza principalmente para purificar solventes. * 1 2 3 4 5.**
Evaporación	Puede realizarse mediante una etapa o multietapas.	Al igual que en la destilación el resultante debe disponerse cuidadosamente. * 1 2 5.
Arraslre mediante vapor o aire	Se realiza en columnas empacadas o de platos, a los cuales se les inyecta gas de arrastre.	Se limita a actuar con componentes volátiles; se usa en emisiones. * 1 2 3 4 6 7 8.
Absorción	Utiliza columnas empacadas y un solvente adecuado.	Se utiliza generalmente para el control de emisiones. Debe disponerse cuidadosamente el solvente gastado.*1 2 3 4 5 6
Extracción mediante solventes	Esta separación puede ser líquido-líquido o sólido-líquido.	Se utiliza para extraer por ej.: metales contenidos en solución. Debe disponerse cuidadosamente el solvente gastado.

Continuacion tabla C.9

Tecnologías	Descripción del Proceso o el Equipo	Observaciones y Tipo de residuo
Adsorción	Se lleva a cabo en lechos o columnas empacadas, por ej. de carbón activado.	Puede tratar residuos orgánicos o inorgánicos como metales pesados. * 1 3 4 5.
Ultrafiltración	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologías costosas. * 1 2 3 4 5.
Osmosis inversa	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologías costosas. * 1 2 4 6.
Electrodiálisis	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologías costosas. * 1 2 3 4.
Cristalización	Se utiliza para una solución	Son tecnologías costosas. * 1 2 3 4 5.
Encapsulamiento	Se utiliza una cápsula para confinar el residuo	Son tecnologías costosas. Residuos líquidos y sólidos. * 1 2 3 4 5 6.

Nota: Ver Tabla C.10.

Fuente: Rich, Q. 1987 "Waste Treatment Technologies The Choise is Yours"., Pollut., Eng.

Como complemento a las tecnologías de tratamiento, se recurre a tecnologías para estabilizar los residuos que han sido inactivados, con lo cual se pueden mandar a un confinamiento controlado. En la tabla C.10. se dan los tipos de tecnologías y en la tabla C.11. la compatibilidad de las mismas con los residuos.

Tabla C.10

Tecnologías de Fijación/Encapsulamiento

Método	Tipo de Residuo	Forma del Residuo
Encapsulamiento	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	1 2 5	Sólido - Líquido
Termoplástico		
Polímero Orgánico	1 2 5	Sólido - Líquido
Autoglulinación	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	Sólido - 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 inflamable
8= Sustancia explosiva
9= Aceite/ Agua

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

Tabla C.11
Compatibilidad de algunas categorías de residuos con las técnicas de estabilización/solidificación
Tipos de tratamiento estabilización/solidificación

Componentes del	Basado en cemento residuo	Basado en cal	Solidificación	Polímero orgánico (UF)+ termoplástica	Microencapsulación
Orgánicos					
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
Inorgánicos					
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 radiactivos	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

Nota: Compatible indica que el proceso de estabilización/solidificación generalmente puede aplicarse satisfactoriamente al componente residual indicado. (UF)+ Resina Urea-Formaldehido. Fuente: Malone, P. "Guide to the Disposal of Chemically Stabilized and Solifield Waste". USEPA, 1992.

D. Proceso de fabricación de las cámaras de hule.

D.1. Descripción de la elaboración de las cámaras.

En éste apartado se realiza una breve descripción de las materias primas principales y hasta llegar al proceso de vulcanización, que es donde se obtienen las propiedades necesarias para la fabricación del producto terminado que es la cámara de hule butilo.

Materias primas que intervienen en la formulación del compuesto de hule para la elaboración de las cámaras.

La clasificación de materias primas, se basa en las funciones respectivas de cada uno de los materiales que intervienen en la formulación de un compuesto de hule.(29)

Los componentes básicos y funcionales del compuesto de hule para las cámaras son los siguientes:

a)	Elastómero:	Butilo.
b)	Vulcanizante:	Azufre.
c)	Aceleradores:	Mercaptobenzotiazol, Disulfuro de tetrametil tiuram.
d)	Activadores:	Oxido de zinc.
e)	Inhibidores:	retardadores.
f)	Cargas:	Negro de humo.
g)	Ablandadores:	Aceite naftenico.
h)	Antioxidantes:	(N- (1,3- dimetil-butil) -N'- fenil -p- fenilendiamina.
i)	Componentes	

especiales. colorantes, adhesivos, peptizantes y otros.

De las sustancias empleadas en la formulación del compuesto de hule para las cámaras solo se mencionará por su importancia al hule butilo.

El Hule Butilo es un copolimero de isobuteno con 1-3 % de isopreno. Como el número de dobles enlaces en la cádena del polímero es pequeña, todos ellos se saturarán en el curado y el polímero reticulado final es saturado. En consecuencia, resiste la oxidación mejor que los tres hules más importantes (Estireno-Butadieno, Natural y Polibutadieno), todos los cuales tienen dobles enlaces residuales. De la misma manera, y esto es menos predecible a partir de su estructura molecular, el hule butilo tiene menor permeabilidad a los gases, por tanto, es el hule que se prefiere en cámaras para automóviles, un mercado que ha estado disminuyendo desde la aparición del neumático sin cámara. Se utiliza como recubrimiento interno en neumáticos sin cámara y para otras aplicaciones donde no se desea que haya penetración de oxígeno. El hule butilo recubre las mangueras por las cuales se bombean resinas de poliuretano, ya que si hubiese oxígeno presente, el poliuretano se solidificaría. Por último el hule butilo tiene baja elásticidad y altas pérdidas por histéresis y se utiliza en montajes de motores y otras aplicaciones en que se absorbe la vibración.(30)

D.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA CAMARA DE HULE.

Las ruedas del coche llevan en su interior una cámara de hule butilo, que es como un tubo de hule que se infla con aire, que tiene la resistencia suficiente para soportar las presiones ejercidas por el calor, el aire, las flexiones a que está sujeta, etc.

El aire que contiene es el que soporta el peso del vehículo y la cámara y la llanta tiene que soportar el aire. Los elementos que constituyen a una cámara son:

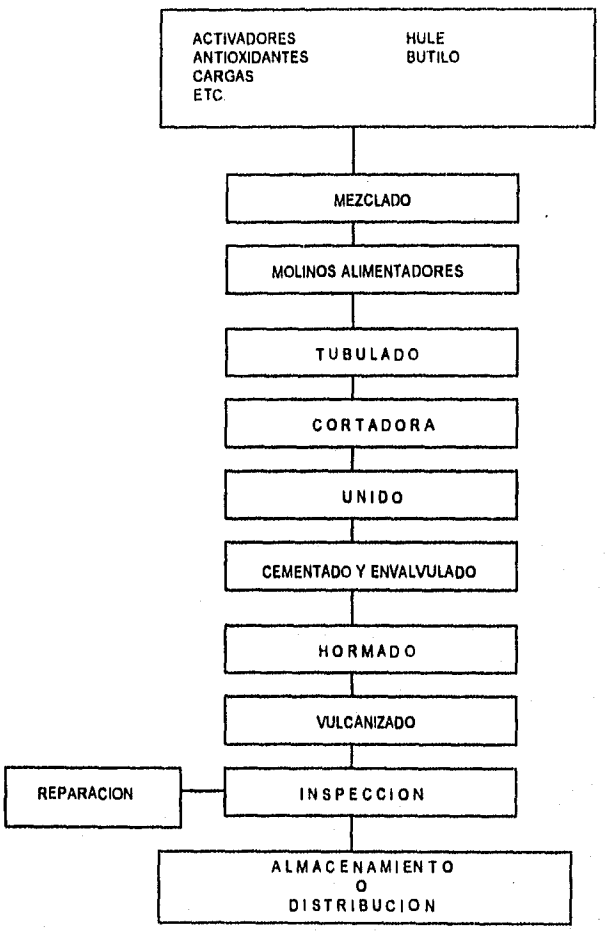
a) compuesto de hule.

b) válvula.

c) pibote.

d) tapón.

D.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE LAS CAMARAS



D.4. Proceso de fabricación de las cámaras.

Para obtener un objeto de hule, es necesario realizar una serie de operaciones a partir del hule crudo, al que se le incorporan los ingredientes necesarios para obtener el compuesto deseado; después a este compuesto se le da una forma determinada y a continuación se procede a su vulcanización. (31)

Mezclado: Es la incorporación de los ingredientes con el hule, esta operación se realiza mediante banbury o con molinos mezcladores, esta incorporación de los ingredientes se efectua en varios pasos con el fin de tener una mejor eficiencia y mayor seguridad en el proceso.

Tubulado: Esta operación consiste mediante una tubuladora, obtener el tramo tubulado, el cual tendrá las medidas especificas (como son ancho y espesores), de la medida de la cámara que se requiera.

Cortadora: Aquí se le dá la longitud deseada al tramo tubulado y también se le hace el orificio donde se le colocará la válvula.

Unido: Consiste en unir los tramos tubulados; es decir se unen los extremos a tope para formar un circulo.

Cementado y envalvulado: Al tramo tubulado y unido se le encementa alrededor del orificio donde es colocada la válvula.

Hormado: En unos dispositivos adecuados son montados los tramos tubulados y se les infla con aire con el fin de darles la forma requerida.

Vulcanizado: En unos moldes son introducidos los tramos tubulados ya conformados donde permanecerán un tiempo determinado a temperatura y presión adecuadas para su vulcanización; dichas condiciones son específicas para cada medida de cámara.

Inspección: La Inspección se lleva a cabo en forma manual para verificar que el producto terminado no lleve defecto alguno, de tenerlo se manda a reparación y si no es posible su reparación se manda al desecho en donde es destruido cortandose en varias partes.

Almacenamiento o distribución: El producto terminado sin defecto se manda a almacén para su posterior distribución.

D.5. Etapa del proceso donde se genera el residuo peligroso que nos interesa para su recuperación.

La cámara antes de entrar al molde donde se va a vulcanizar, necesita conformarse y para que la unión no se abra en el hormado, se requiere que el area donde se localiza la unión se enfrie. Esto se logra introduciendo esta parte de la cámara en una solución de acetona con dióxido de carbono. Esta operación requiere de gran cuidado ya que la temperatura del CO_2 (s) al sublimarse esta entre -69°C y - 75°C que es la temperatura a la que se encuentra la acetona.

La solución de enfriamiento debido a su constante uso se va saturando con talco (el cual se le aplica a las cámaras para que estas no se peguen unas con otras cuando estan en verde durante el proceso de fabricación), pelusa de la tela de los guantes de los obreros, agua del medio ambiente y, parte de los ingredientes del compuesto; los cuales son extraídos por la acetona. Esto hace que al

cabo de tres o cuatro días, la solución se sature, lo que la hace inadecuada para su uso, por lo que se tiene que cambiar por otra nueva.

Esta acetona sucia se va almacenando en tambores; aquí cabe hacer la mención de que la acetona sucia debe dejarse en reposo hasta que alcance la temperatura ambiente, para poder así, vaciarla a los tambores donde es recolectada, evitando con esto posibles accidentes.

El residúo así generado es considerado como residuo peligroso según la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93. Esto es, el residuo es inflamable; por tener un punto de inflamación menor a 60°C; además de estar considerado en el anexo 4 de esta NOM.

CAPITULO II MATERIALES Y METODOS.

E. Metodología para la recuperación de la acetona.

LODOS CON SOLVENTES O SOLVENTES GASTADOS.- Solventes gastados, lodos con solvente, fondos de destilación, solventes gastados en procesos de limpieza, desengrasado.

CARACTERISTICAS: Corrosivos, reactivos, tóxicos e inflamables, pueden ser explosivos si se encuentran en condiciones especiales (alta evaporación, concentración, cercanía al flash point) conteniendo sólidos en solución o suspensión. Los solventes pueden ser halogenados, aromáticos, alifáticos, además de contener las sustancias propias del proceso pueden tener otros materiales, como aceites, grasas, agua, téxtiles, etc.

GENERADORES: Fabricantes de pinturas, de tintas para las artes gráficas, industria química, químico farmaceútica, fabricación de autopartes, fabricantes de carrocerías y muebles, armadoras de automóviles y camiones, fabricación y moldeo de plásticos, elaboración de pegamentos, etc.

TRATAMIENTO: El tratamiento más adecuado para manejar un residuo que contenga solventes orgánicos, es la separación de estos últimos del residuo, para ofrecerlos como solventes reciclados y reutilizables, y el residuo que queda después de la limpieza de estos solventes gastados, debe de ser analizado, con el objeto de verificar la posible reutilización de este residuo en otros procesos, o en el caso de no poseer las características fisicoquímicas necesarias, debe de ser enviado a un confinamiento controlado, para efectuar la disposición final del mismo.

Lo primero es determinar el tipo o tipos de solventes contenidos en el residuo, así mismo conocer las características de los contaminantes a sustancias disueltas o suspendidas en ellos; también es indispensable el de determinar el contenido exacto de la proporción de solventes, esto debido a que un residuo con un contenido menor al 40% de orgánicos, debe de ser adecuado y formulado con otros residuos, para ser enviados como combustibles alternos a los hornos de las cementeras.

El siguiente esquema, nos va a dar una idea de los pasos a segur, para dar un tratamiento a un residuo que contenga solventes orgánicos:

a) Filtración gruesa.- esto consiste en eliminar del solvente gastado, el residuo sólido en suspensión o materiales no solubles; consiste en pasar a traves de un tamiz el residuo, eliminando dichas partículas de gran tamaño y otros contaminantes que se depositan en ellos (guantes, estopa, trapos, restos de ropa, maderos, botas, etc.).

b) Filtración fina.- el solvente gastado recuperado del paso anterior, se pasa por un tamiz más fino, esto nos dará un solvente con una cantidad mucho menor de sólidos y libre de material sólido. De aquí se obtiene un residuo sólido, que en algunos casos puede ser utilizado en otros procesos

c) Decantación.- el solvente gastado filtrado se trasvasa a un tanque decantador, en donde después de un periódo que va de 24 a 72 horas, se va a separar compuestos pesados suspendidos (cargas, caolines, pigmentos, talcos, carbonatos, restos de metal, grasas.) y algo de agua.

d) Neutralización.- estos solventes que se encuentran en el tanque decantador, son los que van a ser procesados, sin embargo en la mayoría de las veces, tienen en solución sustancias que pueden afectar el proceso de limpieza del mismo, por lo tanto es necesario el conocer lo más exacto que sea posible, el contenido y proporción de estos compuestos en el solvente. El tratamiento de neutralización dependerá de las características fisicoquímicas de las sustancias (acrílicos, esteroides, polímeros, resinas formaldehídicas, etc.).

e) Destilación.- el solvente ya sin sólidos y neutralizados los otros componentes se destila para proceder a efectuar su limpieza, esto con la finalidad de eliminar de ellos las impurezas disueltas en ellos (resinas , aceites, otros.) y el agua que no pudo ser eliminada por el proceso de decantación.

En caso de no contar la empresa con un destilador para el tipo de solvente gastado, o que en la localidad donde se ubique la empresa generadora de solventes gastados no se cuente con empresas que cuenten con destiladores, el tratamiento es el de encapsular el solvente sin sólidos en materiales inertes, como serían la bentonita, arcillas, la ceniza proveniente de las arroceras y enviar este residuo sólido a un confinamiento controlado, o en su caso adecuarlos para ser utilizados como combustibles alternos en hornos de cementeras.

De este tipo de tratamiento se generan residuos sólidos, que deben ser analizados, para determinar si pueden ser usados en otros proceso como materia prima o ser sometidos a una total desecación y enviarlos a un confinamiento controlado.

No obstante que el tratamiento descrito en los párrafos anteriores es el más adecuado, el generador de un residuo con estas características puede llevar a cabo en su planta un tratamiento que consiste en "secuestrar" al solvente (encapsular) en un material inerte (carbón activado, aserrín, bentonitas, arcillas, etc.) para obtener un residuo sólido con menos del 5% de contenido de líquidos y ser enviados a un confinamiento controlado; sin embargo hay que hacer notar que este tratamiento genera 5 tambores de 200 lt. de residuo sólido por tambor de 200lt. de solvente gastado a tratar, mientras que el tratamiento descrito en el inicio de este punto, genera menos de un tambor de 200lt. de residuo por tambor de 200lt. de solvente gastado a destilar; obteniendo una reducción importante en la cantidad de residuo a enviar, ya sea a su incineración o a un confinamiento controlado.(32)

E.1. Material y equipo empleado en el laboratorio.

1 frasco de boca ancha de 500 ml. con tapa

1 termometro

1 embudo de separación de 500ml.

1 embudo de separación de 100ml.

6 vasos de precipitado de 250ml.

1 soporte y pinzas de uso múltiple

1 filtro Gooch

1 desecador

1 embudo Büchner

Papel filtro

1 matraz Kitasato

1 matraz de destilación de 200ml.

1 equipo para destilación simple, con matraz de destilación de 125 ml.

1 parrilla de plato caliente, marca THERMOLYNE, módelo HP-A1915B, serie 1900 374 B.

1 balanza analítica, capacidad 210g a 0.1mg, marca OHAUS, módelo AP2105, serie N82757.

1 aparato para determinar humedades, capacidad 100g., marca OHAUS, módelo 6100, serie 28327.

1 aparato para determinar rango de destilación de solventes, marca PRECISION SCIENTIFIC, módelo 74731, serie 13AW-3

1 bomba de succión, marca COLE-PARMER SCIENTIFIC Co., módelo 7049-00.

1 refractómetro ABBE, marca FISHER SCIENTIFIC Co.

1 Espectrofotómetro de Infrarojo, marca PERKIN-ELMER, módelo 735 B.

E.2. Preparación de muestras para su análisis en el laboratorio.

La toma y preparación de la muestra para su análisis posterior, se realizó de la manera siguiente:(33).

La acetona gastada se iba almacenando en el transcurso de la semana en un tambor de 200l. por lo que, los sólidos suspendidos al final de la semana se sedimentaban y para poder efectuar la toma de la muestra y que ésta fuera representativa, fué necesario agitar el contenido del tambor. Para esto se empleo un agitador mecánico.

Para homogenelzar la acetona gastada se introducía el agitador al tambor y puasto que los sólidos sedimentados en el fondo no formaban una masa compacta, solo se requerían entre 10 ó 15 minuntos de agitación. Pasado éste tiempo se tomaba la muestra con una bomba manual de fierro y se

vertía a un frasco de vidrio de boca ancha de 500ml., el cual se conservaba perfectamente tapado a temperatura ambiente.

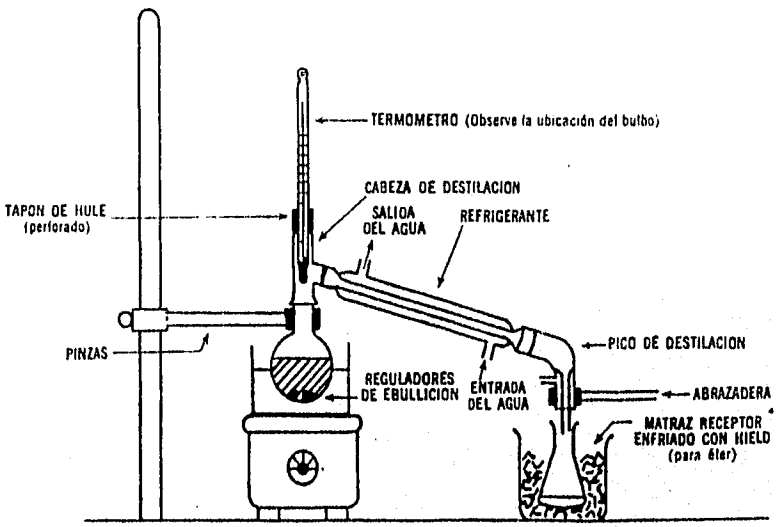
E.3. Procedimiento de recuperación realizado.

La acetona gastada se vaciaba a un embudo de separación de 500ml. de capacidad, con la finalidad de que al cabo de tres días los sólidos suspendidos se sedimentaran y poder así separarlos.

De la fase líquida a la que se le separarón los sólidos, se tomaron alicuotas de 100ml., medidas con una probeta de 100ml; estos volúmenes se transfirieron a un matraz de destilación de 125ml y la operación para separar la acetona se efectúo con un equipo de laboratorio para realizar destilaciones simples; el cual se ilustra en la figura E.1.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Figura E. 1. Aparato de destilación



E.4. Métodos ASTM empleados para determinar las propiedades de la acetona.

a) Para determinar el rango de destilación de la acetona se utilizó el método ASTM D1078- 86.

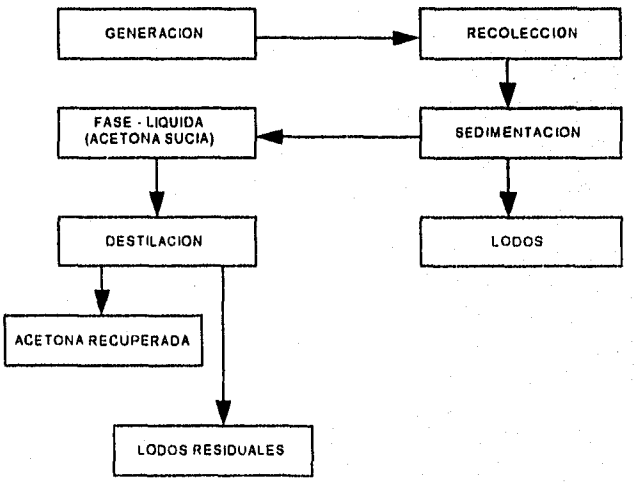
b) Para la determinación del peso específico de la acetona se utilizó el método ASTM D1298-86.

c) Para la determinación del índice de refracción de la acetona se empleó el método ASTM D1218-86

Estos métodos se encuentran en el apéndice.

E.5 Diagrama de bloques para la recuperación de la acetona.

A continuación se presenta un diagrama de bloques, que explica el método de separación en forma sencilla, el cual se realizó a nivel laboratorio.



CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION

F. Valores cuantitativos de la acetona gastada

Los valores obtenidos del análisis realizado a la acetona gastada se resumen en la Tabla F.1

Tabla F.1

Componente	1ª Semana (% vol.)	2ª Semana (% vol.)	3ª Semana (% vol.)	4ª Semana (% vol.)	Promedio (% vol.)
acetona recuperada	88.3	89.6	90.3	89.0	89.3
agua	7.4	6.7	7.4	6.9	7.1
aceite y comp. del hule	2.7	2.9	1.2	3.4	2.5
hule y pelusa	0.8	0.4	0.7	0.5	0.6
talco	0.8	0.4	0.4	0.2	0.5

F.1 Valores obtenidos del análisis de las acetonas

Los datos promedio que se obtuvieron del análisis realizado a las acetonas por semana, fueron los siguientes:

Tabla F.2

Para la acetona pura directa de proveedor.

	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	Promedio
Densidad específica 20/20°C	0.7868	0.7847	0.7950	0.7921	0.7897
Indice de refracción n_D^{20}	1.3570	1.3535	1.3540	1.3550	1.3549
Intervalo de destilación a 585 mm Hg (°C)					
Punto inicial	48.3	47.4	48.0	48.0	47.93
10 %	48.5	48.2	48.0	48.0	48.18
50 %	48.8	48.4	49.0	49.5	48.88
Punto final	49.2	49.6	50.0	49.8	49.65

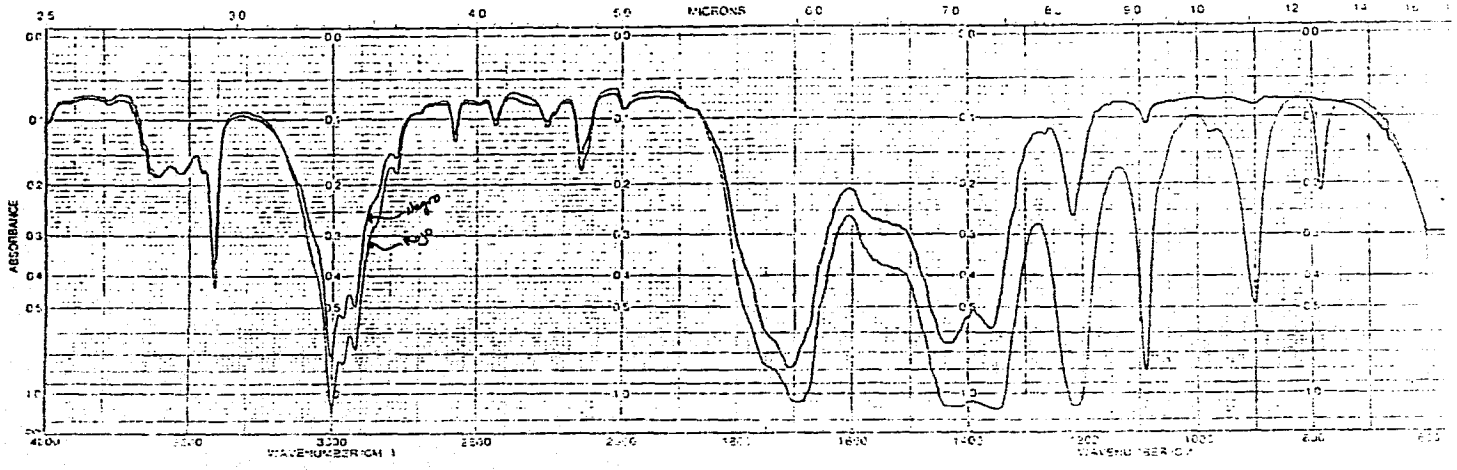
Tabla F.3

Para la acetona recuperada.

	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	Promedio
Densidad específica 20/20°C	0.7790	0.7599	0.7680	0.7781	0.7713
Indice de refracción n_D^{20}	1.3585	1.3620	1.3545	1.3660	1.3603
Intervalo de destilación a 585 mm Hg (°C)					
Punto inicial	47.0	46.5	47.3	46.8	46.9
10 %	47.4	47.0	47.5	47.3	47.3
50 %	48.2	47.5	48.0	47.6	47.9
90 %	48.6	48.0	48.3	48.1	48.3
Punto final	49.2	48.5	48.9	48.3	46.7

Nota: En el apendice se da una tabla para hacer las correcciones de la temperatura a nivel del mar.

Figura F.1 Espectro de infrarojo de la acetona recuperada y la del proveedor.



SAMPLE Negro - Acetona Proveedor	SOLVENT	Na Cl	SCAN TIME 12 min	T SB	PERKIN
	CONCENTRATION	100%	SLIT Normal	ORDINATE EXP	CHART No.
ORIGIN Rojo - Acetona Recuperada	CELL PATH	Película			
	REFERENCE	Aire	OPERATOR SHP	TIME CONSTANT	

F.3 Composición de los Lodos

A manera de completar el análisis se reportan los datos obtenidos de los lodos separados en la sedimentación y los lodos residuales de la destilación.

Tabla F.4

Composición de los lodos separados en la sedimentación

Componente	Gramos
acetona	6.21
agua	8.93
aceite y sustancias extraídas del hule	4.30
hule y pelusa	21.19
talco	59.37

Tabla F.5

Composición de los lodos residuales de la destilación

Componente	Gramos
agua	74.39
aceite y sustancias extraídas del hule	15.37
hule y pelusa	5.51
talco	4.73

F.4 Discusión de resultados

De la metodología sugerida para la recuperación de la acetona, no se efectúo la filtración, ni la decantación, porque con la sedimentación se eliminaron casi en su totalidad los sólidos suspendidos, como se puede ver en la tabla F.1 y la decantación no fué posible porque los componentes extraídos por la acetona del compuesto de hule son completamente solubles en ésta.

La acetona gastada después de que le fueron separados los sólidos, presentaba una ligera coloración amarilla impartida por las sustancias extraídas del compuesto de hule para las cámaras. Estas sustancias son: mercaptobenzotiazol, disulfuro de tetrametil tiuram, N - (1.3 - dimetil - butil) - N' - fenil - p - fenilendiamina, y aceite naftenico (acelerador, ultraacelerador, antioxidante y plastificante, respectivamente).

Los resultados obtenidos de la determinación del intervalo de destilación, así como el índice de refracción y la gravedad específica, son valores promedio. Es decir, que la determinación se hacia dos veces con alicuotas diferentes cada semana y de los valores que se obtenían se registraba el promedio. Estos datos se registran en las tablas F.2 y F.3. Cabe mencionar, que no fue necesaria la neutralización del solvente para su destilación, debido a que las sustancias presentes en el solvente gastado no le infieren problemas para su recuperación.

De los datos obtenidos se puede observar que el porcentaje de recuperación de la acetona es de 89.3% (tabla F.1), lo que es bastante alto. De aquí la importancia de recuperarla.

Los parámetros de calidad requeridos para la aceptación de la acetona en la fábrica se indican en la tabla F.6

Tabla F.6

Parámetros de calidad para la aceptación de la acetona.

Determinación / Apariencia	Especificación	Método
color	transparente	visual
estado físico	líquido	visual
peso específico 20/20°C	0.7860 - 0.7950	ASTM D1298
índice de refracción n_D^{20}	1.3530 - 1.3580	ASTM D1218
rango de destilación a 585 mmHg (°C)	48 -50	ASTM D1078

Puesto que la acetona requerida para el sistema de enfriamiento es de grado industrial y haciendo la comparación de los datos obtenidos de las propiedades físicas de la acetona recuperada (tabla F.3.), con los de la acetona de grado comercial (proveedor, tabla F.2.), se puede inferir que ésta esta dentro de los parámetros de calidad de aceptación de la acetona, por lo que se puede utilizar nuevamente en el proceso. Esto es, se considera útil para su reuso.

La prueba determinante para la reutilización de la acetona recuperada se obtiene al hacer la comparación del espectro de infrarrojo entre ésta y la acetona directa de proveedor. Ver figura F.1.

G. Estudio técnico-económico

G.1 Estudio técnico.

La finalidad del estudio técnico, es conocer y analizar lo relacionado con la localización de la planta y la capacidad de producción de la misma, el proceso de elaboración del producto, y de la maquinaria y equipo necesario. En este trabajo lo que se requiere seleccionar es sólo el equipo recuperador de solventes y para ello se debe tener conocimiento de aparatos y controles de los equipos de tratamiento disponibles. Existen consideraciones en el tipo y tamaño, las cuales son:

- Terreno disponible para el equipo de tratamiento propuesto.
- Disponibilidad de espacio hacia arriba.
- La posibilidad de aprovechar estructuras existentes, en la construcción de la planta.
- Tamaño de la planta.
- Preferencias del personal para el manejo del equipo.
- Costo de los tanques y otros aditamentos

Durante la realización del estudio de factibilidad técnica es importante tomar en cuenta que requerimientos se necesitan para la instrumentación de los equipos considerados.

Si la operación involucra solamente aspectos referentes al personal ó a procedimientos operativos, debe considerarse que departamentos serán afectados, que entrenamiento requiere el personal y que mecanismos se necesitan para asegurar el cumplimiento de las modificaciones.

Con base a lo anteriormente descrito se selecciono el equipo recuperador de solventes modelo RS 3-A OMEGA RECYCLYNG TECHNOLOGIES el cual se cotizo con el distribuidor

Protección Química S. A. Dicho equipo cuesta US$ 2,800.00, considerando el cambio a pesos ($). el día 27 de febrero de 1996, fue de $ 7.35 por US$. Por lo que el COSTO DEL EQUIPO RECUPERADOR será de $ 20,580.00. En el apéndice se muestra el esquema de este aparato.

Especificación del equipo recuperador de solventes

Marca: OMEGA RECYCLYNG TECHNOLOGIES, Modelo: RS 3-A

Condiciones de Diseño.

3.8 t/hr de solvente recuperado.

Temperatura destilador: 37.7-160°C.

Especificaciones generales.

Forma de calentamiento: Aceite diatérmico.

Enfriador: Por aire.

Poder: 1Kw/hr.

Material Caldera: Acero inoxidable AISI.

Peso: 73 Kg.

Dimensiones

55x80x100 cm

Instalación

No requiere instalaciones especiales, sólo hay que conectarlo a la energía eléctrica y disponer de un espacio bien ventilado.

Para sedimentar la acetona sucia, se necesitan dos recipientes metálicos con base cónica de 100 l cada uno. El COSTO DE LOS RECIPIENTES METALICOS es de $ 300.00 pesos cada uno; es decir, $ 600.00 pesos por los dos.

Mano de obra.

Para la recolección de la acetona sucia y la operación del equipo recuperador de solventes, sólo es necesario contratar un trabajador al que se le pagará un sueldo integrado de $ 900.00 pesos mensuales, ($10,800.00 anuales).

Energía eléctrica

El equipo opera a una carga de 1Kw-h todo el tiempo, 8 horas al día, durante 20 días al mes. Si el costo por Kw-h es de $0.55, EL COSTO DE ELECTRICIDAD será de $ 88.00 pesos mensuales, ($1,056.00 anuales).

Ahorros

Considerando una eficiencia de recuperación en el equipo recuperador de solventes de 95%, y de la tabla F.I. se tiene 89.3% de acetona recuperada, por lo que se tendrá a la semana (89.3 l) (0.95)= 84.8 l de acetona, y el valor del litro de acetona es de $ 3.5; COSTO DE LA ACETONA RECUPERADA = (84,8 l) ($ 3.5/ l) (4 semanas) = $ 1,188.00 mensuales, ($ 14,256.00 anuales).

Al recuperar la acetona, también se dejará de pagar a la empresa residuos industriales Multiquim, S. A., $ 600.00 mensuales, ($ 7,200.00 anuales), la cual se encarga de recoger y llevarse los residuos peligrosos.

G.2. Estudio Económico

El estudio económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, así como calcular el costo de la recuperación de la acetona y las utilidades obtenidas con la implantación del proyecto.

Antes que nada se comenzará por definir que es el costo de un bien o servicio desde el punto de vista del presente trabajo.

Costo es en términos generales "lo que se paga por algo", tomando esta definición general se puede decir que el costo es el dinero requerido para adquirir un bien o servicio (34).

Siempre que se planea construir cualquier tipo de planta, no importa en que etapa se encuentre el proyecto, es muy importante saber la cantidad de dinero que se necesitará; ya sea para evaluar la rentabilidad del proyecto, compararlo contra otras alternativas ó solicitar un crédito.

En el caso del presente trabajo lo que se busca es estimar el costo del equipo de recuperación de solventes y, posteriormente calcular el tiempo de recuperación de la inversión.

Entonces tener una idea de cuanto dinero se necesitará para tener el equipo adecuado y listo para arrancarse es de vital importancia, así como el conocer el tiempo que se requerirá para recuperar la inversión.

Existe un gran número de publicaciones que indican la manera en que se realizan los estudios de factibilidad económica, en general se considera que el punto de partida es una

cotización adecuada de los equipos requeridos con base en un cálculo preciso de las especificaciones que se requieran, el contar con proveedores confiables y comparar distintas cotizaciones también es importante. Además el análisis de costos del proyecto debe considerar el costo de escalación (tiempo en que la cotización es válida), el costo de instalación, el costo de los equipos auxiliares, el costo de transporte del equipo, el pago en efectivo por anticipado; los costos de operación y mantenimiento y el costo de salvamento del equipo (35).

G.3 Estimación de la Inversión

Para determinar la inversión inicial, se ha tomado en cuenta el mayor número de elementos que influyen en dicho cálculo. La inversión que se ha considerado se divide en:

Inversión Fija. Es la inversión que se realiza para adquirir aquellos bienes necesarios para realizar las actividades productivas del proyecto, y que se utilizan durante todo el horizonte del mismo.

Inversión Diferida. Esta es la inversión que se realiza en bienes y servicios intangibles que son indispensables para la iniciación del proyecto, pero no intervienen directamente en la producción.

Capital de Trabajo. Se le denomina a la inversión indispensable para iniciar las actividades de producción y ventas.

Inversión total de Capital. Se le conoce a la suma de la inversión fija y diferida más el capital de trabajo.

El desglose completo de las inversiones se muestra en la tabla G.1

Tabla G.1 Desglose de las inversiones

PESOS

Inversión fija		21,180.00
Equipo recuperador	20,580.00	
Recipientes metálicos.	600.00	
Inversión Diferida		713.50
Planeación y Dirección del proyecto (2% de la inversión fija)	423.60	
Capacitación del personal de mano de obra directa (1 semana de sueldo)	225.00	
Otros (10 %)	64.90	
Capital de trabajo		1,037.00
Mano de obra directa (1 mes)	900.00	
Servicios (1 mes): energía eléctrica	88.00	
Imprevistos (5%)	49.40	
Total de Inversiones		22,930.50

G.4 Depreciación

Método empleado: Depreciación en línea recta [36].

El valor original del activo o bien, menos el valor de rescate, se deprecia en cantidades anuales iguales a lo largo de la vida útil de servicio, y consiste en:

$$D = \frac{(I - Sv)}{n}$$

Donde: D: Depreciación anual

I: Inversión total al principio, costo original

N: Vida útil de servicio

Sv: Valor de rescate final

Valor original del bien. Se define como el costo del equipo o la inversión actual del activo o bien.

Valor de rescate. Se define como el valor del bien al final de la vida útil.

Valor útil de servicio. Tiempo de servicio durante el cual el bien se utiliza en forma productiva.

Vida útil del equipo

Se considera una vida útil del equipo de 10 años, el cual al final de su vida útil no tiene valor de rescate.

$$\frac{\$\ 21{,}180.00}{10\ \text{años}} = \$\ 2{,}118.00/\text{año}$$

Balance de costos

Depreciación del equipo	$ 2,118.00
Mano de obra	10,800.00
Energía eléctrica	1,056.00
	$ 13,974.00

Ahorros obtenidos

Acetona recuperada	$ 14,256.00
Costo de envío del residuo peligroso	7,200.00
Total	$ 21,456.00

Por lo que se tiene una utilidad anual de:

Utilidad = $ 21,456.00 - $ 13,974.00 = $ 7,482.00

G.5 Tiempo de recuperación de la inversión

El tiempo de recuperación de la inversión se obtiene de la siguiente forma.

$$T = \frac{CTI}{UA}$$

Donde: CTI = Capital total de inversión
UA = Utilidad anual

Sustituyendo valores se obtiene

$$T = \frac{\$\ 22,930.00}{\$\ 7,482.00} = 3.06 \text{ Años}$$

Esto es que la inversión se recupera en 3.1 años, y la utilidad del proyecto es

UP = ($ 7,482.00) (6.9 años) = $ 51,625.8

G.6 Rentabilidad de la inversión

La rentabilidad de la inversión se obtiene de la siguiente manera

$$R = \frac{UA}{CTI+DEP} \times 100$$

Donde: R: Rentabilidad anual
CTI: Capital total de inversión
DEP: 10% de la inversión fija
UA: Utilidad anual

Tipo de proyecto	Grado de Riesgo	Tipo de Rentabilidad mínima aceptable en %
Instalación de equipos más eficientes; neutraiización de efluentes residuales ácidos; recuperación de disolventes por absorción y destilación	Bajo	10-15
Incremento de la capacidad acutal; cambio de catalizador; cambios a instrumentación automática; instalación de nuevas unidades para un producto ya muy conocido.	Moderado	15-25
Nuevas instalaciones para un nuevo producto.	Alto	20-25 ó más

Fuente: Happel, J. Económia de los procesos químicos, Editorial Reverté., 1981. p. 242.

Sustituyendo valores se tiene

$$R = \frac{\$\ 7,482.00}{\$\ 22,930 + \$\ 2,118.00} \times 100 = 29.87\ \%$$

Puesto que la rentabilidad obtenida 29.9% es mayor que la rentabilidad mínima aceptable para este tipo de proyecto, según lo especificado de 10-15%, se concluye que el proyecto debe aceptarse.

CONCLUSIONES

Las tendencias actualmente empleadas en el mundo son el reuso y reciclaje de materiales en general, puesto que con estas, se logra una disminución en los costos de disposición final, así como el máximo aprovechamiento de los materiales.

El desarrollo de una solución empleado tecnologías más limpias hace que la generación de desechos se minimize. Para que los ingenieros tiendan a la creación de procesos "limpios" y con desechos reutilizables es necesario crear una conciencia ecológica. Esto evidentemente, requiere de mucho tiempo. Por ello al corto plazo, el pensamiento que debe imperar en el manejo y tratamiento de los residuos industriales es el de tener el suficiente conocimiento de las alternativas de disposición final existentes en nuestro país, así como el de encontrar las mejores opciones de manejo y tratamiento fisicoquímico de los residuos peligrosos, ya sea dentro de la industria generadora o en industrias especializadas en darles un tratamiento y un posterior reuso a lo obtenido de estos procesos.

Con base en los resultados obtenidos experimentalmente en el presente trabajo, se comprueba la factibilidad de recuperar la acetona mediante la destilación, que es un método de separación propuesto en la literatura, para la recuperación de los solventes orgánicos de los residuos peligrosos.

La simulación en el laboratorio para la recuperación de la acetona permite ver que con solo dos etapas de separación; sedimentación y destilación, son suficientes para separar la acetona del residuo peligroso. La calidad de esta, es tal, que los valores obtenidos en la determinación de sus propiedades fisicoquímicas, caen dentro de los parámetros de aceptación, lo que la hace adecuada para su reuso.

El proceso presentado requiere de trabajo posterior en un equipo de recuperación de solventes con el fin de obtener información más detallada y complementar la expuesta. No obstante, los datos obtenidos en el laboratorio no dejan de ser válidos.

Un punto a favor para la implantación del proyecto, resulta de ver las dimensiones proporcionadas por el proveedor del equipo recuperador de solventes, pues el área que ocuparía en la planta, es mínima. Tomando en cuenta que hay muy poco espacio disponible en la fábrica. El proceso también es viable desde el punto de vista de protección al medio ambiente, ya que es un proceso cerrado, seguro y fácil de operar.

Los beneficios económicos de la instalación del sistema de recuperación son muy satisfactorios ya que el tiempo de recuperación de la inversión es aproximadamente de 3.1 años, es reducido con respecto a la vida útil del equipo representando el 31.0% por lo que durante un período de 6.9 años tendremos utilidades adicionales a $ 51,625.80; lo que representa un 225.14% del costo total de la inversión.

El hecho de que la rentabilidad obtenida de 29.9% sea mayor que la rentabilidad mínima aceptable para este tipo de proyecto, nos indica que el proyecto es atractivo, por lo que se concluye que debe aceptarse su implantación en la fábrica.

BIBLIOGRAFIA

1. Thornton Morrison, Robert, et al., Química Orgánica, Fondo Educativo Interamericano, México, 1976, pp. 636-639.

2. Scheflan, Leopold, et al., The Handbook of Solvents, Robert E. Krieger publishing Co. Inc, New York, 1973, pp. 85-89.

3. National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, 10th edition, 1991, pp. 325M-11.

4. Wittcoff A., Harold, et al., Industrial Organic Chemicals in Perspective, part two: Technology, Formulation and Use., Krieger publishing Co., Florida, 1991, pp. 286 y 290.

5. Mardsen B. Sc., et al., Solvents Guide, Cleaver - Humer Press LTD, London, 1963, pp. 9-18.

6. Pecsok, R. L., Experimentos, Métodos Modernos de Análisis Químicos., Limusa, México, 1983, P. 3.

7. Wittcoff A., Harold, et al., Industrial Organic Chemicals in Perspective, part one: Raw Materials and Manufacture., Krieger publishing Co., Florida, 1991. pp. 102-104

8. Sax N. Irving, et al., Hazardous Chemicals Desk Reference, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987, P.111.

9. Guía de Respuestas iniciales en caso de emergencias ocasionadas por materiales peligrosos, sistema de emergencias en transporte para la industria química, México, 1992, pp. 15 y 146-147.

10. Choppin, Gregory R., Química, Publicaciones Cultural, México, 1978, pp.464-467.

11. Bargalló, Modesto, Tratado de Química Inorgánica, Porrúa, S. A., México, 1972, pp.481-485.

12. Madrid Vicente, Antonio, et al., Los gases en la alimentación, Sociedad Española del Oxígeno, S. A., España, 1991, pp. 16-19 y 240-243.

13. Sax N. Irving, et al., op Cit., P. 297.

14. Guía de Respuestas iniciales en caso de emergencias ocasionadas por materiales peligrosos, op Cit., pp. 31 y 134-135.

15. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente., Porrúa, S. A., México, 1993.

16. Ortiz Monasterio, F., Manejo de los desechos industriales peligrosos en México, Universo veintiuno, México, 1987.

17. Fernández Villagómez, Georgina, Procesos de Tratamiento para residuos peligrosos, Reunión Anual del Programa Universitario del Medio Ambiente UNAM, C. U., México, octubre 1992, pp. 4-5.

18. Cortinas de Nava, C., et al., Serie Monografías No. 3: Residuos Peligrosos en el Mundo y en México., SEDESOL-INE, México, 1993, pp.7-8.

19. Cortinas de Nava, C., et al., op Cit., P. 118.

20. Miyasako Kashi, Emiko, Legislación, Normalización y Movimiento Transfronterizo de residuos peligrosos, Reunión Anual del Programa Universitario del Medio Ambiente, C. U., México, octubre 1992, P. 3.

21. Cortinas de Nava, C., et al., op Cit., pp. 72-73.

22. SECOFI, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Diario Oficial de la Federación, 1-VII-92, México, pp. 53-59.

23. Juárez Najera, M., Diplomado de actualización en seguridad, higiene y control ambiental en plantas de proceso, Módulo de Control Ambiental, UNAM, México, abril-mayo, 1995.

24. Dirección General de Normatividad Ambiental, INE, Reflexiones para una política de residuos peligrosos: Bases para una política nacional, México, mayo 1994, pp. 16-25.

25. Cortinas de Nava, C., et al., op Cit., pp. 45-52.

26. Dirección General de Normatividad Ambiental, op Cit., pp. 39-47.

27. Cortinas de Nava, C., et al., op Cit., pp. 123-126.

28. Cortinas de Nava, C., et al., op Cit., pp. 27-37.

29. Whitby, G. S., Synthetic Rubber, edit. Board, New York, 1954, pp. 879-884.

30. Wittcoff A. Harold, et al., op Cit., Part two, pp. 159-162.

31. Martínez Ocariz, Luis E., Evaluación de una empresa del sector llantero mediante el método de flujos de efectivo operativos, tesis 1993, P. 19.

32. Rión Arriola, Rafael, Memorias: Manejo de residuos industriales, Departamento de Vinculación Profesional y Apoyo a la Titulación, UNAM, abril 1993, pp. 4-6.

33. Curso de Capacitación para el manejo de residuos peligrosos, the S. M. Group International inc, México, 1994, pp. 68-87.

34. Diccionario Enciclopédico Universal CREDSA, Ediciones y publicaciones CREDSA, tomo II, Barcelona España, 1955, P. 1036.

35. Coss Bu, Raúl, Análisis y evaluación de proyectos de inversión, Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1992, pp. 30-80.

36. Perry, Robert H. et al., Manual del Ingeniero Químico, sexta edición, 3ª edición en español, tomo VI, secciones 25.5 - 25.21.

37. Roberts John, D., Caserio Majorie C., Basic principles of organic chemestry, second edition, California, 1977, P. 273.

38. ASTM D1078-86, Standard test Method for Destillation Range of Volatile Organic Liquids, Annual Book of ASTM Standards, Vol.06.03., USA, 1989, pp. 154-160.

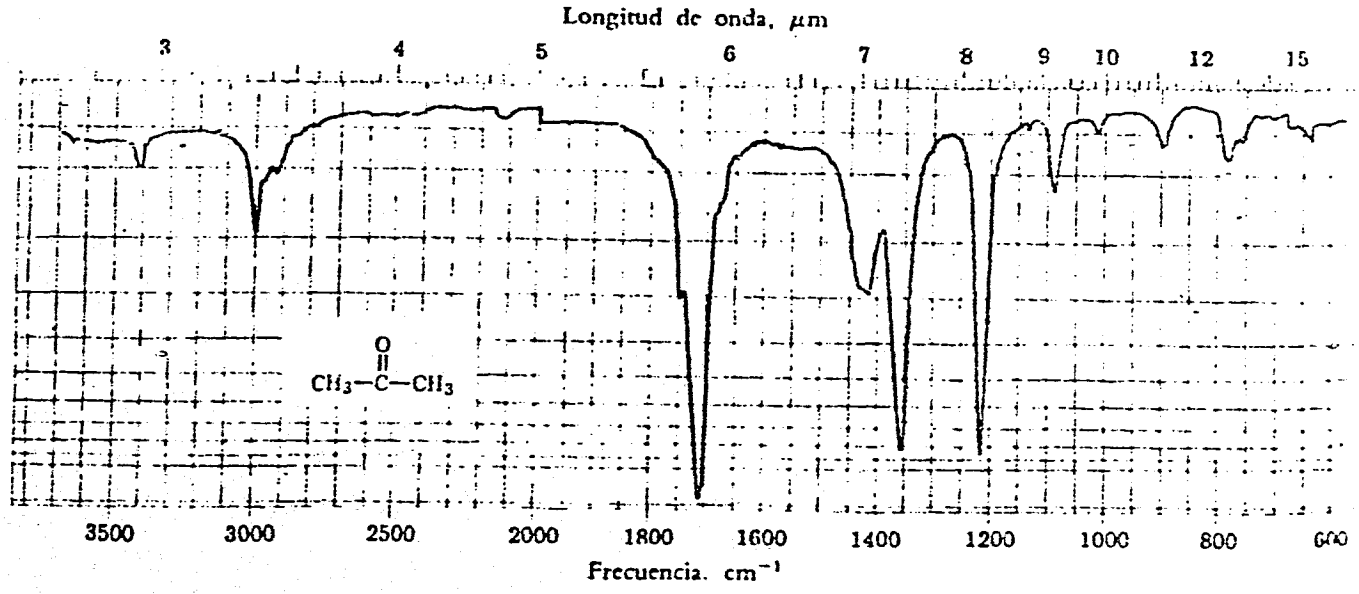
39. ASTM D1218-87, Standard test Method for Refractive Index and Refractive Dispersion of Hydrocarbon Liquids, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 05.01, USA, 1989, pp. 457-460.

40. ASTM D1298-85, Standard test Method for Density Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometers Method, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 05.01, USA, 1989, pp. 497-501.

41. Mercado H. Salvador, ¿Cómo hacer una tesis?, Limusa, México, 1993.

42. Saavedra Rodríguez, Agueda, La prueba escrita o tesis profesional., Fac. de Química, Coordinación de Servicios Académicos, Depto. de Idiomas, sección Español.

Espectro de infrarrojo de la acetona (37).



ASTM D1078-86(38)

Método de prueba estandar para determinar el rango de destilación de líquidos orgánicos volátiles.

Este método de prueba para la determinación del rango de destilación cubre a los líquidos que ebullen entre 30 y 350° C, los cuales son químicamente estables durante el proceso de destilación, también es aplicable a líquidos orgánicos hidrocarbonados, compuestos oxigenados, químicos intermedios y la combinación de estos.

Material empleado

- Aparato de destilación
- Matraz de destilación de 200 ml
- Termómetro ASTM No. 38C, (24 a 78° C)
- Probeta graduada de 100 ml

Preparación del equipo

- El equipo debe estar bien limpio y seco.
- El termómetro debe ser el indicado para el tipo de líquido a destilar, en este caso es el ASTM No. 38C.
- Inserte el tubo del matraz de destilación una distancia de 25 a 50 mm en el condensador, llene el condensador con agua a la temperatura apropiada, (0 a 10° C). La temperatura a la cual debe estar la acetona para iniciar la destilación es de 10 a 20° C.

Procedimiento

- Usando la probeta graduada de 100 ml medir 100 ± 0.5 ml de la muestra. Remover el matraz del aparato de destilación y transferir directamente la muestra al matraz dejando escurrir de 15 a 20 seg. Es importante recordar que se deben agregar reguladores de ebullición al matraz de destilación.

- Conecte el matraz al condensador e inserte el termómetro por el tapón de hule al matraz, en tal forma que la parte superior del bulbo del termómetro, quede ligeramente abajo de la parte inferior del brazo lateral del matraz. Para recibir el condensado, el tubo a la salida del condensador debera estar a lo menos 25 mm dentro de la probeta, pero nunca abajo de la marca de los 100 ml. Como el punto inicial de ebullición de la acetona esta abajo de 70° C, la probeta deberá estar sumergida en un baño de agua, que se mantendrá de 10 a 20° C, durante la destilación. Para prevenir que el condensado se humedezca o que se evapore, la probeta se deberá cubrir.

- Para tener una presición en las lecturas de ebullición se deberá tener en consideración que se requieren de 5 a 10 minutos de calentamiento antes de que caiga la primera gota de condensado y el calor deberá ajustarse a razón de que caigan dos gotas por segundo (4 a 5 ml / minuto). Una vez que ha caido la primera gota de condensado (punto inicial de ebullición), mover la probeta de tal manera que el tubo del condensador toque uno de los lados de ésta. Anotar las lecturas del termómetro, después de colectar 10, 50, 90 y 95 ml de destilado.

- Para determinar el punto final de destilación, se continua destilando sin variar el calentamiento hasta que el matraz se vea seco. Si el punto seco no se obtiene (esto es, que se produzcan humos antes de que se alcance el punto seco o que haya líquido remanente en el fondo del matraz cuando la temperatura máxima es observada en el termómetro), se anota este hecho.

- Cuando el punto seco no es obtenido, se reporta como el punto final la temperatura máxima observada en el termómetro o punto final de ebullición. Cuando la descomposición ocurre se observa la rápida evolución de vapor y humos pesados, así como la disminución en la temperatura de destilación. Anotar la temperatura y reportar como el punto de descomposición. Si la caída de temperatura esperada no ocurre, anotar la temperatura máxima observada en el termómetro 5 minutos después de que el punto a 95% fue alcanzado y reportar como "punto final a 5 minutos".

- Es importante conocer la presión barométrica.

- Después que se ha drenado completamente el tubo del condensador, leer el volumen total de destilado y anotar como recuperado.

- Si hay algún residuo en el matraz, enfriar a temperatura ambiente y medir este volumen en una pipeta con subdivisiones de 0.1 ml. Reportar la diferencia entre 100 y la suma del residuo mas lo recuperado como pérdidas de destilación.

- Para corregir la temperatura debida a la presión barométrica, usar la siguiente ecuación:

  C = corrección = K (760 - p)

donde: C = valor que hay que sumar a los valores obtenidos en la destilación si esta se lleva a cabo abajo de 760 mmHg.

P = presión barométrica a la que se lleva la destilación.

K = constante con temperatura en °C y presión en mmHg, valores dados en la tabla 1.

Tabla 1. Cambio del punto de ebullición con la presión.

Compuesto	Valor de K, °C por mmHg	Punto de ebullición a 760 mmHg, °C
Acetona	0.039	56.1
Benceno	0.043	80.1
Alcohol etílico	0.033	78.3
Etilen glicol	0.045	197.6
Alcohol metílico	0.033	64.5
Metil etil cetona	0.043	79.6
Alcohol isopropílico	0.033	82.3
Piridina	0.046	115.4
Tolueno	0.046	110.6
Tricloro etileno	0.043	87.1

ASTM D1218-87(39)

Método de prueba estandar para índice de refracción de líquidos de hidrocarburo.

Este método cubre la medición del índice de refracción aproximadamente a cuatro unidades del punto decimal de líquidos transparentes y ligeramente coloreados que tienen índices de refracción entre un rango de 1.33 a 1.50 y a temperaturas desde 20 a 30° C. Este método no es aplicable a líquidos oscuros con colores mayores de 4.

Material empleado

- Refractómetro ABBE rango 1.33 a 1.64 para la línea D del sodio.
- Termostato y bomba de recirculación, capaz de matener la temperatura del prisma constante en 0.02° C.
- Termómetro ASTM 17C con rango desde 19 a 27° C.

Solventes

- n-pentano, 95% mol de pureza
- tolueno

Muestra

La muestra debe estar libre de sólidos suspendidos, agua u otros materiales que tiendan a dispersar la luz. El agua puede ser removida con cloruro de calcio seguida con una filtración para quitar el desecante.

Preparación del aparato

- El refractómetro debe ser guardado escrupulosamente limpio todas las veces.

- Limpiar el prisma con algodón saturado con tolueno. Pasar el algodón ligeramente sobre la superficie hasta que no muestre una tendencia a rayarse. Repetir este procedimiento con n-pentano, hasta que el vidrio y la superficies metáticas adyacentes esten limpias. No secar el prisma frontando con algodón seco.

- Ajustar el termostato hasta que la temperatura indicada por el termómetro del refractómetro esta a 0.02° C del valor deseado; encender la lámpara de vapor de sodio y dejar calentar arriba de 30 min.

- Controlar la temperatura ambiente dentro de 1° C la temperatura de prueba. Esto puede ser hecho regulando la temperatura del cuarto o teniendo un lugar diseñado para tener la temperatura constante.

Procedimiento

- Con una pipeta colocar una gota de muestra en el prisma y girar la caja del prisma hasta cerrarlo y observar la luz en la cara del prima de trabajo. Si el espacio entre los prismas esta completamente lleno con el liquido, el campo estara uniformemente iluminado; burbujas o espacios sin llenar aparecera oscuro. Si el espacio no esta completamente lleno, abrir y cerrar la caja del prisma ligeramente algunas veces y agregar más liquido.

- Con líquidos viscosos aplicar la muestra en la cara de los dos prismas con un agitador cubierto con algodón untándolo suavemente. Nunca se debe de hacer con un metal o vidrio; cerrar la caja del prisma lentamente.

- Leer en el telescopio cuando aparezcan en el campo visual dos semicírculos completamente definidos, es decir, dos semicírculos uno oscuro y otro iluminado. No se debe ver la luz distorsionada y de ser así con el tornillo ajustar la luz hasta alcanzar la nitidez en el semicírculo iluminado. Una vez que se logro tener los dos semicírculos nítidos, se lee la escala y se anota el valor observado.

- Se reporta la lectura observada y la temperatura a la que se realizó la prueba.

ASTM D1298-85(40)

Método de prueba estandar para densidad, densidad relativa (gravedad especifica), o gravedad API de petróleo crudo y productos líquidos del petróleo con el hidrómetro.

Este método cubre la determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad API de petróleo crudo y productos líquidos del petróleo usando un hidrómetro de vidrio en el laboratorio, estos líquidos pueden ser transparentes o aceites viscosos.

Material empleado.

- Hidrómetro de vidrio, graduado en unidades de densidad
- Termómetro
- Probeta que sea 25 mm más grande que el diámetro del hidrómetro. La altura debe ser tal que, el hidrómetro flote dentro de la muestra y que quede a 25 mm del fondo de ésta.
- Un baño para mantener la temperatura constante

Procedimiento

- Ajustar la temperatura de la muestra, del termómetro y de la probeta a la misma temperatura.

- Transferir la muestra a la probeta, evitando la formación de burbujas y reducir al mínimo la evaporación del los constituyentes más volátiles. Remover las burbujas formadas en la superficie de la muestra tocándolas con un pedazo de papel filtro limpio antes de introducir el hidrómetro.

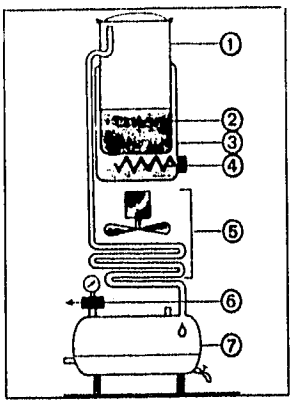
- Mantener la probeta con la muestra en posición vertical en un lugar libre de corrientes de aire. Asegurándose que la temperatura no cambie apreciablemente durante la prueba, durante este período, no debe cambiar más de 2° C.
- Introducir el hidrómetro con cuidado y agitar constantemente la muestra con el termómetro, teniendo cuidado que el bulbo del mercurio este completamente inmerso, cuando no haya variación arriba de 0.25° C sacar el termómetro.

- Sumerja el hidrómetro cerca de dos divisiones de la escala y entonces suéltelo.

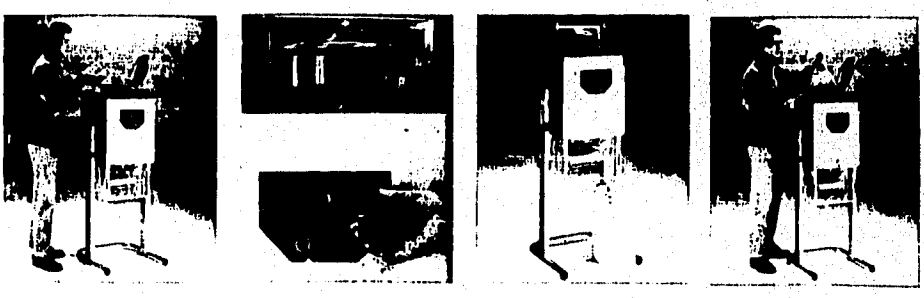
- Cuando el hidrómetro permanezca quieto y sin que toque las paredes de la probeta, lea al nivel donde el líquido corta la escala del hidrómetro.

- Con un líquido opaco, leer en la p-arte superior donde se forma el menisco con el hidrómetro.

Esquema del aparato recuperador de solventes



1 - caldera
2 - solvente por destilar
3 - cubierta para el aceite térmico
4 - elemento para calentar el aceite.
5 - condensador*
6 - bomba de vacio
7 - recipiente para el solvento yo destilado

* condensador por enfriamiento de agua disponible

Equipo recuparador de solventes , Marca: OMEGA, Modelo: RS 3-A